

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

ИНЖЕНЕРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Методические указания по выполнению самостоятельных работ

Под общей редакцией доктора технических наук,
профессора Ю.П. Скачкова

Пенза, 2013

УДК 697
ББК 38.762. я73
И 62

*Методические указания подготовлены в рамках проекта
«ПГУАС – региональный центр повышения качества подготовки
высококвалифицированных кадров для строительной отрасли»
(конкурс Министерства образования и науки Российской Федерации –
«Кадры для регионов»)*

Рекомендовано Редсоветом университета

Рецензенты: кандидат технических наук, доцент кафедры
«Теплогазоснабжение и вентиляция»
Пензенского государственного университе-
та архитектуры и строительства
А.А. Кузьмишкин

Авторы: Т.И. Королева, К.О. Чичиров,
Е.Н. Кучеренко, В.Ю. Павловичев,
М.Ю. Тышкунова

И 62 **Инженерное** обеспечение зданий и сооружений: методиче-
ские указания по выполнению самостоятельных работ / Т.И. Ко-
ролёва [и др.]; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скач-
кова. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 24 с.

Рассмотрены теоретические основы расчета средств обеспечения теплового режима зданий, порядок теплотехнической оценки ограждающих конструкций и методика проектирования строительных ограждений из условий теплоустойчивости, теплоусвоения, паро- и воздухопроницаемости. Представлены примеры расчета по всем разделам методических указаний.

Методические указания направлены на ознакомление с правилами и технологией монтажа, наладки, испытания и сдачи в эксплуатацию конструкций, инженерных систем и оборудования строительных объектов, образцов продукции, выпускаемой предприятием, а также на овладение методами проектирования инженерных сооружений, их конструктивных элементов, включая методики инженерных расчетов систем, объектов и сооружений.

Методические указания подготовлены кафедре «Теплогазоснабжение и вентиляция» и базовой кафедре ПГУАС при ООО «Контур» и предназначены для использования всеми обучающимися по программе переподготовки «Инженерное обеспечение зданий и сооружений».

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2013

ПРЕДИСЛОВИЕ

Важность теплотехнической подготовки обучающихся по образовательной программе (переподготовки) «Инженерное обеспечение зданий и сооружений» определяется тем, что системы обеспечения заданных климатических условий в помещениях являются основными технологическими элементами современных зданий.

В первой главе рассмотрен порядок выполнения самостоятельной работы. Во второй главе приведен теплотехнический расчет наружных ограждений. В третьей главе дана методика расчета теплоустойчивости наружных ограждений в теплый период. Четвертая глава посвящена расчету теплоусвоения поверхности ограждающих конструкций. В пятой главе приведен расчет влажностного режима наружных ограждений. В шестой главе рассмотрен воздушный режим здания.

Авторы выражают глубокую благодарность рецензенту пособия кандидату технических наук, доценту кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция» Пензенского государственного университета архитектуры и строительства А.А. Кузьмишкину за ценные замечания и пожелания, сделанные при подготовке к изданию методических указаний.

Методические указания предназначены для обучающихся по образовательной программе (переподготовки) «Инженерное обеспечение зданий и сооружений».

ВВЕДЕНИЕ

Для обеспечения нормального температурно-влажностного режима в помещениях различного назначения их внутренний объем отделяют от окружающей среды ограждающими строительными конструкциями – стенами и покрытиями, защищающими от атмосферных воздействий (низких температур, осадков, ветра, солнечной радиации, а также агрессивных сред). Требования к микроклимату помещений регламентируются положениями сводов правил (СП – актуализированных редакций строительных норм и правил (СНиП)), приведенных в библиографическом списке.

Наружные ограждающие конструкции оказывают сопротивление переходу тепловой энергии, водяных паров, воздуха из одной среды в другую, препятствуя выравниванию их параметров: температуры, влажности, давления.

Изучение процессов тепло-, влаго- и воздухопередачи через ограждающие конструкции и составляет цель курсовой работы.

1. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задание на выполнение самостоятельной работы выдается преподавателем.

Самостоятельная работа должна быть выполнена в соответствии с действующими положениями сводов правил (СП), ГОСТами и стандартами [5, 6, 7, 8, 9, 13, 14]. В процессе выполнения следует использовать справочную и учебную литературу, указанную в прилагаемом списке литературы. Порядок выполнения должен соответствовать изложенному в данных методических указаниях.

1.1. Исходные данные для выполнения самостоятельной работы

В соответствии с нормативной литературой, ссылки на которые есть в табл. 1.1, выбрать исходные данные для проектирования: характеристики климатических особенностей местности, зону влажности, расчетные параметры наружного воздуха, теплоступления от солнечной радиации, теплотехнические характеристики материалов ограждений и др.

Таблица 1.1
Климатические характеристики района строительства города Пензы

№ п/п	Наименование величины	Обозначение	Размерность	Значение	Нормативный источник
1	2	3	4	5	6
1	Расчетная географическая широта	–	с.ш.	52	[18, прил. 8]
2	Барометрическое давление	$P_{бар}$	ГПа	996	[6, табл.4.1]
3	Средняя температура наружного воздуха:				
	– наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,92	$t_{хп}$	°С	–27	[6, табл. 3.1]
	– наиболее холодных суток, обеспеченностью 0,92	$t_{хс}$	°С	–31	[6, табл. 3.1]
	– за отопительный период	$t_{оп}$	°С	–4,1	[6, табл. 3.1]
4	Абсолютная минимальная температура наружного воздуха	$T_{нм}$	°С	–43	[6, табл.3.1]
5	Средняя максимальная температура наружного воздуха наиболее теплого месяца	$t_{нл}$	°С	26	[6, табл. 4.1]

Окончание табл. 1.1

1	2	3	4	5	6
6	Продолжительность отопительного периода со средней суточной температурой наружного воздуха $\leq 8^\circ\text{C}$	$Z_{\text{оп}}(n_{\text{оп}})$	сутки	200	[6, табл. 3.1]
4	Абсолютная минимальная температура наружного воздуха	$T_{\text{нм}}$	$^\circ\text{C}$	-43	[6, табл.3.1]
5	Средняя максимальная температура наружного воздуха наиболее теплого месяца	$t_{\text{нл}}$	$^\circ\text{C}$	26	[6, табл. 4.1]
6	Продолжительность отопительного периода со средней суточной температурой наружного воздуха $\leq 8^\circ\text{C}$	$Z_{\text{оп}}(n_{\text{оп}})$	сутки	200	[6, табл. 3.1]
7	Зона влажности наружного воздуха	С,Н,В	–	сухая	[7, прил.В]
8	Условия эксплуатации в зонах влажности	А,Б	–	А	
9	Средняя месячная относительная влажность наружного воздуха:				
	– наиболее холодного месяца (январь)	$\varphi_{\text{х}}$	%	83	[6, табл. 3.1]
	– наиболее теплого месяца (июль)	$\varphi_{\text{л}}$	%	68	[6, табл. 4.1]
10	Количество теплоты, поступающее от солнечной радиации на поверхность ограждений:				
	– максимальное значение суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной)	Y_{max}	Вт/м ²	547	[17, прил. 6]
	– среднее значение суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной)	$Y_{\text{ср}}$	Вт/м ²	168	[17, прил. 6]
11	Максимальная амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха в июле	$A_{t_{\text{H}}}$	$^\circ\text{C}$	18,4	[17, прил. 2]
12	Скорость ветра:				
	– максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь	$v_{\text{хол}}$	м/с	4,4	[6, табл. 3.1]
	– минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль	$v_{\text{тепл}}$	м/с	3,8	[6, табл. 4.1]

2. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

Для расчета теплотерь необходимо иметь данные о конструкциях ограждений и их теплотехнических и теплозащитных качествах.

Теплотехнические качества ограждений принято характеризовать величиной сопротивления теплопередаче R_o . Правильно выбранная конструкция ограждения и строго обоснованная величина его сопротивления теплопередаче обеспечивают требуемый микроклимат и экономичность конструкции здания.

2.1. Методика расчета толщины утепляющего слоя стены

При выполнении теплотехнического расчета для зимних условий прежде всего необходимо убедиться, что конструктивное решение проектируемого ограждения позволяет обеспечить необходимые санитарно-гигиенические и комфортные условия микроклимата. Для этого требуемое сопротивление теплопередаче, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$, определяют по формуле

$$R_o^{\text{тп}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot n}{\Delta t_{\text{н}} \alpha_{\text{в}}}, \quad (2.1)$$

где $t_{\text{в}}$ – расчетная температура внутреннего воздуха, °C , принимаемая по нормам проектирования соответствующих зданий, [15];

$t_{\text{н}}$ – расчетная зимняя температура, °C , равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 [6, табл. 3.1];

n – коэффициент, принимаемой в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху по [4, табл. 7];

$\Delta t_{\text{н}}$ – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, °C , по [7, табл. 5];

$\alpha_{\text{в}}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, по [7, табл. 4].

Расчётные параметры внутреннего воздуха для жилого здания представлены в [4, табл. 1].

Градусо-сутки, °С·сут, отопительного периода следует определять по формуле

$$D = (t_b - t_{оп}) \cdot Z_{оп}, \quad (2.2)$$

где t_b – то же, что и в уравнении (2.1);

$t_{оп}$ – средняя температура отопительного периода, °С, по [6, табл. 3.1];

$Z_{оп}$ – продолжительность отопительного периода, сут, по [6, табл. 3.1].

Далее определяют предварительную толщину слоя утеплителя по формуле

$$\delta_{ут} = \left[R_o^{тр(пр)} - \left(\frac{1}{\alpha_b} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_n} \right) \right] \cdot \lambda_{ут}, \quad (2.3)$$

где δ_i – толщина отдельных слоев ограждающей конструкции, м, по заданию;

λ_i – коэффициент теплопроводности отдельных слоев ограждающей конструкции в зависимости от условий эксплуатации ограждающей конструкции, Вт/(м·°С), по [4, прил. 3];

$\lambda_{ут}$ – коэффициент теплопроводности утепляющего слоя в зависимости от условий эксплуатации ограждающей конструкции, Вт/(м·°С), по [4, прил. 3];

α_n – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения, Вт/(м²·°С), принимаем по [4, табл. 8].

Определяют приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, соответствующее высоким теплозащитным свойствам $R_o^{пр}$, м²·°С/Вт, по [7, табл.3] в зависимости от полученного значения D и типа здания или помещения.

Вычисленное значение $\delta_{ут}$ должно быть скорректировано в соответствии с требованиями унификации конструкции ограждений. Для наружных стеновых панелей – 0,20; 0,25; 0,30; 0,40; 0,50 м, для кирпичной кладки – 0,38, 0,51, 0,64, 0,77.

После выбора общей толщины конструкции δ_0 , м, и толщины утеплителя $\delta_{ут}$, м, уточняют фактическое общее сопротивление теплопередаче $R_0^ф$, м²·°С/Вт, для всех слоев ограждения по формуле

$$R_0^ф = \frac{1}{\alpha_b} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} + \frac{1}{\alpha_n}. \quad (2.4)$$

и проверяют условие

$$R_0^ф \geq R_0^{пр(тр)}. \quad (2.5)$$

Если условие (2.5) не выполняется, то целесообразно выбрать строительный материал с меньшим коэффициентом теплопроводности λ_{yt} , Вт/(м·°С), или можно увеличить толщину утеплителя.

Коэффициент теплопередачи принятого ограждения стены k , Вт/(м·°С), определяют из уравнения

$$k = \frac{1}{R_0^\Phi}, \quad (2.6)$$

где R_0^Φ – общее фактическое сопротивление теплопередаче, принимаемое по уравнению (2.4), м²·°С/Вт.

Термическое сопротивление замкнутых воздушных прослоек представлено в [4, табл. 11].

2.2. Методика расчета толщины утепляющего слоя покрытия

Вначале расчета задаются конструкцией покрытия и определяют величину R_0^{np} , м²·°С/Вт, по уравнению (2.1).

Определяют D и выбирают R_0^{np} [7, табл. 3].

Затем определяют полное термическое сопротивление железобетонной конструкции плиты.

По формуле (2.3) определяют предварительную толщину слоя утеплителя и корректируют её в соответствии с требованиями унификации конструкции ограждения (см. п. 2.1).

Термическое сопротивление теплопередаче железобетонной конструкции многпустотной плиты R_k^{np} определяют по методике, изложенной в [4].

Определяют фактическое общее термическое сопротивление теплопередаче R_0^Φ , м²·°С/Вт, по уравнению (2.4)

$$R_0^\Phi = \frac{1}{\alpha_v} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{\delta_{yt}}{\lambda_{yt}} + \frac{1}{\alpha_n}.$$

После выбора значения δ_{yt} м, проверяют условие (2.5). Если условие (2.5) $R_0^\Phi > R_0^{np}$ не выполняется, корректируют значение δ_{yt} и осуществляют перерасчет по формулам (2.1–2.3).

Коэффициент теплопередачи многослойной конструкции полов над подвалом k_n , Вт/(м²·°С), определяют по уравнению (2.6)

$$k_n = \frac{1}{R_0^\Phi}.$$

2.3. Методика расчета толщины утепляющего слоя конструкции полов над подвалом и подпольем

Вначале расчета задаются конструкцией пола и определяют величину $R_0^{тп}$, м²·°С/Вт, по уравнению (2.1).

Далее определяем D и выбирают $R_0^{тп}$ [7, табл. 3].

По формуле (2.3) определяют предварительную толщину слоя утеплителя и корректируют её в соответствии с требованиями унификации конструкции ограждения (см. п. 2.1).

Определяют величину фактического общего термического сопротивление теплопередаче $R_0^ф$, м²·°С/Вт, по уравнению (2.4)

$$R_0^ф = \frac{1}{\alpha_в} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} + \frac{1}{\alpha_н}.$$

После выбора значения $\delta_{ут}$, м, проверяют условие (2.5). Если условие (2.5) $R_0^ф > R_0^{тп}$ не выполняется, корректируют значение $\delta_{ут}$ и осуществляют перерасчет по формулам (2.1)–(2.3).

Коэффициент теплопередачи многослойной конструкции полов над подвалом $k_{п}$, Вт/(м²·°С), определяют по уравнению (2.6)

$$k_{п} = \frac{1}{R_0^ф}.$$

2.4. Методика теплотехнического расчета световых проемов

В практике строительства жилых зданий применяется: одинарное, двойное и тройное остекление в деревянных, пластмассовых или металлических переплётках, спаренное или раздельное. Теплотехнический расчет световых проемов и выбор их конструкций осуществляется в зависимости от района строительства и назначения помещений.

Требуемое термическое общее сопротивление теплопередаче $R_0^{тп}$, м²·°С/Вт, для световых проемов определяют по [7, табл. 3], в зависимости от величины D .

Затем по [4, табл. 13] и значению $R_0^{тп}$ выбирают конструкцию светового проема с приведенным сопротивлением теплопередаче $R_0^ф$ при условии $R_0^ф > R_0^{тп}$.

Выбирают конструкцию окна по [4, табл. 13] в зависимости от величины $R_0^{тп}$ и с учетом выполнения условия (2.5). Таким образом, прини-

мают конструкцию окна с фактическим сопротивлением теплопередаче R_0^Φ .

3. Коэффициент теплопередачи остекления (окна) $k_{ок}$ определяют по уравнению (2.6)

$$k_{п} = \frac{1}{R_0^\Phi}.$$

2.5. Методика теплотехнического расчета наружных дверей

Требуемое общее сопротивление теплопередаче R_0^{TP} для наружных дверей (кроме балконных) должно быть не менее значения $0,6 R_0^{TP}$ для стен зданий и сооружений, определяемого при расчете зимней температуре наружного воздуха, равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 [6, табл. 3.1].

Принимают фактическое общее сопротивление теплопередаче наружных дверей $R_{0\text{дв}}^\Phi = R_0^{TP}$, тогда фактическое общее сопротивление теплопередаче наружных дверей $R_{0\text{дв}}^\Phi$, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$, определится из выражения

$$R_{0\text{дв}}^\Phi = 0,6 \frac{n \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{хп}(0,92)})}{\Delta t^H \alpha_{\text{в}}}, \quad (2.15)$$

где n – то же, что и в уравнении (2.1);
 $t_{\text{в}}$; $t_{\text{хп}(0,92)}$; Δt^H ; $\alpha_{\text{в}}$ – то же, что и в уравнении (2.1).

Коэффициент теплопередачи наружных дверей $k_{\text{дв}}$, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, вычисляют по уравнению (2.6)

$$k_{\text{дв}} = \frac{1}{R_{0\text{дв}}^\Phi}.$$

3. РАСЧЕТ ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТИ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ В ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД

3.1. Методика расчета теплоустойчивости наружных ограждений в теплый период

1. Определяют допустимую амплитуду колебаний температуры внутренней поверхности наружного ограждения, °С

$$A_{тв} = 2,5 - 0,1(t_{нл} - 21), \quad (3.1)$$

где $t_{нл}$ – среднемесячная температура наружного воздуха за июль, °С, [6, табл.3.2].

Определяют расчетную амплитуду колебаний температуры наружного воздуха, °С

$$A_{тн}^{рас} = 0,5A_{тн} + \frac{\rho(I_{max} - I_{cp})}{\alpha_n}, \quad (3.2)$$

где $A_{тн}$ – максимальная амплитуда суточных колебаний наружного воздуха за июль, °С, [17, прил. 2];

ρ – коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности, [7, прил. И];

I_{max}, I_{cp} – соответственно максимальное и среднее значения суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной), [17, прил. 6];

α_n – коэффициент теплопередачи наружной поверхности ограждений при летних условиях, Вт/(м²·°С)

$$\alpha_n = 1,16(5 + 10\sqrt{v}), \quad (3.3)$$

где v – минимальная из средних скоростей ветра за июль, м/с, [6, табл. 4.1]

2. Определяют сопротивление теплопередачи слоев по уравнению, м²·°С/Вт

$$R_n = \frac{\delta_n}{\lambda_n}. \quad (3.4)$$

3. Определяют тепловую инерцию ограждающей конструкции:

$$D = D_1 + D_2 + D_3, \quad (3.5)$$

$$D_1 = R_1 \cdot S_1, \quad (3.6)$$

$$D_2 = R_2 \cdot S_2, \quad (3.7)$$

$$D_3 = R_3 \cdot S_3. \quad (3.8)$$

4. Определяют коэффициент теплоусвоения наружной поверхности отдельных слоев в зависимости от D , Вт/(м²·°С)

Так как $D_1 > 1$, то $Y_1 = S_1$.

5. Определяют коэффициент затухания расчетной амплитуды колебания наружного воздуха в толще ограждения.

В данном случае формула

$$v = 0,9e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \frac{(S_1 + \alpha_B)(S_2 + Y_1)(S_n + Y_{n-1})(\alpha_H + Y_n)}{(S_1 + Y_1)(S_2 + Y_2)(S_n + Y_n)\alpha_H} \quad (3.9)$$

примет вид

$$v = 0,9e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \frac{(S_1 + \alpha_B)(\alpha_H + Y_1)}{(S_1 + Y_1)\alpha_H}, \quad (3.10)$$

где S – коэффициент теплоусвоения материала, Вт/(м²·°С).

6. Вычисляют фактическую амплитуду колебаний температуры внутренней поверхности ограждения, °С

$$A_{\tau_B}^{\Phi} = \frac{A_{t_H}^{\text{рас}}}{v}. \quad (3.11)$$

Таким образом, конструкция отвечает требованиям теплоустойчивости, так как выполняется условие $A_{\tau_B}^{\Phi} < A_{\tau_B}$.

4. РАСЧЕТ ТЕПЛОУСВОЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

4.1. Методика расчета теплоусвоения наружного ограждения (полов) в теплый период

1. Определяют сопротивление теплопередачи слоев по уравнению (3.4), $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$

$$R_n = \frac{\delta_n}{\lambda_n}.$$

2. Определяют тепловую инерцию верхнего слоя конструкции полов

$$D_n = R_n \cdot S_n. \quad (4.1)$$

3. Слой резких колебаний A_{τ_b} , °C , расположен полностью в верхнем слое, так как $D > 0,5$.

4. Определяют показатель тепловой инерции $Y_{\text{вп}}$ для случая, когда $D > 0,5$

$$Y_{\text{вп}} = 2S, \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C}). \quad (4.2)$$

5. Сравнивают полученное значение $Y_{\text{вп}}$ с нормативным $Y_{\text{вп}}^{\text{н}}$ [7, табл. 12]. Если выполняется условие $Y_{\text{вп}} \leq Y_{\text{вп}}^{\text{н}}$, то конструкция полов отвечает требованиям теплоусвоения.

5. РАСЧЕТ ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

5.1. Методика проверки внутренней поверхности ограждения (стены) на возможность конденсации влаги

1. Определяют температуру внутренней поверхности для материала без теплопроводных включений, °С

$$\tau_{\text{вп}} = t_{\text{в}} - (t_{\text{в}} - t_{\text{н}})n \frac{R_{\text{в}}}{R_0^{\Phi}}, \quad (5.1)$$

где $R_{\text{в}}$ – сопротивление теплоотдаче у внутренней поверхности ограждения, $\text{м}^2 \cdot \text{°С} / \text{Вт}$, определяемое как $R_{\text{в}} = 1/\alpha_{\text{в}}$;

R_0^{Φ} – общее фактическое термическое сопротивление ограждения, $\text{м}^2 \cdot \text{°С} / \text{Вт}$.

2. Определяют действительную упругость водяных паров, Па

$$e = \frac{\varphi_{\text{в}}}{100} E_{\text{в}}, \quad (5.2)$$

где $\varphi_{\text{в}}$ – относительная влажность внутреннего воздуха, %, (см. табл. 1.1);

$E_{\text{в}}$ – максимальная упругость водяных паров, Па, при заданной температуре внутреннего воздуха $t_{\text{в}}$, °С, [4, табл.16].

3. Рассчитывают температуру точки росы, °С

$$\tau_{\text{р}} = 20,1 - (5,75 - 0,00206e)^2. \quad (5.3)$$

4. Определяют температуру внутренней поверхности в углу, °С

$$\frac{\tau_{\text{вп}} - \tau_{\text{уг}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}} = 0,18 - 0,036R_0^{\Phi}. \quad (5.4)$$

Таким образом, если выполняются условия $\tau_{\text{вп}} > \tau_{\text{р}}$ и $\tau_{\text{уг}} > \tau_{\text{р}}$, то конденсация влаги на внутренней поверхности ограждения в углу стены происходить не будет.

5.2. Методика проверки на возможность конденсации влаги в толще наружного ограждения (стены)

1. Вычерчивают на миллиметровой бумаге оси координат.

По оси абсцисс откладывают последовательно толщины слоев конструкции ограждения (масштаб: в 1 см – 0,1 м), а по оси ординат в едином масштабе – максимально возможную упругость водяных паров $E_{\text{х}}$,

Па, и действительную упругость водяных паров e_x , Па (масштаб: в 1 см – 200 Па) см. [4, рис. 8].

2. Находят распределение температуры в толще ограждения на границах каждого слоя и сечения при $t_{хп(0,92)}$ по уравнению (5.1)

$$\tau_x = \tau_{вп} = t_b - (t_b - t_n) n \frac{R_{вх}}{R_0^{\Phi}}, \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Результаты расчета оформляют графически.

3. Вычисляют максимальные значения упругости водяных паров на границах слоев E_x , Па, по известным значениям температуры по [4, табл. 16].

4. Определяют упругость водяных паров в помещении и в наружном воздухе по уравнению (5.2).

5. Вычисляют общее сопротивление паропрооницанию всей конструкции ограждения R_0^{Π} , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{м}^2$

$$R_0^{\Pi} = R_b^{\Pi} + \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} + \frac{\delta_3}{\mu_3} + R_n^{\Pi}, \quad (5.5)$$

где R_b^{Π}, R_n^{Π} – сопротивление паропрооницанию соответственно внутренней ($R_b^{\Pi} = 0,0266$) и наружной ($R_n^{\Pi} = 0,0133$) поверхностей, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{м}^2$;

μ_x – расчетный коэффициент паропрооницаемости материала слоя ограждения, $\text{м}^2 / \text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$.

6. Рассчитывают действительное значение упругости водяных паров на границах отдельных слоев, Па

$$e_x = e_b - (e_b - e_n) \frac{R_{вх}^{\Pi}}{R_0^{\Pi}}. \quad (5.6)$$

Результаты оформляют графически.

По результатам расчетов и после построения графика если линии E_x и e пересекаются, значит, возможна конденсация влаги в толще ограждения. Если не пересекаются, значит, конденсации водяного пара в толще ограждения нет.

При наличии зоны конденсации необходимо определить ее границы, для чего из точек e_b и e_n проводится касательная к линии E . Между точками касания C и D и находится граница зоны конденсации.

Важно определить в этой зоне величину повышения весовой влажности материала при конденсации в толще ограждения и сравнить ее с нормативным значением.

7. Вычисляют количество пара, прошедшего слою ограждения δ_{BC} , м, до G_C и после G_D зоны конденсации

$$G_C = \frac{e_B - e_C}{R_B + \sum \left(\frac{\delta_{BC}}{\mu_x} \right)}; \quad (5.7)$$

$$G_D = \frac{e_D - e_H}{R_H + \sum \left(\frac{\delta_{DH}}{\mu_x} \right)}, \quad (5.8)$$

где δ_{BC} , δ_{DH} – толщина слоя ограждения соответственно до и после слоя конденсации, м.

8. Определяют количество конденсата ΔG , г/(м²·ч), за отопительный период $Z_{оп}$

$$\Delta G = (G_C - G_D)24 \cdot Z_{оп}. \quad (5.9)$$

9. Если зона конденсации захватывает слой утеплителя, то осуществляют проверку на допустимую весовую влажность для данного слоя

$$\Delta G_{мин.пл} = \Delta G \frac{b_{зк.мин.пл}}{b_{зк}}, \text{ г/(м}^2 \cdot \text{ч)}, \quad (5.10)$$

где $b_{зк.мин.пл}$ – ширина зоны конденсации в слое утеплителя, м;
 $b_{зк}$ – ширина всей зоны конденсации по толще ограждения, м.

10. Находят повышение весовой влажности при конденсации водяных паров в толще ограждения

$$\Delta \omega_{мин.пл} = \frac{\Delta G_{мин.пл}}{\gamma_{ув} \delta_{ув(C-D)}} = \frac{0,1}{50 \cdot 0,05} = 0,04 \%, \quad (5.11)$$

где $\gamma_{ув}$ – объемная масса материала увлажненного слоя, кг/м³, [4, прил.3];

$\delta_{ув(C-D)}$ – толщина увлажненного слоя ограждения, м.

Если $\Delta \omega_{мин.пл} > \Delta \omega_{ср}$, необходимо предусмотреть меры по предупреждению накопления влаги в толще ограждения, т.е. естественную и искусственную просушку ограждения в теплый период за счет инфильтрации и вентиляции.

6. ВОЗДУШНЫЙ РЕЖИМ ЗДАНИЯ

6.1. Методика расчета сопротивления воздухопроницаемости ограждающей конструкции стены

1. Определяют удельный вес наружного и внутреннего воздуха, Н/м²

$$\gamma_n = \frac{3463}{273 + t_n} = \frac{3463}{273 + (-29)} = 14,2, \quad (6.1)$$

$$\gamma_b = \frac{3463}{273 + t_b} = \frac{3463}{273 + 18} = 11,9. \quad (6.2)$$

2. Определяют разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающей конструкции, Па

$$\Delta p = 0,55 \cdot H \cdot (\gamma_n - \gamma_b) + 0,03 \cdot \gamma_n \cdot V_{хол}^2. \quad (6.3)$$

где $V_{хол}$ – максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, м/с, [6, табл. 3.1], (см. табл.1.1).

3. Вычисляют требуемое сопротивление воздухопроницанию, м²·ч·Па/кг

$$R_{и}^{тр} = \frac{\Delta p}{G_n}, \quad (6.4)$$

где G_n – нормативная воздухопроницаемость ограждающих конструкций, м²·ч·Па/кг, [4, табл.18].

4. Находят общее фактическое сопротивление воздухопроницанию наружного ограждения, м²·ч·Па/кг

$$R_{и}^{\phi} = R_{и1} + R_{и2} + R_{и3}, \quad (6.5)$$

где $R_{иx}$ – сопротивление воздухопроницанию отдельных слоев ограждающей конструкции, м²·ч·Па/кг [4, табл.19].

Если выполняется условие $R_{и}^{\phi} > R_{и}^{тр}$, то ограждающая конструкция отвечает требованиям воздухопроницаемости, если условие не выполняется, то необходимо принять меры по увеличению воздухопроницаемости.

6.2. Методика расчета сопротивления воздухопроницанию наружных ограждений (окон и балконных дверей)

Определяют требуемое сопротивление воздухопроницаемости окон и балконных дверей, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$

$$R_{\text{и}}^{\text{тp}} = \frac{1}{G_{\text{н}}} \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right)^{\frac{2}{3}}, \quad (6.6)$$

где Δp_0 – разность давления воздуха, при котором определяется сопротивление воздухопроницаемости, $\Delta p_0 = 10$ Па.

В зависимости от значения $R_{\text{и}}^{\text{тp}}$ выбирают тип конструкции окон и балконных дверей.

6.3. Методика расчета влияния инфильтрации на температуру внутренней поверхности и коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции

1. Вычисляют количество воздуха, проникающего через наружное ограждение, $\text{кг} / (\text{м}^2 \cdot \text{ч})$

$$G_{\text{и}} = \frac{\Delta p}{R_{\text{и}}^{\text{ф}}} = \frac{32,7}{4088,7} = 0,008. \quad (6.7)$$

2. Вычисляют температуру внутренней поверхности ограждения при инфильтрации, $^{\circ}\text{C}$

$$\tau_{\text{в}}^{\text{и}} = t_{\text{н}} + (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \frac{e^{C_{\text{в}} \cdot G_{\text{и}} \cdot R_{\text{Xi}}} - 1}{e^{C_{\text{в}} \cdot G_{\text{и}} \cdot R_{\text{ф}}^0} - 1}, \quad (6.8)$$

где $C_{\text{в}}$ – удельная теплоемкость воздуха, $\text{кДж} / (\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$;

e – основание натурального логарифма;

R_{Xi} – термическое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, начиная от наружного воздуха до данного сечения в толще ограждения, $\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} / \text{Вт}$:

$$R_{\text{Xi}} = R_0^{\text{ф}} - \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} = 3,28 - \frac{1}{8,7} = 3,16. \quad (6.9)$$

3. Рассчитывают температуру внутренней поверхности ограждения при отсутствии конденсации, °С

$$\tau_{\text{в}} = t_{\text{в}} + (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \frac{nR_{\text{в}}}{R_{\text{ф}}^{\circ}}. \quad (6.10)$$

4. Определяют коэффициент теплопередачи ограждения с учетом инфильтрации, Вт/(м²·°С)

$$k_{\text{и}} = \frac{C_{\text{в}} G_{\text{и}} e^{C_{\text{в}} G_{\text{и}} R_0^{\phi}}}{e^{C_{\text{в}} G_{\text{и}} R_0^{\phi}} - 1} = \frac{1,005 \cdot 0,008 \cdot e^{1,010,008 \cdot 3,28}}{e^{1,010,008 \cdot 3,28} - 1} = 0,309. \quad (6.11)$$

5. Вычисляют коэффициент теплопередачи ограждения при отсутствии инфильтрации по уравнению (2.6), Вт/(м²·°С)

$$k = \frac{1}{R_0^{\phi}} = \frac{1}{3,28} = 0,305. \quad (6.12)$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблемы экономии энергоресурсов являются особо важными в текущий период развития нашей страны. Энергоёмкость национального дохода в нашей стране в несколько раз выше, чем в развитых странах.

В связи с этим очевидна важность выявления резервов снижения энергозатрат. Одним из направлений экономии энергоресурсов является реализация энергосберегающих мероприятий при работе систем теплоснабжения, отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (ТГВ). Например снижение теплотерь зданий через ограждающие конструкции, т.е. снижение тепловых нагрузок на системы ТГВ.

В городском инженерном хозяйстве только на теплоснабжение жилых и общественных зданий расходуется около 35 % всего добываемого твердого и газообразного топлива.

В последние годы в городах резко обозначилось техническое отставание инженерной инфраструктуры, неравномерность развития отдельных систем и их элементов, что приводит к перерасходу и иногда к необходимости привлечения соответствующих ресурсов из других регионов.

Применение современных теплоизоляционных материалов с высоким значением сопротивления теплопередаче даст существенный экономический эффект при эксплуатации систем ТГВ через уменьшение затрат на топливо и соответственно улучшение экологической ситуации региона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богословский, В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха) [Текст] / В.Н. Богословский. – Изд. 3-е. – СПб.: АВОК «Северо-Запад», 2006.
2. Тихомиров, К.В. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция [Текст] / К.В. Тихомиров, Е.С. Сергиенко. – М.: ООО «БАСТЕТ», 2009.
3. Фокин, К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий [Текст] / К.Ф. Фокин; под ред. Ю.А. Табунщикова, В.Г. Гагарина. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2006.
4. Еремкин, А.И. Тепловой режим зданий [Текст]: учеб. пособие / А.И. Еремкин, Т.И. Королева. – Ростов-н/Д.: Феникс, 2008.
5. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 [Текст]. – М.: Минрегион России, 2012.
6. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01-99 [Текст]. – М.: Минрегион России, 2012.
7. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 [Текст]. – М.: Минрегион России, 2012.
8. СП 54.13330.2011 Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003 [Текст]. – М.: Минрегион России, 2012.
9. Кувшинов, Ю.Я. Теоретические основы обеспечения микроклимата помещения [Текст] / Ю.Я. Кувшинов. – М.: Изд-во АСВ, 2007.
10. СП 118.13330.2012 Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-05-2003 [Текст]. – Минрегион России, 2012.
11. Куприянов, В.Н. Строительная климатология и физика среды [Текст] / В.Н. Куприянов. – Казань, КГАСУ, 2007.
12. Монастырев, П.В. Технология устройства дополнительной теплозащиты стен жилых зданий [Текст] / П.В. Монастырев. – М.: Изд-во АСВ, 2002.
13. Бодров В.И., Бодров М.В. и др. Микроклимат зданий и сооружений [Текст] / В.И. Бодров [и др.]. – Нижний Новгород, Издательство «Арабеск», 2001.
14. Рекомендации по применению монолитного пенобетона в строительстве: руководство по проектированию [Текст] / И.Г. Беляков [и др.]. – Самара: СГАСУ, 2007.
15. ГОСТ 30494–96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях [Текст]. – М.: Госстрой России, 1999.
16. ГОСТ 21.602–2003. Правила выполнения рабочей документации отопления, вентиляции и кондиционирования [Текст]. – М.: Госстрой России, 2003.
17. СНиП 2.01.01–82. Строительная климатология и геофизика [Текст]. – М.: Госстрой СССР, 1982.
18. СНиП 2.04.05-91*. Отопление, вентиляция и кондиционирование [Текст]. – М.: Госстрой СССР, 1991.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
1. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ	5
1.1. Исходные данные для выполнения самостоятельной работы	5
2. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ	7
2.1. Методика расчета толщины утепляющего слоя стены	7
2.2. Методика расчета толщины утепляющего слоя покрытия	9
2.3. Методика расчета толщины утепляющего слоя конструкции полов над подвалом и подпольем	10
2.4. Методика теплотехнического расчета световых проемов	10
2.5. Методика теплотехнического расчета наружных дверей	11
3. РАСЧЕТ ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТИ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ В ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД	12
3.1. Методика расчета теплоустойчивости наружных ограждений в теплый период	12
4. РАСЧЕТ ТЕПЛОУСВОЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ	14
4.1. Методика расчета теплоусвоения наружного ограждения (полов) в теплый период	14
5. РАСЧЕТ ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ	15
5.1. Методика проверки внутренней поверхности ограждения (стены) на возможность конденсации влаги	15
5.2. Методика проверки на возможность конденсации влаги в толще наружного ограждения (стены)	15
6. ВОЗДУШНЫЙ РЕЖИМ ЗДАНИЯ	18
6.1. Методика расчета сопротивления воздухопроницаемости ограждающей конструкции стены	18
6.2. Методика расчета сопротивления воздухопроницанию наружных ограждений (окон и балконных дверей)	19
6.3. Методика расчета влияния инфильтрации на температуру внутренней поверхности и коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции	19
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	21
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	22

Учебное издание

Королева Тамара Ивановна
Чичиров Константин Олегович
Кучеренко Евгений Николаевич
Павловичев Вячеслав Юрьевич
Тышкунов Михаил Юрьевич

ИНЖЕНЕРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Методические указания по выполнению самостоятельных работ

Под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова

Редактор М.А. Сухова
Верстка Т.А. Лильп

Подписано в печать 12.12.13. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 1,4. Уч.-изд.л. 1,5. Тираж 80 экз.
Заказ №339.

Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.