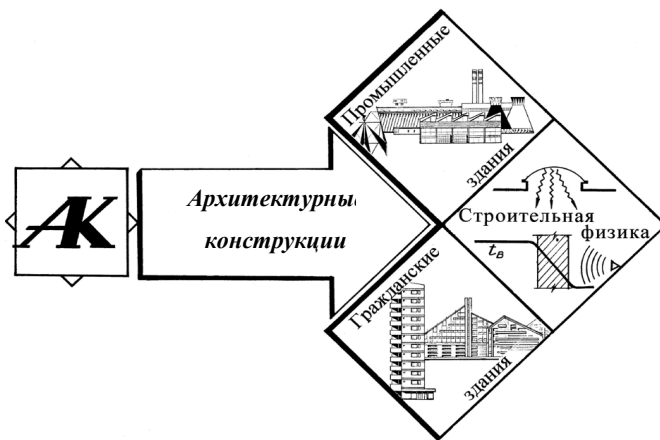


**Физико-технические основы проектирования.
Тепловая защита зданий**

Методические указания и задания к выполнению
расчетно-графического упражнения № 1 по дисциплине
«Строительная физика» для студентов специальностей
270102 – Промышленное и гражданское строительство
и 270105 – Городское строительство и хозяйство



Белгород
2006

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова
Кафедра архитектурных конструкций

Утверждено
научно-методическим советом
университета

**Физико-технические основы проектирования.
Тепловая защита зданий**

Методические указания и задания к выполнению
расчетно-графического упражнения № 1 по дисциплине
«Строительная физика» для студентов специальностей
270102 – Промышленное и гражданское строительство
и 270105 – Городское строительство и хозяйство

Белгород
2006

УДК 921.012

ББК 38.2

Ф79

Составители: ст. преп. Э.И. Борисов
канд. техн. наук, доц. В.Н. Тарасенко
доц. Н.Д. Черныш

Рецензент: главный специалист отдела «Отопление и
вентиляция» «Белгородоблпроект» Ю.В. Казликин

Физико-технические основы проектирования.

Тепловая защита зданий: методические указания /

Ф79 сост.: Э.И. Борисов, В.Н. Тарасенко, Н.Д. Черныш. –
Белгород: Изд-во БГТУ, 2006. – 50 с.

Методические указания содержат общие сведения о тепловой защите зданий и сооружений, принципы и последовательность расчета, даны комментарии к отдельным разделам.

Методические указания предназначены для студентов 3-го курса специальностей 270102 – Промышленное и гражданское строительство и 270105 – Городское строительство и хозяйство, а так же могут быть использованы при выполнении дипломной квалификационной работы при расчете соответствующего раздела.

УДК 921.012

ББК 38.2

© Белгородский государственный технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2006

Особенности теплотехнического расчета зданий и сооружений, последовательность выполнения подробно изложены в данных методических указаниях.

Методические указания разработаны с целью оказать студентам помощь в освоении методов расчета теплотехнических свойств ограждающих конструкций. Задачи методических указаний – научить пользоваться нормативной литературой при проектировании ограждающих конструкций зданий и сооружений различного назначения.

1 Цель и задачи выполнения теплотехнического расчета ограждающих конструкций

Целью работы является разработка конструкции ограждений, обеспечивающих комфортные параметры среды помещений, и требуемые эксплуатационные качества здания.

Для достижения поставленной цели студенту необходимо решить следующие задачи:

- ознакомиться с воздействиями природно-климатических и микроклиматических факторов на наружные ограждения;
- ознакомиться с конструкциями наружных ограждений в зависимости от функции здания и места строительства;
- изучить теоретические основы тепловой защиты здания;
- освоить методику расчета тепловой защиты здания;
- углубить знания в области конструирования здания и создания комфортных параметров микроклимата помещения с наименьшими энергетическими затратами.

2 Общие положения

Обеспечение микроклимата, установленного для проживания и деятельности людей в здании; необходимой надежности и долговечности конструкций, климатических условий работы технического оборудования при минимальном расходе тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий за отопительный период осуществляют проектированием ограждающих конструкций в соответствии с требованиями к тепловой защите зданий.

Нормами [1, пункт 5.1] установлены показатели тепловой защиты здания:

- а) приведенное сопротивление теплопередаче отдельных элементов ограждающих конструкций здания;
- б) санитарно-гигиенический, включающий температурный перепад между температурами внутреннего воздуха и на поверхности ограждающих конструкций и температуру на внутренней поверхности выше температуры точки

росы;

в) удельный расход тепловой энергии на отопление здания, позволяющий варьировать величинами теплозащитных свойств различных видов ограждающих конструкций зданий с учетом объемно-планировочных решений здания и выбора систем поддержания микроклимата для достижения нормируемого значения этого показателя.

Требования тепловой защиты здания будут выполнены, если в жилых и общественных зданиях будут соблюдены требования показателей «а» и «б» либо «б» и «в». В зданиях производственного назначения необходимо соблюдать требования показателей «а» и «б».

3 Последовательность выполнения расчета

3.1 Определение исходных данных

Климатические параметры (района строительства).

Для определения требуемых климатических параметров составляют климатический паспорт района строительства, состав которого приведен в приложении Б. При этом используют нормативную литературу [3, таблицы 1, 2, 3, рисунок 1] и [4, карта глубины промерзания грунта]. При отсутствии данных для конкретного пункта климатические параметры следует принимать для ближайшего населенного пункта.

Основными расчетными параметрами считают расчетную температуру наружного воздуха t_{ext} , °С; продолжительность отопительного периода z_{ht} , сут, и среднюю температуру наружного воздуха t_{ht} , °С, в течение отопительного периода.

Расчетную температуру наружного воздуха t_{ext} принимают по средней температуре наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92 [3, таблица 1] для всех зданий, кроме производственных, предназначенных для сезонной эксплуатации [1, пункт 5.4]. В производственных зданиях, предназначенных для сезонной эксплуатации, в качестве расчетной температуры наружного воздуха в холодный период года t_{ext} , °С, принимают минимальную температуру наиболее холодного месяца, определяемую как среднюю месячную температуру января [3, таблица 3], уменьшенную на среднюю суточную амплитуду температуры воздуха наиболее холодного месяца [3, таблица 1].

Продолжительность z_{ht} и среднюю температуру наружного воздуха t_{ht} отопительного периода принимают для периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более 8°С [3, таблица 1]; при проектировании лечебно-профилактических, детских учреждений и домов интернатов для престарелых данные принимают для периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более 10°С [1, пункт 5.3].

Зону влажности района строительства определяют по карте зон влажности

[1, приложение В]. При этом в случае попадания пункта на границу зон влажности следует выбирать более влажную зону.

Микроклиматические параметры помещения.

Параметры воздуха внутри зданий – температуру t_{int} и относительную влажность воздуха φ_{int} – определяют из условий комфортности по нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений.

В таблице 1 приведены оптимальная температура и допустимая относительная влажность воздуха внутри жилых и общественных зданий для холодного и теплого периодов года [2, таблицы 1 и 2]. Расчетные параметры воздуха внутри гражданских зданий должны быть не ниже оптимальных значений.

Расчетную температуру воздуха t_{int} для теплых чердаков и технических подполий принимают не менее 2°C; в неотапливаемых лестничных клетках жилых зданий – не менее 5°C [1, пункт 5.5].

Таблица 1 – Оптимальная температура и допустимая относительная влажность воздуха внутри здания

Тип здания	Температура воздуха внутри здания t_{int} , °C		Допустимая относительная влажность воздуха φ_{int} , %	
	для холодного периода года	для теплого периода года	для холодного периода года	для теплого периода года
1. Жилые, школьные и другие общественные здания (кроме приведенных в 2 и 3)	20*±2	24±4	55±5	60±5
2. Поликлиники и лечебные учреждения	21±1	24±4	55±5	60±5
3. Детские дошкольные учреждения	22±1	24±4	55±5	60±5
* 21 °C в районах с расчетной температурой наиболее холодной пятидневки минус 31 °C и ниже				

В зависимости от относительной влажности и температуры внутреннего воздуха по таблице 2 [1, таблица 1] устанавливают влажностный режим помещений в холодный период года. Расчетную относительную влажность внутреннего воздуха φ_{int} для помещений жилых зданий, больничных учреждений, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, школ и детских дошкольных учреждений принимают равной 55 %, для помещений кухонь – 60 %, для ванных комнат – 65 %, для теплых подвалов и подполий с коммуни-

кациями – 75 %, для теплых чердаков жилых зданий – 55 %, для помещений общественных зданий (кроме указанных) – 50 % [1, примечание пункта 5.9].

Таблица 2 – Влажностный режим помещений зданий

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

Температура точки росы t_d воздуха внутри здания при расчетной относительной влажности ϕ_{int} и расчетной температуре внутреннего воздуха t_{int} для холодного периода года приведена в таблице 3 [2, таблица 3]. Для различных значений температуры t_{int} и относительной влажности ϕ_{int} воздуха в помещении температура точки росы может быть определена по приложению В [2, приложение Л].

Таблица 3 – Температура точки росы воздуха внутри здания для холодного периода года

Тип здания	Температура точки росы t_d , °С
1. Жилые, школьные и другие общественные здания (кроме приведенных в 2 и 3)	10,7 (11,6 в районах с расчетной температурой наиболее холодной пятидневки минус 31 °С и ниже)
2. Поликлиники и лечебные учреждения	11,6
3. Детские дошкольные учреждения	12,6

Расчетные исходные данные

Градусо-сутки отопительного периода D_d , °C сут, определяют по формуле

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) z_{ht}, \quad (1)$$

где t_{int} – расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания, °C;
 t_{ht} – средняя температура наружного воздуха, °C, для отопительного периода;
 z_{ht} – продолжительность, сут, отопительного периода.

В зависимости от влажностного режима помещений и зоны влажности района строительства определяют условия эксплуатации (А или Б) ограждающих конструкций, учитываемые при выборе теплотехнических показателей материалов ограждения и устанавливаемые по таблице 4 [1, таблица 2].

Таблица 4 – Условия эксплуатации ограждающих конструкций

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

3.2 Определение требуемого (нормируемого) сопротивления теплопередаче

Требуемое сопротивление теплопередаче R_{req} , м²·°C/Вт, определяют по таблице 5 [1, таблица 4] в зависимости от градусо-суток отопительного периода D_d . Для величин D_d , отличающихся от табличных, значения R_{req} определяют по формуле

$$R_{req} = a D_d + b, \quad (2)$$

где D_d – градусо-сутки отопительного периода, °C·сут, для указанного города строительства; a , b – коэффициенты, значения которых принимают по данным таблицы для соответствующих групп зданий.

Для зданий с расчетной температурой внутреннего воздуха 12 °C и ниже, производственных зданий с избытками явной теплоты более 23 Вт/м³ и зданий, предназначенных для сезонной эксплуатации (осенью или весной), нормируемое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций R_{req} , м²·°C/Вт, определяют по формуле (3) [1, пункт 5.4]:

$$R_{reg} = \frac{n \cdot (t_{int} - t_{ext})}{\Delta t_n \cdot \alpha_{int}}, \quad (3)$$

где n – коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху, приведенный в таблице 6 [1, таблица 6]; Δt_n – нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха t_{int} и температурой внутренней поверхности t_{int} ограждающей конструкции, °С, приведенный в таблице 7 [1, таблица 5]; α_{int} – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, Вт/(м²·°С), принимаемый по таблице 8 [1, таблица 7]; t_{int} – расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания, °С; t_{ext} – расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, °С.

Для чердачных перекрытий, теплых чердаков и цокольных перекрытий над подвалами с температурой воздуха t_c в них большей t_{ext} , но меньшей t_{int} коэффициент n определяют по формуле

$$n = \frac{(t_{int} - t_c)}{(t_{int} - t_{ext})}. \quad (4)$$

Таблица 5 – Коэффициент n

Ограждающие конструкции	Коэффициент n
1. Наружные стены и покрытия (в том числе вентилируемые наружным воздухом), зенитные фонари, перекрытия чердачные (с кровлей из штучных материалов) и над проездами; перекрытия над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной-климатической зоне	1
2. Перекрытия над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытия чердачные (с кровлей из рулонных материалов); перекрытия над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительной-климатической зоне	0,9
3. Перекрытия над не отапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах	0,75
4. Перекрытия над не отапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенные выше уровня земли	0,6

Таблица 6 – Нормируемые значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций

Здания и помещения, коэффициенты a и b	Градусо-сутки отопительного периода D_b , °C сут	Нормируемые значения сопротивления теплопередаче R_{req} , м ² °C/Вт				
		Стен	Покрытий и перекрытий над проездами	Перекрытий чердачных, над не отапливаемыми подпольями и подвалами	Окон и балконных дверей, витрин и витражей	Фонарей с вертикальным остеклением
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
a		0,00035	0,0005	0,00045	-	0,000025
b		1,4	2,2	1,9	-	0,25
Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, производственные 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
Производственные здания с сухим и нормальными 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

При определении нормируемого сопротивления теплопередаче R_{req} внутренних ограждающих конструкций, разделяющих помещения с разностью

расчетных температур воздуха t_{int} 6 °С и выше, в формуле (3) принимают $n = 1$ и вместо t_{ext} – расчетную температуру воздуха t_{int} более холодного помещения [1, пункт 5.5].

Таблица 7 – Нормируемый температурный перепад

Здания и помещения	Нормируемый температурный перепад Δt_m , °С			
	наружных стен	покрытый и чердачных перекрытий	перекрытий над проездами, подвалами и подпольями	зенитных фонарей
Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	4,0	3,0	2,0	$t_{int} - t_d$
Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	4,5	4,0	2,5	$t_{int} - t_d$
Производственные здания с сухим и нормальным режимами	$t_{int} - t_d$, не более 7	$8(t_{int} - t_d)$, не более 6	2,5	$t_{int} - t_d$
Производственные и другие помещения с влажным или мокрым режимами работы	$t_{int} - t_d$	$8(t_{int} - t_d)$	2,5	-
Производственные здания с избытками явной теплоты	12	12	2,5	$t_{int} - t_d$

Таблица 8 – Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции

Внутренняя поверхность ограждения	Коэффициент теплоотдачи α_{int} , Вт/(м ² ·°С)
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
Потолков с выступающими ребрами при отношении $h/a > 0,3$	7,6
Окон	8,0
Зенитных фонарей	9,9

3.3 Выбор конструктивного решения наружных ограждений

При проектировании наружных ограждений зданий рекомендовано [2, раздел 5] руководствоваться следующими положениями:

предусматривать многослойные конструкции со стабильными теплоизоляционными свойствами с минимумом теплопроводных включений (профилей, стержней, болтов) и стыковых соединений;

теплоизоляцию проектировать непрерывной в плоскости фасада;

использовать эффективные теплоизоляционные материалы (с коэффициентом теплопроводности не более 0,1 Вт/(м °С)). Не рекомендуется применять теплоизоляцию с внутренней стороны из-за возможного накопления влаги в теплоизоляционном слое;

применять гидроизоляцию, сокращающую проникновение влаги и водяных паров в толщу теплоизоляции;

при введении в конструкцию замкнутых воздушных прослоек размер прослойки по высоте не должен быть более высоты этажа и не более 6 м, размер по толщине – не менее 60 мм и не более 100 мм. Располагать прослойки ближе к холодной стороне ограждения;

предусматривать защиту внутренней и наружной поверхностей стен устройством покровного слоя: облицовки или штукатурки, окраски водоустойчивыми составами;

конструктивные решения ограждающих конструкций должны обеспечивать высокую теплотехническую однородность (с коэффициентом теплотехнической однородности r , равным 0,7 и более).

Типы технических решений наружных стен, уровни их теплозащиты приведены в таблице 9 [2, таблица 4].

В расчетно-графической работе конструктивное решение ограждений выбирают в соответствии с заданием (см. таблицы А.3 - А.5).

Наружные ограждающие конструкции должны удовлетворять по приведенному сопротивлению теплопередаче R_o требуемому сопротивлению теплопередаче R_{req} , при соблюдении условия

$$R_o \geq R_{req}. \quad (5)$$

Таблица 9 – Уровни теплозащиты рекомендуемых ограждающих конструкций наружных стен

Материалы стен		Конструктивное решение стены			
конструкционный	теплоизоляционный	двухслойные с наружной теплоизоляцией	трехслойные с теплоизоляцией по середине	с невентилируемой воздушной прослойкой	с вентилируемой воздушной прослойкой
Кирпичная кладка	Пенополистирол	5,2/10850	4,3/8300	4,5/8850	4,15/7850
	Минеральная вата	4,7/9430	3,9/7150	4,1/7700	3,75/6700
Железобетон (гибкие связи, шпонки)	Пенополистирол	5,0/10300	3,75/6850	4,0/7430	3,6/6300
	Минеральная вата	4,5/8850	3,4/5700	3,6/6300	3,25/5300
Керамзитобетон (гибкие связи, шпонки)	Пенополистирол	5,2/10850	4,0/7300	4,2/8000	3,85/7000
	Минеральная вата	4,7/9430	3,6/6300	3,8/6850	3,45/5850
Дерево (брус)	Пенополистирол	5,7/12280	5,8/12570	—	5,7/12280
	Минеральная вата	5,2/10850	5,3/11140	—	5,2/10850
На деревянном каркасе с тонколистовыми обшивками	Пенополистирол	—	5,8/12570	5,5/11710	5,3/11140
	Минеральная вата	—	5,2/10850	4,9/10000	4,7/9430
Металлические обшивки (сэндвич)	Пенополиуретан	—	5,1/10570	—	—
Блоки из ячеистого бетона с кирпичной облицовкой	Ячеистый бетон	2,4/2850	—	2,6/3430	2,25/2430

Примечание. Перед чертой – ориентировочные значения приведенного сопротивления теплопередаче наружной стены м² °С/Вт, за чертой – предельное значение градусо-суток, °С сут, при которых может быть применена данная конструкция стены.

3.4 Расчет приведенного сопротивления теплопередаче

Приведенное сопротивление теплопередаче R_0 многослойной ограждающей конструкции с однородными слоями определяют по формуле

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{int}} + R_k + \frac{1}{\alpha_{ext}}, \quad (6)$$

где α_{int} – коэффициент теплопередачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимаемый по таблице 8; R_k – термическое сопротивление ограждающей конструкции; α_{ext} – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для условий холодного периода, приведен в таблице 10 [5, таблица 6*].

Термическое сопротивление ограждающей конструкции R_k , $\text{м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$, с последовательно расположенными однородными слоями определяют как сумму термических сопротивлений отдельных слоев

$$R_k = \sum_{i=1}^n R_i = R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{a,l}, \quad (7)$$

где R_1, R_2, \dots, R_n – термические сопротивления отдельных конструктивных слоев, определяемые по формуле (8); $R_{a,l}$ – термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, приведено в таблице 11.

Термическое сопротивление R , $\text{м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$, однородного слоя рассчитывают по формуле

$$R = \frac{\delta}{\lambda}, \quad (8)$$

где δ – толщина слоя, м; λ – расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя, $\text{Вт}/(\text{м }^\circ\text{C})$, определяемый с учетом условий эксплуатации ограждающих конструкций по приложению Е [2].

В связи с этим формула (6) может быть представлена в виде

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{int}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{ext}}. \quad (9)$$

Таблица 10 – Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для условий холодного периода года

Наружная поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи для зимних условий, Вт/(м ² °С)
Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительно-климатической зоне	23
Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом	17
Перекрытий чердачных и над не отапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах	12

Таблица 11 – Термическое сопротивление замкнутых воздушных прослоек

Толщина воздушной прослойки, м	Термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки $R_{a,b}$ м ² ·°С/Вт			
	горизонтальной при потоке теплоты снизу вверх и вертикальной		горизонтальной при потоке теплоты сверху вниз	
	при температуре воздуха в прослойке			
	положительной	отрицательной	положительной	отрицательной
0,01	0,13	0,15	0,14	0,15
0,02	0,14	0,15	0,15	0,19
0,03	0,14	0,16	0,16	0,21
0,05	0,14	0,17	0,17	0,22
0,1	0,15	0,18	0,18	0,23
0,15	0,15	0,18	0,19	0,24
0,2 - 0,3	0,15	0,19	0,19	0,24

Примечание. При наличии на одной или обеих поверхностях воздушной прослойки теплоотражающей алюминиевой фольги термическое сопротивление следует увеличивать в 2 раза.

При выполнении теплотехнического расчета можно в расчетной схеме **задать** все толщины отдельных слоев многослойной конструкции, **вычислить** сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции R_o и **сравнить** его с нормируемым значением R_{req} . Ограждающая конструкция может быть признана соответствующей нормам тепловой защиты здания при соблюдении условия (5), если превышение расчетного значения R_o над требуемым R_{req} не более 5%.

Целесообразнее в результате теплотехнического расчета **определить** толщину утеплителя, принимая типовые параметры конструкции. В соответствии с расчетной схемой ограждающей конструкции в формулу (9) сопротивления теплопередаче R_o **подставить** известные величины, **приравнять** его требуемому сопротивлению R_{req} и **решить** полученное уравнение относительно неизвестной величины толщины утеплителя. **Определить** общую толщину стены (без штукатурки), **привести** ее в соответствие с унифицированными размерами (например толщину стен из кирпича принимают кратно $\frac{1}{2}$ кирпича – 0,51; 0,64; 0,77 см), **уточнить** требуемую толщину утеплителя и фактическое сопротивление теплопередаче R_o .

3.5 Проверка санитарно-гигиенического показателя тепловой защиты

Расчетный температурный перепад Δt_o , °С, между температурой внутреннего воздуха t_{int} и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции τ_{int} определяют по формуле

$$\Delta t_o = n (t_{int} - t_{ext}) / R_o \alpha_{int} . \quad (10)$$

Температуру внутренней поверхности ограждающей конструкции τ_{int} , °С, определяют по формуле

$$\tau_{int} = t_{int} - \Delta t_o . \quad (11)$$

Конденсат на внутренней поверхности ограждающей конструкции выпадать не будет при соблюдении условия

$$\tau_{int} \geq t_d . \quad (12)$$

Если условие не выполняется, т. е. температура внутренней поверхности ограждающей конструкции меньше температуры точки росы, необходимо

изменить конструкцию стены, либо использовать другой утеплитель, и повторить расчет.

Приведенный метод расчета ограждающих конструкций является приближенным и упрощенным, выполняется в учебных целях.

Алгоритм расчета приведен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Порядок выполнения теплотехнического расчета с учетом санитарно-гигиенических и комфортных условий проживания

3.6 Расчет удельного расхода тепловой энергии на отопление здания q_o^{des}

Прежде чем перейти к расчету удельного расхода тепловой энергии на отопление здания, необходимо получить у преподавателя дополнительные исходные данные, без которых проведение расчета не возможно. Желательно представить их в табличной форме, как показано в приложении Д.

Удельный расход тепловой энергии на отопление здания q_o^{req} нормируется для условий: дом одноэтажный, многоквартирный, отдельно стоящий [3, таблица 8]. Фактический удельный расход тепловой энергии на отопление жилого здания (q_h^{des} , кДж/(м³·С·сут.)) за отопительный период определяют по изложенной ниже методике.

Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление зданий за отопительный период q_h^{des} , кДж/(м³·°С·сут.) следует определять по формуле

$$q_h^{des} = 10^3 \cdot Q_h^y / (V_h D_d), \quad (13)$$

где Q_h^y - расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода, МДж; V_h - отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений зданий, м³; D_d – градусо-сутки отопительного периода (см. формулу (1)).

Расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода Q_h^y , МДж, следует рассчитывать по формуле

$$Q_h^y = [Q_h - (Q_{int} + Q_s)v\zeta]\beta_h, \quad (14)$$

При отсутствии автоматизированного регулирования теплоотдачи нагревательных приборов Q_h^y , МДж, следует находить по формуле

$$Q_h^y = Q_h \beta_h, \quad (15)$$

где Q_h - общие теплопотери здания через наружные ограждающие конструкции, МДж, (см. п. 3.3.1); Q_{int} - бытовые теплопоступления в течение отопительного периода, МДж; Q_s - теплопоступления через окна и фонари от солнечной радиации в течение отопительного периода, МДж; v – коэффициент снижения теплопоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций; рекомендуемое значение $v = 0,8$; ζ – коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления; рекомендуемые значения:

$\zeta = 1,0$ - в однотрубной системе с термостатами и с пофасадным авторегулированием на вводе или поквартирной горизонтальной разводкой;

$\zeta = 0,95$ - в двухтрубной системе отопления с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе;

$\zeta = 0,9$ - в однотрубной системе с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе или в однотрубной системе без термостатов и с пофасадным авторегулированием на вводе, а также в двухтрубной системе отопления с термостатами и без авторегулирования на вводе;

$\zeta = 0,85$ - в однотрубной системе отопления с термостатами и без авторегулирования на вводе;

$\zeta = 0,7$ - в системе без термостатов и с центральным авторегулированием на вводе с коррекцией по температуре внутреннего воздуха;

$\zeta = 0,5$ - в системе без термостатов и без авторегулирования на вводе - регулирование центральное в ЦТП или котельной;

β_n – коэффициент, учитывающий дополнительное теплотребление системы отопления, связанное с дискретностью номинального теплового потока номенклатурного ряда отопительных приборов, их дополнительными теплотеперьями через радиаторные участки ограждений, повышенной температурой воздуха в угловых помещениях, теплотерями трубопроводов, проходящих через неотапливаемые помещения для:

многосекционных и других протяженных зданий $\beta_n = 1,13$;

зданий башенного типа $\beta_n = 1,11$;

зданий с отапливаемыми подвалами $\beta_n = 1,07$;

зданий с отапливаемыми чердаками, а также с квартирными генераторами теплоты $\beta_n = 1,05$.

Последовательность расчета удельного расхода тепловой энергии на отопление здания представлена на рисунке 2.

3.6.1 Общие потери тепла здания Q_h за отопительный период

Общие теплотери здания Q_h , МДж, за отопительный период следует определять по формуле

$$Q_h = 0,0864 K_m D_d A_e^{sum}, \quad (16)$$

где K_m - общий коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м²·°C), вычисляемый по формуле

$$K_m = K_m^{tr} + K_m^{inf}, \quad (17)$$

K_m^{tr} - приведенный коэффициент теплопередачи через наружные ограждающие конструкции здания, Вт/(м²·°C), рассчитываемый по формуле

$$K_m^{tr} = (A_w/R_w^r + A_f/R_f^r + A_{ed}/R_{ed}^r + A_c/R_c^r + nA_{cl}/R_{cl}^r + nA_f/R_f^r)/A_e^{sum}, \quad (18)$$

A_w, R_w^r - площадь, м², и приведенное сопротивление теплопередаче, м²·°C/Вт, наружных стен (за исключением проемов); A_f, R_f^r - то же, заполнений светопроемов (окон, витражей, фонарей); A_{ed}, R_{ed}^r - то же, наружных дверей и ворот; A_c, R_c^r - то же, совмещенных покрытий (в том числе над эркерами); A_{cl}, R_{cl}^r - то же, чердачных перекрытий; A_f, R_f^r - то же, цокольных перекрытий; n - коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху [3, таблица 6]; D_d - градусо-сутки отопительного периода, °C·сут; A_e^{sum} - общая площадь внутренних поверхностей наружных ограждающих конструкций, включая покрытие (перекрытие) верхнего этажа и покрытие (перекрытие) пола нижнего отапливаемого помещения, м²; K_m^{inf} - условный коэффициент теплопередачи здания, учитывающий теплотери за счет инфильтрации и вентиляции, Вт/(м²·°C), определяемый по формуле

$$K_m^{inf} = 0,24 \cdot c \cdot n_a \cdot \beta_v \cdot V_h \cdot \rho_a^{ht} \cdot k / A_e^{sum}, \quad (19)$$

где c - удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг·°C); n_a - средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, ч⁻¹, рассчитывается по суммарному воздухообмену за счет вентиляции и инфильтрации по формуле

$$n_a = [(L_v n_v)/168 + (G_{inf} k n_{inf})/(168 \cdot \rho_a^{ht})]/(\beta_v V_h),$$

где L_v - количество приточного воздуха в здание при неорганизованном притоке либо нормируемое значение при механической вентиляции, м³/ч, равное для:

а) жилых зданий, предназначенных гражданам с учетом социальной нормы (с расчетной заселенностью квартиры 20 м² общей площади и менее на человека) - $3A_l$;

б) других жилых зданий - $0,35 \cdot 3A_l$, но не менее 30т; где т - расчетное число жителей в здании;

в) общественных и административных зданий принимают условно для офисов и объектов сервисного обслуживания - $4A_l$, для учреждений здравоохранения и образования - $5A_l$ для спортивных, зрелищных и детских дошкольных учреждений - $6A_l$;

A_l - для жилых зданий - площадь жилых помещений, для общественных зданий - расчетная площадь, определяемая согласно [6], как сумма площадей всех помещений, за исключением коридоров, тамбуров, переходов, лестничных клеток, лифтовых шахт, внутренних открытых лестниц и пандусов, а также помещений, предназначенных для размещения инженерного оборудования и сетей, м²; n_v - число часов работы механической вентиляции в течение недели; 168 - число часов в неделе; G_{inf} - количество инфильтрующегося воздуха в здание через ограждающие конструкции, кг/ч: для жилых зданий - воздуха, поступающего в лестничные клетки в течение суток отопительного периода;

k - коэффициент учета влияния встречного теплового потока в светопрозрачных конструкциях, равный для: стыков панелей стен - 0,7; окон и балконных дверей с тройными раздельными переплетами - 0,7; то же, с двойными раздельными переплетами - 0,8; то же, со спаренными переплетами - 0,9; то же, с одинарными переплетами - 1,0; n_{inf} - число часов учета инфильтрации в течение недели, ч, равное 168 для зданий с сбалансированной приточно-вытяжной вентиляцией и $(168 - n_v)$ для зданий, в помещениях которых поддерживается подпор воздуха во время действия приточной механической вентиляции;

β_v - коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций. При отсутствии данных принимать данный коэффициент равным $\beta_v = 0,85$;

V_h - отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений зданий, м³;

ρ_a^{ht} - средняя плотность приточного воздуха за отопительный период. Для расчета необходимо использовать $\rho_a^{ht} = 1,3$ кг/м³ или рассчитывать по следующей формуле

$$\rho_a^{ht} = 353/[273 + 0,5(t_{int} + t_{ext})];$$

k - коэффициент учета влияния встречного теплового потока в светопрозрачных конструкциях, равный для: стыков панелей стен - 0,7; окон и балконных дверей с тройными раздельными переплетами - 0,7; то же, с двойными раздельными переплетами - 0,8; то же, со спаренными переплетами - 0,9; то же, с одинарными переплетами - 1,0.

A_e^{sum} – общая площадь внутренних поверхностей наружных ограждающих конструкций, включая покрытие (перекрытие) верхнего этажа и покрытие (перекрытие) пола нижнего отапливаемого помещения, м².

3.6.2 Бытовые тепlopоступления в течение отопительного периода Q_{int}

Бытовые тепlopоступления в течение отопительного периода Q_{int} , МДж, следует определять по формуле

$$Q_{int} = 0,0864 q_{int} z_{ht} A_l, \quad (20)$$

где q_{int} – величина бытовых тепловыделений на 1 м² площади жилых помещений или расчетной площади общественного здания, Вт/м², принимаемая для:

а) жилых зданий, предназначенных гражданам с учетом социальной нормы (с расчетной заселенностью квартиры 20 м² общей площади и менее на человека) $q_{int} = 17$ Вт/м²;

б) жилых зданий без ограничения социальной нормы (с расчетной заселенностью квартиры 45 м² общей площади и более на человека) $q_{int} = 10$ Вт/м²;

в) других жилых зданий - в зависимости от расчетной заселенности квартиры по интерполяции величины q_{int} между 17 и 10 Вт/м²;

г) для общественных и административных зданий бытовые тепловыделения учитываются по расчетному числу людей (90 Вт/чел), находящихся в здании, освещения (по установочной мощности) и оргтехники (10 Вт/м²) с учетом рабочих часов в неделю;

z_{ht} – продолжительность отопительного периода; A_l – площадь жилых помещений и кухню.

3.6.3 Теплопоступления через окна и фонари от солнечной радиации в течение отопительного периода Q_s

Теплопоступления через окна и фонари от солнечной радиации в течение отопительного периода Q_s , МДж, для четырех фасадов зданий, ориентированных по четырем направлениям, следует определять по формуле

$$Q_s = \tau_F \cdot k_F (A_{F1}I_1 + A_{F2}I_2 + A_{F3}I_3 + A_{F4}I_4) + \tau_{scy} \cdot k_{scy} \cdot A_{scy} \cdot I_{hor} \quad (21)$$

Если расчет производится для здания без зенитных фонарей формула (21) приобретает следующий вид

$$Q_s = \tau_F \cdot k_F (A_{F1}I_1 + A_{F2}I_2 + A_{F3}I_3 + A_{F4}I_4), \quad (22)$$

где τ_F , τ_{scy} - коэффициенты, учитывающие затенение светового проема соответственно окон и зенитных фонарей непрозрачными элементами заполнения, принимаемые по проектным данным. При отсутствии данных следует принимать по своду правил [3, таблица В.1];

A_{scy} - площадь светопроемов зенитных фонарей здания, m^2 ;

k_F , k_{scy} - коэффициенты относительного проникания солнечной радиации для светопропускающих заполнений соответственно окон и зенитных фонарей, принимаемые по паспортным данным соответствующих светопропускающих изделий; при отсутствии данных следует принимать по своду правил; мансардные окна с углом наклона заполнений к горизонту 45° и более следует считать как вертикальные окна, с углом наклона менее 45° - как зенитные фонари [3, таблица В.1];

A_{F1} , A_{F2} , A_{F3} , A_{F4} - площади светопроемов фасадов здания, соответственно ориентированных по четырем сторонам света, m^2 ;

I_1 , I_2 , I_3 , I_4 - средние за отопительный период величины солнечной радиации, попадающей на вертикальные поверхности, ориентированные по четырем фасадам здания, $MДж/m^2$ [3, таблица В.1].

3.6.4 Сравнение полученного удельного расхода тепловой энергии на отопление здания с нормируемым

Удельный расход тепловой энергии на отопление здания q_h^{des} необходимо сравнить с нормативным удельным расходом тепловой энергии на отопление здания q_o^{req} .

В результате должно соблюдаться следующее условие:

$$q_h^{req} \geq q_h^{des} . \quad (23)$$

Если это условие не соблюдается, необходимо уменьшить потери тепла здания различными мероприятиями (например, изменив конструкцию стены или уменьшив число и геометрию светопрозрачных ограждений).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Теплотехнический расчет ограждающих конструкций в рамках дисциплины «Строительная физика» необходимо выполнить в соответствии с шифром, номер которого выдает преподаватель.

Исходные данные по структуре шифра студент подбирает самостоятельно из приложения А.

Приложение А Исходные данные

Таблица А.1 – Шифр

№ шифра	Район строительства	Конструкция стены					Конструкция покрытия		
		Разрез стены	Слой 1	Слой 2	Слой 3	Слой 4	Слой 5	Схема покрытия	Утеплитель
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	13	2	6	5	6	6	11	3	1
2	46	5	5	7	2	1	7	3	9
3	33	4	5	2	8	4	8	2	3
4	40	3	5	8	5	2	3	2	4
5	20	2	4	1	2	2	13	2	9
6	15	4	5	9	4	5	5	3	4
7	20	2	7	7	8	4	11	2	4
8	44	3	6	5	8	7	2	1	10
9	41	1	5	5	3	7	6	2	3
10	34	3	6	7	3	5	3	2	9
11	28	5	5	8	4	5	7	3	5
12	9	3	2	8	3	2	7	2	5
13	30	3	5	7	3	4	13	1	5
14	3	2	4	4	5	5	16	2	7
15	39	5	6	6	10	6	8	2	8
16	21	4	6	1	8	6	19	2	2
17	16	5	4	2	3	4	19	2	4

Продолжение приложения А

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18	47	3	5	4	2	3	1	2	7
19	22	3	3	2	3	3	7	3	7
20	32	1	2	10	7	2	12	2	3
21	20	4	2	8	8	5	18	3	7
22	43	4	7	2	9	5	11	3	9
23	15	4	6	2	4	5	1	1	5
24	1	2	7	10	5	3	2	3	4
25	9	2	3	5	5	6	2	2	9
26	37	2	4	5	6	5	1	1	9
27	1	2	8	9	2	7	17	1	6
28	4	3	4	3	3	6	8	2	4
29	11	4	3	1	5	4	4	2	1
30	4	3	4	2	8	2	9	3	7
31	20	2	2	10	4	6	8	3	1
32	4	4	6	9	4	1	5	1	9
33	8	5	5	7	10	5	14	1	8
34	9	1	7	7	2	8	4	2	4
35	15	2	2	4	9	6	6	1	9
36	29	2	7	8	2	7	1	1	7
37	32	1	4	1	9	5	11	2	7
38	45	3	5	2	1	5	9	2	9
39	41	4	6	5	2	8	15	2	7
40	24	1	3	7	2	8	10	2	1
41	16	4	3	6	6	6	14	1	4
42	25	4	5	1	4	6	13	1	3
43	25	5	6	6	4	2	13	2	10
44	14	3	6	10	3	6	16	3	8
45	32	3	3	7	7	3	3	2	9
46	17	1	4	9	9	5	8	2	2
47	36	3	4	1	5	8	9	1	7
48	4	4	2	2	4	2	16	1	8
49	21	1	4	10	9	4	8	2	9

Продолжение приложения А

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50	10	2	2	5	2	3	12	2	2
51	12	2	3	7	9	7	12	2	6
52	27	3	1	4	1	6	12	1	9
53	20	3	5	3	7	4	12	1	2
54	25	2	3	10	8	8	5	2	3
55	19	3	6	8	9	5	4	1	3
56	15	2	2	3	4	1	18	1	9
57	2	3	1	3	5	5	10	2	9
58	29	3	2	10	1	1	9	2	5
59	45	4	2	7	7	7	10	3	7
60	9	3	7	4	2	7	6	3	4
61	36	1	3	5	3	4	6	1	3
62	36	1	7	3	6	2	9	1	4
63	10	2	2	4	8	5	13	3	6
64	4	3	6	5	7	3	19	2	1
65	16	4	6	9	8	7	17	3	3
66	44	3	8	6	8	4	1	3	2
67	19	4	7	6	8	4	2	1	2
68	13	4	3	4	2	6	3	1	7
69	2	3	2	3	9	5	3	2	8
70	12	1	1	5	7	2	8	1	2
71	4	4	4	9	9	5	18	2	6
72	27	2	1	3	6	6	2	1	10
73	7	2	7	9	3	6	13	3	3
74	15	5	3	5	2	3	1	1	3
75	29	2	8	2	5	3	10	2	6
76	18	3	4	4	7	4	4	2	6
77	17	2	2	7	5	1	9	2	6
78	25	4	4	3	5	5	15	1	3
79	4	4	4	4	5	4	8	1	5
80	17	3	4	4	10	4	5	2	6
81	40	4	7	3	8	1	7	1	2



Продолжение приложения А

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
82	16	4	7	5	3	1	12	2	5
83	10	4	3	5	6	2	11	3	2
84	17	5	7	3	9	2	14	1	7
85	44	1	8	5	5	2	4	2	4
86	15	4	3	3	5	6	18	1	9
87	41	4	3	7	2	2	9	2	2
88	48	5	6	5	8	2	8	3	6
89	32	1	7	1	8	3	18	2	8
90	13	1	4	5	3	5	5	3	5
91	9	2	6	5	8	4	9	3	7
92	44	4	8	9	6	6	13	2	4
93	4	5	6	9	4	2	17	1	6
94	18	5	7	2	9	5	9	3	3
95	22	3	7	9	9	8	19	1	7
96	16	4	5	9	4	4	7	3	3
97	8	4	3	8	3	7	16	2	6
98	28	4	4	10	3	7	8	2	8
99	20	5	6	2	7	5	16	1	4
100	14	1	7	5	7	5	9	2	8
101	3	4	6	2	6	6	5	2	3
102	9	3	4	3	10	4	3	1	3
103	23	4	5	5	8	1	1	3	6
104	23	5	5	6	7	7	12	2	7
105	44	2	4	4	3	5	10	2	4
106	10	2	3	6	9	7	6	3	1
107	47	3	2	3	3	5	7	2	5
108	39	3	4	9	9	8	14	2	4
109	18	3	3	6	2	6	1	2	3
110	28	3	4	6	8	6	3	1	4
111	25	4	2	7	4	6	4	3	2
112	31	4	2	7	9	2	3	1	4

Продолжение приложения А

Таблица А.2 – Район строительства

Шифр	Город	Шифр	Город
1	Астрахань	25	Ярославль
2	Белгород	26	Красноярск
3	Брянск	27	Ульяновск
4	Владимир	28	Екатеринбург
5	Волгоград	29	Ростов-на-Дону
6	Вологда	30	Псков
7	Воронеж	31	Владивосток
8	Калуга	32	Пенза
9	Кострома	33	Новгород
10	Чита	34	Санкт-Петербург
11	Липецк	35	Курск
12	Москва	36	Калининград
13	Нижний Новгород	37	Вятка, Кировская обл.
14	Орёл	38	Мурманск
15	Рязань	39	Оренбург
16	Самара	40	Пермь
17	Саратов	41	Владивосток
18	Вязьма, Смоленская обл.	42	Казань
19	Тамбов	43	Ставрополь
20	Тула	44	Мурманск
21	Магадан	45	Челябинск
22	Иваново	46	Кемерово
23	Хабаровск	47	Красноярск
24	Смоленск	48	Чита

Продолжение приложения А

Таблица А.3 – Расчетная схема стены

Шифр	Схема стены
1	
2	
3	

Шифр	Схема стены
4	
5	

Примечание:

- 1 – наружный отделочный слой;
- 2 – утеплитель;
- 3 – несущий слой;
- 4 – внутренний отделочный слой;
- 5 – конструктивно-теплоизоляционный материал;
- В.П. – воздушная прослойка

Таблица А.4 – **Материалы, используемые в конструкции стены, их физико-механические характеристики**

Наружный отделочный слой (слой – 1 на разрезе стены)		
Шифр	Наименование материала	Толщина δ , мм
1	Цементно-песчаный раствор	20
2	Цементно-песчаный раствор	15
3	Сложный раствор	20
4	Керамическая плитка	15+10
5	Природный камень: мрамор	20+20
6	Пластиковая обшивка	В.П.+ 10
7	Лицевой кирпич, $\gamma=1800 \text{ кг/м}^3$	120
8	Природный камень: базальт	20+20
Утеплитель (слой – 2 на разрезе стены; слой утеплителя – в схеме покрытия)		
Шифр	Наименование материала	Плотность γ , кг/м^3
1	Пенополистирол	40
2	Экструдированный пенополистирол	28
3	Пенополиуретан	40
4	Пеностекло	200
5	Теплоизоляционные изделия «Аэрофлекс»	80
6	Изделия из вспученного перлита	250
7	Пенопласт	100
8	Маты минераловатные прошивные	75
9	Плиты жесткие минераловатные	100
10	Плиты «URSA»	60

Продолжение приложения А
Продолжение таблицы А.4

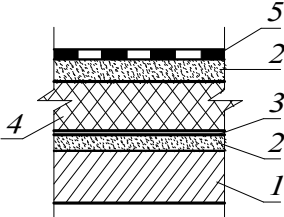
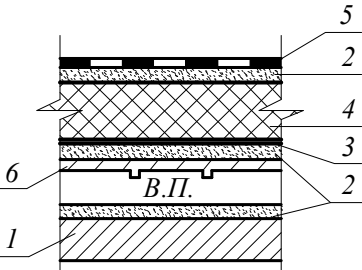
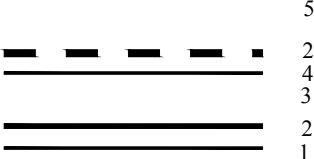
Несущий слой (слой – 3 на разрезе стены)		
Шифр	Наименование материала	Толщина δ , мм
1	Кладка из глиняного обыкновенного кирпича на цементно-песчаном растворе	380
2	То же, на цементно-шлаковом растворе	380
3	То же, на цементно-перлитовом растворе	380
4	Кладка из силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе, $\gamma = 1200 \text{ кг/м}^3$	380
5	Кладка из шлакового кирпича на цементно-песчаном растворе	380
6	Кладка из пустотного керамического кирпича на цементно-песчаном растворе, $\gamma = 1400 \text{ кг/м}^3$	380
7	Кладка из силикатного пустотного кирпича на цементно-песчаном растворе, $\gamma = 1000 \text{ кг/м}^3$	380
8	Керамзитобетон, $\gamma = 1600 \text{ кг/м}^3$	300
9	Перлитобетон, $\gamma = 1200 \text{ кг/м}^3$	300
10	Пенобетон, $\gamma = 800 \text{ кг/м}^3$	300
Внутренний отделочный слой (слой – 4 на разрезе стены)		
Шифр	Наименование материала	Толщина δ , мм
1	Известково-песчаный раствор	20
2	Сложный раствор	20
3	Известняк-ракушечник	5 + 15
4	Мрамор	20 + 20
5	Обшивка доской дуба	В.П. + 8
6	Фанера клееная	В.П. + 6
7	Картон строительный многослойный	10
8	Сухая штукатурка	10

Продолжение приложения А
Продолжение таблицы А.4

Конструкционно-теплоизоляционный материал
(слой – 5 на разрезе стены)

Шифр	Наименование материала	Плотность γ , кг/м ³
1	Туфобетон	1400
2	Пемзобетон	1200
3	Бетон на зольном гравии	1400
4	Бетон на вулканическом шлаке	1200
5	Вермикулитобетон	800
6	Керамзитобетон	800
7	Перлитобетон	1200
8	Шлакопемзобетон	1000
9	Пенобетон	800
10	Полистиролбетон	400
11	Туфобетон	1800
12	Пемзобетон	1600
13	Керамзитопенобетон	800
14	Бетон на вулканическом шлаке	1600
15	Шунгзитобетон	1000
16	Бетон на доменном гранулированном шлаке	1200
17	Перлитобетон	600
18	Шлакопемзобетон	1400
19	Пенобетон	1000
20	Аглопоритобетон	1000

Таблица А.5 – Конструкция покрытия

Шифр	Схема покрытия
1	
2	
3	

Примечание:

- 1 – железобетонная плита перекрытия, $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$, $\delta = 220 \text{ мм}$;
- 2 – выравнивающий слой из цементно-песчаного раствора, $\gamma = 1800 \text{ кг/м}^3$, $\delta = 20 \text{ мм}$;
- 3 – пароизоляция – один слой рубероида насухо, $\gamma = 600 \text{ кг/м}^3$, $\delta = 2 \text{ мм}$;
- 4 – утеплитель – см. таблицу А.4;
- 5 – кровля – 2 слоя наплавляемого материала, $\gamma = 600 \text{ кг/м}^3$, $\delta = 6 \text{ мм}$;
- 6 – кровельная железобетонная плита, $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$, $\delta = 30 \text{ мм}$;
- В.П. – воздушная прослойка.

Приложение Б

Состав климатического паспорта района строительства

Исходные данные

Место строительства (город, посёлок, район и др.)

Географическая широта

Данные о температуре воздуха [1, таблицы 1, 2, 3]

Температура воздуха:

средняя по месяцам и за год [1, таблица 3] –

наиболее холодных суток, обеспеченностью 0,92 –

наиболее холодных суток, обеспеченностью 0,98 –

наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,92 –

наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,98 –

абсолютная минимальная температура воздуха, °С –

Продолжительность периода со среднесуточной температурой $< 8^{\circ}\text{C}$ –

Средняя температура периода со среднесуточной температурой $< 8^{\circ}\text{C}$ –

Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее холодного месяца, °С –

Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее теплого месяца, °С –

Влажность и осадки [1, приложение 3]

Средняя месячная относительная влажность воздуха:

наиболее холодного месяца, % –

наиболее теплого месяца, % –

Количество осадков, мм:

за ноябрь – март –

за апрель – октябрь –

Перемещение воздуха [1, приложение 4]

Преобладающее направление ветра за декабрь – февраль –

Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, м/с –

Преобладающее направление ветра за июнь – август –

Минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, м/с –

Зона влажности –

Климатический район и подрайон –

Глубина промерзания грунта [2, с. 46] –

Приложение В

Температура точки росы t_d для различных значений температуры t_{int} и относительной влажности φ_{int} воздуха в помещении

t_{int} °C	t_d , °C, при φ_{int} , %											
	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
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	1,32	2,6	3,72	4,78	5,77	6,71	7,6	8,44	9,23
11	-1,83	-0,42	0,98	1,39	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
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

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Пример выполнения изогермы распределения температур в толще ограждающей конструкции стены

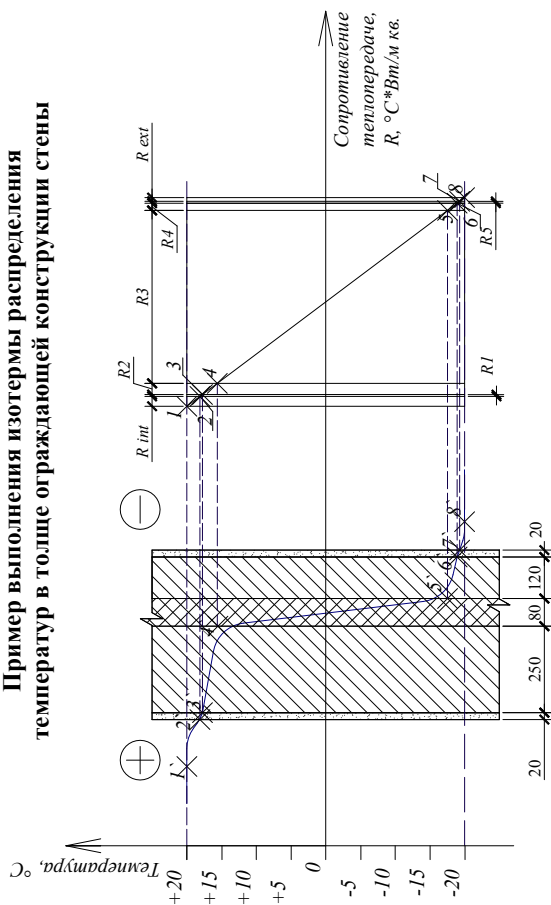


Рисунок Г.1 – График распределения температур в толще ограждающей конструкции

Продолжение приложения Г

**Порядок построения изотермы распределения температур
в толще ограждающей конструкции стены**

1. Выполнить теплотехнический расчет и уточнить толщину слоя утеплителя.

2. Построить в удобном масштабе схему стены.

3. Нанести оси абсцисс и ординат, причем по оси абсцисс откладывают температуру внутреннего воздуха здания, ($t_{int} = +20\text{ }^\circ\text{C}$) и наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92, (например, $-20\text{ }^\circ\text{C}$). Ось ординат при этом должна пройти по середине начерченной схемы стены. По оси ординат будут последовательно откладываться сопротивления теплопередаче каждого из слоев конструкции, включая сопротивления воздушных прослоек внутри и снаружи здания.

4. Отступив от схемы стены вправо 1 - 2 см отложить последовательно, в удобном масштабе, сопротивления теплопередаче каждого из слоев конструкции. Начать следует с сопротивления воздушной прослойки снаружи ограждающей конструкции

$$R_{ext} = \frac{l}{\alpha_{ext}} = \frac{l}{23} = 0,043 ,$$

затем отложить последовательно $R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,02}{0,93} = 0,022 ;$

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,12}{0,81} = 0,148 ;$$

$$R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0,10}{0,041} = 2,439 ;$$

$$R_4 = \frac{\delta_4}{\lambda_4} = \frac{0,25}{0,81} = 0,309 ;$$

$$R_5 = \frac{\delta_5}{\lambda_5} = \frac{0,02}{0,87} = 0,023 ;$$

$$R_{int} = \frac{l}{\alpha_{int}} = \frac{l}{8,7} = 0,115 .$$

Все полученные значения следует отложить в одном масштабе.

5. Через полученные точки провести вертикальные линии.

6. Ограничением графической области считать горизонтальные линии, проходящие через значения $+20\text{ }^\circ\text{C}$ и $-20\text{ }^\circ\text{C}$.

7. Соединить первую и последнюю точки пересечения вертикальных линий с ограничивающими отрезком. Полученные точки пересечения отрезка с вертикалями пронумеровать от 1 по 8 включительно.

Продолжение приложения Г

8. Перенести точки пересечения отрезка с вертикалями на схему конст-

рукции стены. Дать точкам номера 1', 2', 3' и так далее до 8' включительно.

9. Полученные на конструкции стены точки соединить плавной линией. Полученная кривая и есть изотерма распределения температур в толще ограждающей конструкции стены.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Форма теплоэнергетического паспорта здания и пример ее заполнения

Общая информация о проекте

Район строительства – город Тверь.

3-секционное жилое здание состоит из двух торцевых секций и одной рядовой. Общее количество квартир – 108.

Стены здания выполнены из трехслойных железобетонных панелей на гибких связях с утеплителем из пенополистирола, окна с трехслойным остеклением в раздельно-спаренных деревянных переплетах.

Чердак - теплый, покрытие – трехслойные железобетонные плиты с утеплителем из пенополистирола. Подвал – «теплый», с разводкой трубопроводов.

Здание подключено к централизованной системе теплоснабжения.

Расчетные условия

№ п/п	Наименование расчетных параметров	Обозначения символа и единицы измерения параметра	Расчетное значение
1	Расчетная температура внутреннего воздуха	t_{int} , °C	20
2	Расчетная температура наружного воздуха	t_{ext} , °C	-29
3	Расчетная температура теплого чердака	t_{int}^d , °C	14
4	Расчетная температура «теплого» подвала	t_{int}^b , °C	2
5	Продолжительность отопительного периода	z_{ht} , сут	218
6	Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	t_{ext}^{av} , °C	-3,0
7	Градусо-сутки отопительного периода	D_d , °C·сут	5014

Продолжение приложения Д

Функциональное назначение, тип и конструктивное решение здания				
8	Назначение	Жилое		
9	Размещение в застройке	Отдельно стоящее		
10	Тип	7-этажное		
11	Конструктивное решение	Крупнопанельное, железобетонное		
Геометрические показатели				
№ п/п	Показатель	Обозначение символа и единицы измерения	Значение показателя	
			Нормативное	Расчетное
12	Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания В том числе:	A_e^{sum} , м ²	—	5395
	стен	A_w , м ²	—	3161
	окон	A_F , м ²	—	694
	входных дверей	A_{ed} , м ²	—	—
	покрытий (совмещенных)	A_c , м ²	—	—
	чердачных перекрытий (холодного чердака)	A_c , м ²	—	—
	перекрытий «теплых» чердаков	A_c , м ²	—	770
	перекрытий «теплых» подвалов	A_f , м ²	—	770
13	Площадь отапливаемых помещений	A_h , м ²	—	5256
14	Полезная площадь (общественных зданий)	A_l , м ²	—	—
15	Площадь жилых помещений и кухонь	A_l , м ²	—	3416
16	Отапливаемый объем	V_h , м ³	—	1848
17	Коэффициент остекленности фасада здания	p	0,18	0,18
18	Показатель компактности здания	k_e^{des} , 1/м	0,32	0,29

Продолжение приложения Д

Энергетические показатели			
№ п.п.	Показатель	Обозначение символа и единицы измерения показателя	Нормативное значение показателя
Теплотехнические показатели			
19	Приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений:	$R_o^r, \text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	
	стен	R_w	3,2
	окон и балконных дверей	R_F	0,54
	входных дверей	R_{ed}	—
	покрытий (совмещенных)	R_c	—
	перекрытий теплых чердаков (включая покрытие)	R_c	4,71
	перекрытий «теплых» подвалов	R_f	4,16
20	Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания	$K_m^{tr}, \text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	—
21	Воздухопроницаемость наружных ограждений:	$G_m, \text{кг} / (\text{м}^2 \cdot \text{ч})$	
	стен	G_m^w	0,5
	окон и балконных дверей	G_m^F	6
	покрытий (чердачных перекрытий)	G_m^c	0,5
	перекрытий 1-го этажа (пола по грунту)	G_m^f	0,5
22	Кратность воздухообмена	$n_a, \text{ч}^{-1}$	0,652
23	Приведенный (условный) инфильтрационный коэффициент теплопередачи здания	$K_m^{inf}, \text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	—
24	Общий коэффициент теплопередачи здания	$K_m, \text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	—
Теплоэнергетические показатели			
25	Общие теплотери через ограждающую оболочку здания за отопительный период	$Q_h, \text{МДж}$	—
26	Удельные бытовые тепловыделения в здании	$q_{int}, \text{Вт} / \text{м}^2$	Не менее 10
27	Бытовые тепlopоступления в здание за отопительный период	$Q_{int}, \text{МДж}$	—
28	Тепlopоступления в здание от солнечной радиации за отопительный период	$Q_s, \text{МДж}$	—

Продолжение приложения Д

29	Потребность в тепловой энергии на отопление здания за отопительный период	Q_h^y , МДж	—
30	Удельный расход тепловой энергии на отопление здания	q_h^{des} , кДж/ /(м ² ·°С·сут)	—
31	Дата заполнения паспорта		

РАСЧЕТ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЗДАНИЯ

Геометрические показатели

Общая площадь наружных ограждающих конструкций A_e^{sum} определяется по внутренним размерам здания.

Общая площадь наружных стен (с учетом оконных и дверных проемов) A_{w+F+ed} , м², определяется как произведение периметра наружных стен по внутренней поверхности на внутреннюю высоту здания, измеряемую от поверхности пола первого этажа до поверхности потолка последнего этажа.

$$A_{w+F+ed} = p_{st} H_h,$$

где p_{st} – периметр внутренней поверхности наружных стен этажа, м; H_h – высота отапливаемого объема здания, м.

$$A_{w+F+ed} = 160,6 \cdot 24 = 3855 \text{ м}^2.$$

Площадь наружных стен (без проемов) A_w , м², определяется как разность общей площади наружных стен и площади окон и наружных дверей:

$$A_w = A_{w+F+ed} - A_F,$$

где A_F – суммарная площадь окон, определяется как сумма площадей окон (площадь окна считать по размерам проема).

Для рассматриваемого здания $A_F = 694 \text{ м}^2$.

Тогда $A_w = 3855 - 694 = 3161 \text{ м}^2$.

В том числе для продольных стен 2581 м^2 ;

для торцевых стен – 580 м^2 .

Площадь перекрытий теплого чердака A_c м², и площадь перекрытий те-

плохо подвала A_f , м^2 , равны площади этажа A_{st} и рассчитываются по формуле

$$A_c = A_f = A_{st} = 770 \text{ м}^2.$$

Общая площадь наружных ограждающих конструкций A_e^{sum} складывается из общей площади стен A_{w+F+ed} , площадей перекрытий теплого чердака A_c и теплого подвала A_f , и определяется по формуле

$$A_e^{sum} = A_{w+F+ed} + A_c + A_f.$$

Так как $A_c = A_f = 2 \cdot A_f$, формула приобретает следующий вид

$$A_e^{sum} = A_{w+F+ed} + 2 A_f = 3855 + 770 + 770 = 5395 \text{ м}^2$$

Площадь отапливаемых помещений A_h , м^2 , и площадь жилых помещений и кухонь A_l , м^2 , определяются в соответствии с проектом:

$$A_h = 5256 \text{ м}^2;$$

$$A_l = 3416 \text{ м}^2.$$

Отапливаемый объем здания V_h , м^3 , определяется как произведение площади этажа A_{st} , м^2 , на внутреннюю высоту H_h , м, измеряемую от поверхности пола первого этажа до поверхности потолка последнего этажа.

$$V_h = A_{st} \cdot H_h = 770 \cdot 24 = 18480 \text{ м}^3.$$

Коэффициент остекленности фасадов здания p определяют по формуле

$$p = \frac{A_f}{A_{w+F+ed}} = \frac{694}{3855} = 0,18.$$

Нормируемый коэффициент остекленности составляет $p^{req} = 0,18$.

Показатель компактности здания k_e^{des} определяют из условий:

$$k_e^{des} = \frac{A_e^{sum}}{V_h} = \frac{5395}{18480} = 0,29.$$

Нормируемый показатель компактности жилых зданий составляет $k_e^{reg} = 0,32$. Таким образом, $k_e^{des} < k_e^{reg}$, так как $0,29 < 0,32$.

Теплотехнические показатели

Согласно СНиП II-3 приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений R_o^r , $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$, должно приниматься не ниже требуемых значений R_o^{req} , которые устанавливаются по таблице 16* СНиП II-3 в зависимости от градусо-суток отопительного периода.

При $D_d = 5014 \text{ °C} \cdot \text{сут}$ требуемое сопротивление теплопередаче равно для:

$$\text{стен } R_w^{req} = 3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт};$$

$$\text{окон и балконных дверей } R_F^{req} = 0,54 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт};$$

$$\text{перекрытий теплого чердака } R_c^{req} = 4,71 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт};$$

$$\text{перекрытий теплого подвала } R_f^{req} = 4,16 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания K_m^{tr} , $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, определяется по формуле

$$K_m^{tr} = \beta \left(A_w / R_w^r + A_F / R_F^r + A_{ed} / R_{ed}^r + n A_c / R_c^r + n A_f / R_f^r \right) / A_e^{sum},$$

где β – коэффициент, учитывающий дополнительные теплотери, связанные с ориентацией ограждений по сторонам горизонта: для жилых зданий $\beta = 1,13$; A_w , A_F , A_{ed} , A_c , A_f – площади соответственно стен, заполнений светопроемов (окон, фонарей), наружных дверей и ворот, покрытий (чердачных перекрытий), цокольных перекрытий, полов по грунту, м^2 ;

R_w^r , R_F^r , R_{ed}^r , R_c^r , R_f^r – приведенные сопротивления теплопередаче соответственно стен, заполнений светопроемов (окон, фонарей), наружных дверей и ворот, покрытий (чердачных перекрытий), $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$;

n – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху согласно СНиП II-3.

$$K_m^{tr} = 1,13 \cdot \frac{\left(\frac{3161}{3,2} + \frac{694}{0,55} + \frac{770}{4,71} + \frac{770}{4,16} \right)}{5395} = 0,544 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

Воздухопроницаемость наружных ограждений G_m , $\text{кг} / (\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, принимают для стен, покрытий, перекрытий чердаков и подвалов ,

окон в деревянных переплетах и балконных дверей $G_m^F = 6 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ [5, таблица 12].

Требуемую кратность воздухообмена жилого здания n_a , ч^{-1} , устанавливают из расчета $3 \text{ м}^3/\text{ч}$ удаляемого воздуха на 1 м^2 жилых помещений и кухню [7] по формуле

$$n_a = 3A_l / (\beta_v V_h),$$

где A_l – площадь жилых помещений и кухни, м^2 ; β_v – коэффициент, учитывающий долю внутренних ограждающих конструкций в отапливаемом объеме здания, принимаемый равным $0,85$; V_h – отапливаемый объем здания, м^3 .

$$n_a = \frac{3 \cdot 3416}{0,85 \cdot 18480} = 0,652 \text{ ч}^{-1}.$$

Приведенный (условный) инфильтрационный коэффициент теплопередачи здания K_m^{inf} , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, определяют по формуле

$$K_m^{inf} = 0,28 c n_a \beta_v V_h \rho_a^{ht} k / A_e^{sum},$$

$$K_m^{inf} = \frac{0,28 \cdot 1 \cdot 0,652 \cdot 0,85 \cdot 18480 \cdot 1,307 \cdot 0,8}{5395} = 0,556 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

Общий коэффициент теплопередачи здания K_m , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, определяют по формуле

$$K_m = K_m^{tr} + K_m^{inf},$$

$$K_m = 0,544 + 0,556 = 1,1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

Теплоэнергетические показатели

Общие теплопотери через ограждение здания за отопительный период Q_h , МДж, определяют по формуле

$$Q_h = 0,0864 K_m D_d A_e^{sum},$$
$$Q_h = 0,0864 \cdot 1,1 \cdot 5014 \cdot 5395 = 2572051, \text{ МДж.}$$

Удельные бытовые тепловыделения q_{int} , Вт/м², следует устанавливать исходя из расчетного удельного электро- и газопотребления здания, но не менее 10 Вт/м². В нашем случае принято 10 Вт/м².

Бытовые тепlopоступления в здание за отопительный период Q_{int} , МДж, определяют по формуле

$$Q_{int} = 0,0864 q_{int} z_{ht} A_l,$$
$$Q_{int} = 0,0864 \cdot 10 \cdot 218 \cdot 3416 = 643410, \text{ МДж.}$$

Тепlopоступления в здание от солнечной радиации за отопительный период Q_s , МДж, определяют по формуле

$$Q_s = \tau_F k_F (A_{F1} I_1 + A_{F2} I_2 + A_{F3} I_3 + A_{F4} I_4),$$
$$Q_s = 0,5 \cdot 0,76 (716 \cdot 347 + 1224 \cdot 347) = 255861 \text{ МДж.}$$

Потребность в тепловой энергии на отопление здания за отопительный период Q_h^y , МДж, определяют по формуле

$$Q_h^y = [Q_h - (Q_{int} + Q_s) \nu \xi] \beta_h,$$
$$Q_h^y = [2572051 - (643410 + 255861) \cdot 0,8 \cdot 1] \cdot 1,13 = 2093476 \text{ МДж.}$$

Удельный расход тепловой энергии на отопление здания q_h^{des} , кДж/(м²·°C·сут), определяют по формуле

$$q_h^{des} = Q_h^y 10^3 / (A_h \cdot D_d)$$
$$q_h^{des} = \frac{2093476 \cdot 10^3}{5256 \cdot 5014} = 79,44 \text{ кДж/(м}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{сут).}$$

Удельный расход тепловой энергии на отопление здания q_h^{des} необходимо сравнить с нормативным удельным расходом тепловой энергии на отопление

здания q_o^{req} (выбрать из [3, таблицы 8, 9]).

В результате должно соблюдаться следующее условие:

$$q_h^{req} \geq q_h^{des}$$

Для данного расчета условие соблюдается.

$$80 \geq 79,44$$

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

(используют для расчета теплоэнергетических показателей)

Тип окна

Первая буква фамилии	Тип окна
А, Б, В	Одинарное остекление в деревянных переплетах
Г, Д, Е	Одинарное остекление в металлических переплетах
Ж, З, И	Двойное остекление в металлических отдельных переплетах
К, Л, М	Двойное остекление в деревянных отдельных переплетах
Н, О, П	Двойное остекление в деревянных или пластиковых спаренных переплетах
Р, С, Т	Тройное остекление в металлических отдельных переплетах
У, Ф, Х	Двухслойные стеклопакеты в деревянных или пластиковых переплетах
Ц, Ч, Ш	Двухслойные стеклопакеты в металлических переплетах
Щ, Э, Ю, Я	Трехслойные стеклопакеты в деревянных или пластиковых переплетах



Габариты здания

Вторая буква фамилии	Высота этажа	Количество этажей в здании
А, Б, В	2,700	5
Г, Д, Е	3,000	7
Ж, З, И	3,300	9
К, Л, М	2,700	7
Н, О, П	3,000	9
Р, С, Т	3,300	12
У, Ф, Х	2,700	9
Ц, Ч, Ш	3,000	12
Щ, Э, Ю, Я	3,300	7

Библиографический список

1. СНиП 23–01–99. Строительная климатология.– М.: Госстрой России, 2000.
2. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика.– М.: Госстрой России, 1982.
3. СНиП 23–02–2003. Тепловая защита зданий.– М.: Госстрой России, 2004.
4. СП 23–101–2000. Проектирование тепловой защиты здания.– М.: Госстрой России, 2003.
5. СНиП II–3–79*. Строительная теплотехника.– М: Госстрой России, 1998.

Оглавление:

1. Цель и задачи выполнения теплотехнического расчета ограждающих конструкций	3
2. Общие положения	3
3. Последовательность выполнения расчета	4
3.1. Определение исходных данных	4
3.2. Определение требуемого (нормируемого) сопротивления теплопередаче	7
3.3. Выбор конструктивного решения наружных ограждений ..	11
3.4. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче	13
3.5. Проверка санитарно-гигиенического показателя тепловой защиты	15
3.6. Расчет удельного расхода тепловой энергии на отопление здания	17
3.6.1. Общие потери тепла здания Q_h за отопительный период	20
3.6.2. Бытовые теплопоступления в течение отопительного периода Q_{int}	22
3.6.3. Теплопоступления через окна и фонари от солнечной радиации в течение отопительного периода Q_s	23
3.6.4. Сравнение полученного удельного расхода тепловой энергии на отопление здания с нормируемым	24
Приложения	25
Приложение А. Исходные данные	25
Приложение Б. Состав климатического паспорта района строительства	35
Приложение В. Температура точки росы для различных значений температуры и относительной влажности	36
Приложение Г. Пример выполнения изотермы распределения температур	37
Приложение Д. Форма теплоэнергетического паспорта и пример ее заполнения	39
Приложение Е. Тип окна	47
Габариты здания	48
Библиографический список	48

Учебное издание

**Физико-технические основы проектирования.
Тепловая защита зданий**

Методические указания и задания к выполнению
расчетно-графического упражнения № 1 по дисциплине
«Строительная физика» для студентов специальностей
270102 – Промышленное и гражданское строительство
и 270105 – Городское строительство и хозяйство

Составители: Борисов Эдуард Иванович
Тарасенко Виктория Николаевна
Черныш Надежда Дмитриевна

Подписано в печать 29.12.06. Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 2,9 Уч-изд. л. 3,1
Тираж 185 экз. Заказ Цена

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете
им. В.Г. Шухова
308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46