

Лабораторная работа №2 (расчетная)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПАРОПРОНИЦАНИЮ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Общие положения

Расчет сопротивления паропроницанию R_n , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$ ограждающих конструкций выполняется в соответствии со СНиП II-3-79* [1] с целью проверки обеспечения их нормального влажностного состояния для всех ограждающих конструкций, кроме:

- однородных (однослойных) наружных стен помещений с сухим или нормальным режимом;
- двухслойных наружных стен помещений с сухим или нормальным режимом, если внутренний слой стены имеет сопротивление паропроницанию более $1,6 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$.

Влажностный режим помещения определяется в соответствии с его параметрами микроклимата по табл. 1 [1].

Сопротивление паропроницанию конструкции R_n определяется в пределах от ее внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации, местоположение которой в ограждающих конструкциях различного типа указано на рис. 1.

Таким образом, сопротивление паропроницанию однородных конструкций следует определять по формуле

$$R_n = \frac{2}{3} \times \frac{\delta}{\mu}, \quad (1)$$

где δ – толщина ограждающей конструкции, м;

μ – расчетный коэффициент паропроницаемости материала слоя ограждающей конструкции, $\text{мг}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$, принимаемый по прил. 3* [1].

Сопротивление паропроницанию многослойной конструкции следует определять по формуле

$$R_n = \sum \frac{\delta_i}{\mu_i} + \sum R_{n, \text{л.л.}}, \quad (2)$$

где δ_i – толщина слоев ограждающей конструкции, расположенных перед плоскостью возможной конденсации, м;

μ_i – расчетные коэффициенты паропроницаемости материалов соответствующих слоев ограждающей конструкции, $\text{мг}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$, принимаемые по прил. 3* [1];

$R_{n, \text{л.л.}}$ – сопротивление паропроницанию листовых материалов и тонких слоев пароизоляции (в случае наличия таковых), расположенных

перед плоскостью возможной конденсации, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$ (прил. 11*)
[1].

а)

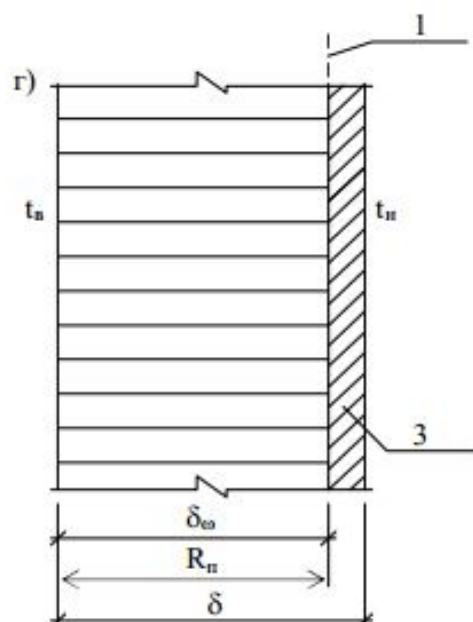
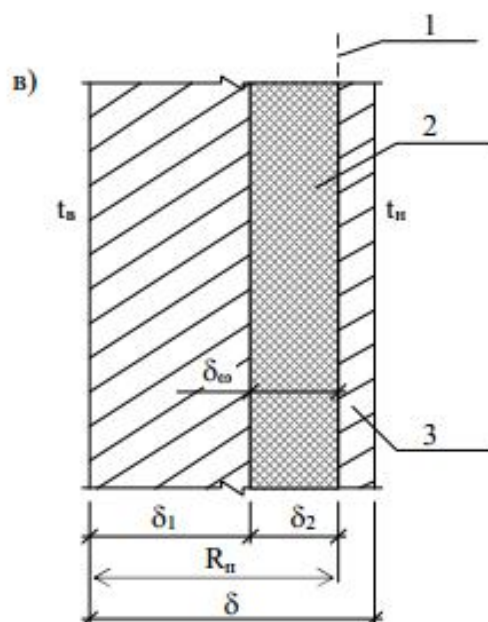
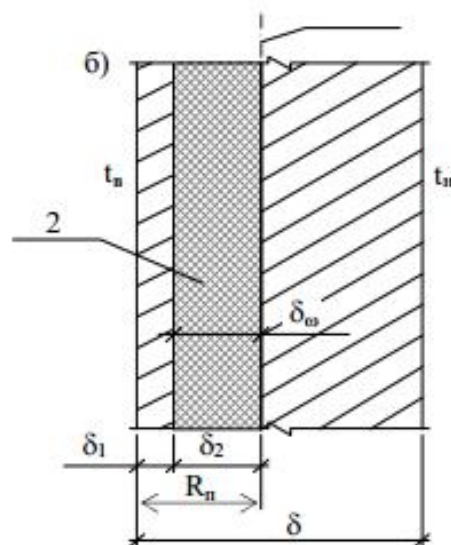


Рис. 1. Примеры расположения плоскости возможной конденсации:

а), г) – однородные конструкции; б), в) – многослойные конструкции с различным расположением утеплителя; 1 – плоскость возможной конденсации; 2 – утеплитель; 3 – плотный наружный фактурный слой

Сопротивление паропроницанию воздушных прослоек в ограждающих конструкциях следует принимать равным нулю, независимо от их расположения и толщины.

Определенное таким образом фактическое сопротивление паропроницанию R_n ограждающей конструкции (в пределах от внутренней по-

верхности до плоскости возможной конденсации) должно быть не менее наибольшего из следующих требуемых сопротивлений паропроницанию:

- а) требуемого сопротивления паропроницанию R_{n1}^{np} (из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации), $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$, вычисляемого по формуле

$$R_{n1}^{np} = \frac{(e_s - E) R_{n.н}}{E - e_n}; \quad (3)$$

- б) требуемого сопротивления паропроницанию R_{n2}^{np} (из условия ограничения накопления влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха), $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$, определяемого по формуле

$$R_{n2}^{np} = \frac{0,0024 z_0 (e_s - E_0)}{\gamma_w \delta_w \Delta \omega_{cp} + \eta}. \quad (4)$$

Сопротивление паропроницанию R_n чердачного перекрытия или части конструкции вентилируемого покрытия, расположенной между внутренней поверхностью и воздушной прослойкой, в зданиях со скатами кровли шириной до 24 м, должно быть не менее требуемого сопротивления паропроницанию R_n^{np} , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$, вычисляемого по формуле

$$R_n^{np} = 0,0012(e_s - e_{n.с}). \quad (5)$$

В формулах (3), (4) и (5) приняты следующие обозначения:

e_s – упругость водяного пара внутреннего воздуха, Па, определяемая по его расчетным параметрам: температуре t_s и относительной влажности φ_s ;

$$e_s = \frac{\varphi_s E_s}{100 \%}, \quad (6)$$

где E_s – максимальная упругость водяного пара внутреннего воздуха, принимаемая по прил. Б в зависимости от t_s ;

e_n – средняя упругость водяного пара, Па, за годовой период определяется как среднеарифметическое значение:

$$e_n = 1/12(e_{n1} + e_{n2} + \dots + e_{n12}), \quad (7)$$

где $e_{n1}, \dots, e_{n12}$ – упругости водяного пара по месяцам, Па, определяемые по формуле

$$e_{ni} = \frac{\varphi_{ni} E_{ni}}{100 \%}, \quad (8)$$

где φ_{ni} – средняя относительная влажность воздуха, %, по месяцам, принимаемая по табл. П. В. 1;

$E_{нд}$ – максимальная упругость водяного пара наружного воздуха, принимаемая по прил. Б, в зависимости от t_n (t_n принимать в зависимости от месяца по табл. П. В. 2);

E – средняя максимальная упругость водяного пара, Па, в плоскости возможной конденсации за годовой период эксплуатации, определяемая по формуле

$$E = \frac{1}{12}(E_1 z_1 + E_2 z_2 + E_3 z_3), \quad (9)$$

где z_1, z_2, z_3 – продолжительность, мес, соответственно зимнего, весенне-осеннего и летнего периодов, определяемая по прил. В с учетом следующих условий:

- а) к зимнему периоду относятся месяцы со средними температурами воздуха ниже -5°C ;
- б) к весенне-осеннему периоду относятся месяцы со средними температурами наружного воздуха от -5 до $+5^\circ\text{C}$;
- в) к летнему периоду относятся месяцы со средними температурами наружного воздуха выше $+5^\circ\text{C}$;

E_1, E_2, E_3 – максимальные упругости водяного пара, Па, принимаемые по прил. Б в зависимости от температуры в плоскости возможной конденсации $\tau_{в.к.}$, определяемой при средних температурах наружного воздуха соответственно для зимнего, весенне-осеннего и летнего периодов t_n ;

$R_{н.н}$ – сопротивление паропроонианию, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$, части ограждающей конструкции, расположенной между наружной поверхностью ограждающей конструкции и плоскостью возможной конденсации, определяемое в соответствии с рис. 1;

z_0 – продолжительность, сут, периода влагонакопления, принимаемая равной периоду с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха;

E_0 – максимальная упругость водяного пара, Па, принимаемая по прил. Б в зависимости от температуры в плоскости возможной конденсации, определяемая при средней температуре наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами;

δ_w – толщина увлажняющего слоя ограждающей конструкции, м, принимаемая равной $2/3$ толщины однородной (однослойной) стены или толщине теплоизоляционного слоя (утеплителя), многослойной ограждающей конструкции (см. рис.1);

γ_w – плотность материала увлажняемого слоя, $\text{кг}/\text{м}^3$, принимаемая равной γ_0 по прил. 3* [1];

$\Delta\omega_{cp}$ – предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги в материале (приведенного в прил. 3* [1]) увлажняемого слоя, %, за период влагонакопления z_0 , принимаемое по табл. 14* [1];

η – определяется по формуле

$$\eta = \frac{0,0024(E_0 - e_{н.о})z_0}{R_{н.л}}, \quad (10)$$

где $e_{н.о}$ – средняя упругость водяного пара наружного воздуха, Па, периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами, принимаемое по табл. П. В. 1 в зависимости от φ_n (см. формулу (8); 0,0024 – переводной коэффициент.

Если в заключение будет получено, что

$$R_n > R_{н1}^{mp} \quad \text{и} \quad R_n > R_{н2}^{mp}, \quad (11)$$

то это означает, что принятая конструкция удовлетворяет условиям эксплуатации, т.е. влага, накапливаемая в ограждении за холодный период года, будет успевать испаряться из него к концу теплого периода и в течение всего периода влагонакопления приращение средней влажности материала утепляющего слоя ограждающей конструкции не будет превышать допустимых значений.

В случае невыполнения условий (11) для обеспечения нормального режима эксплуатации необходимо с внутренней стороны утепляющего слоя ограждающей конструкции предусмотреть дополнительный слой пароизоляции, который подбирают по прил. 11* [1] в зависимости от величины его требуемого сопротивления паропрооницанию:

$$r_n^{np} = R_n^{np} - R_n. \quad (12)$$

Порядок расчета

1. Вычертить схему заданной для расчета ограждающей конструкции с характеристикой всех конструктивных слоев, из которых она выполнена.
2. Определить теплотехнические показатели материалов рассчитываемой конструкции.
 - 2.1. В соответствии с заданными значениями температуры $t_в$ и относительной влажности $\varphi_в$ внутреннего воздуха определить по табл. 1 [1] влажностный режим помещения.
 - 2.2. По прил. 1* [1] определить, к какой зоне влажности относится заданный район строительства.

- 2.3. В соответствии с определенными в пп. 2.1 и 2.2 влажностным режимом помещения и зоной влажности по прил. 2 [1] определить условия эксплуатации ограждающих конструкций (А или Б).
- 2.4. По прил. 3* [1] найти для материалов всех конструктивных слоев заданной конструкции при определенных в п. 2.3 условиях эксплуатации расчетные коэффициенты:
- а) теплопроводности λ ;
 - б) паропроницаемости μ .
3. В соответствии с п. 6.4 [1], в зависимости от определенного в п. 2.1 влажностного режима помещения, уточнить, требуется ли определить сопротивление паропроницанию заданной конструкции. Если конструкция двухслойная, то при этом необходимо найти сопротивление паропроницанию внутреннего слоя:
- $$R_n = \frac{\delta}{\mu}, \quad (13)$$
- где δ и μ – соответственно толщина, м, и коэффициент паропроницаемости материала, мг/(м · ч · Па), этого слоя (см. п. 2.1).
4. В соответствии с рис. 1 определить местоположение в рассчитываемой конструкции плоскости возможной конденсации.
5. Определить сопротивление паропроницанию R_n , м² · ч · Па/мг, рассчитываемой конструкции в пределах от ее внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации:
- а) для однородных конструкций по формуле (1);
 - б) для многослойных конструкций по формуле (2).
6. Определить требуемое сопротивление паропроницанию R_{n1}^{np} , м² · ч · Па/мг, из условия недопустимости накопления влаги за годовой период эксплуатации по формуле (3).
- 6.1. Вычислить упругость водяного пара внутреннего воздуха e_e , Па, по формуле (6).
- 6.1.1. По прил. Б найти максимальную упругость водяного пара E_e , Па, соответствующую заданной температуре внутреннего воздуха t_e .
 - 6.1.2. По формуле (6) рассчитать упругость водяного пара внутреннего воздуха.
- 6.2. Определить среднее значение максимальной упругости водяного пара в плоскости возможной конденсации за годовой период эксплуатации E , Па, по формуле (9).
- 6.2.1. По значениям среднемесячных температур (см. табл. П. В. 2) найти продолжительность в месяцах зимнего z_1 , весенне-осеннего z_2 и летнего z_3 периодов.

6.2.2. Определить средние температуры наружного воздуха зимнего $t_{н1}$, весенне-осеннего $t_{н2}$ и летнего $t_{н3}$ периодов в соответствии со значениями средних температур месяцев, входящих в указанные периоды (см. табл. П. В. 2).

6.2.3. Вычислить температуру в плоскости возможной конденсации $\tau_{с.к}$ при температуре наружного воздуха, соответствующей средним температурам зимнего $t_{н1}$, весенне-осеннего $t_{н2}$ и летнего $t_{н3}$ периодов, по формуле

$$\tau_{с.к} = t_{с} - \frac{t_{с} - t_{ni}}{R_o} \left(\frac{1}{\alpha_s} + R_{с.к} \right). \quad (14)$$

6.2.3.1. Определить общее сопротивление теплопередаче рассчитываемой конструкции R_o , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, по формуле

$$R_o = \frac{1}{\alpha_s} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_n}. \quad (15)$$

где $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$ – толщина отдельных слоев конструкции, м;
 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ – расчетные коэффициенты теплопроводности материалов этих слоев, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ (см. п. 2.4);
 α_s – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, принимаемый по табл. 4* [1];
 α_n – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающих конструкций для зимних условий, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, принимаемый по табл. 6* [1].

6.2.3.2. Найти термическое сопротивление рассчитываемой конструкции в пределах от ее внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации $R_{с.к}$, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$:

а) для однородных конструкций:

$$R_{с.к} = \frac{2}{3} \times \frac{\delta}{\lambda}, \quad (16)$$

где δ – толщина конструкции, м;
 λ – коэффициент теплопроводности материала, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ (см. п. 2.4);

б) для многослойных конструкций:

$$R_{с.к} = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n}, \quad (17)$$

где $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$ – толщина слоев ограждающей конструкции, м, расположенных в пределах от ее внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации;

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ – соответственно расчетные коэффициенты теплопроводности материалов этих слоев, Вт/(м · °С) (см. п. 2.4).

6.2.3.3. По формуле (14) рассчитать температуру в плоскости возможной конденсации $\tau_{в.к.1}$ (при средней температуре наружного воздуха зимнего периода), $\tau_{в.к.2}$ (при средней температуре наружного воздуха весенне-осеннего периода) и $\tau_{в.к.3}$ (при средней температуре наружного воздуха летнего периода).

6.2.4. По прил. Б определить значения максимальных упругостей водяного пара E_1 (соответствующего температуре $\tau_{в.к.1}$), E_2 (соответствующего температуре $\tau_{в.к.2}$) и E_3 (соответствующего температуре $\tau_{в.к.3}$).

6.2.5. По формуле (9) в соответствии с пп. 6.2.1 и 6.2.2 рассчитать среднее значение максимальной упругости водяного пара в плоскости возможной конденсации за годовой период эксплуатации E , Па.

6.3. Определить сопротивление паропроницанию части ограждающей конструкции, расположенной между ее наружной поверхностью и плоскостью возможной конденсации:

а) для однородных конструкций:

$$R_{н.н} = \frac{1}{3} \times \frac{\delta}{\mu}, \quad (18)$$

где δ – толщина конструкции, м;

μ – коэффициент паропроницаемости, мг/(м · ч · Па);

б) для многослойных конструкций:

$$R_{н.н} = \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\mu_n}, \quad (19)$$

где $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$ – толщины отдельных слоев ограждающей конструкции, м, расположенных в пределах от плоскости возможной конденсации до ее наружной поверхности;

$\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ – соответственно коэффициенты паропроницаемости материалов этих слоев, мг/(м · ч · Па) (см. п. 2.4).

6.4. Определить среднегодовую упругость водяного пара наружного воздуха e_n , Па, как среднеарифметическое значение в зависимости от абсолютной влажности по месяцам в соответствии с формулой (7).

6.5. Подставить в формулу (3) величины, полученные в пп. 6.1 – 6.4, и таким образом определить значение требуемого сопротивления паропроницанию из условия недопустимости накопления влаги в ог-

ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации R_{n1}^{np} , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$.

7. Вычислить требуемое сопротивление паропроницанию R_{n2}^{np} , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$, из условия ограничения накопления влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха по формуле (4).

7.1. Определить значение средней максимальной упругости водяного пара в плоскости возможной конденсации за период месяцев с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха E_0 , Па.

7.1.1. По табл. П. В. 2 найти среднюю температуру наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами $t_{н.о}$, $^{\circ}\text{C}$ как среднеарифметическое значение отрицательных среднемесячных температур.

7.1.2. По формуле (14) определить температуру в плоскости возможной конденсации $\tau_{в.к}$ при средней температуре наружного воздуха периода месяцев с отрицательными температурами $t_{н.о}$ (см. п. 7.1.1).

Все другие величины в формуле (14) принять по пп. 6.2.3.1, 6.2.3.2.

7.1.3. При помощи прил. Б по температуре $\tau_{в.к}$ (см. п. 7.1.2) определить искомое значение средней максимальной упругости водяного пара в плоскости возможной конденсации за период месяцев с отрицательными среднемесячными температурами E_0 , Па.

7.2. Найти продолжительность в сутках периода влагонакопления z_0 , принимаемую равной продолжительности периода с отрицательными среднемесячными температурами.

7.3. Определить толщину увлажняемого слоя ограждающей конструкции $\delta_{ав}$, м, принимаемую равной 2/3 толщины теплоизоляционного слоя или толщине теплоизоляционного слоя многослойной конструкции (см. рис. 1).

7.4. Плотность материала увлажняемого слоя $\gamma_{ав}$, кг/м^3 , принять равной плотности этого материала в высушенном до постоянной массы состоянии γ_0 по прил. 3* [1].

7.5. По табл. 14* [1] определить предельно допустимое приращение расчетной весовой влажности материала увлажняемого слоя ограждающей конструкции $\Delta\omega_{ср}$, %, за период влагонакопления.

7.6. Вычислить величину η по формуле (8).

7.6.1. Определить среднюю упругость водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами $e_{н.о}$, Па.

- 7.6.1.1. По табл. П. В. 2 найти месяцы с отрицательными среднемесячными температурами.
- 7.6.1.2. Определить среднеарифметическое значение $e_{н.о}$ упругостей водяного пара месяцев с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха в зависимости от φ_n , определяемой по табл. П. В. 1 для соответствующих месяцев.
- 7.6.2. Подставить в формулу (10) величины, полученные в пп. 6.3, 7.1.3 и 7.2, и определить значение η .
- 7.7. Подставить в формулу (4) величины, полученные в пп. 6.1.2, 7.1.3, 7.2, 7.4, 7.5, 7.6.2, и определить значение требуемого сопротивления паропроницанию из условия ограничения накопления влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными температурами наружного воздуха R_{n2}^{np} .
8. Проверить выполнение неравенства (11) и сделать соответствующий вывод по расчету. Если хотя бы одно из этих неравенств не выполняется, то по формуле (12) необходимо определить требуемое сопротивление паропроницанию дополнительного слоя пароизоляции r_n^{np} . По прил. 11* [1] в зависимости от величины r_n^{np} подобрать вид дополнительной пароизоляции.

Контрольные вопросы

1. Как определяется влажностный режим помещения?
2. Где располагается плоскость возможной конденсации у различных конструкций?
3. Для каких ограждающих конструкций не следует определять сопротивление паропроницанию?
4. Исходя из каких условий требуется проверять сопротивление паропроницанию ограждающей конструкции?
5. Назовите несколько видов дополнительной пароизоляции.

Библиографический список

1. СНиП II-3-79*. Строительная теплотехника (изд. 1998 г.).
2. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата помещений.
3. СНиП 23-01-99. Строительная климатология.
4. ГОСТ 7076-99. Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме.
5. СТ СЭВ 4867. Защита от шума в строительстве. Звукоизоляция ограждающих конструкций. Нормы.
6. ГОСТ 26417-85. Материалы звукопоглощающие строительные. Метод испытаний в малой реверберационной камере.
7. ГОСТ 26602.3-99. Блоки оконные и дверные. Метод определения звукоизоляции.
8. ГОСТ 23166-99. Блоки оконные. Общие технические условия.
9. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.
10. СНиП II-A.6-72. Строительная климатология и геофизика.
11. Звукопоглощающие и звукоизоляционные материалы / Е. Я. Юдин и др. – М.: Стройиздат, 1966.
12. СНиП II-12-77. Защита от шума.
13. ГОСТ 27296-87. Защита от шума в строительстве. Звукоизоляция ограждающих конструкций. Методы измерения.
14. Расчет и проектирование ограждающих конструкций зданий / НИИ строит. физики. – М.: Стройиздат, 1990.
15. Лабораторный практикум по строительной физике: Учеб. пособие для студентов вузов / В. А. Обьедков и др. – М.: Высшая школа, 1979.
16. Архитектура гражданских и промышленных зданий. Т. II. Основы проектирования / Под ред. В. М. Предтеченского. – М., 1976.
17. Фокин К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей здания. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1973.
18. Ильинский В. М. Строительная теплофизика. – М., 1974.
19. Гусев Н. М. Основы строительной физики: Учебник для вузов. – М., 1975.
20. Строительная физика / Е. Шильд и др.; Пер. с нем. – М., 1982.
21. Архитектура гражданских и промышленных зданий: Гражданские здания: Учеб. для вузов / А. В. Захаров и др.; Под общ. ред. А. В. Захарова. – М.: Стройиздат, 1993.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА ПО ПСИХРОМЕТРУ АССМАНА

(первый столбец – психометрическая разность между температурой сухого и влажного термометров, °C)

П. п., °C	Относительная влажность воздуха, %, при температуре сухого термометра, °C														
	+6	+8	+10	+12	+14	+16	+18	+20	+22	+24	+26	+28	+30	+32	
0,0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0,1	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	100	
0,2	97	98	98	98	98	99	99	99	99	99	99	99	99	99	
0,3	96	96	96	97	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	
0,4	95	95	95	96	96	97	97	97	97	97	97	97	97	97	
0,5	94	94	94	95	95	96	96	96	96	96	96	96	96	96	
0,6	92	92	92	93	94	95	95	95	95	95	95	95	95	95	
0,7	91	91	91	92	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	
0,8	89	89	90	91	92	93	93	93	93	94	94	94	94	94	
0,9	87	88	89	89	91	92	92	92	92	93	93	93	93	94	
1,0	86	87	88	89	90	91	91	91	91	92	92	93	93	93	
1,1	85	86	87	88	89	90	90	90	90	91	91	92	92	92	
1,2	83	84	85	87	88	89	89	90	90	90	91	91	91	91	
1,3	82	83	84	86	87	88	88	89	89	89	90	90	90	90	
1,4	80	81	83	85	86	87	87	88	88	89	89	89	89	89	
1,5	79	80	83	84	85	86	86	87	87	88	88	88	89	89	
1,6	78	79	80	82	84	85	85	86	86	87	87	87	88	89	
1,7	76	78	79	81	82	84	84	85	85	86	86	87	88	88	
1,8	75	77	78	80	82	83	83	84	85	85	85	86	87	87	
1,9	74	76	77	79	81	82	82	83	84	84	85	85	86	87	
2,0	73	75	76	78	80	81	81	82	83	84	84	85	86	86	
2,1	71	73	75	77	79	80	81	82	82	83	83	84	85	85	
2,2	70	72	74	75	78	79	80	81	81	82	82	83	84	85	
2,3	69	71	73	75	77	78	79	80	80	81	82	83	84	84	

П. п., °C	Относительная влажность воздуха, %, при температуре сухого термометра, °C														
	+6	+8	+10	+12	+14	+16	+18	+20	+22	+24	+26	+28	+30	+32	
2,4	67	70	72	74	76	77	78	80	80	81	81	82	83	84	
2,5	66	69	71	73	75	77	78	79	79	80	81	82	83	83	
2,6	65	68	70	72	74	76	77	78	79	80	80	81	82	82	
2,7	63	66	68	71	73	75	76	77	78	79	79	80	81	82	
2,8	62	65	67	70	72	74	75	76	77	78	78	79	80	81	
2,9	61	64	66	69	71	73	74	75	76	77	78	79	80	81	
3,0	60	63	66	68	70	72	73	74	75	76	77	78	79	80	
3,1	58	61	64	67	69	71	72	73	73	75	76	77	78	79	
3,2	57	60	63	66	68	70	72	72	74	74	75	76	78	79	
3,3	55	59	62	65	67	69	71	71	73	74	75	76	77	78	
3,4	54	58	61	64	66	68	70	70	72	73	74	75	76	77	
3,5	53	57	60	63	65	67	69	70	71	72	73	74	75	76	
3,6	52	55	59	62	64	66	68	69	71	71	72	73	75	76	
3,7	51	54	58	61	63	65	67	68	70	71	72	73	74	75	
3,8	50	53	57	60	62	64	66	68	69	70	71	72	74	75	
3,9	48	52	56	59	61	63	65	67	68	69	70	71	73	74	
4,0	47	51	54	57	60	62	64	66	68	69	70	71	72	74	
4,2	45	48	52	55	58	61	62	64	66	68	69	70	71	73	
4,4	42	46	50	53	56	58	60	63	65	66	67	68	69	71	
4,6	40	44	48	51	54	57	59	61	63	65	66	67	68	70	
4,8	38	42	46	50	53	55	58	60	62	63	65	66	67	69	
5,0	36	40	44	48	51	54	56	58	60	62	64	65	66	68	
5,2	34	38	42	46	50	52	54	56	59	61	62	63	65	66	
5,4	31	36	40	44	48	50	52	54	58	59	61	62	64	65	
5,6	29	34	38	42	46	48	50	53	56	58	60	61	63	64	
5,8	27	32	36	40	44	47	49	52	55	57	59	60	62	63	

П. п., °C	Относительная влажность воздуха, %, при температуре сухого термометра, °C													
	+6	+8	+10	+12	+14	+16	+18	+20	+22	+24	+26	+28	+30	+32
6,0	25	30	34	38	42	46	48	51	54	56	58	59	61	62
6,2	23	28	32	36	41	44	47	49	52	54	56	58	60	61
6,4	21	26	30	34	39	42	45	47	51	53	55	56	58	60
6,6	18	24	28	32	37	41	44	46	49	51	53	55	57	59
6,8	16	22	26	31	36	40	43	45	48	50	52	54	56	58
7,0	14	20	24	29	34	38	41	44	46	49	51	53	55	57
7,2	12	18	22	27	33	36	39	42	45	47	50	52	54	56
7,4	10	16	20	25	31	34	37	40	44	46	49	51	53	55
7,6	8	14	18	24	29	33	36	39	42	45	48	50	52	54
7,8	6	12	16	22	27	31	35	38	41	44	47	49	51	53
8,0	4	10	15	20	25	30	34	36	40	43	45	47	50	52
8,2	—	—	12	18	24	28	32	35	38	41	44	46	49	51
8,4	—	—	10	16	23	27	31	33	37	40	43	45	48	50
8,6	—	—	—	14	21	25	30	32	36	39	42	44	46	48
8,8	—	—	—	12	19	24	29	31	35	39	41	43	45	47
9,0	—	—	—	11	18	23	27	30	34	37	40	42	44	46
9,2	—	—	—	—	16	21	26	29	33	36	39	41	43	45
9,4	—	—	—	—	14	20	24	27	31	34	37	40	42	44
9,6	—	—	—	—	13	18	23	26	30	33	36	39	41	43
9,8	—	—	—	—	11	17	21	25	29	32	35	38	40	42
10,0	—	—	—	—	10	16	20	24	28	31	34	37	40	42
10,2	—	—	—	—	—	14	18	22	27	30	33	36	39	41
10,4	—	—	—	—	—	13	17	21	26	29	32	35	38	40
10,6	—	—	—	—	—	11	15	19	25	28	31	34	37	39
10,8	—	—	—	—	—	10	11	18	24	27	30	33	36	38

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
УПРУГОСТЬ НАСЫЩЕННОГО ВОДЯНОГО ПАРА E , Па,
ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ТЕМПЕРАТУР ПРИ $B = 100,7$ кПа

Таблица П. Б. 1
для температур от 0 до -40 °C (над льдом)

$t, ^\circ\text{C}$	E	$t, ^\circ\text{C}$	E	$t, ^\circ\text{C}$	E	$t, ^\circ\text{C}$	E	$t, ^\circ\text{C}$	E
0	611	-5,2	395	-10,4	251	-15,6	156	-22,0	85
-0,2	601	-5,4	388	-10,6	245	-15,8	153	-22,5	81
-0,4	592	-5,6	381	-10,8	241	-16,0	151	-23,0	77
-0,6	581	-5,8	375	-11,0	237	-16,2	148	-23,5	73
-0,8	573	-6,0	369	-11,2	233	-16,4	145	-24,0	69
-1,0	563	-6,2	363	-11,4	229	-16,6	143	-24,5	65
-1,2	553	-6,4	356	-11,6	225	-16,8	140	-25,0	63
-1,4	544	-6,6	351	-11,8	221	-17,0	137	-25,5	60
-1,6	535	-6,8	344	-12,0	217	-17,2	135	-26,0	57
-1,8	527	-7,0	338	-12,2	213	-17,4	132	-26,5	53
-2,0	517	-7,2	332	-12,4	209	-17,6	129	-27,0	51
-2,2	509	-7,4	327	-12,6	207	-17,8	128	-27,5	48
-2,4	500	-7,6	321	-12,8	203	-18,0	125	-28,0	47
-2,6	492	-7,8	315	-13,0	199	-18,2	123	-28,5	44
-2,8	484	-8,0	310	-13,2	195	-18,4	120	-29,0	42
-3,0	476	-8,2	304	-13,4	191	-18,6	117	30,0	39
-3,2	468	-8,4	299	-13,6	188	-18,8	116	-31,0	34
-3,4	460	-8,6	293	-13,8	184	-19,0	113	-32,0	30
-3,6	452	-8,8	289	-14,0	181	-19,2	111	-33,0	27
-3,8	445	-9,0	284	-14,2	179	-19,4	109	-34,0	25
-4,0	437	-9,2	279	-14,4	175	-19,6	107	-35,0	22
-4,2	429	-9,4	273	-14,6	172	-19,8	105	-36,0	20
-4,4	423	-9,6	268	-14,8	168	-20,0	103	-37,0	18
-4,6	415	-9,8	264	-15,0	165	-20,5	99	-38,0	16
-4,8	408	-10,0	260	-15,2	163	-21,0	93	-39,0	14
-5,0	402	-10,2	255	-15,4	159	-21,5	89	-40,0	12

Окончание прил. Б

Таблица П. Б. 2
для температур от 0 до +30 °С (над водой)

°С	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	611	615	620	624	629	633	639	643	648	652
1	657	661	667	671	676	681	687	691	696	701
2	705	711	716	721	727	732	737	743	748	753
3	759	764	769	775	780	785	791	796	803	808
4	813	819	825	831	836	843	848	855	860	867
5	872	879	885	891	897	904	909	916	923	929
6	935	941	948	956	961	968	975	981	988	995
7	1001	1009	1016	1023	1029	1037	1044	1051	1059	1065
8	1072	1080	1088	1095	1103	1189	1117	1125	1132	1140
9	1148	1156	1164	1172	1180	1188	1196	1204	1212	1220
10	1228	1236	1244	1253	1261	1269	1279	1287	1285	1304
11	1312	1321	1331	1339	1348	1355	1365	1375	1384	1323
12	1403	1412	1421	1431	1440	1449	1459	1468	1479	1488
13	1497	1508	1517	1527	1537	1547	1557	1568	1577	1588
14	1599	1609	1619	1629	1640	1651	1661	1672	1683	1695
15	1705	1716	1727	1739	1749	1761	1772	1784	1795	1807
16	1817	1829	1841	1853	1865	1877	1889	1601	1913	1925
17	1937	1949	1962	1974	1986	2000	2012	2025	2037	2050
18	2064	2077	2089	2102	2115	2129	2142	2156	2169	2182
19	2197	2210	2225	2238	2252	2266	2281	2294	2309	2324
20	2338	2352	2366	2381	2396	2412	2426	2441	2456	2471
21	2488	2502	2517	2533	2542	2564	2580	2596	2612	2628
22	2644	2660	2676	2691	2709	2725	2742	2758	2776	2792
23	2809	2826	2842	2860	2877	2894	2913	2930	2948	2965
24	2984	3001	3020	3038	3056	3074	3093	3112	3130	3149
25	3168	3186	3205	3224	3244	3262	3282	3301	3321	3341
26	3363	3381	3401	3421	3441	3461	3481	3502	3523	3544
27	3567	3586	3608	2628	3649	3672	3692	3714	3796	3758
28	3782	3801	3824	3846	3869	3890	3913	3937	3960	3982
29	4005	4029	4052	4076	4100	4122	4146	4170	4194	4218
30	4246	4268	4292	4317	4341	4366	4890	4416	4441	4466

ПРИЛОЖЕНИЕ В
КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

Таблица П. В. 1*

Средняя относительная влажность наружного воздуха по месяцам, %

Город	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Архангельск	88	86	82	76	70	70	73	79	86	88	90	89
Астрахань	84	82	77	60	56	53	54	58	64	73	82	85
Барнаул	79	78	77	69	57	62	70	71	72	74	79	80
Белгород	87	86	85	72	62	62	66	67	70	78	85	88
Благовещенск	72	70	65	57	57	69	77	77	75	65	70	75
Владимир	86	84	78	72	66	67	72	76	80	83	86	88
Иркутск	80	73	68	59	56	67	74	78	78	76	81	86
Москва	84	81	78	66	58	59	63	68	73	78	82	85
Новосибирск	80	78	78	70	59	66	72	76	76	77	82	82
Омск	82	81	82	71	56	59	67	70	70	76	83	82
Ханты-Мансийск	82	79	73	68	65	66	70	75	80	83	84	83

Примечание. * – составлено выборочно по табл. 4 СНиП II-A.6-72 [10].

Средняя месячная и годовая температура воздуха, °С

Город	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Архангельск	-12,9	-12,5	-8,0	-0,9	6,0	12,4	15,6	13,6	7,9	1,5	-4,1	-9,5
Астрахань	-6,7	-5,6	0,4	9,9	18,0	22,8	25,3	23,6	17,3	9,6	2,4	-3,2
Барнаул	-17,5	-16,1	-9,1	2,1	11,4	17,7	19,8	16,9	10,8	2,5	-7,9	-15,0
Белгород	-8,5	-6,4	-2,5	7,5	14,6	17,9	19,9	18,7	12,9	6,4	0,3	-4,5
Благовещенск	-24,1	-18,7	-9,1	2,7	11,1	17,9	21,4	19,1	12,2	2,2	-11,5	-21,8
Владимир	-11,1	-10,0	-4,3	4,9	12,2	16,6	17,9	16,4	10,7	3,7	-2,7	-7,5
Иркутск	-20,6	-18,1	-9,4	1,0	8,5	14,8	17,6	15,0	8,2	0,5	-10,4	-18,4
Москва	-10,2	-9,2	-4,3	4,4	11,9	16,0	18,1	16,3	10,7	4,3	-1,9	-7,3
Новосибирск	-18,8	-17,3	-10,1	1,5	10,3	16,7	19,0	15,8	10,1	1,9	-9,2	-16,5
Омск	-19,0	-17,6	-10,1	2,8	11,4	17,1	18,9	15,8	10,6	1,9	-8,5	-16,0
Ханты-Мансийск	-21,7	-19,4	-9,8	-1,3	6,4	13,1	17,8	13,3	8,0	-1,9	-10,7	-17,1

Примечание. * – составлено выборочно по табл. 3 СНиП 23-01-99 [3].