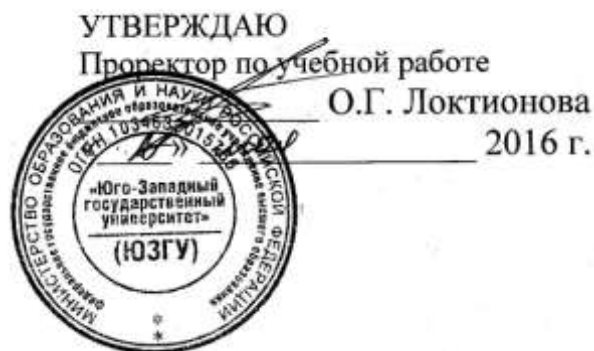


Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич  
Должность: ректор  
Дата подписания: 25.09.2022 14:48:49  
Уникальный программный ключ:  
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be7304f2374d16f3c0ae536f0f6

## МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра теплогазоводоснабжения



### СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕПЛОФИЗИКА

Методические указания к самостоятельной работе для студентов  
направления подготовки 08.03.01 Строительство  
профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция»  
всех форм обучения

Курск 2016

УДК 697.1.

Составитель: О.А.Гнездилова

### Рецензент

Доктор геолого-минералогических наук, профессор *Хаустов В.В.*

**Строительная теплофизика** [Текст]: Методические указания к самостоятельной работе для студентов направления подготовки 08.03.01 Строительство профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция» всех форм обучения/ Юго-Зап. гос.ун-т; сост. О.А.Гнездилова, Курск, 2016. 38 с., ил. 2, табл.12. Библиогр.: с.38

Излагаются основные теоретические сведения, задание, методические рекомендации и пример расчета тепловлажностного режима ограждающих конструкций.

Предназначены для студентов направлений подготовки 08.03.01 Строительство профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция» всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.  
Усл. Печ. Л.2,1 Уч. Изд.л.1,91.Тираж 50 экз. Заказ. Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## Краткие теоретические сведения о влажностном режиме ограждающих конструкций

Совокупность всех факторов и процессов (внешних и внутренних воздействий), влияющих на формирование теплового микроклимата помещений, называется тепловым режимом здания. Ограждения не только защищают помещение от наружной среды, но и обмениваются с ним теплотой и влагой, пропускают воздух сквозь себя как внутрь, так и наружу. Задача поддержания заданного теплового режима помещений здания (поддержания на необходимом уровне температуры и влажности воздуха, его подвижности, радиационной температуры помещения) возлагается на инженерные системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Однако определение тепловой мощности и режима работы этих систем невозможно без учета влияния тепловлагозащитных и теплоинерционных свойств ограждений. Поэтому система кондиционирования микроклимата помещений включает в себя все инженерные средства, обеспечивающие заданный микроклимат обслуживаемых помещений: ограждающие конструкции здания и инженерные системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Таким образом, современное здание - сложная взаимосвязанная система тепломассообмена - единая энергетическая система.

В зимнее время температура воздуха с внутренней стороны ограждения обычно значительно выше температуры наружного воздуха, поэтому парциальное давление (упругость) водяного пара у внутренней поверхности ограждения  $e_{вп}$  будет более высоким, чем у наружной поверхности ограждения  $e_{нп}$ .

Разность величин парциального давления водяного пара ( $e_{вп} - e_{нп}$ ) вызывает диффузионный поток водяного пара через ограждение от внутренней поверхности к наружной.

По аналогии с теплопроводностью плоских стенок количество водяного пара, диффундирующего через плоскую однородную стенку, можно вычислить по формуле

$$G = \frac{\mu}{\delta} \cdot (e_{\text{вп}} - e_{\text{нп}}) \cdot F \cdot \tau, \quad (1)$$

где  $G$  – количество водяного пара, диффундирующего через стенку, мг;

$\tau$  – время диффузии в часах;

$F$  – площадь стенки,  $\text{м}^2$ ;  $\delta$  – толщина стенки, м;

$\mu$  – коэффициент паропроницаемости материала стенки,  $\text{мг}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$ , принимаемый по [3, прил.Д];

$e_{\text{вп}}$  и  $e_{\text{нп}}$  – парциальное давление водяного пара, Па.

Величина  $\frac{\delta}{\mu} = R_{\text{п}}$  – сопротивление паропроницанию одно-  
слойной плоской стенки,  $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$ .

Сопротивление паропроницанию многослойной ограждающей конструкции  $R_{\text{п}}$  определяется по формуле

$$R_{\text{п}} = R_{\text{п1}} + R_{\text{п2}} + \dots + R_{\text{пn}}, \quad (2)$$

где  $R_{\text{п1}} = \frac{\delta_1}{\mu_1}$ ,  $R_{\text{п2}} = \frac{\delta_2}{\mu_2}$ , ...,  $R_{\text{пn}} = \frac{\delta_n}{\mu_n}$  – сопротивления паропроницанию отдельных слоев ограждающей конструкции.

Сопротивление паропроницанию воздушных прослоек в ограждающих конструкциях принимают равным нулю. Сопротивление паропроницанию листовых материалов и тонких слоев пароизоляции следует принимать по [3, прил.Ш].

Полное сопротивление паропроницанию многослойного ограждения  $R_{\text{оп}}$  определяется по формуле

$$R_{\text{оп}} = R_{\text{вп}} + \sum_{i=1}^n R_{\text{пi}} + R_{\text{нп}}, \quad (3)$$

где  $R_{\text{вп}} = 0,0266 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$  – сопротивление влагообмену у внутренней поверхности ограждения;

$R_{\text{нп}} = 0,0133 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$  – сопротивление влагообмену у наружной поверхности ограждения.

Уравнение влагопередачи через многослойную ограждающую конструкцию имеет вид

$$G = \frac{(e_{\text{в}} - e_{\text{н}})}{R_{\text{оп}}} \cdot F \cdot \tau, \quad (4)$$

где  $G$  – количество диффундирующего через ограждение пара, мг;

$e_v$  – парциальное давление водяных паров во внутреннем воздухе, Па;

$e_n$  – парциальное давление водяных паров в наружном воздухе, Па;

$F$  – площадь ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>;

$\tau$  – время диффузии в часах.

Уравнение влагопередачи применимо в том случае, если в толще ограждения нет конденсации водяных паров. Выявление наличия или отсутствия конденсации водяных паров в ограждении обычно ведется по графоаналитическому методу К. Ф. Фокина и О. Е. Власова.

Сопротивление паропрооницанию  $R_{пв}$ , м<sup>2</sup>·ч·Па/мг, ограждающей конструкции (в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации) должно быть не менее наибольшего из следующих нормируемых сопротивлений паропрооницанию:

1) требуемого сопротивления паропрооницанию  $R_{п1}^{тр}$ , м<sup>2</sup>·ч·Па/мг, (из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации), определяемого по формуле

$$R_{п1}^{тр} = \frac{(e_v - E) \cdot R_{пн}}{E - e_n}; \quad (5)$$

2) требуемого сопротивления паропрооницанию  $R_{п2}^{тр}$ , м<sup>2</sup>·ч·Па/мг, (из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха), определяемого по формуле

$$R_{п2}^{тр} = \frac{0,0024 \cdot z_0 \cdot (e_v - E_0)}{\rho_w \cdot \delta_w \cdot \Delta w_{ср} + \eta}, \quad (6)$$

где  $e_v$  – парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха, Па, при расчетной температуре  $t_v$  и влажности этого воздуха  $\phi_v$ , определяемое по формуле  $e_v = \frac{E_v \cdot \phi_v}{100}$ ;  $E_v$  – парциальное давление

сухого насыщенного водяного пара при температуре  $t_v$ , Па;  $e_n$  – среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха, Па за годовой период, определяемое по [1, табл.5а\*];  $R_{пн}$  –

сопротивление паропрооницанию,  $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$ , части ограждающей конструкции, расположенной между наружной поверхностью ограждающей конструкции и плоскостью возможной конденсации, определяемое графо-аналитическим методом;  $z_0$  – продолжительность, сут., периода влагонакопления, принимаемая равной периоду с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха по таблице 1\* [1, табл. 3\*];  $E_0$  – парциальное давление водяного пара, Па, в плоскости возможной конденсации, определяемое по [3, прил.С];  $\rho_w$  – плотность материала увлажняемого слоя, принимаемая равной  $\rho_0$  по [3, прил.Д];  $\delta_w$  – толщина увлажняемого слоя ограждающей конструкции, м, принимаемая равной  $2/3$  толщины однородной (однослойной) стены или толщине слоя утеплителя многослойной ограждающей конструкции;  $\Delta w_{\text{ср}}$  – предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги в материале увлажняемого слоя, %, за период влагонакопления  $z_0$ , принимаемое по [2, табл.12];  $E$  – парциальное давление водяного пара, Па, в плоскости возможной конденсации за годовой период эксплуатации, определяемое по формуле

$$E = \frac{E_1 \cdot z_1 + E_2 \cdot z_2 + E_3 \cdot z_3}{12}, \quad (7)$$

где  $E_1, E_2, E_3$  – парциальное давление водяного пара, Па, принимаемое по температуре 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., зимнего, весенне-осеннего и летнего периодов года, определяемая по [1, табл. 3\*] с учетом следующих условий:

а) к зимнему периоду относятся месяцы со средними температурами наружного воздуха ниже минус  $5^\circ\text{C}$ ;

б) к весенне-осеннему периоду относятся месяцы со средними температурами наружного воздуха от минус 5 до плюс  $5^\circ\text{C}$ ;

в) к летнему периоду относятся месяцы со средними температурами выше плюс  $5^\circ\text{C}$ ;

$\eta$  – коэффициент, определяемый по формуле

$$\eta = \frac{0,0024 \cdot (E_0 - e_{\text{но}}) \cdot z_0}{R_{\text{пн}}}, \quad (8)$$

где  $e_{\text{но}}$  – среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха, Па, периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами, определяемое по [1, табл.5\*].

При определении парциального давления водяного пара  $E_3$  для летнего периода температуру в плоскости возможной конденсации во всех случаях следует принимать не ниже средней температуры наружного воздуха летнего периода, парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха  $e_v$  – не ниже среднего парциального давления водяного пара наружного воздуха за этот период.

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

$$R_{\text{п}}^{\text{тр}} = 0,012 \cdot (e_v - e_{\text{но}}). \quad (9)$$

Для защиты от увлажнения теплоизоляционного слоя (утеплителя) в покрытиях зданий с влажным или мокрым режимом следует предусматривать пароизоляцию (ниже слоя утеплителя).

### **Задание на самостоятельную работу**

Выполнить расчет тепловлажностного режима наружной стены жилой комнаты. Место нахождения жилого дома и некоторые сведения о параметрах наружного воздуха приведены в табл.1 и выбираются по порядковому номеру студента в журнале группы  $Z_5$ . Студенты первой группы выбирают вариант по своему порядковому номеру  $Z_5$ , вариант для студентов второй группы выбирается по величине  $(24+Z_5)$ , а для студентов третьей группы - по величине  $(47+Z_5)$ . Расчетная схема наружной стены приведена на рис.1. Толщина первого слоя (штукатурки) равна  $\delta_1 = (10+Z_1) \cdot 10^{-3}$  м, где  $Z_1$  – число букв в фамилии студента. Толщину второго слоя принимаем равной  $\delta_2 = 0,25$  м, четвертого слоя –  $\delta_4 = 0,12$  м, а толщина третьего слоя (слоя теплоизоляции)  $\delta_3$  находится из расчета.

Материал слоев наружной стены:

Первый слой стенки – штукатурка из известково-песчаного раствора плотностью  $\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$ .

Второй слой стенки – кладка из обыкновенного глиняного кирпича на цементно-песчаном растворе плотностью  $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$ .

Четвертый слой стенки – кладка из силикатного одинадцатипустотного кирпича на цементно-песчаном растворе плотностью  $\rho = 1500 \text{ кг/м}^3$ .

Третий слой стенки – теплоизоляционный слой из материала, выбираемого в зависимости от градусо-суток отопительного периода  $D_d = (t_b - t_{отп}) \cdot Z_{отп}$  следующим образом:

Если  $D_d < 5000$ , то – вермикулитобетон плотностью  $\rho = 400 \text{ кг/м}^3$ ;  
если  $5000 < D_d < 6000$ , то – вермикулитобетон плотностью  $\rho = 300 \text{ кг/м}^3$ ;

если  $6000 < D_d < 7500$ , то – пенополистирол плотностью  $\rho = 100 \text{ кг/м}^3$ ;

если  $D_d > 7500$ , то – пенополистирол плотностью  $\rho = 40 \text{ кг/м}^3$ .

Здесь:  $t_b$  – температура внутреннего воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{отп}$  в  $^{\circ}\text{C}$  и  $Z_{отп}$  в сут. – средняя температура и продолжительность отопительного периода.

*Все сведения, необходимые для выполнения расчета, приведены в справочном материале. Во всех справочных таблицах указаны библиографические источники откуда взяты сведения.*

### Пример расчета тепловлажностного режима ограждающих конструкций жилых зданий.

Жилое здание расположено в г. Смоленске. Расчетная схема наружной стены здания приведена на рис. 1.

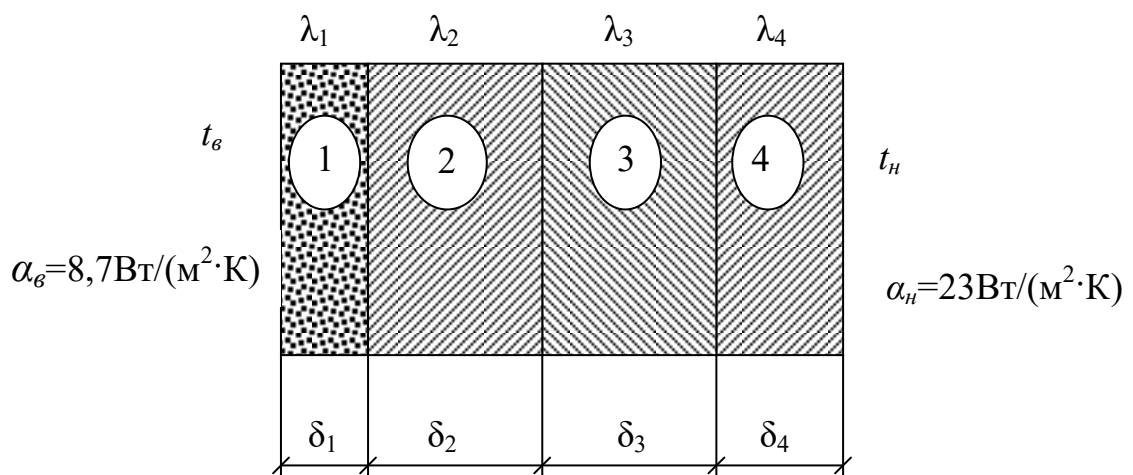


Рис. 1. Расчетная схема наружной стены



Первый слой стенки – штукатурка из известково-песчаного раствора плотностью  $\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$  и толщиной  $\delta_1 = 0,02 \text{ м}$ .

Второй слой стенки – кладка из обыкновенного глиняного кирпича на цементно-песчаном растворе плотностью  $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$  и толщиной  $\delta_2 = 0,25 \text{ м}$ .

Третий слой стенки – теплоизоляционный слой из вермикулитобетона плотностью  $\rho = 400 \text{ кг/м}^3$ , толщину которого определяем из расчета, т.е.  $\delta_3 = ?$

Четвертый слой стенки – кладка из силикатного одиннадцатипустотного кирпича на цементно-песчаном растворе плотностью  $\rho = 1500 \text{ кг/м}^3$  и толщиной  $\delta_4 = 0,12 \text{ м}$ .

### Порядок расчета:

1. По таблице 1\* [1] для города Смоленска находим: температуру воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 ( $t_{\text{н}}^{592} = -26,0^\circ\text{C}$ ); продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха  $\leq 8^\circ\text{C}$  ( $Z_{\text{отп}} = 215 \text{ сут}$ ) и среднюю температуру этого периода ( $t_{\text{отп}} = -2,4^\circ\text{C}$ ); по [2, прил.В] определяем зону влажности для г. Смоленска – нормальная.

По [1, табл. 3\*] для города Смоленска находим: среднюю по месяцам температуру наружного воздуха:  $t_1 = -9,4^\circ\text{C}$ ;  $t_2 = -8,4^\circ\text{C}$ ;  $t_3 = -4,0^\circ\text{C}$ ;  $t_4 = 4,4^\circ\text{C}$ ;  $t_5 = 11,6^\circ\text{C}$ ;  $t_6 = 15,7^\circ\text{C}$ ;  $t_7 = 17,1^\circ\text{C}$ ;  $t_8 = 15,9^\circ\text{C}$ ;  $t_9 = 10,4^\circ\text{C}$ ;  $t_{10} = 4,5^\circ\text{C}$ ;  $t_{11} = -1,0^\circ\text{C}$ ;  $t_{12} = -5,8^\circ\text{C}$ . По [1, табл. 5а\*] находим среднее месячное парциальное давление водяного пара, Па:  $e_1 = 300$ ;  $e_2 = 310$ ;  $e_3 = 410$ ;  $e_4 = 650$ ;  $e_5 = 970$ ;  $e_6 = 1290$ ;  $e_7 = 1490$ ;  $e_8 = 1420$ ;  $e_9 = 1070$ ;  $e_{10} = 750$ ;  $e_{11} = 550$ ;  $e_{12} = 400$ .

2. По [3, табл. 1] принимаем расчетную температуру внутреннего воздуха  $t_{\text{в}} = 20^\circ\text{C}$  и относительную влажность внутреннего воздуха  $\phi_{\text{в}} = 55\%$ . Если  $t_{\text{н}}^{592}$  равно или ниже  $-31^\circ\text{C}$ , то  $t_{\text{в}} = 21^\circ\text{C}$ .

3. . Определяем градусо-сутки отопительного периода:

$$D_d = (t_{\text{в}} - t_{\text{отп}}) \cdot Z_{\text{отп}} = (20 - (-2,4)) \cdot 215 = 4816^\circ\text{C} \cdot \text{сут.}$$

Так как  $D_d=4816^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут.}<5000$  , теплоизоляционный слой стенки из вермикулитобетона плотностью  $\rho = 400 \text{ кг/м}^3$ .

По [2, табл.1], зная  $t_b=20^{\circ}\text{C}$  и  $\phi_b=55\%$ , находим влажностный режим помещения – нормальный.

По [2, табл.2], зная режим помещения и зону влажности, определяем условия эксплуатации ограждающих конструкций – Б.

При условиях эксплуатации Б по [3, прил.Д] определяем коэффициент теплопроводности  $\lambda$ , Вт/(м·К) и коэффициент паропроницаемости  $\mu$ , мг/(м·ч·Па), всех слоев наружной стены:

1-й -  $\lambda_1=0,81$ ;  $\mu_1=0,12$ ;

2-й -  $\lambda_2=0,81$ ;  $\mu_2=0,11$ ;

3-й -  $\lambda_3=0,13$ ;  $\mu_3=0,19$ ;

4-й -  $\lambda_4=0,81$ ;  $\mu_4=0,13$ .

4. Находим требуемое значение сопротивления теплопередаче наружной стены по [2, табл.4] или по формуле

$$R_0^{\text{тр}} = 1,4 + 3,5 \cdot 10^{-4} \cdot D_d,$$

$$R_0^{\text{тр}} = 1,4 + 3,5 \cdot 10^{-4} \cdot 4816 = 3,086 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Определяем термическое сопротивление первого, второго и четвертого слоёв наружной стены:  $R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ , м<sup>2</sup>·К/Вт.

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,02}{0,81} = 0,0247; \quad R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,25}{0,81} = 0,3086;$$

$$R_4 = \frac{\delta_4}{\lambda_4} = \frac{0,12}{0,81} = 0,1481.$$

5. Зная, что  $R_0=R_0^{\text{тр}}=1/\alpha_b+R_1+R_2+R_3+R_4+1/\alpha_n$ , определяем термическое сопротивление  $R_3$ , м<sup>2</sup>·К/Вт, и толщину  $\delta_3$ , м, слоя теплоизоляции:  $R_3=R_0^{\text{тр}}-(1/\alpha_b+R_1+R_2+R_4+1/\alpha_n)$ , где  $\alpha_b=8,7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности наружной стены [2, табл. 7 ];  $\alpha_n=23 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности стены для зимних условий [3, табл. 8].

$$R_3=3,086-(1/8,7+0,0247+0,3086+0,1481+1/23)=2,4466.$$

$$\text{Но } R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3}, \text{ тогда } \delta_3=R_3 \cdot \lambda_3=2,4466 \cdot 0,13=0,318 \text{ м}.$$

6. Определяем полную толщину стены  $\delta_{\text{нс}}$

$$\delta_{\text{нс}} = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4 = 0,02 + 0,25 + 0,318 + 0,12 = 0,708 \text{ м.}$$

7. Определяем удельный тепловой поток через стену при температуре наружного воздуха  $t_{\text{н}}^{592}$  по формуле:

$$q_{\text{нс}} = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}^{592}}{R_0},$$

где  $q_{\text{нс}}$  – удельный тепловой поток через наружную стену, Вт/м<sup>2</sup>;

$t_{\text{в}} = 20^\circ\text{C}$  – температура внутреннего воздуха;

$t_{\text{н}}^{592} = -26^\circ\text{C}$  – температура наружного воздуха самой холодной пятидневки обеспеченностью 0,92;

$R_0 = 3,086 \text{ м}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$  – термическое сопротивление теплопередаче наружной стены

$$q_{\text{нс}} = \frac{20 - (-26)}{3,086} = 14,9 \text{ Вт}/\text{м}^2.$$

8. Находим температуру в различных сечениях наружной стены по формуле

$$t_x = t_{\text{в}} - q_{\text{нс}} \cdot R_x,$$

где  $R_x$  – термическое сопротивление в сечении  $x$ , м<sup>2</sup>·К/Вт.

Полагаем  $R_x$  равным:

$$1) R_{x1} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} = \frac{1}{8,7} = 0,115;$$

$$2) R_{x2} = R_{x1} + R_1 = 0,115 + 0,0247 = 0,1397;$$

$$3) R_{x3} = R_{x2} + \frac{R_2}{2} = 0,1397 + \frac{0,3086}{2} = 0,294;$$

$$4) R_{x4} = R_{x3} + \frac{R_2}{2} = 0,294 + \frac{0,3086}{2} = 0,4483;$$

$$5) R_{x5} = R_{x4} + \frac{R_3}{3} = 0,4483 + \frac{2,4466}{3} = 1,2638;$$

$$6) R_{x6} = R_{x5} + \frac{R_3}{3} = 1,2638 + \frac{2,4466}{3} = 2,0793;$$

$$7) R_{x7} = R_{x6} + \frac{R_3}{3} = 2,0793 + \frac{2,4466}{3} = 2,8948;$$

$$8) R_{x8} = R_{x7} + \frac{R_4}{2} = 2,8948 + \frac{0,1481}{2} = 2,9669;$$

$$9) R_{x9} = R_{x8} + \frac{R_4}{2} = 2,9669 + \frac{0,1481}{2} = 3,041.$$

Тогда:

- 1)  $t_{x1} = 20 - 14,9 \cdot 0,115 = 18,3^\circ\text{C};$
- 2)  $t_{x2} = 20 - 14,9 \cdot 0,1397 = 17,9^\circ\text{C};$
- 3)  $t_{x3} = 20 - 14,9 \cdot 0,294 = 15,6^\circ\text{C};$
- 4)  $t_{x4} = 20 - 14,9 \cdot 0,4483 = 13,3^\circ\text{C};$
- 5)  $t_{x5} = 20 - 14,9 \cdot 1,2638 = 1,2^\circ\text{C};$
- 6)  $t_{x6} = 20 - 14,9 \cdot 2,0793 = -11^\circ\text{C};$
- 7)  $t_{x7} = 20 - 14,9 \cdot 2,8948 = -23,1^\circ\text{C};$
- 8)  $t_{x8} = 20 - 14,9 \cdot 2,9669 = -24,2^\circ\text{C};$
- 9)  $t_{x9} = 20 - 14,9 \cdot 3,041 = -25,3^\circ\text{C}.$

8. По [3, табл. С1 и С2] находим парциальные давления водяного пара  $E$ , Па, при температурах  $t_b, t_{x1} \div t_{x9}$  и  $t_H^{592}$ :

$$E_b = 2338; E_1 = 2102; E_2 = 2050; E_3 = 1772; E_4 = 1527; E_5 = 667; E_6 = 237; E_7 = 76; E_8 = 66; E_9 = 61; E_H = 57.$$

9. Находим парциальное давление водяных паров во внутреннем воздухе  $e_b$ , Па, по формуле

$$e_b = \frac{E_b \cdot \varphi_b}{100},$$

где  $E_b$  – парциальное давление сухого насыщенного водяного пара при температуре  $t_b, ^\circ\text{C};$

$\varphi_b$  – относительная влажность внутреннего воздуха, %.

$$e_b = \frac{2338 \cdot 55}{100} = 1286 \text{ Па}.$$

10. Находим среднее парциальное давление водяных паров в наружном воздухе  $e_{нр}$ , по формуле

$$e_{нр} = \frac{e_{12} + e_1 + e_2}{3},$$

где  $e_{12} = 400$  Па,  $e_1 = 300$  Па;  $e_2 = 310$  Па – среднее парциальное давление водяного пара в наружном воздухе в декабре, январе и феврале

$$e_{\text{нр}} = \frac{400 + 300 + 310}{3} = 337 \text{ Па.}$$

11. Определяем сопротивление паропроницанию всех слоев стены по следующим формулам:

$$R_{\text{п1}} = \frac{\delta_1}{\mu_1}; R_{\text{п2}} = \frac{\delta_2}{\mu_2}; R_{\text{п3}} = \frac{\delta_3}{\mu_3}; R_{\text{п4}} = \frac{\delta_4}{\mu_4},$$

где  $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4$  – коэффициенты паропроницаемости материалов первого, второго, третьего и четвертого слоев стены, мг/(м·ч·Па).

$$R_{\text{п1}} = \frac{0,02}{0,12} = 0,167 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг};$$

$$R_{\text{п2}} = \frac{0,25}{0,11} = 2,273 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг};$$

$$R_{\text{п3}} = \frac{0,318}{0,19} = 1,674 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг};$$

$$R_{\text{п4}} = \frac{0,12}{0,13} = 0,923 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}.$$

12. Определяем полное сопротивление паропроницанию наружной стены  $R_{\text{оп}}$ , м<sup>2</sup>·ч·Па/мг, по формуле

$$R_{\text{оп}} = R_{\text{вп}} + R_{\text{п1}} + R_{\text{п2}} + R_{\text{п3}} + R_{\text{п4}} + R_{\text{нп}},$$

где  $R_{\text{вп}} = 0,0267$  м<sup>2</sup>·ч·Па/мг – сопротивление влагообмену у внутренней поверхности стены;

$R_{\text{нп}} = 0,0133$  м<sup>2</sup>·ч·Па/мг – сопротивление влагообмену у наружной поверхности стены

$$R_{\text{оп}} = 0,0267 + 0,167 + 2,273 + 1,674 + 0,923 + 0,0133 = 5,076 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}.$$

13. Строим графики зависимостей  $E = f(R_{\text{пх}})$  и  $e = f_1(R_{\text{пх}})$ . По оси ординат откладываем в масштабе  $E$ , Па, а на оси абсцисс – сопротивление паропроницанию  $R_{\text{оп}}$  (рис.2).

На оси абсцисс откладываем последовательно от оси ординат сопротивления  $R_{\text{вп}}$ ,  $R_{\text{вп}} + R_{\text{п1}}$ ,  $R_{\text{вп}} + R_{\text{п1}} + R_{\text{п2}}$ ,  $R_{\text{вп}} + R_{\text{п1}} + R_{\text{п2}} + R_{\text{п3}}$ ,  $R_{\text{вп}} + R_{\text{п1}} + R_{\text{п2}} + R_{\text{п3}} + R_{\text{п4}}$  и  $R_{\text{оп}}$ . Сопротивление  $R_{\text{п2}}$  делим на две части,  $R_{\text{п3}}$  – на три части,  $R_{\text{п4}}$  – на две части. Через полученные 10 точек проводим вертикальные линии. На оси ординат откладываем  $E_{\text{в}}$ , на девяти линиях последовательно –  $E_1 \div E_9$ , а на одиннадцатой линии –  $E_{\text{н}}$ . Через полученные точки проводим линию  $E = f(R_{\text{пх}})$ . На оси ординат откладываем  $e_{\text{в}}$ , а на одиннадцатой линии откладываем  $e_{\text{нр}}$  и

полученные точки соединяем прямой линией АВ, которая является зависимостью  $e=f_1(R_{пх})$ . Так как линии  $E=f(R_{пх})$  и  $e=f_1(R_{пх})$  пересекаются, то в наружной стене возможна конденсация водяных паров. Для определения плоскости возможной конденсации водяных паров из точки А проводим касательную к линии  $E=f(R_{пх})$ . Через точку касания «К» проводим вертикальную линию, которая будет соответствовать плоскости возможной конденсации водяных паров.

Абсцисса точки «К» равна 3,8, тогда сопротивление паропроницанию от внутренней поверхности стены до плоскости возможной конденсации будет равно  $R_{пв}=3,8-0,0267=3,773 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$ , а сопротивление паропроницанию от плоскости возможной конденсации до наружной поверхности стены –

$$R_{пн}=R_{оп}-3,8-R_{пв}=5,076-3,8-0,0133=1,263 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}.$$

14. Определяем сопротивление теплопередаче от внутреннего воздуха до плоскости возможной конденсации водяных паров, находящейся в третьем слое стены  $R, \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , по формуле

$$R = \frac{1}{\alpha_{в}} + R_1 + R_2 + R_3 \frac{R_{пв} - R_{п1} - R_{п2}}{R_{п3}},$$

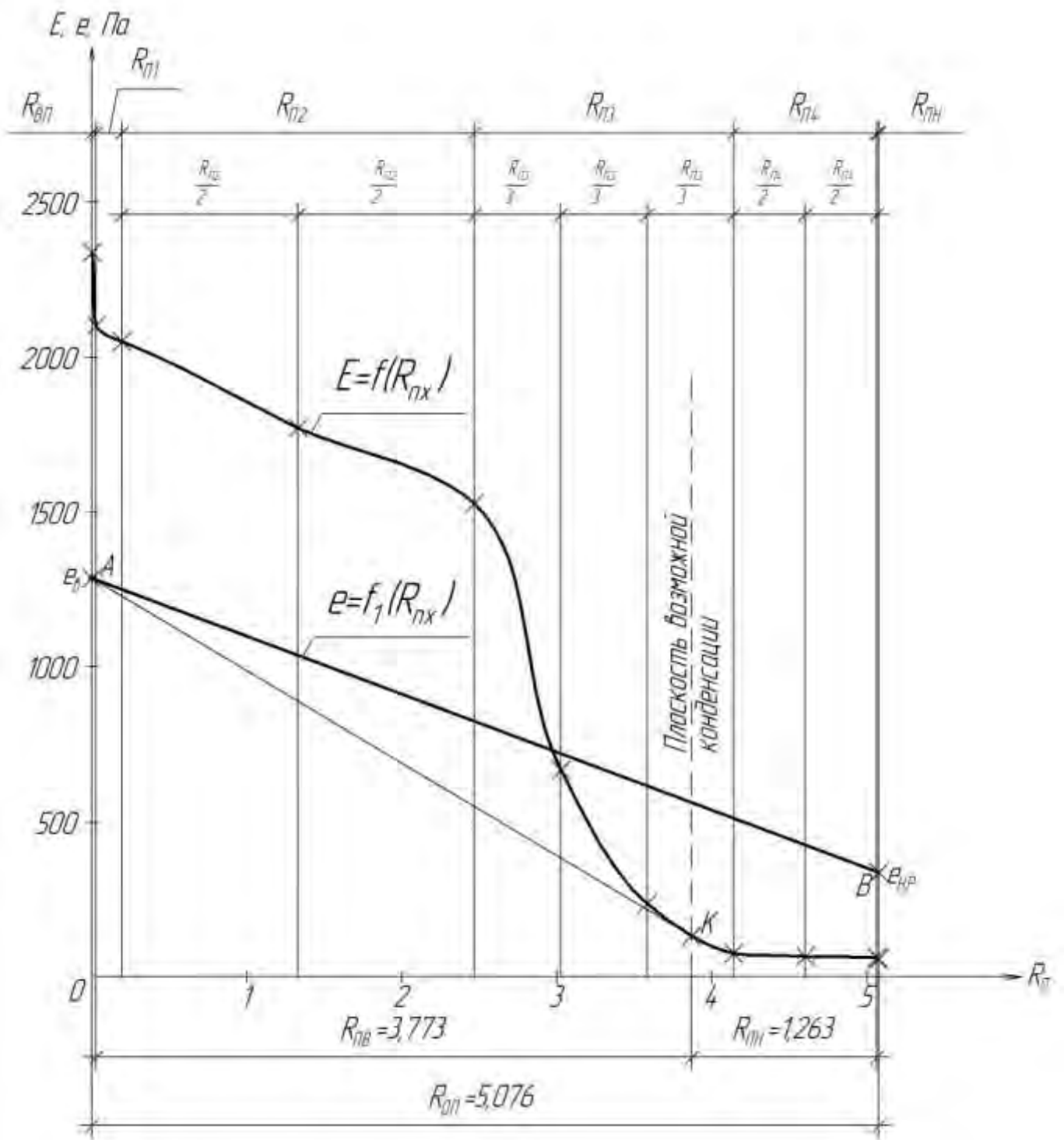


Рис.2. Схема влажностного состояния наружной стены

где  $R_1, R_2, R_3$  – термические сопротивления первого, второго и третьего слоев стенки,  $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ .

$$R = \frac{1}{8,7} + 0,0247 + 0,3086 + 2,4466 \cdot \frac{3,773 - 0,167 - 2,273}{1,674} = 2,3977, \\ \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

15. Определяем среднюю температуру наружного воздуха за зимний период  $t_{н1}$ , °С, когда  $t_{н} < -5^{\circ}\text{С}$  [1, табл. 3\*], по формуле

$$t_{н1} = \frac{t_1 + t_2 + t_{12}}{z_1},$$

где  $t_1 = -9,4^{\circ}\text{С}$ ,  $t_2 = -8,4^{\circ}\text{С}$ ,  $t_{12} = -5,8^{\circ}\text{С}$  – средние температуры наружного воздуха в январе, феврале и декабре ;  $z_1 = 3$  месяца – продолжительность зимнего периода.

$$t_{н1} = \frac{-9,4 - 8,4 - 5,8}{3} = -7,9^{\circ}\text{С}.$$

16. Находим среднюю температуру в плоскости возможной конденсации в зимний период  $t_{к1}$ , °С, по формуле

$$t_{к1} = t_{в} - \frac{(t_{в} - t_{н1}) \cdot R}{R_0}, \\ t_{к1} = 20 - \frac{(20 - (-7,9)) \cdot 2,3977}{3,086} = -1,7^{\circ}\text{С}.$$

По [3, табл.С1] находим парциальное давление водяного пара  $E_1$ , Па, в плоскости возможной конденсации  $E_1 = 531$  Па.

17. Определяем среднюю температуру наружного воздуха  $t_{н2}$  за весенне-осенний период, когда  $-5^{\circ}\text{С} < t_{н} < 5^{\circ}\text{С}$

$$t_{н2} = \frac{t_3 + t_4 + t_{10} + t_{11}}{z_2},$$

где  $t_3 = -4^{\circ}\text{С}$ ,  $t_4 = 4,4^{\circ}\text{С}$ ,  $t_{10} = 4,5^{\circ}\text{С}$ ,  $t_{11} = -1,0^{\circ}\text{С}$  – средние температуры наружного воздуха в марте, апреле, октябре и ноябре ;  $z_2 = 4$  месяца – продолжительность весенне-осеннего периода года

$$t_{н2} = \frac{-4,0 + 4,4 + 4,5 - 1,0}{4} = 1,0^{\circ}\text{С}.$$

18. Находим среднюю температуру в плоскости возможной конденсации в весенне-осенний период  $t_{к2}$ , °С, по формуле

$$t_{к2} = t_{в} - \frac{(t_{в} - t_{н2}) \cdot R}{R_0},$$



$$t_{к2} = 20 - \frac{(20 - 1,0) \cdot 2,3977}{3,086} = 5,2^{\circ}\text{C}.$$

При температуре  $t_{к2}=5,2^{\circ}\text{C}$  по [3, табл.С2] находим парциальное давление водяного пара  $E_2$ , Па, в плоскости возможной конденсации  $E_2=885$  Па.

19. Определяем среднюю температуру наружного воздуха в летний период года, когда  $t_{н} > 5^{\circ}\text{C}$

$$t_{н3} = \frac{t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9}{z_3},$$

где  $t_5=11,6^{\circ}\text{C}$ ,  $t_6=15,7^{\circ}\text{C}$ ,  $t_7=17,1^{\circ}\text{C}$ ,  $t_8=15,9^{\circ}\text{C}$ ,  $t_9=10,4^{\circ}\text{C}$  – средние температуры наружного воздуха в мае, июне, июле, августе и сентябре;  $z_3=5$  месяцев – продолжительность летнего периода

$$t_{н3} = \frac{11,6 + 15,7 + 17,1 + 15,9 + 10,4}{5} = 14,1^{\circ}\text{C}.$$

20. Находим среднюю температуру в плоскости возможной конденсации в летний период года  $t_{к3}$ ,  $^{\circ}\text{C}$ , по формуле

$$t_{к3} = t_{в} - \frac{(t_{в} - t_{н3}) \cdot R}{R_0},$$

$$t_{к3} = 20 - \frac{(20 - 14,1) \cdot 2,3977}{3,086} = 15,4^{\circ}\text{C}.$$

При температуре  $t_{к3}=15,4^{\circ}\text{C}$  по [3, табл.С2] находим парциальное давление водяного пара  $E_3$ , Па, в плоскости возможной конденсации  $E_3=1749$  Па.

21. Определяем парциальное давление сухого насыщенного водяного пара за годовой период в плоскости возможной конденсации  $E$ , Па, по формуле

$$E = \frac{E_1 \cdot z_1 + E_2 \cdot z_2 + E_3 \cdot z_3}{12}$$

$$E = \frac{531 \cdot 3 + 885 \cdot 4 + 1749 \cdot 5}{12} = 1157 \text{ Па}.$$

22. Находим среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха  $e_{н}$ , Па, за годовой период по формуле

$$e_{н} = \frac{e_1 + e_2 + e_3 + e_4 + e_5 + e_6 + e_7 + e_8 + e_9 + e_{10} + e_{11} + e_{12}}{12},$$

где  $e_1=300$ ,  $e_2=310$ ,  $e_3=410$ ,  $e_4=650$ ,  $e_5=970$ ,  $e_6=1290$ ,  $e_7=1490$ ,  $e_8=1420$ ,  $e_9=1070$ ,  $e_{10}=750$ ,  $e_{11}=550$ ,  $e_{12}=400$  – парциальное давление водяного пара по месяцам года, Па, [3, табл.5а\*].

$$e_H = (300 + 310 + 410 + 650 + 970 + 1290 + 1490 + 1420 + 1070 + 750 + 550 + 400) / 12 = 800,8 \text{ Па.}$$

23. Находим требуемое сопротивление паропроницанию  $R_{п1}^{тр}$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$  (из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации):

$$R_{п1}^{тр} = \frac{(e_B - E) \cdot R_{пн}}{E - e_H},$$

$$R_{п1}^{тр} = \frac{(1268 - 1157) \cdot 1,263}{1157 - 800,8} = 0,394 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг} < R_{пн} = 3,773.$$

24. Определяем среднее парциальное давление водяного пара в наружном воздухе  $e_{но}$ , Па, периода года с отрицательными среднемесячными температурами по формуле

$$e_{но} = \frac{e_1 + e_2 + e_3 + e_{11} + e_{12}}{5},$$

где  $e_1=300$  Па,  $e_2=310$  Па,  $e_3=410$  Па,  $e_{11}=550$  Па,  $e_{12}=400$  Па – парциальное давление водяного пара в наружном воздухе в январе, феврале, марте, ноябре и декабре .

$$e_{но} = \frac{300 + 310 + 410 + 550 + 400}{5} = 394 \text{ Па.}$$

25. Находим среднюю температуру в плоскости возможной конденсации в период года с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха  $t_{ко}$ ,  $^{\circ}\text{C}$ , по формуле

$$t_{ко} = t_B - (t_B - t_0) \cdot R / R_0,$$

где  $t_0 = (t_1 + t_2 + t_3 + t_{11} + t_{12}) / 5 = -(9,4 + 8,4 + 4 + 1 + 5,8) / 5 = -5,72^{\circ}\text{C}$  – средняя температура наружного воздуха периода года с отрицательными среднемесячными температурами [1, табл.3\*].

$$t_{ко} = 20 - (20 - (-5,72)) \cdot 2,3979 / 3,086 \approx 0^{\circ}\text{C}.$$

При температуре  $t_{ко}=0^{\circ}\text{C}$  [3, табл. С1] парциальное давление водяного пара в плоскости возможной конденсации равно  $E_0=611$  Па.

26. Определяем величину  $\eta$  по формуле

$$\eta = \frac{0,0024 \cdot (E_0 - e_{но}) \cdot z_0}{R_{пн}},$$

где  $z_0 = z_1' + z_2' + z_3' + z_{11}' + z_{12}' = 31 + 28 + 31 + 30 + 31 = 151$  сут – продолжительность периода года с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха [1, табл.3\*].

$$\eta = 0,0024(611-394)151/1,263 = 62,27.$$

27. Определяем требуемое сопротивление паропроницанию  $R_{п2}^{тр}$ ,  $м^2 \cdot ч \cdot Па / мг$  (из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период года с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха) по формуле

$$R_{п2}^{тр} = \frac{0,0024 \cdot z_0 \cdot (e_B - E_0)}{\rho_w \cdot \delta_w \cdot \Delta w_{cp} + \eta},$$

где  $\rho_w = 400 \text{ кг/м}^3$  – плотность теплоизоляционного слоя из вермикулита в сухом состоянии;

$\delta_w = \delta_3 = 0,318 \text{ м}$  – толщина увлажняемого слоя стены (слоя теплоизоляции);

$\Delta w_{cp} = 5,0\%$  – предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги в материале увлажняемого слоя стены [2, табл.

12]  $R_{п2}^{тр} = 0,0024 \cdot 151(1286-611)/(400 \cdot 0,318 \cdot 5 + 62,27) = 0,35 \text{ м}^2 \cdot ч \cdot Па / мг < R_{пв} = 3,773$ .

28. Так как  $R_{п1}^{тр} = 0,393 < R_{пв} = 3,773$ , то влага, накопившаяся в стене за холодный период года, успевает удалиться из нее за теплый период года, т.е. за годовой период накопления влаги в стене не будет.

Так как  $R_{п2}^{тр} = 0,35 < R_{пв} = 3,773$ , то в течение периода влагонакопления  $z_0$  приращение средней влажности материала теплоизоляционного слоя стены не превышает допустимого приращения  $\Delta w_{cp}$  согласно [2, табл.12].

## Справочный материал

Таблица 1

Варианты местонахождения и некоторые исходные данные для расчетов влажностных режимов [2, прил.В; 1, табл. 1]

№ варианта	Населённый пункт (место нахождения здания)	Зона влажности территории населённого пункта	Температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92, °С	Период со среднесуточной температурой воздуха $\leq 8$ °С	
				Продолжительность, $Z_{отп}$ , сут.	Средняя температура $t_{отп}$ °С
1	2	3	4	5	6
1	Алейск	С	-38,0	216	-7,8
2	Ачинск	С	-41,0	237	-7,6
3	Арзамас	Н	-32,0	216	-4,7
4	Архангельск	В	-31,0	253	-8,0
5	Астрахань	С	-23,0	167	-1,2
6	Барабинск	С	-39,0	230	-9,0
7	Барнаул	С	-39,0	221	-7,7
8	Белгород	С	-23,0	191	-1,9
9	Бежецк	Н	-31,0	222	-3,4
10	Бийск	С	-38,0	222	-7,8
11	Благовещенск	Н	-34,0	218	-10,6
12	Братск	С	-43,0	249	-8,6
13	Брянск	Н	-26,0	205	-2,3
14	Великие Луки	Н	-27,0	212	-1,9
15	Верхоянск	С	-59,0	279	-24,1
16	Владивосток	В	-24,0	196	-3,9
17	Владимир	Н	-28,0	213	-3,5
18	Вологда	Н	-32,0	231	-4,1
19	Волгоград	С	-25,0	177	-2,4

## Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
20	Верхонтурье	С	-37,0	236	-6,8
21	Воронеж	С	-26,0	196	-3,1
22	Ниж. Новгород	Н	-31,0	215	-4,1
23	Енисейск	Н	-46,0	245	-9,6
24	Иваново	Н	-30,0	219	-3,9
25	Иркутск	С	-36,0	240	-8,5
26	Тверь	Н	-29,0	218	-3,0
27	Комсомольск-на-Амуре	Н	-35,0	223	-10,8
28	Калуга	Н	-27,0	210	-2,9
29	Канск	С	-42,0	237	-8,8
30	Кемерово	С	-39,0	231	-8,3
31	Курск	Н	-26,0	198	-2,4
32	Киров	Н	-33,0	231	-5,4
33	Кашира	Н	-27,0	212	-3,4
34	Кострома	Н	-31,0	222	-3,9
35	Минусинск	С	-40,0	225	-8,8
36	Мурманск	В	-27,0	275	-3,2
37	Вел.Новгород	Н	-27,0	221	-2,3
38	Новосибирск	С	-39,0	230	-8,7
39	Николаевск-на-Амуре	Н	-35,0	249	-9,6
40	Омск	С	-37,0	221	-8,4
41	Орёл	Н	-26,0	205	-2,7
42	Оренбург	С	-31,0	202	-6,3
43	Пермь	Н	-35,0	229	-5,9
44	Псков	Н	-26,0	212	-1,6
45	Санкт-Петербург	Н	-26,0	220	-1,8
46	Самара	С	-30,0	203	-5,2
47	Ижевск	С	-34,0	222	-5,6
48	Воркута	Н	-41,0	306	-9,1
49	Челябинск	С	-34,0	218	-6,5
50	Казань	С	-32,0	215	-5,2
51	Ярославль	Н	-31,0	221	-4,0
52	Красноярск	С	-40,0	234	-7,1
53	Пенза	С	-29,0	207	-4,5

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
54	Петрозаводск	Н	-29,0	240	-3,1
55	Ростов-на-Дону	С	-22,0	171	-0,6
56	Саранск	С	-30,0	209	-4,5
57	Саратов	С	-27,0	196	-4,3
58	Екатеринбург	С	-35,0	230	-6,0
59	Тамбов	С	-28,0	201	-3,7
60	Томск	С	-40,0	236	-8,4
61	Тула	Н	-27,0	207	-3,0
62	Уфа	С	-35,0	213	-5,9
63	Хабаровск	Н	-31,0	211	-9,3
64	Чита	С	-38,0	242	-11,4
65	Улан-Удэ	С	-37,0	237	-10,4
66	Дмитров (Московск.обл)	Н	-28,0	216	-3,1
67	Таганрог	С	-22,0	167	-0,4
68	Александровск-Сахалинский	В	-27,0	240	-6,2
69	Тюмень	С	-38,0	225	-7,2
70	Курган	С	-37,0	216	-7,7

Таблица 2

Оптимальная температура и допустимая относительная влажность воздуха внутри зданий для холодного времени года [3, табл.1]

Тип здания	Температура воздуха внутри здания $t_{в}$ , °С	Относительная влажность внутри здания $\phi_{в}$ , %, не более
1. Жилые	20÷22	55
2. Поликлиники и лечебные учреждения	21÷22	55
3. Дошкольные учреждения	22÷23	55

Для зданий, не указанных в таблице 2, температуру воздуха  $t_{в}$ , относительную влажность воздуха  $\phi_{в}$  внутри зданий и соответствующую им температуру точки росы следует принимать

согласно ГОСТ 30494 и нормам проектирования соответствующих зданий.

Влажностный режим помещений зданий в холодный период года, в зависимости от относительной влажности  $\varphi_v$  и температуры внутреннего воздуха  $t_v$ , следует устанавливать по таблице 3.

Таблица 3

Влажностный режим помещений зданий  
[2, табл. 1]

Режим	Влажность внутреннего воздуха $\varphi_v$ , % при температуре $t_v$ , °С		
	до 12°С	св. 12 до 24°С	св. 24°С
Сухой	До 60 %	До 50 %	До 40 %
Нормальный	Св. 60 до 75 %	Св. 50 до 60 %	Св. 40 до 50 %
Влажный	Св. 75 %	Св. 60 до 75 %	Св. 50 до 60 %
Мокрый	-	Св. 75 %	Св. 60 %

Зоны влажности территории России следует принимать по приложению В [2] (сухая, нормальная и влажная).

В зависимости от зоны влажности района строительства и влажностного режима помещения определяют условия эксплуатации ограждающих конструкций А или Б по таблице 4.

Таблица 4

Условия эксплуатации ограждающих конструкций  
[2, табл. 2]

Влажностный режим помещений зданий	Условия эксплуатации А и Б в зоне влажности		
	сухой	нормальной	влажной
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б
Влажный или мокрый	Б	Б	Б

В зависимости от условий эксплуатации ограждающих конструкций А или Б по [3, прил. Д] определяем расчётные тепло-технические показатели строительных материалов и изделий.

Таблица 5

Нормируемые значения сопротивления теплопередаче  
ограждающих конструкций [2,табл.4]

Здания и помещения, коэффициенты <b>а</b> и <b>в</b>	Градусо-сутки отопительного периода $D_d$ , °С·сут.	Нормируемые значения $R_o^{тр}$ , м <sup>2</sup> ·К/Вт, ограждающих конструкций				
		стен	покрытый и перекрытый над проездами	перекрытый чердачных, над неотапливаемыми подпольями и подвалами	окон, балконных дверей, витрин и витражей	фонарей с вертикальным остеклением
1	2	3	4	5	6	7
1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития	2000	2,1	3,2	2,8	0,3	0,3
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45	0,35
	6000	3,5	5,2	4,6	0,6	0,4
	8000	4,2	6,2	5,5	0,7	0,45
	10000	4,9	7,2	6,4	0,75	0,5
	12000	5,6	8,2	7,3	0,8	0,55
<b>а</b>		$3,5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$4,5 \cdot 10^{-4}$	-	$0,25 \cdot 10^{-4}$
<b>в</b>		1,4	2,2	1,9	-	0,25

Зная градусо-сутки  $D_d$  отопительного периода для заданного населённого пункта, по формуле (1) [2] определяем нормируемое значение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций (м<sup>2</sup> · К/Вт):

$$R_o^{тр} = v + a \cdot D_d.$$

Величины “а” и “в” приведены в [2, табл.4].



Таблица 6

Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности  $\alpha_{в}$  ограждающей конструкции [2,табл.7]

Внутренняя поверхность ограждающей конструкции	Коэффициент теплоотдачи $\alpha_{в}$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)
1. Стен, полов, гладких потолков с выступающими рёбрами при отношении высоты $h$ ребра к расстоянию $a$ между гранями соседних рёбер $h/a \leq 0,3$	8,7
2. Потолков с выступающими рёбрами при $h/a > 0,3$	7,6
3. Окон	8,0
4. Зенитных фонарей	9,9

Таблица 7

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности  $\alpha_{н}$  для условий холодного периода [3,табл.8]

Наружная поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи $\alpha_{н}$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)
1. Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной-климатической зоне	23,0
2. Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытий над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительной-климатической зоне	17
3. Перекрытий чердачных и над неотапливаемыми подвалами со световыми проёмами в стенах	12
4. Перекрытий над неотапливаемыми подвалами без световых проёмов в стенах, расположенных выше уровня земли, и над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	6

Таблица 8

Расчётные теплотехнические показатели строительных материалов и изделий [3,. прил. Д]

Материал	Плотность $\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup>	Расчётные коэффициенты при условиях эксплуатации А и Б				
		теплопроводности $\lambda$ , Вт/(м·К)		теплоусвоения (при периоде 24 ч) $S$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)		паропроницаемости $\mu$ , мг/(м·ч·Па)
		А	Б	А	Б	
Пенопласт	100	0,05	0,052	0,68	0,8	0,23
Пенополистирол	150	0,05	0,06	0,89	0,99	0,05
То же	100	0,04	0,052	0,65	0,82	0,05
То же	40	0,41	0,05	0,41	0,49	0,05
Вермикулитобетон	600	0,16	0,17	2,87	3,21	0,15
Вермикулитобетон	400	0,11	0,13	1,94	2,29	0,19
Вермикулитобетон	300	0,09	0,11	1,52	1,83	0,23
Кирпичная кладка из глиняного обыкновенного кирпича на цементно-песчаном растворе	1800	0,70	0,81	9,2	10,12	0,11
Кирпичная кладка из силикатного одинадцатипустотного кирпича на цементно-песчаном растворе	1500	0,7	0,81	8,59	9,63	0,13
Известково-песчаный раствор	1600	0,70	0,81	8,69	9,76	0,12
Цементно-песчаный раствор	1800	0,76	0,93	9,60	11,09	0,09

Таблица 9

Предельно допустимые значения коэффициента  $\Delta w_{cp}$   
[2, табл. 12]

Материал ограждающей Конструкции	Предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги в материале $\Delta w_{cp}$ , %
1. Кладка из глиняного кирпича и керамических блоков	1,5
2. Кладка из силикатного кирпича	2,0
3. Легкие бетоны на пористых заполнителях (керамзитобетон, шугизитобетон, перлитобетон, шлакопемзобетон)	5
4. Ячеистые бетоны (газобетон, пенобетон, газосиликат и др.)	6
5. Пеногазостекло	1,5
6. Фибролит и арболит цементные	7,5
7. Минераловатные плиты и маты	3
8. Пенополистирол и пенополиуретан	25
9. Фенольно-резольный пенопласт	50
10. Теплоизоляционные засыпки из керамзита, шунгизита, шлака	3
11. Тяжелый бетон, цементно- песчаный раствор	2

Таблица 10

Значения парциального давления сухого насыщенного водяного пара  $E$ , Па при отрицательных температурах, °С

[3, прил. С табл. С.1]

t, °С	E, Па					t, °С	E, Па		t, °С	E, Па
	0	0,2	-0,4	-0,6	-0,8		0	-0,5		
0	611	601	592	581	573	-20	103	99	-40	12
-1	563	553	544	535	527	-21	93	88	-41	11
-2	517	509	500	492	484	-22	85	81	-42	10
-3	476	468	460	452	445	-23	77	73	-43	8,4
-4	437	429	423	415	408	-24	69	65	-44	7,3
-5	402	395	388	381	375	-25	63	60	-45	6,4
-6	369	363	356	351	344	-26	57	53	-46	5,6
-7	338	332	327	321	315	-27	51	48	-47	4,9
-8	310	304	299	293	289	-28	47	44	-	-
-9	284	279	273	268	264	-29	42	39	-	-
-10	260	255	251	245	241	-30	38	-	-	-
-11	237	233	229	225	221	-31	34	-	-	-
-12	217	213	209	207	203	-32	31	-	-	-
-13	199	195	191	188	184	-33	27	-	-	-
-14	181	179	175	172	168	-34	25	-	-	-
-15	165	163	159	156	153	-35	22	-	-	-
-16	151	148	145	143	140	-36	20	-	-	-
-17	137	135	132	129	128	-37	18	-	-	-
-18	125	123	120	117	116	-38	16	-	-	-
-19	113	111	109	107	105	-39	14	-	-	-

Таблица 11

Значения парциального давления сухого насыщенного водяного пара  $E$ , Па, при положительных температурах, °С  
[3, прил. С, табл. С.2]

$t, ^\circ\text{C}$	$E, \text{Па}$									
	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	805	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	1109	1117	1125	1132	1140
9	1148	1156	1154	1172	1180	1188	1196	1204	1212	1220
10	1228	1236	1244	1253	1261	1269	1279	1287	1295	1304
11	1312	1321	1331	1339	1348	1355	1365	1375	1384	1393
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	1901	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	2538	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	3628	3649	3672	3692	3714	3736	3758

Таблица 12

Средняя месячная температура воздуха и среднее месячное парциальное давление водяного пара  
[1., табл. 3\* , 5а\*]

Населённые пункты	Числитель – средняя по месяцам температура наружного воздуха, °С Знаменатель – среднее месячное парциальное давление водяного пара, гПа.											
	январь	февр.	март	апр.	май	июнь	июль	авг.	сент.	окт.	нояб.	дек.
Алейск	<u>-17,6</u> 1,6	<u>-16,3</u> 1,8	<u>-8,7</u> 3,0	<u>3,3</u> 5,6	<u>12,2</u> 7,9	<u>18,4</u> 12,5	<u>20,3</u> 15,6	<u>17,2</u> 13,3	<u>11,3</u> 9,0	<u>3,2</u> 5,7	<u>-7,5</u> 3,3	<u>-15,1</u> 2,0
Ачинск	<u>-17,7</u> 1,5	<u>-15,6</u> 1,6	<u>-9,1</u> 2,5	<u>0,4</u> 4,3	<u>8,6</u> 6,3	<u>15,6</u> 11,2	<u>17,9</u> 14,5	<u>15,0</u> 12,7	<u>9,0</u> 8,4	<u>0,6</u> 4,9	<u>-9,3</u> 2,7	<u>-16,3</u> 1,7
Арзамас	<u>-12,4</u> 2,5	<u>-11,9</u> 2,5	<u>-6,5</u> 3,6	<u>3,5</u> 6,0	<u>12,0</u> 8,7	<u>16,9</u> 12,0	<u>18,8</u> 14,8	<u>17,2</u> 13,7	<u>10,8</u> 10,1	<u>3,5</u> 6,6	<u>-3,6</u> 4,5	<u>-9,4</u> 3,2
Архангельск	<u>-12,9</u> 2,3	<u>-12,5</u> 2,4	<u>-8,0</u> 3,1	<u>-0,9</u> 4,5	<u>6,0</u> 6,4	<u>12,4</u> 10,0	<u>15,6</u> 12,9	<u>13,6</u> 12,4	<u>7,9</u> 9,2	<u>1,5</u> 6,1	<u>-4,1</u> 4,3	<u>-9,5</u> 3,1
Астрахань	<u>-6,7</u> 3,6	<u>-5,6</u> 3,7	<u>0,4</u> 5,0	<u>9,9</u> 7,5	<u>18,0</u> 11,3	<u>22,8</u> 15,0	<u>25,3</u> 17,1	<u>23,6</u> 16,2	<u>17,3</u> 12,3	<u>9,6</u> 8,6	<u>2,4</u> 6,3	<u>-3,2</u> 4,6
Барабинск	<u>-19,9</u> 1,3	<u>-18,3</u> 1,4	<u>-11,8</u> 2,5	<u>0,5</u> 5,1	<u>10,1</u> 7,5	<u>16,4</u> 12,0	<u>18,5</u> 15,2	<u>15,5</u> 13,1	<u>9,8</u> 9,0	<u>1,1</u> 5,4	<u>-9,2</u> 3,0	<u>-17,0</u> 1,7
Барнаул	<u>-17,5</u> 1,6	<u>-16,1</u> 1,7	<u>-9,1</u> 2,8	<u>2,1</u> 5,2	<u>11,4</u> 7,5	<u>17,7</u> 12,4	<u>19,8</u> 15,5	<u>16,9</u> 13,4	<u>10,8</u> 9,1	<u>2,5</u> 5,6	<u>-7,9</u> 3,2	<u>-15,0</u> 2,0
Белгород	<u>-8,5</u> 3,2	<u>-6,4</u> 3,6	<u>-2,5</u> 4,5	<u>7,5</u> 7,2	<u>14,6</u> 9,9	<u>17,9</u> 12,8	<u>19,9</u> 14,9	<u>18,7</u> 13,7	<u>12,9</u> 10,2	<u>6,4</u> 7,7	<u>0,3</u> 5,7	<u>-4,5</u> 4,4
Бежецк	<u>-10,7</u> 2,7	<u>-10,2</u> 2,7	<u>-5,2</u> 3,6	<u>3,2</u> 6,0	<u>10,8</u> 8,9	<u>15,2</u> 12,4	<u>17,1</u> 14,6	<u>15,4</u> 13,8	<u>9,8</u> 10,1	<u>3,6</u> 7,0	<u>-2,3</u> 4,8	<u>-7,7</u> 3,5

Продолжение таблицы 12

Населённые пункты	Числитель – средняя по месяцам температура наружного воздуха, °С Знаменатель – среднее месячное парциальное давление водяного пара, гПа.											
	январь	февр.	март	апр.	май	июнь	июль	авг.	сентяб.	окт.	нояб.	декаб.
Бийск	$\frac{-17,7}{1,6}$	$\frac{-16,5}{1,7}$	$\frac{-9,2}{2,9}$	$\frac{2,3}{5,5}$	$\frac{11,3}{8,1}$	$\frac{17,2}{13,0}$	$\frac{19,2}{15,9}$	$\frac{16,3}{13,7}$	$\frac{10,5}{9,3}$	$\frac{2,6}{5,7}$	$\frac{-8,1}{3,2}$	$\frac{-15,1}{2,0}$
Благовещенск	$\frac{-24,1}{0,7}$	$\frac{-18,7}{1,0}$	$\frac{-9,1}{2,2}$	$\frac{2,7}{4,2}$	$\frac{11,1}{7,3}$	$\frac{17,9}{14,1}$	$\frac{21,4}{19,2}$	$\frac{19,1}{16,8}$	$\frac{12,2}{10,2}$	$\frac{2,2}{4,7}$	$\frac{-11,5}{1,9}$	$\frac{-21,8}{0,9}$
Братск	$\frac{-20,7}{1,1}$	$\frac{-19,4}{1,2}$	$\frac{-10,2}{2,1}$	$\frac{-1,2}{3,6}$	$\frac{6,2}{5,5}$	$\frac{14,0}{9,9}$	$\frac{17,8}{14,2}$	$\frac{14,8}{12,6}$	$\frac{8,1}{8,2}$	$\frac{-0,5}{4,4}$	$\frac{-9,8}{2,6}$	$\frac{-18,4}{1,4}$
Брянск	$\frac{-9,1}{3,1}$	$\frac{-8,4}{3,2}$	$\frac{-3,2}{4,1}$	$\frac{5,9}{6,8}$	$\frac{12,8}{9,6}$	$\frac{16,7}{12,9}$	$\frac{18,1}{15,0}$	$\frac{16,9}{14,3}$	$\frac{11,5}{10,7}$	$\frac{5,0}{7,5}$	$\frac{-0,4}{5,4}$	$\frac{-5,2}{4,0}$
Великие Луки (Псков. обл.)	$\frac{-8,6}{3,2}$	$\frac{-7,7}{3,3}$	$\frac{-3,2}{4,2}$	$\frac{4,9}{6,5}$	$\frac{11,5}{9,7}$	$\frac{15,7}{13,0}$	$\frac{17,1}{14,9}$	$\frac{15,8}{14,2}$	$\frac{10,7}{10,7}$	$\frac{5,1}{7,7}$	$\frac{-0,1}{5,6}$	$\frac{-5,2}{4,2}$
Верхоянск	$\frac{-48,2}{0,1}$	$\frac{-43,6}{0,2}$	$\frac{-30,2}{0,5}$	$\frac{-13,3}{1,7}$	$\frac{2,1}{4,3}$	$\frac{12,8}{8,2}$	$\frac{15,2}{10,5}$	$\frac{10,9}{9,0}$	$\frac{2,5}{5,4}$	$\frac{-14,5}{2,0}$	$\frac{-36,4}{0,3}$	$\frac{-45,1}{0,1}$
Владивосток	$\frac{-13,1}{1,6}$	$\frac{-9,8}{2,0}$	$\frac{-2,4}{3,5}$	$\frac{4,8}{5,9}$	$\frac{9,9}{9,2}$	$\frac{13,8}{13,8}$	$\frac{18,5}{19,0}$	$\frac{21,0}{21,0}$	$\frac{16,8}{14,8}$	$\frac{9,7}{8,7}$	$\frac{-0,3}{4,2}$	$\frac{-9,2}{2,2}$
Владимир	$\frac{-11,1}{2,6}$	$\frac{-10,0}{2,6}$	$\frac{-4,3}{3,6}$	$\frac{4,9}{6,1}$	$\frac{12,2}{9,0}$	$\frac{16,6}{12,4}$	$\frac{17,9}{14,6}$	$\frac{16,4}{14,3}$	$\frac{10,7}{10,2}$	$\frac{3,7}{6,8}$	$\frac{-2,7}{4,7}$	$\frac{-7,5}{3,5}$
Вологда	$\frac{-12,6}{2,4}$	$\frac{-11,6}{2,5}$	$\frac{-5,9}{3,4}$	$\frac{2,3}{5,6}$	$\frac{9,6}{8,2}$	$\frac{14,9}{12,0}$	$\frac{16,8}{14,6}$	$\frac{15,0}{13,8}$	$\frac{9,1}{9,8}$	$\frac{2,5}{6,6}$	$\frac{-3,5}{4,5}$	$\frac{-8,9}{3,2}$
Волгоград	$\frac{-7,6}{3,0}$	$\frac{-7,0}{3,3}$	$\frac{-1,0}{4,8}$	$\frac{10,0}{7,1}$	$\frac{16,7}{9,9}$	$\frac{21,3}{12,8}$	$\frac{23,6}{14,0}$	$\frac{22,1}{12,8}$	$\frac{16,0}{10,2}$	$\frac{8,0}{7,4}$	$\frac{-0,6}{6,0}$	$\frac{-4,2}{4,4}$

Продолжение таблицы 12

Населённые пункты	Числитель – средняя по месяцам температура наружного воздуха, °С Знаменатель – среднее месячное парциальное давление водяного пара, гПа.											
	январ.	февр.	март	апр.	май	июнь	июль	авг.	сент.	окт.	нояб.	дек.
Верхотурье	<u>-17,3</u> 1,6	<u>-15,1</u> 1,6	<u>-7,7</u> 2,7	<u>2,3</u> 4,8	<u>8,9</u> 6,9	<u>14,7</u> 10,7	<u>17,0</u> 13,8	<u>14,4</u> 12,4	<u>8,7</u> 8,9	<u>0,7</u> 5,2	<u>-7,9</u> 3,2	<u>-15,1</u> 2,0
Воронеж	<u>-9,8</u> 2,9	<u>-9,6</u> 3,1	<u>-3,7</u> 4,3	<u>6,6</u> 7,0	<u>14,6</u> 9,4	<u>17,9</u> 12,7	<u>19,9</u> 15,0	<u>18,6</u> 13,8	<u>13,0</u> 10,3	<u>5,9</u> 7,3	<u>-0,6</u> 5,4	<u>-6,2</u> 4,0
Нижний Новгород	<u>-11,8</u> 2,5	<u>-11,1</u> 2,5	<u>-5,0</u> 3,6	<u>4,2</u> 6,0	<u>12,0</u> 8,7	<u>16,4</u> 12,0	<u>18,4</u> 14,8	<u>16,9</u> 13,7	<u>11,0</u> 10,1	<u>3,6</u> 6,6	<u>-2,8</u> 4,5	<u>-8,9</u> 3,2
Енисейск	<u>-22,0</u> 1,2	<u>-19,5</u> 1,2	<u>-10,7</u> 2,1	<u>-0,9</u> 3,9	<u>7,1</u> 6,3	<u>15,1</u> 11,3	<u>18,5</u> 15,2	<u>14,9</u> 13,0	<u>8,2</u> 8,7	<u>-0,5</u> 4,9	<u>-12,3</u> 2,4	<u>-20,7</u> 1,4
Иваново	<u>-11,9</u> 2,6	<u>-10,9</u> 2,6	<u>-5,1</u> 3,6	<u>4,1</u> 6,1	<u>11,4</u> 9,0	<u>15,8</u> 12,4	<u>17,6</u> 14,8	<u>15,8</u> 13,7	<u>10,1</u> 10,2	<u>3,5</u> 6,8	<u>-3,1</u> 4,6	<u>-8,1</u> 3,4
Иркутск	<u>-20,6</u> 1,2	<u>-18,1</u> 1,3	<u>-9,4</u> 2,3	<u>1,0</u> 4,0	<u>8,5</u> 6,1	<u>14,8</u> 11,1	<u>17,6</u> 14,9	<u>15,0</u> 13,4	<u>8,2</u> 8,5	<u>0,5</u> 4,9	<u>-10,4</u> 2,6	<u>-18,4</u> 1,6
Тверь	<u>-10,5</u> 2,8	<u>-9,4</u> 2,9	<u>-4,6</u> 3,8	<u>4,1</u> 6,1	<u>11,2</u> 9,0	<u>15,7</u> 12,4	<u>17,3</u> 14,7	<u>15,8</u> 13,9	<u>10,2</u> 10,3	<u>4,0</u> 7,1	<u>-1,8</u> 5,0	<u>-6,6</u> 3,7
Комсомольск- на-Амуре	<u>-25,6</u> 0,7	<u>-20,3</u> 1,0	<u>-10,1</u> 2,2	<u>1,3</u> 4,6	<u>8,7</u> 7,7	<u>15,6</u> 13,3	<u>19,9</u> 18,2	<u>18,7</u> 17,3	<u>12,6</u> 11,5	<u>3,0</u> 5,7	<u>-10,7</u> 2,3	<u>-22,0</u> 1,0
Калуга	<u>-10,1</u> 2,8	<u>-8,9</u> 2,8	<u>-3,9</u> 3,9	<u>4,8</u> 6,4	<u>12,3</u> 9,6	<u>16,2</u> 12,8	<u>18,0</u> 14,9	<u>16,5</u> 14,0	<u>11,0</u> 10,3	<u>4,7</u> 7,2	<u>-1,5</u> 5,0	<u>-6,5</u> 3,6
Канск	<u>-20,2</u> 1,3	<u>-18,7</u> 1,4	<u>-10,3</u> 2,4	<u>0,7</u> 4,3	<u>8,6</u> 6,5	<u>16,0</u> 11,2	<u>18,8</u> 14,6	<u>15,6</u> 12,9	<u>8,8</u> 8,4	<u>0,4</u> 4,8	<u>-10,2</u> 2,5	<u>-18,6</u> 1,5



Продолжение таблицы 12

Населённые пункты	Числитель – средняя по месяцам температура наружного воздуха, °С Знаменатель – среднее месячное парциальное давление водяного пара, гПа.											
	январ.	февр.	март	апр.	май	июнь	июль	авг.	сент.	окт.	нояб.	дек.
Кемерово	<u>-18,8</u> 1,4	<u>-16,9</u> 1,6	<u>-9,8</u> 2,6	<u>1,0</u> 4,9	<u>9,7</u> 7,2	<u>16,3</u> 12,0	<u>18,8</u> 15,2	<u>15,4</u> 13,2	<u>9,5</u> 9,0	<u>1,3</u> 5,4	<u>-9,6</u> 2,9	<u>-16,9</u> 1,8
Курск	<u>-9,3</u> 3,1	<u>-7,8</u> 3,3	<u>-3,0</u> 4,4	<u>6,6</u> 7,0	<u>13,9</u> 9,6	<u>17,2</u> 12,8	<u>18,7</u> 15,0	<u>17,6</u> 14,0	<u>12,2</u> 10,5	<u>5,6</u> 7,4	<u>-0,4</u> 5,5	<u>-5,2</u> 4,0
Киров	<u>-14,4</u> 2,1	<u>-12,9</u> 2,2	<u>-6,7</u> 3,2	<u>2,2</u> 5,3	<u>10,0</u> 7,7	<u>15,4</u> 11,2	<u>17,9</u> 14,1	<u>15,3</u> 12,8	<u>9,0</u> 9,6	<u>1,5</u> 6,1	<u>-5,7</u> 4,0	<u>-11,8</u> 2,7
Кашира	<u>-10,9</u> 2,7	<u>-9,8</u> 2,8	<u>-4,6</u> 3,8	<u>4,6</u> 6,5	<u>12,2</u> 9,2	<u>16,3</u> 12,4	<u>17,8</u> 14,7	<u>16,5</u> 14,0	<u>11,0</u> 10,3	<u>4,1</u> 6,9	<u>-2,3</u> 5,0	<u>-7,0</u> 3,6
Кострома	<u>-11,8</u> 2,5	<u>-11,1</u> 2,6	<u>-5,3</u> 3,6	<u>3,2</u> 5,8	<u>10,9</u> 8,6	<u>15,5</u> 12,3	<u>17,8</u> 14,9	<u>16,1</u> 13,8	<u>10,0</u> 10,2	<u>3,2</u> 6,7	<u>-2,9</u> 4,6	<u>-8,7</u> 3,3
Минусинск	<u>-20,8</u> 1,2	<u>-19,0</u> 1,5	<u>-8,9</u> 2,7	<u>3,0</u> 4,6	<u>10,5</u> 7,0	<u>17,2</u> 11,9	<u>19,8</u> 15,1	<u>16,9</u> 13,3	<u>10,0</u> 9,0	<u>1,9</u> 5,1	<u>-8,9</u> 2,7	<u>-17,8</u> 1,6
Мурманск	<u>-10,5</u> 2,6	<u>-10,8</u> 2,5	<u>-6,9</u> 3,1	<u>-1,6</u> 3,9	<u>3,4</u> 5,4	<u>9,3</u> 7,9	<u>12,6</u> 10,1	<u>11,3</u> 10,2	<u>6,6</u> 7,8	<u>0,7</u> 5,4	<u>-4,2</u> 4,0	<u>-7,8</u> 3,1
Великий Новгород	<u>-8,7</u> 3,1	<u>-8,7</u> 3,1	<u>-4,3</u> 3,9	<u>3,3</u> 6,1	<u>10,4</u> 8,8	<u>15,2</u> 12,5	<u>17,3</u> 15,1	<u>15,4</u> 14,4	<u>10,3</u> 10,8	<u>4,2</u> 7,5	<u>-0,9</u> 5,5	<u>-5,9</u> 4,0
Новосибирск	<u>-18,8</u> 1,4	<u>-17,3</u> 1,5	<u>-10,1</u> 2,6	<u>1,5</u> 5,0	<u>10,3</u> 7,3	<u>16,7</u> 12,3	<u>19,0</u> 15,6	<u>15,8</u> 13,4	<u>10,1</u> 9,2	<u>1,9</u> 5,5	<u>-9,2</u> 3,0	<u>-16,5</u> 1,8
Николевск-на- Амуре	<u>-23,9</u> 0,8	<u>-20,0</u> 1,1	<u>-12,7</u> 1,9	<u>-2,9</u> 3,8	<u>3,7</u> 6,3	<u>11,5</u> 10,8	<u>16,5</u> 15,1	<u>16,2</u> 15,0	<u>11,1</u> 10,5	<u>2,0</u> 5,3	<u>-9,9</u> 2,3	<u>-19,8</u> 1,2
Орёл	<u>-9,7</u> 3,0	<u>-8,8</u> 3,1	<u>-4,0</u> 4,2	<u>5,6</u> 7,0	<u>13,0</u> 9,6	<u>16,9</u> 13,0	<u>18,5</u> 14,9	<u>17,1</u> 14,0	<u>11,7</u> 10,5	<u>5,1</u> 7,4	<u>-0,9</u> 5,3	<u>-5,6</u> 3,9

Продолжение таблицы 12

Населённые пункты	Числитель – средняя по месяцам температура наружного воздуха, °С											
	Знаменатель – среднее месячное парциальное давление водяного пара, гПа											
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Оренбург	<u>-14,8</u> 1,9	<u>-14,2</u> 2,0	<u>-7,3</u> 3,4	<u>5,2</u> 6,2	<u>15,0</u> 8,7	<u>19,7</u> 12,1	<u>21,9</u> 14,2	<u>20,0</u> 12,2	<u>13,4</u> 8,9	<u>4,5</u> 6,1	<u>-4,0</u> 4,2	<u>-11,2</u> 2,7
Пермь	<u>-17,0</u> 1,9	<u>-14,8</u> 2,0	<u>-7,9</u> 3,1	<u>1,4</u> 5,2	<u>8,0</u> 7,6	<u>14,4</u> 11,3	<u>16,9</u> 14,0	<u>14,3</u> 12,7	<u>8,0</u> 9,3	<u>-0,3</u> 5,8	<u>-8,3</u> 3,7	<u>-14,4</u> 2,4
Псков	<u>-7,5</u> 3,4	<u>-7,5</u> 3,3	<u>-3,4</u> 4,1	<u>4,2</u> 6,2	<u>11,3</u> 8,8	<u>15,5</u> 12,3	<u>17,4</u> 14,6	<u>15,7</u> 14,1	<u>10,9</u> 10,9	<u>5,3</u> 7,8	<u>0,0</u> 5,8	<u>-4,5</u> 4,3
Санкт-Петербург	<u>-7,8</u> 3,3	<u>-7,8</u> 3,2	<u>-3,9</u> 3,9	<u>3,1</u> 5,7	<u>9,8</u> 8,0	<u>15,0</u> 11,8	<u>17,8</u> 14,6	<u>16,0</u> 14,3	<u>10,9</u> 10,9	<u>4,9</u> 7,6	<u>-0,3</u> 5,5	<u>-5,0</u> 4,2
Самара	<u>-13,5</u> 2,2	<u>-12,6</u> 2,2	<u>-5,8</u> 3,6	<u>5,8</u> 6,2	<u>14,3</u> 8,5	<u>18,6</u> 12,2	<u>20,4</u> 14,7	<u>19,0</u> 13,1	<u>12,8</u> 9,5	<u>4,2</u> 6,3	<u>-3,4</u> 4,5	<u>-9,6</u> 3,5
Ижевск	<u>-14,6</u> 2,1	<u>-13,3</u> 2,1	<u>-6,7</u> 3,2	<u>3,3</u> 5,7	<u>11,3</u> 8,2	<u>16,4</u> 11,6	<u>18,5</u> 14,5	<u>16,4</u> 13,0	<u>10,1</u> 9,5	<u>2,1</u> 6,0	<u>-5,1</u> 4,0	<u>-11,6</u> 2,6
Воркута	<u>-20,3</u> 1,3	<u>-20,6</u> 1,2	<u>-16,5</u> 1,8	<u>-9,0</u> 2,9	<u>-2,8</u> 4,3	<u>5,8</u> 7,0	<u>12,4</u> 10,4	<u>9,5</u> 9,6	<u>3,8</u> 7,0	<u>-5,1</u> 4,0	<u>-13,6</u> 2,3	<u>-15,7</u> 1,8
Челябинск	<u>-15,8</u> 1,6	<u>-14,3</u> 1,7	<u>-7,4</u> 2,9	<u>3,9</u> 5,3	<u>11,9</u> 7,8	<u>16,8</u> 11,6	<u>18,4</u> 14,7	<u>16,2</u> 12,6	<u>10,7</u> 9,0	<u>2,4</u> 5,3	<u>-6,2</u> 3,3	<u>-12,9</u> 2,2
Казань	<u>-13,5</u> 2,1	<u>-13,1</u> 2,2	<u>-6,5</u> 3,4	<u>3,7</u> 6,1	<u>12,4</u> 8,8	<u>17,0</u> 12,3	<u>19,1</u> 15,0	<u>17,5</u> 13,7	<u>11,2</u> 9,9	<u>3,4</u> 6,4	<u>-3,8</u> 4,4	<u>-10,4</u> 2,8
Ярославль	<u>-11,9</u> 2,5	<u>-10,7</u> 2,6	<u>-5,1</u> 3,6	<u>3,7</u> 5,9	<u>10,9</u> 8,8	<u>15,7</u> 12,3	<u>17,6</u> 14,8	<u>16,0</u> 14,0	<u>10,0</u> 10,1	<u>3,4</u> 6,8	<u>-2,7</u> 4,6	<u>-8,1</u> 3,3
Красноярск	<u>-18,2</u> 1,4	<u>-16,8</u> 1,5	<u>-7,8</u> 2,6	<u>2,6</u> 4,5	<u>9,4</u> 6,5	<u>16,6</u> 11,4	<u>19,1</u> 14,7	<u>15,7</u> 12,9	<u>9,4</u> 8,7	<u>1,5</u> 4,9	<u>-8,8</u> 2,7	<u>-16,3</u> 1,6

Продолжение таблицы 12

Населённые пункты	Числитель – средняя по месяцам температура наружного воздуха, °С											
	Знаменатель – среднее месячное парциальное давление водяного пара, гПа											
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Пенза	<u>-12,2</u>	<u>-11,3</u>	<u>-5,6</u>	<u>4,9</u>	<u>13,5</u>	<u>17,6</u>	<u>19,6</u>	<u>18,0</u>	<u>11,9</u>	<u>4,4</u>	<u>-2,9</u>	<u>-9,1</u>
	2,4	2,5	3,7	6,3	8,9	12,4	14,8	13,5	9,8	6,6	4,6	3,2
Петрозаводск	<u>-11,1</u>	<u>-10,4</u>	<u>-5,4</u>	<u>1,3</u>	<u>7,6</u>	<u>13,6</u>	<u>15,7</u>	<u>14,1</u>	<u>8,9</u>	<u>2,9</u>	<u>-2,6</u>	<u>-7,2</u>
	2,7	2,7	3,4	4,8	6,8	10,4	13,2	12,8	9,6	6,7	4,7	3,5
Ростов-на-Дону	<u>-5,7</u>	<u>-4,8</u>	<u>0,6</u>	<u>9,4</u>	<u>16,2</u>	<u>20,2</u>	<u>23,0</u>	<u>22,1</u>	<u>16,3</u>	<u>9,2</u>	<u>2,5</u>	<u>-2,6</u>
	4,0	4,3	5,4	8,1	11,1	14,5	16,0	14,9	11,6	8,7	6,9	5,2
Саранск	<u>-12,3</u>	<u>-11,7</u>	<u>-5,9</u>	<u>4,8</u>	<u>13,1</u>	<u>17,3</u>	<u>19,2</u>	<u>17,7</u>	<u>11,6</u>	<u>4,1</u>	<u>-3,0</u>	<u>-8,7</u>
	2,5	2,5	3,7	6,6	9,0	12,5	15,1	13,8	10,1	6,8	4,7	3,3
Саратов	<u>-11,0</u>	<u>-11,4</u>	<u>-4,8</u>	<u>6,6</u>	<u>15,0</u>	<u>19,4</u>	<u>21,4</u>	<u>19,9</u>	<u>14,0</u>	<u>5,4</u>	<u>-2,0</u>	<u>-8,3</u>
	2,6	2,7	4,0	6,6	9,1	12,2	13,9	13,2	9,7	6,7	4,7	3,6
Екатеринбург	<u>-15,5</u>	<u>-13,6</u>	<u>-6,9</u>	<u>2,7</u>	<u>10,0</u>	<u>15,1</u>	<u>17,2</u>	<u>14,9</u>	<u>9,2</u>	<u>1,2</u>	<u>-6,8</u>	<u>-13,1</u>
	1,8	1,9	2,8	4,9	7,1	10,9	13,7	12,3	8,8	5,3	3,3	2,2
Тамбов	<u>-10,9</u>	<u>-10,3</u>	<u>-4,6</u>	<u>6,0</u>	<u>14,1</u>	<u>18,1</u>	<u>19,8</u>	<u>18,6</u>	<u>12,5</u>	<u>5,2</u>	<u>-1,4</u>	<u>-7,3</u>
	2,7	2,8	3,9	6,7	9,3	12,6	15,0	13,9	10,2	7,0	5,0	3,6
Томск	<u>-19,1</u>	<u>-16,9</u>	<u>-9,9</u>	<u>0,0</u>	<u>8,7</u>	<u>15,4</u>	<u>18,3</u>	<u>15,1</u>	<u>9,3</u>	<u>0,8</u>	<u>-10,1</u>	<u>-17,3</u>
	1,4	1,5	2,4	4,4	6,9	11,8	15,4	13,3	9,0	5,2	2,8	1,7
Тула	<u>-9,9</u>	<u>-9,5</u>	<u>-4,1</u>	<u>5,0</u>	<u>12,9</u>	<u>16,7</u>	<u>18,6</u>	<u>17,2</u>	<u>11,6</u>	<u>5,0</u>	<u>-1,1</u>	<u>-6,7</u>
	2,8	2,9	4,0	6,7	9,3	12,5	14,9	14,0	10,3	7,1	5,1	3,7
Уфа	<u>-14,9</u>	<u>-13,7</u>	<u>-6,7</u>	<u>4,4</u>	<u>13,3</u>	<u>17,3</u>	<u>18,9</u>	<u>16,8</u>	<u>11,1</u>	<u>2,8</u>	<u>-5,1</u>	<u>-11,2</u>
	2,0	2,0	3,2	6,0	8,8	12,7	15,4	13,6	9,7	6,1	3,9	2,6
Хабаровск	<u>-22,3</u>	<u>-17,2</u>	<u>-8,5</u>	<u>3,1</u>	<u>11,1</u>	<u>17,4</u>	<u>21,1</u>	<u>20,0</u>	<u>13,9</u>	<u>4,7</u>	<u>-8,1</u>	<u>-18,5</u>
	0,9	1,2	2,4	4,7	8,1	14,4	19,6	18,6	11,9	5,7	2,5	1,2
Омск	<u>-19,0</u>	<u>-17,6</u>	<u>-10,1</u>	<u>2,8</u>	<u>11,4</u>	<u>17,1</u>	<u>18,9</u>	<u>15,8</u>	<u>10,6</u>	<u>1,9</u>	<u>-8,5</u>	<u>-16</u>
	1,4	1,5	2,6	5,3	7,1	11,1	14,5	12,7	8,8	5,3	3,1	1,9

Окончание таблицы 12

Населённые пункты	Числитель – средняя по месяцам температура наружного воздуха, °С Знаменатель – среднее месячное парциальное давление водяного пара, гПа											
	январь	февр.	март	апр.	май	июнь	июль	авг.	сентяб.	окт.	нояб.	декаб.
Чита	<u>-26,2</u> 0,6	<u>-22,2</u> 0,9	<u>-11,1</u> 1,7	<u>-0,4</u> 2,8	<u>8,4</u> 4,7	<u>15,7</u> 9,5	<u>17,8</u> 13,8	<u>15,2</u> 12,4	<u>7,7</u> 7,1	<u>-1,8</u> 3,5	<u>-14,3</u> 1,6	<u>-23,5</u> 0,9
Улан-Удэ	<u>-24,8</u> 0,8	<u>-21,0</u> 0,9	<u>-10,2</u> 2,1	<u>1,1</u> 3,5	<u>8,7</u> 5,5	<u>16,0</u> 10,1	<u>19,3</u> 14,0	<u>16,4</u> 12,7	<u>8,7</u> 7,8	<u>-0,2</u> 4,1	<u>-12,4</u> 2,0	<u>-21,4</u> 1,1
Дмитров (Москов. обл.)	<u>-10,4</u> 2,7	<u>-9,5</u> 2,8	<u>-4,4</u> 3,7	<u>4,3</u> 6,0	<u>11,5</u> 8,9	<u>15,7</u> 12,2	<u>17,5</u> 14,5	<u>15,7</u> 13,9	<u>10,3</u> 10,2	<u>4,0</u> 7,0	<u>-2,4</u> 4,7	<u>-7,2</u> 3,5
Таганрог	<u>-5,2</u> 4,1	<u>-4,5</u> 4,3	<u>0,5</u> 5,6	<u>9,4</u> 8,8	<u>16,8</u> 12,6	<u>21,0</u> 16,1	<u>23,7</u> 17,6	<u>22,6</u> 16,8	<u>17,1</u> 13,0	<u>9,8</u> 9,3	<u>3,0</u> 7,0	<u>-2,1</u> 5,3
Александровск- Сахалинский	<u>-18,0</u> 1,3	<u>-15,4</u> 1,5	<u>-8,9</u> 2,4	<u>-0,2</u> 4,5	<u>5,5</u> 6,7	<u>10,8</u> 10,1	<u>15,3</u> 14,2	<u>16,4</u> 15,2	<u>12,2</u> 11,0	<u>4,6</u> 6,3	<u>-4,9</u> 3,2	<u>-13,3</u> 1,9
Тюмень	<u>-17,4</u> 1,5	<u>-16,1</u> 1,6	<u>-7,7</u> 2,7	<u>3,2</u> 5,0	<u>11,0</u> 7,4	<u>15,7</u> 11,6	<u>18,2</u> 15,0	<u>14,8</u> 13,0	<u>9,7</u> 9,2	<u>1,0</u> 5,3	<u>-7,9</u> 3,3	<u>-13,7</u> 2,1
Курган	<u>-17,7</u> 1,5	<u>-16,6</u> 1,6	<u>-8,6</u> 2,8	<u>4,1</u> 5,6	<u>12,6</u> 8,1	<u>17,2</u> 11,9	<u>19,1</u> 14,9	<u>16,3</u> 13,2	<u>10,9</u> 9,4	<u>2,4</u> 5,6	<u>-7,2</u> 3,3	<u>-14,3</u> 2,0

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 23-01-99\*. Строительная климатология [Текст]. М.: Госстрой России, 2004. 71 с.
2. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий [Текст]. М.: Госстрой России, 2003. 40 с.
3. СП 23-101-2004. Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование тепловой защиты зданий [Текст] М.: ФГУП ЦПП, 2004. 163 с.
4. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика [Текст]. М.: Стройиздат, 1983. 136 с.
5. СНиП П-3-79\*. Строительная теплотехника [Текст]. М.: ЦНТП Госстроя СССР, 1995. 32 с.
6. Богословский, В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха) [Текст]: учеб. /В.Н.Богословский. 3-е изд. СПб.: АВОК северо-запад, 2006. 400 с.
7. Чеховский, И.Р. Основы строительной теплофизики [Текст]: учебно-методическое пособие/ И.Р.Чеховский; Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2009. 115с.
8. Строительная теплофизика [Текст]: Методические указания к самостоятельной работе для студентов специальностей 270109 и 270115 всех форм обучения/ Юго-Зап. гос.ун-т; сост. И.Р. Чеховский, О.А.Гнездилова, В.А.Жмакин Курск, 2012. 36 с., ил. 2, табл.12. Библиогр.: с.36
9. Богословский, В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха) [Текст]: учеб. /В.Н.Богословский. 3-е изд. СПб.: АВОК северо-запад, 2006. 400 с.
10. Чеховский, И.Р. Основы строительной теплофизики [Текст]: учебно-методическое пособие/ И.Р.Чеховский; Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2009. 115с.
11. Гнездилова О.А. Строительная теплофизика. Учебное пособие. Юго-Зап. гос.ун-т, 2015.- 103с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ ТРЕБОВАНИЙ  
ПО СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕПЛОФИЗИКЕ

1. Виды теплообмена в здании.
2. Теплопроводность. Основные понятия. Закон Фурье.
3. Теплопроводность плоских стенок. Термическое сопротивление слоя.
4. Конвективный теплообмен. Основные понятия. Формула Ньютона-Рихмана.
5. Тепловое излучение. Основные понятия и законы.
6. Теплопередача. Основное уравнение теплопередачи.
7. Теплопередача через плоские стенки. Коэффициент теплопередачи и термическое сопротивление теплопередаче многослойной плоской стенки.
8. Определение влажностного режима помещения по СНиП.
9. Определение зоны влажности территории по СНиП.
10. Определение условий эксплуатации ограждающих конструкций по СНиП.
11. Определение требуемого термического сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций исходя из санитарно-гигиенических и комфортных условий.
12. Определение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций из условий энергосбережения.
13. Теплоустойчивость ограждающих конструкций в зимнее время.
14. Теплоустойчивость ограждающих конструкций в летнее время. Инженерный метод расчета.
15. Теплоустойчивость помещения в зимнее время.
16. Теплоустойчивость помещения в летнее время.
17. Воздушный режим здания. Воздухопроницаемость конструкций здания.
18. Влагопередача через ограждающие конструкции. Паропроницание через однослойное и многослойное ограждения.
19. Графоаналитический способ выявления наличия или отсутствия конденсации водяных паров в ограждении.
20. Первое и второе условия комфортности. Теплообмен человека в помещении.
21. Приведенное термическое сопротивление неоднородной ограждающей конструкции.