

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Клочков Юрий Сергеевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 28.09.2026 11:03:19
Уникальный программный идентификатор:
3beb265d5d589e7ff4c954946f3ad99a1e70ac12

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования**
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Строительный институт

Кафедра теплогазоснабжения
и вентиляции

**ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ
ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЯ**

Методические указания по выполнению курсовой работы
для обучающихся направления подготовки 08.03.01 «Строительство»
профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция»
очной и заочной форм обучения

Составители
К. В. Афонин,
доцент
И. Е. Молостова,
старший преподаватель

Тюмень
ТИУ
2021

Теплотехнический расчет ограждающей конструкции здания: методические указания по выполнению курсовой работы для обучающихся направления подготовки 08.03.01 «Строительство» профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция» очной и заочной форм обучения / сост. К. В. Афонин, И. Е. Молостова; Тюменский индустриальный университет. – Тюмень: Издательский центр БИК ТИУ, 2021. – 28 с. – Текст: непосредственный.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию на заседании кафедры теплогазоснабжения и вентиляции «2» сентября 2020 года, протокол № 1

Аннотация

Методические указания по выполнению курсовой работы по дисциплине «Строительная теплофизика» предназначены для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, профиль подготовки Теплогазоснабжение и вентиляция очной формы обучения.

В методических указаниях приведен состав курсовой работы, порядок разработки, пояснения по выполнению расчетов, список рекомендуемой литературы.

Содержание

Введение	4
1 СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЯ	6
1.1 Оптимальное сопротивление теплопередаче ($R_0^{оп}$)	6
1.2 Фактическое (действительное) сопротивление теплопередаче (R_0)	8
1.3 Требуемое (нормируемое) сопротивление теплопередаче	10
2 ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТЬ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУК- ЦИЙ	12
3 ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТЬ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ	14
4 ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕУВЛАЖНЕНИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ	17
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	24
Приложение А	25

Введение

Поддержание искусственного климата в помещении — важная, но не простая задача в связи с многообразием конструктивно-планировочных решений зданий, изменчивостью атмосферных воздействий, повышением уровня требований к устойчивости комфортных условий и стремлением к экономному расходованию топлива. Строительная теплофизика, которая рассматривает вопросы теплового, воздушного и влажностного состояний внутренней среды здания, в настоящее время превратилась по существу в самостоятельный раздел строительной науки. Для строительства зданий любого назначения применяют новые теплоизоляционные, облицовочные и конструкционные материалы с разнообразными и иногда недостаточно изученными физическими свойствами. Системы отопления и охлаждения помещений с устройствами для подачи тепла и холода часто совмещают со строительными конструкциями (изготавливают, например, стеновые панели отопления, вентиляционные панели и т.д.). Серьезного внимания требует вопрос регулирования микроклимата в помещениях зданий с облегченными ограждениями и большими световыми проемами [3].

Теплозащитная оболочка здания должна отвечать следующим требованиям:

а) приведенное сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций должно быть не меньше нормируемых значений (элементные требования);

б) удельная теплозащитная характеристика здания должна быть не больше нормируемого значения (комплексное требование);

в) температура на внутренних поверхностях ограждающих конструкций должна быть не ниже минимально допустимых значений (санитарно-гигиеническое требование).

В данной курсовой работе обучающийся должен рассчитать теплозащитные и влагозащитные свойства ограждающих конструкций. На листе формата А3 вычертить график распределения влаги в ограждающей конструкции. Пояснительная записка должна содержать все разделы, представленные в данных методических указаниях.

Подведение итогов курсовой работы включает следующие этапы: сдачу курсовой работы на проверку руководителю; доработку курсовой работы с учетом замечаний руководителя; сдачу готовой работы на защиту; защиту курсовой работы.

Срок сдачи работы на проверку руководителю определяется заданием.

Срок доработки работы, если в этом есть необходимость, устанавливается руководителем с учетом времени на устранение замечаний.

Готовая работа подписывается обучающимся на титульном листе и представляется на защиту.

Курсовая работа, удовлетворяющая предъявленным требованиям, допускается руководителем к защите, что удостоверяется его подписью на титульном листе.

Оценка курсовой работы производится с учетом качества работы, обоснованности и оригинальности решения задач проектирования, соблюдения требований к оформлению пояснительной записки, содержания доклада при защите работы, ответов на вопросы и замечания.

Критерии оценки: курсовая работа оценивается по пятибалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Отлично (91-100 баллов):

- курсовая работа выполнена в полном объеме и соответствует заданию;
- пояснительная записка составлена с учетом требований стандартов по составлению текстовых документов, последовательно, аккуратно, содержит все необходимые разделы, приведенные расчеты верны и обоснованы;
- графическая часть выполнена в полном объеме с соблюдением требований ГОСТ;
- защита курсовой работы проведена технически грамотно, охватывает все разделы работы;
- ответы на все поставленные вопросы верные, обоснованные и четкие.

Хорошо (76-90 баллов):

- курсовая работа выполнена в полном объеме и соответствует заданию;
- пояснительная записка составлена с учетом требований стандартов по составлению текстовых документов, аккуратно, содержит все необходимые разделы, приведенные расчеты верны и обоснованы, но имеются некоторые замечания;
- графическая часть выполнена с незначительными отступлениями от стандартов;
- при защите курсовой работы доклад обучающегося краток, строен, но допущены неточности в определениях и специальной терминологии;
- ответы на все поставленные вопросы верны, обоснованы, но на некоторые из них даны ответы после наводящих вопросов.

Удовлетворительно (61-75 баллов):

- курсовая работа выполнена в полном объеме и соответствует заданию;
- пояснительная записка составлена с учетом требований стандартов по составлению текстовых документов, аккуратно, содержит все необходимые разделы, приведенные расчеты верны и обоснованы, записка составлена непоследовательно, с ошибками;

- графическая часть выполнена с отклонениями от требований ГОСТ;
- доклад обучающегося сбивчив, непоследователен;
- на 30-40 % вопросов даны неправильные ответы.

Неудовлетворительно (меньше 61 балла):

- курсовая работа выполнена в полном объеме и соответствует заданию;

- пояснительная записка содержит все необходимые разделы, но составлена непоследовательно, с ошибками, без учета требований стандартов по составлению текстовых документов;

- доклад студента непоследователен, сбивчив, без выделения ключевых моментов;

- нет ответов на 50 % и более поставленных вопросов;

Обучающимся, получившим неудовлетворительную оценку по курсовой работе, предоставляется право выбора нового варианта курсовой работы или, по решению преподавателя, доработки прежней темы и определяется новый срок для его выполнения.

1 СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЯ

1.1 Оптимальное сопротивление теплопередаче (R_0^{opt})

Такое сопротивление при котором теплопотери через ограждающую конструкцию минимальны.

Для его нахождения необходимо сначала определить градусо-сутки отопительного периода

$$ГСОП = (t_{в} - t_{от}) \cdot z_{от} , \quad (1.1)$$

где $t_{от}$, $z_{от}$, - средняя температура наружного воздуха, °С, и продолжительность, сут/год, отопительного периода, принимаемые по [1] для периода со среднесуточной температурой наружного воздуха не более 8 °С, а при проектировании лечебно-профилактических, детских учреждений и домов-интернатов для престарелых не более 10 °С;

$t_{в}$ - расчетная температура внутреннего воздуха здания, °С, принимаемая при расчете ограждающих конструкций групп зданий указанных в таблице 1.1: по поз.1 - по минимальным значениям оптимальной температуры соответствующих зданий по ГОСТ 30494 (в интервале 20-22 °С); по поз.2 - согласно классификации помещений и минимальных значений оптимальной температуры по ГОСТ 30494 (в интервале 16-21 °С); по поз.3 - по нормам проектирования соответствующих зданий.

По найденному значению ГСОП по таблице 1.1 выбирается значение R_0^{opt} для стен, перекрытий чердачных и подвальных, окон и балконных дверей.

Таблица 1.1

**Базовые значения оптимального сопротивления теплопередаче
ограждающих конструкций**

Здания и помещения, коэффициенты а и b	Градусо-сутки отопительного периода, °С·сут/год	Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче $R_0^{пр}$, (м ² ·°С)/Вт, ограждающих конструкций				
		Стен	Покров и перекрытий над проез- дами	Перекрытий чер- дачных над неотапливаемыми подпольями и под- валами	Окон и бал- конных две- рей, витрин и витражей	Фонарей
1	2	3	4	5	6	7
1 Жилые, лечебно- профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежи- тия	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
a	-	0,00035	0,0005	0,00045	-	0,000025
b	-	1,4	2,2	1,9	-	0,25
2 Общественные, кро- ме указанных выше, административные и бытовые, производ- ственные и другие здания и помещения с влажным или мокрым режимом	2000	1,8	2,4	2,0	0,3	0,3
	4000	2,4	3,2	2,7	0,4	0,35
	6000	3,0	4,0	3,4	0,5	0,4
	8000	3,6	4,8	4,1	0,6	0,45
	10000	4,2	5,6	4,8	0,7	0,5
	12000	4,8	6,4	5,5	0,8	0,55
a	-	0,0003	0,0004	0,00035	0,00005	0,000025
b	-	1,2	1,6	1,3	0,2	0,25

Продолжение таблицы 1.1

3 Производственные с сухим и нормальным режимами*	2000	1,4	2,0	1,4	0,25	0,2
	4000	1,8	2,5	1,8	0,3	0,25
	6000	2,2	3,0	2,2	0,35	0,3
	8000	2,6	3,5	2,6	0,4	0,35
	10000	3,0	4,0	3,0	0,45	0,4
	12000	3,4	4,5	3,4	0,5	0,45
a	-	0,0002	0,00025	0,0002	0,000025	0,000025
b	-	1,0	1,5	1,0	0,2	0,15
Примечания						
1 Значения $R_0^{\text{пр}}$ для величин ГСОП, отличающихся от табличных, следует определять по формуле $R_0^{\text{п}} = a \cdot \text{ГСОП} + b$						

1.2 Фактическое (действительное) сопротивление теплопередаче (R_0)

Если известен состав ограждающей конструкции, т.е. материал слоев из которых она состоит, то можно определить фактическое сопротивление теплопередаче

$$R_0 = R_{\text{в}} + \sum_{i=1}^n R_i + R_{\text{н}}, \quad (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт} \quad (1.2)$$

где $R_{\text{в}}$ – термическое сопротивление внутренней поверхности ограждающей конструкции, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$, $R_{\text{в}} = 1/\alpha_{\text{в}}$;

$\alpha_{\text{в}}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, таблица 1.2;

$R_{\text{н}}$ – термическое сопротивление наружной поверхности ограждающей конструкции, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$, $R_{\text{н}} = 1/\alpha_{\text{н}}$

$\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, таблица 1.3;

R_i – термическое сопротивление i -го слоя ограждения, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$, $R_i = \delta_i/\lambda_i$;

δ_i – толщина i -го слоя ограждения, м;

λ_i – коэффициент теплопроводности материала слоя, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, определяется по [2] приложение Д.

Влажностный режим помещений зданий в холодный период года

в зависимости от относительной влажности и температуры внутреннего воздуха следует устанавливать по таблице 1.4. Условия эксплуатации ограждающих конструкций А или Б в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности района строительства, необходимые для выбора теплотехнических показателей материалов наружных ограждений, следует устанавливать по таблице 1.5

Таблица 1.2

**Коэффициенты теплоотдачи внутренней поверхности
ограждающей конструкции**

Внутренняя поверхность ограждения	Коэффициент теплоотдачи $\alpha_{в}$, Вт/(м ² °С)
1 Стен, полов, гладких потолков, потолков с выступающими ребрами при отношении высоты h ребер к расстоянию a , между гранями соседних ребер $h/a \leq 0,3$	8,7
2 Потолков с выступающими ребрами при отношении $h/a > 0,3$	7,6
3 Окон	8,0
4 Зенитных фонарей	9,9

Таблица 1.3

**Коэффициенты теплоотдачи наружной поверхности
ограждающей конструкции**

Наружная поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи для зимних условий, $\alpha_{н}$, Вт/(м ² °С)
1 Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной климатической зоне	23
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 проемами в стенах, а также наружных стен с воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом	12
4 Перекрытий над неотапливаемыми подвалами и техническими, подпольями, не вентилируемых наружным воздухом	6

Таблица 1.4

Влажностный режим помещений зданий

Режим	Влажность внутреннего воздуха, %, при температуре, °С		
	до 12	свыше 12 до 24	свыше 24
Сухой	До 60	До 50	До 40
Нормальный	Свыше 60 до 75	Свыше 50 до 60	Свыше 40 до 50
Влажный	Свыше 75	Свыше 60 до 75	Свыше 50 до 60
Мокрый	-	Свыше 75	Свыше 60

Таблица 1.5

Условия эксплуатации ограждающих конструкций

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

1.3 Требуемое (нормируемое) сопротивление теплопередаче

В случаях реконструкции зданий, для которых по архитектурным или историческим причинам невозможно утепление стен снаружи, нормируемое значение сопротивления теплопередаче стен допускается определять по формуле

$$R_{0}^{\text{норм}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})n}{\Delta t^{\text{н}} \cdot \alpha_{\text{в}}}, \quad (1.3)$$

где $\Delta t^{\text{н}}$ - нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха $t_{\text{в}}$ и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции – $t_{\text{н}}$, °С, принимаемый по таблице 1.6;

n - коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху, $n=1$ - для стен, окон, дверей, $n=0,9$ – для чердачного перекрытия, $n=0,6$ – для подвального перекрытия;

$t_{\text{н}}$ - расчетная температура наружного воздуха в холодный период го-

да, °С, принимаемая равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по [1].

Таблица 1.6

Нормируемый температурный перепад между
температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней
поверхности ограждающей конструкции

Здания и помещения	Нормируемый температурный перепад Δt^H , °С, для		
	наружных стен	покрытий и чердачных перекрытий	перекрытий над проездами, подвалами и подпольями
1 Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	4,0	3,0	2,0
2 Общественные, кроме указанных в поз.1, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	4,5	4,0	2,5

Нормируемое значение сопротивления теплопередаче входных дверей и ворот должно быть не менее $0,6R_0^{\text{норм}}$ стен зданий, определяемого по формуле (1.3).

Если температура воздуха двух соседних помещений отличается больше, чем на 8 °С, то минимально допустимое приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, разделяющих эти помещения (кроме светопрозрачных), следует определять по формуле (1.3) принимая за величину t_n расчетную температуру воздуха в более холодном помещении.

Относительную влажность внутреннего воздуха для определения точки росы следует принимать:

для помещений жилых зданий, больничных учреждений, диспансеров, амбулаторно-поликлинических учреждений, родильных домов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, общеобразовательных детских школ, детских садов, яслей, яслей-садов (комбинатов) и детских домов - 55%;

для кухонь - 60%;

для ванных комнат - 65%;

для теплых подвалов и подполий с коммуникациями - 75%;

для теплых чердаков жилых зданий - 55%;

для других помещений общественных зданий (за исключением вышеуказанных) - 50%.

2 ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТЬ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Нормируемая амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции, °С, определяется по формуле

$$A_{\tau_{\text{в}}}^{\text{тр}} = 2,5 - 0,1(t_{\text{н}} - 21) \quad (2.1)$$

где $t_{\text{н}}$ - средняя месячная температура наружного воздуха за июль, °С, принимаемая по [1].

Амплитуду колебаний температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций $A_{\tau_{\text{в}}}$, °С, следует определять по формуле

$$A_{\tau_{\text{в}}} = \frac{A_{\tau_{\text{н}}}^{\text{расч}}}{\nu} \quad (2.2)$$

где $A_{\tau_{\text{н}}}^{\text{расч}}$ - расчетная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха, °С $A_{\tau_{\text{н}}}^{\text{расч}} = 0,5A_{\tau_{\text{н}}} + \frac{\rho(I_{\text{max}} + I_{\text{cp}})}{\alpha_{\text{н}}}$;

ν - величина затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха в ограждающей конструкции

$$\nu = 0,9e^{-\frac{\sum D}{\sqrt{2}}} * \frac{(s_1 + \alpha_{\text{в}})(s_2 + Y_1)...(s_n + Y_{n-1})(\alpha_{\text{н}} + Y_n)}{(s_1 + Y_1)(s_2 + Y_2)...(s_n + Y_n)\alpha_{\text{н}}}$$

$A_{\tau_{\text{н}}}$ - максимальная амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха в июле, °С, принимаемая согласно [1];

ρ - коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности ограждающей конструкции, таблица 2.1;

I_{max} , I_{cp} - соответственно максимальное и среднее значения суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной), Вт/м², принимаемые согласно [1] для наружных стен - как для вертикальных поверхностей западной ориентации и для покрытий - как для горизонтальной поверхности;

$\alpha_{\text{н}}$ - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции по летним условиям, Вт/(м²·°С), $\alpha_{\text{н}} = 1,16(5 + \sqrt{v})$;

v - минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, повторяемость которых составляет 16% и более, принимаемая согласно [1], но не менее 1 м/с.

e - основание натуральных логарифмов, $e=2,718$;

D - тепловая инерция ограждающей конструкции, $D = \sum_i R_i \cdot S_i$;

S_i - расчетный коэффициент теплоусвоения материала, Вт/(м²·°С), принимается согласно [2] приложение Д;

Y_i - коэффициент теплоусвоения наружной поверхности отдельных слоев ограждающей конструкции, Вт/(м²·°С);

Для определения коэффициентов теплоусвоения наружной поверхности отдельных слоев ограждающей конструкции следует предваритель-

но вычислить тепловую инерцию D_i каждого слоя $D_i = R_i \cdot S_i$. Коэффициент теплоусвоения наружной поверхности слоя Y_i , Вт/(м²·°C), с тепловой инерцией $D_i > 1$ следует принимать равным расчетному коэффициенту теплоусвоения S_i материала этого слоя конструкции. Коэффициент теплоусвоения наружной поверхности слоя Y_i с тепловой инерцией $D_i < 1$ следует определять расчетом, начиная с первого слоя (считая от внутренней поверхности ограждающей конструкции) следующим образом:

а) для первого слоя - по формуле

$$Y = \frac{R_1 S_1^2 + \alpha_B}{1 + R_1 \alpha_B} \quad (2.3)$$

б) для i -го слоя - по формуле

$$Y = \frac{R_i S_i^2 + Y_{i-1}}{1 + R_i Y_{i-1}}, \quad (2.4)$$

Таблица 2.1

Коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности ограждающей конструкции

N	Материал наружной поверхности ограждающей конструкции	Коэффициент поглощения солнечной радиации ρ
1	Алюминий	0,5
2	Асбестоцементные листы	0,65
3	Асфальтобетон	0,9
4	Бетоны	0,7
5	Дерево неокрашенное	0,6
6	Защитный слой рулонной кровли из светлого гравия	0,65
7	Кирпич глиняный красный	0,7
8	Кирпич силикатный	0,6
9	Облицовка природным камнем белым	0,45
10	Окраска силикатная темно-серая	0,7
11	Окраска известковая белая	0,3
12	Плитка облицовочная керамическая	0,8
13	Плитка облицовочная стеклянная синяя	0,6
14	Плитка облицовочная белая или палевая	0,45

Продолжение таблицы 2.1

15	Рубероид с песчаной посыпкой	0,9
16	Сталь листовая, окрашенная белой краской	0,45
17	Сталь листовая, окрашенная темно-красной краской	0,8
18	Сталь листовая, окрашенная зеленой краской	0,6
19	Сталь кровельная оцинкованная	0,65
20	Стекло облицовочное	0,7
21	Штукатурка известковая темно-серая или терракотовая	0,7
22	Штукатурка цементная светло-голубая	0,3
23	Штукатурка цементная темно-зеленая	0,6
24	Штукатурка цементная кремовая	0,4

Если $A_{\text{тв}} \leq A_{\text{тв}}^{\text{тр}}$, то ограждающая конструкция удовлетворяет требованиям норм по теплоустойчивости.

3 ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТЬ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Сопротивление воздухопроницанию ограждающих конструкций, за исключением заполнений световых проемов (окон, балконных дверей и фонарей), зданий и сооружений $R_{\text{и}}$ должно быть не менее нормируемого сопротивления воздухопроницанию $R_{\text{и}}^{\text{тр}}$, ($\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$)/кг, определяемого по формуле

$$R_{\text{и}}^{\text{тр}} = \frac{\Delta p}{G_{\text{н}}}, \quad (3.1)$$

где Δp - разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций, Па, $\Delta p = 0,55H(\gamma_{\text{н}} - \gamma_{\text{в}}) + 0,03\gamma_{\text{н}}v^2$;

$G_{\text{н}}$ - нормируемая поперечная воздухопроницаемость ограждающих конструкций, кг/($\text{м}^2 \cdot \text{ч}$), таблица 3.1;

H - высота здания (от уровня пола первого этажа до верха вытяжной шахты), м;

$\gamma_{\text{н}}$, $\gamma_{\text{в}}$ - удельный вес соответственно наружного и внутреннего воздуха, Н/м³, $\gamma = 3463/(273+t)$

t - температура воздуха: внутреннего (для определения $\gamma_{\text{в}}$) - принимается согласно оптимальным параметрам по ГОСТ 12.1.005, ГОСТ 30494 и СанПиН 2.1.2.2645; наружного (для определения $\gamma_{\text{н}}$) - принимается равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92

v - максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь,

повторяемость которых составляет 16% и более, принимаемая по [1].

Таблица 3.1

Нормируемая поперечная воздухопроницаемость
ограждающих конструкций

Ограждающие конструкции	Поперечная воздухопроницаемость G_n , кг/(м ² ·ч), не более
1 Наружные стены, перекрытия и покрытия жилых, общественных, административных и бытовых зданий и помещений	0,5
2 Наружные стены, перекрытия и покрытия производственных зданий и помещений	1,0
3 Стыки между панелями наружных стен:	
а) жилых зданий	0,5*
б) производственных зданий	1,0*
4 Входные двери в квартиры	1,5
5 Входные двери в жилые, общественные и бытовые здания	7,0
6 Окна и балконные двери жилых, общественных и бытовых	6,0
зданий и помещений с деревянными переплетами; окна и фонари производственных зданий с кондиционированием воздуха	
7 Окна и балконные двери жилых, общественных и бытовых зданий и помещений с пластмассовыми или алюминиевыми переплетами	5,0
8 Окна, двери и ворота производственных зданий	8,0
9 Фонари производственных зданий	10,0
10 Окна и фонари производственных зданий с кондиционированием воздуха	6,0
* В кг/м·ч.	

Сопротивление воздухопроницанию R_n многослойной ограждающей конструкции следует рассчитывать как сумму сопротивлений воздухопроницанию отдельных слоев по формуле

$$R_n = R_{n1} + R_{n2} + \dots + R_{np}, \quad (3.2)$$

где R_{n1} , R_{n2} , ... R_{np} , - сопротивления воздухопроницанию отдельных слоев ограждающей конструкции, (м²·ч·Па)/кг, таблица 3.2.

Таблица 3.2

Сопротивление воздухопроницанию материалов и конструкций

N п.п	Материалы и конструкции	Толщина слоя, мм	Сопротивление воз- духопроницанию, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$
1	2	3	4
1	Бетон сплошной (без швов)	100	19620
2	Газосиликат сплошной (без швов)	140	21
3	Известняк-ракушечник	500	6
4	Картон строительный (без швов)	1.3	64
5	Кирпичная кладка из сплошного кирпича на цементно-	250 и	18
6	Кирпичная кладка из сплошного кирпича на цементно-	120	2
7	Кирпичная кладка из сплошного кирпича на цементно-	250 и	9
8	Кирпичная кладка из сплошного кирпича на цементно-	120	1
9	Кладка кирпича керамического пустотного на цементно-	-	2
10	Кладка из легкогобетонных камней на цементно-песчаном	400	13
11	Кладка из легкогобетонных камней на цементно-шлаковом растворе	400	1
12	Листы асбестоцементные с заделкой швов	6	196
13	Обои бумажные обычные	-	20
14	Обшивка из обрезных досок, соединенных впритык или вчетверть	20-25	0,1
15	Обшивка из обрезных досок, соединенных в шпунт	20-25	1,5
16	Обшивка из досок двойная с прокладкой между обшивками стро-	50	98
17	Обшивка из фибролита или из древесно-волоконистых бесцемент-	15-70	2,5
18	Обшивка из фибролита или из древесно-волоконистых бесцемент-	15-70	0,5
19	Обшивка из жестких древесно-волоконистых листов с заделкой	10	3,3
20	Обшивка из гипсовой сухой штукатурки с заделкой швов	10	20
21	Пенобетон автоклавный (без швов)	100	1960
22	Пенобетон неавтоклавный	100	196
23	Пенополистирол	50-100	79
24	Пеностекло сплошное (без швов)	120	>2000

Продолжение таблицы 3.2

25	Плиты минераловатные жесткие	50	2
26	Рубероид	1,5	Воздухонепроницаем
27	Толь	1,5	490
28	Фанера клееная (без швов)	3-4	2940
29	Шлакобетон сплошной (без швов)	100	14
30	Штукатурка цементно-песчаным раствором по каменной или кирпичной кладке	15	373
31	Штукатурка известковая по каменной или кирпичной кладке	15	142
32	Штукатурка известково-гипсовая по дереву (по драни)	20	17
33	Керамзитобетон плотностью 900 кг/м ³	250-400	13-17
34	То же, 1000 кг/м ³	250-400	53-80
35	То же, 1100-1300 кг/м ³	250-450	390-590
36	Шлакопемзобетон плотностью 1500 кг/м ³	250-400	0,3

Если $R_n \geq R_n^{тр}$, то конструкция удовлетворяет требованиям.

4 ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕУВЛАЖНЕНИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Защита от переувлажнения ограждающих конструкций должна обеспечиваться путем проектирования ограждающих конструкций с сопротивлением паропрооницанию внутренних слоев не менее требуемого значения, определяемого расчетом одномерного влагопереноса (осуществляемому по механизму паропрооницаемости).

Сопротивление паропрооницанию R_n , (м²·ч·Па)/мг, ограждающей конструкции (в пределах от внутренней поверхности до плоскости максимального увлажнения, определяемой в соответствии с 8.5) должно быть не менее наибольшего из следующих требуемых сопротивлений паропрооницанию:

а) требуемого сопротивления паропрооницанию $R_{п1}^{тр}$, (м²·ч·Па)/мг (из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации), определяемого по формуле

$$R_{п1}^{тр} = \frac{(e_B - E)R_{п.н}}{E - e_H}, \quad (4.1)$$

б) требуемого сопротивления паропрооницанию $R_{п2}^{тр}$, (м²·ч·Па)/мг (из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период

с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха), определяемого по формуле

$$R_{п2}^{тр} = \frac{0,0024 \cdot z_0 (e_B - E_0)}{\rho_w \cdot \delta_w \cdot \Delta w + \eta}, \quad (4.2)$$

где e_B - парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха, Па, при расчетных температуре и относительной влажности воздуха в помещении, определяемое по формуле $e_B = \frac{\varphi_B}{100} E_B$;

E_B - парциальное давление насыщенного водяного пара, Па, при температуре внутреннего воздуха помещения t_B , определяемое в соответствии с

$$E = 1,84 \cdot 10^{11} e^{\frac{-5330}{273+t}} \quad (4.2.1)$$

φ_B - относительная влажность внутреннего воздуха, %;

$R_{п,н}$ - сопротивление паропрооницанию, ($\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$)/мг, части ограждающей конструкции, расположенной между наружной поверхностью ограждающей конструкции и плоскостью максимального увлажнения.

Сопротивление паропрооницанию $R_{п,i}$, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$ /мг, однослойной или отдельного слоя многослойной ограждающей конструкции определяется по формуле $R_{п,i} = \frac{\delta_i}{\mu_i}$,

δ_i - толщина слоя ограждающей конструкции, м;

μ_i - расчетный коэффициент паропрооницаемости материала слоя ограждающей конструкции, мг/($\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$).

Сопротивление паропрооницанию $R_{п,0}$, ($\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$)/мг, многослойной ограждающей конструкции (или ее части) равно сумме сопротивлений паропрооницанию составляющих ее слоев $R_{п,0} = \sum R_{п,i}$

e_n - среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха за годовой период, Па, определяемое по [1];

z_0 - продолжительность периода влагонакопления, сут, принимаемая равной периоду с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха по [1];

E_0 - парциальное давление насыщенного водяного пара в плоскости максимального увлажнения, Па, определяемое при средней температуре наружного воздуха периода влагонакопления z_0 ;

ρ_w - плотность материала увлажняемого слоя, $\text{кг}/\text{м}^3$;

δ_w - толщина увлажняемого слоя ограждающей конструкции, м, принимаемая равной $2/3$ толщины однородной (однослойной) стены или толщине слоя многослойной ограждающей конструкции, в котором располагается плоскость максимального увлажнения;

Δw - предельно допустимое приращение влажности в материале увлажняемого слоя, % по массе, за период влагонакопления z_0 , принимаемое по таблице 4.1.

Таблица 4.1

Значения предельно допустимого приращения влажности в материале Δw

Материал ограждающей конструкции	Предельно допустимое приращение влажности в материале* Δw , % по массе
1 Кладка из глиняного кирпича и керамических блоков	1,5
2 Кладка из силикатного кирпича	2,0
3 Легкие бетоны на пористых заполнителях (керамзитобетон, шунгизитобетон, 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

E - парциальное давление насыщенного водяного пара в плоскости максимального увлажнения за годовой период эксплуатации, Па, определяемое по формуле

$$E = (E_1 z_1 + E_2 z_2 + E_3 z_3) / 12 \quad (4.3)$$

где E_1, E_2, E_3 - парциальные давления насыщенного водяного пара в плоскости максимального увлажнения, соответственно зимнего, весенне-осеннего и летнего периодов, Па, определяемые по температуре в плоскости максимального увлажнения, при средней температуре наружного воздуха соответствующего периода;

z_1, z_2, z_3 - продолжительность зимнего, весенне-осеннего и летнего периодов года, мес, определяемая по [1] с учетом следующих условий:

а) к зимнему периоду относятся месяцы со средними температурами наружного воздуха ниже минус 5 °С;

б) к весенне-осеннему периоду относятся месяцы со средними температурами наружного воздуха от минус 5 до 5 °С;

в) к летнему периоду относятся месяцы со средними температурами

воздуха выше плюс 5 °С;

$$\eta - \text{коэффициент, } \eta = \frac{0,0024(E_0 - e_{n,отр})z_0}{R_{п,н}}$$

$e_{n,отр}$ - среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами, Па, определяемое по [1].

Примечание - При определении парциального давления E_3 для летнего периода температуру в плоскости максимального увлажнения 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.

Плоскость максимального увлажнения определяется для периода с отрицательными среднемесячными температурами следующим образом:

1. Для каждого слоя многослойной конструкции по формуле (4.4) вычисляется значение комплекса $f_i(t_{м.у})$, характеризующего температуру в плоскости максимального увлажнения.

$$f_i(t_{м.у}) = 5330 \cdot \frac{R_{п,о}(t_v - t_{н,отр})}{R_o^{усл}(e_v - e_{н,отр})} \cdot \frac{\mu_i}{\lambda_i}, \quad (4.4)$$

где $R_o^{усл}$ - условное сопротивление теплопередаче однородной многослойной ограждающей конструкции, (м²·°С)/Вт, определяемое по формуле (1.2);

$t_{н,отр}$ - средняя температура наружного воздуха для периода с отрицательными среднемесячными температурами, °С;

λ_i , μ_i - расчетные коэффициенты теплопроводности, Вт/(м·°С), и паропроницаемости, мг/(м·ч·Па), материала соответствующего слоя.

2. По полученным значениям комплекса $f_i(t_{м.у})$ по таблице 4.2 определяются значения температур в плоскости максимального увлажнения, $t_{м.у}$, для каждого слоя многослойной конструкции.

Таблица 4.2

Зависимость комплекса $f_i(t_{м.у})$ от температуры
в плоскости максимального увлажнения

$t_{м.у}$, °С	$f(t_{м.у})$, (°С) ² /Па
-25	712,5
-24	658,9
-23	609,8
-22	564,7
-21	523,2

Продолжение таблицы 4.2

-20	485,2
-19	450,1
-18	417,9
-17	388,2
-16	360,8
-15	335,6
-14	312,3
-13	290,8
-12	270,9
-11	252,5
-10	235,5
-9	219,8
-8	205,2
-7	191,8
-6	179,2
-5	167,6
-4	156,9
-3	146,9
-2	137,6
-1	128,9
0	120,9
1	113,4
2	106,5
3	100,0
4	93,91
5	88,27

Продолжение таблицы 4.2

6	83,01
7	78,1
8	73,51
9	69,22
10	65,22
11	61,47
12	57,96
13	54,68
14	51,6
15	48,72
16	46,02
17	43,48
18	41,11

3. Составляется таблица, содержащая: номер слоя, $t_{м.у}$ для этого слоя, температуры на границах слоя, полученные расчетом по

$$t_x = t_v - \frac{t_v - t_n}{R_0^{усл}} R_x, \quad (4.5)$$

где t_v , t_n - температура внутреннего и наружного воздуха, соответственно, °C;

R_x - сопротивление теплопередаче части многослойной ограждающей конструкции от внутренней поверхности до плоскости, отстоящей от внутренней поверхности на расстоянии x , $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$, определяемое по формуле

$$R_x = \frac{1}{\alpha_v} + \sum_{\text{до сечения } x} \frac{\delta_i}{\lambda_i} \quad (4.6)$$

(при средней температуре наружного воздуха периода с отрицательными среднемесячными температурами).

4. Для определения слоя, в котором находится плоскость максимального увлажнения, производится сравнение полученных значений $t_{м.у}$ с температурами на границах слоев конструкции. Если температура $t_{м.у}$ в каком-то из слоев расположена в интервале температур на границах этого слоя, то делается вывод о наличии в данном слое плоскости максимального увлажнения и определяется координата плоскости – $x_{м.у}$. (в предположении

линейного распределения температуры внутри слоя).

5. Если в каждом из двух соседних слоев конструкции отсутствует плоскость с температурой $t_{м.у}$, при этом у более холодного слоя $t_{м.у}$ выше его температуры, а у более теплого слоя $t_{м.у}$ ниже его температуры, то плоскость максимального увлажнения находится на границе этих слоев.

Если внутри конструкции плоскость максимального увлажнения отсутствует, то она расположена на наружной поверхности конструкции.

Если при расчете обнаружилось две плоскости с $t_{м.у}$ в конструкции, то за плоскость максимального увлажнения принимается плоскость расположенная в слое утеплителя.

Для многослойных ограждающих конструкций с выраженным теплоизоляционным слоем (термическое сопротивление теплоизоляционного слоя больше $2/3 R_0^{усл}$) и наружным защитным слоем, коэффициент паропроницаемости материала которого меньше, чем у материала теплоизоляционного слоя, допускается принимать плоскость максимального увлажнения на наружной границе утеплителя при условии выполнения неравенства

$$\frac{\mu_{ут}}{\lambda_{ут}} > 2, \quad (4.7)$$

где $\lambda_{ут}$, $\mu_{ут}$ - расчетный коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С), и паропроницаемости, мг/м·ч·Па, материала теплоизоляционного слоя.

Находим распределение температур по толще ограждения по формуле (4.5).

По полученным значениям температур определяем максимальные значения абсолютной влажности E , Па, по формуле (4.2.1)

Определяем плотность массового потока

$$j = \frac{e_b - e_n}{\frac{1}{\beta_b} + \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\mu_n} + \frac{1}{\beta_n}}, \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{Па)} \quad (4.8)$$

где $\beta_b = 1,04 \cdot 10^{-8}$ кг/(м²·с·Па), $\beta_n = 5,2 \cdot 10^{-8}$ кг/(м²·с·Па).

Определяем действительную упругость водяного пара по слоям ограждения:

$$\begin{aligned} e_1 &= e_b - \frac{j}{\beta_b}; \\ e_2 &= e_1 - j \cdot \frac{\delta_1}{\mu_1}; \\ e_n &= e_{n-1} - j \cdot \frac{\delta_{n-1}}{\mu_{n-1}}; \end{aligned} \quad (4.9)$$

По полученным значениям температур, максимальных значений абсолютной влажности и действительной упругости водяного пара строим график распределения этих значений в толще ограждения (рисунок 1)

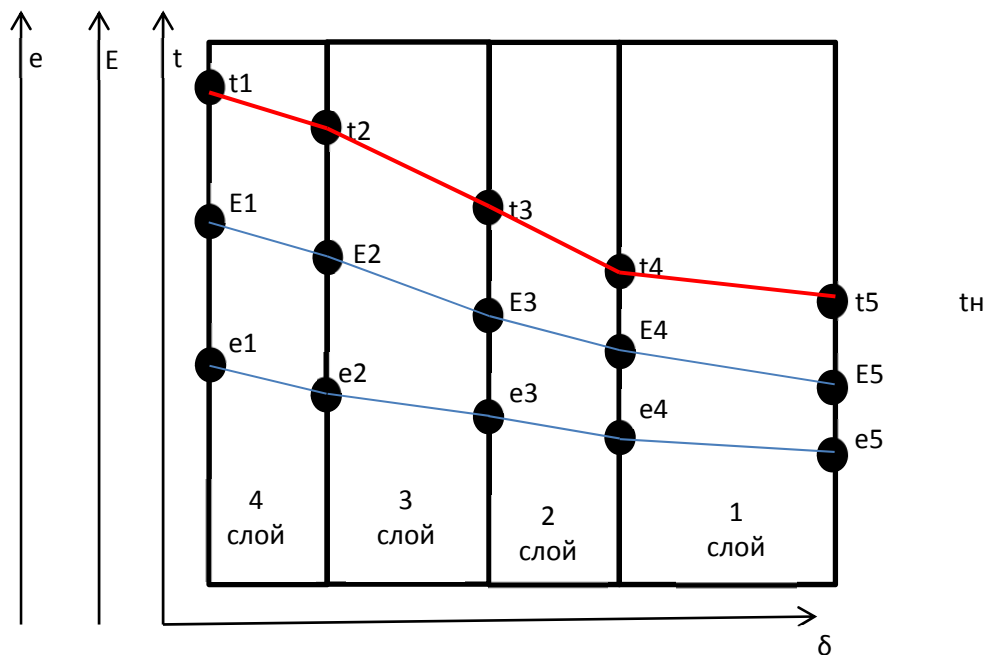


Рисунок 1

Примечание: Рисунок выполнен не в масштабе. Для Курсовой работы необходимо выполнить рисунок в масштабе. Масштаб необходимо выбрать таким образом, чтобы рисунок был наглядным.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 131.13330.2012 СТРОИТЕЛЬНАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*, Москва 2013 г.
2. СП 50.13330.2012 ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003, Москва 2013 г.
3. Богословский В. Н. Тепловой режим здания. — М.: Стройиздат, 1979 — 248 с.

Приложение А

Таблица А.1

Температура точки росы t_d , для различных значений температур t_b и относительной влажности ϕ_b , %, воздуха в помещении

$t_b, ^\circ\text{C}$	$t_d, ^\circ\text{C}$ при $\phi_b, \%$											
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
-5	-15,3	-14,04	-12,9	-11,84	-10,83	-9,96	-9,11	-8,31	-7,62	-6,89	-6,24	-5,6
-4	-14,4	-13,1	-11,93	-10,84	-9,89	-8,99	-8,11	-7,34	-6,62	-5,89	-5,24	-4,6
-3	-13,42	-12,16	-10,98	-9,91	-8,95	-7,99	-7,16	-6,37	-5,62	-4,9	-4,24	-3,6
-2	-12,58	-11,22	-10,04	-8,98	-7,95	-7,04	-6,21	-5,4	-4,62	-3,9	-3,34	-2,6
-1	-11,61	-10,28	-9,1	-7,98	-7,0	-6,09	-5,21	-4,43	-3,66	-2,94	-2,34	-1,6
0	-10,65	-9,34	-8,16	-7,05	-6,06	-5,14	-4,26	-3,46	-2,7	-1,96	-1,34	-0,62
1	-9,85	-8,52	-7,32	-6,22	-5,21	-4,26	-3,4	-2,58	-1,82	-1,08	-0,41	0,31
2	-9,07	-7,72	-6,52	-5,39	-4,38	-3,44	-2,56	-1,74	-0,97	-0,24	0,52	1,29
3	-8,22	-6,88	-5,66	-4,53	-3,52	-2,57	-1,69	-0,88	-0,08	0,74	1,52	2,29
4	-7,45	-6,07	-4,84	-3,74	-2,7	-1,75	-0,87	-0,01	0,87	1,72	2,5	3,26
5	-6,66	-5,26	-4,03	-2,91	-1,87	-0,92	-0,01	0,94	1,83	2,68	3,49	4,26

Продолжение таблицы А.1

6	-5,81	-4,45	-3,22	-2,08	-1,04	-0,08	0,94	1,89	2,8	3,68	4,48	5,25
7	-5,01	-3,64	-2,39	-1,25	-0,21	0,87	1,9	2,85	3,77	4,66	5,47	6,25
8	-4,21	-2,83	-1,56	-0,42	-0,72*	1,82	2,86	3,85	4,77	5,64	6,46	7,24
9	-3,41	-2,02	-0,78	0,46	1,66	2,77	3,82	4,81	5,74	6,62	7,45	8,24
10	-2,62	-1,22	0,08	1,39	2,6	3,72	4,78	5,77	6,71	7,6	8,44	9,23
11	-1,83	-0,42	0,98	1,32	3,54	4,68	5,74	6,74	7,68	8,58	9,43	10,23
12	-1,04	0,44	1,9	3,25	4,48	5,63	6,7	7,71	8,65	9,56	10,42	11,22
13	-0,25	1,35	2,82	4,18	5,42	6,58	7,66	8,68	9,62	10,54	11,41	12,21
14	0,63	2,26	3,76	5,11	6,36	7,53	8,62	9,64	10,59	11,52	12,4	13,21
15	1,51	3,17	4,68	6,04	7,3	8,48	9,58	10,6	11,59	12,5	13,38	14,21
16	2,41	4,08	5,6	6,97	8,24	9,43	10,54	11,57	12,56	13,48	14,36	15,2
17	3,31	4,99	6,52	7,9	9,18	10,37	11,5	12,54	13,53	14,46	15,36	16,19
18	4,2	5,9	7,44	8,83	10,12	11,32	12,46	13,51	14,5	15,44	16,34	17,19
19	5,09	6,81	8,36	9,76	11,06	12,27	13,42	14,48	15,47	16,42	17,32	18,19

Продолжение таблицы А.1

20	6,0	7,72	9,28	10,69	12,0	13,22	14,38	15,44	16,44	17,4	18,32	19,18
21	6,9	8,62	10,2	11,62	12,94	14,17	15,33	16,4	17,41	18,38	19,3	20,18
22	7,69	9,52	11,12	12,56	13,88	15,12	16,28	17,37	18,38	19,36	20,3	21,6
23	8,68	10,43	12,03	13,48	14,82	16,07	17,23	18,34	19,38	20,34	21,28	22,15
24	9,57	11,34	12,94	14,41	15,76	17,02	18,19	19,3	20,35	21,32	22,26	23,15
25	10,46	12,75	13,86	15,34	16,7	17,97	19,15	20,26	21,32	22,3	23,24	24,14
26	11,35	13,15	14,78	16,27	17,64	18,95	20,11	21,22	22,29	23,28	24,22	25,14
27	12,24	14,05	15,7	17,19	18,57	19,87	21,06	22,18	23,26	24,26	25,22	26,13
28	13,13	14,95	16,61	18,11	19,5	20,81	22,01	23,14	24,23	25,24	26,2	27,12
29	14,02	15,86	17,52	19,04	20,44	21,75	22,96	24,11	25,2	26,22	27,2	28,12
30	14,92	16,77	18,44	19,97	21,38	22,69	23,92	25,08	26,17	27,2	28,18	29,11
31	15,82	17,68	19,36	20,9	22,32	23,64	24,88	26,04	27,14	28,08	29,16	30,1
32	16,71	18,58	20,27	21,83	23,26	24,59	25,83	27,0	28,11	29,16	30,16	31,19
33	17,6	19,48	21,18	22,76	24,2	25,54	26,78	27,97	29,08	30,14	31,14	32,19
34	18,49	20,38	22,1	23,68	25,14	26,49	27,74	28,94	30,05	31,12	32,12	33,08

Учебное издание

**ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ
ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЯ**

Методические указания по выполнению курсовой работы

Составители
АФОНИН Константин Викторович
МОЛОСТОВА Ирина Евгеньевна

В авторской редакции

Подписано в печать 18.05.2021. Формат 60х90 1/16. Усл. печ. л. 1,75.
Тираж 100 экз. Заказ № 21-370.

Библиотечно-издательский комплекс
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Тюменский индустриальный университет».
625000, Тюмень, ул. Володарского, 38.

Типография библиотечно-издательского комплекса.
625039, Тюмень, ул. Киевская, 52.