

Программа Развития ООН в РК  
Глобальный Экологический Фонд  
Проект ПРООН/ГЭФ и Правительства РК  
«Энергоэффективное проектирование  
и строительство жилых зданий»



Полноправные люди.  
Устойчивые страны.

# ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Том 1. Тепловая защита жилых зданий

Том 2. Системы вентиляции зданий

Астана – 2015





Полноправные люди.  
Устойчивые страны.

Программа развития ООН (ПРООН) сотрудничает с представителями всех слоев общества, оказывая помощь в государственном строительстве стран, с тем, чтобы они могли противостоять кризису, поощряя и поддерживая рост, ведущий к улучшению качества жизни каждого человека. Работая на местах в 177 странах и территориях, мы предлагаем глобальное видение и локальные решения, содействующие более полноценной жизни людей и повышающие жизнестойкость государств.

Глобальный Экологический Фонд (ГЭФ), объединяющий 182 страны, в партнерстве с международными организациями, гражданским обществом и частным бизнесом предоставляет гранты развивающимся странам и странам с переходной экономикой для совместного решения местных, национальных и глобальных экологических проблем с целью достижения устойчивого развития во всем мире. Созданный в 1991 году, в настоящее время ГЭФ является крупнейшей общественной донорской организацией, деятельность которой направлена на улучшение глобальной экологии и поддержавшей более 2700 проектов.

[www.kz.undp.org](http://www.kz.undp.org)



Глобальный экологический фонд (ГЭФ/GEF) объединяет 182 государства – членов ГЭФ в партнерстве с международными институтами, организациями гражданского общества (CSOs) и частным сектором для решения глобальных эко-логических проблем.

[www.thegef.org](http://www.thegef.org)

**Проект ПРООН/ГЭФ и Правительства РК  
«Энергоэффективное проектирование  
и строительство жилых зданий»**

**Практические рекомендации  
по проектированию энергоэффективных  
жилых зданий**

**Том 1. Тепловая защита жилых зданий**

**Том 2. Система вентиляции зданий**

УДК 620.9  
ББК 31.3  
П 69

**Авторский коллектив:**

**Том 1: Тепловая защита жилых зданий:**

**Умнякова Н.П.** зам. директора НИИСФ РААСН, кандидат технических наук  
**Гагарин В.Г.** зав. Лабораторией НИИСФ РААСН, доктор технических наук, профессор  
**Козлов В.В.** ведущий научный сотрудник НИИСФ РААСН, кандидат технических наук  
**Самарин О.Д.** доцент НИИСФ РААСН, кандидат технических наук  
**Пастушков П.П.** научный сотрудник НИИСФ РААСН

**Том 2: Системы вентиляции зданий:**

**Пилипенко В.М.** Руководитель экспертной группы, доктор технических наук, профессор  
**Данилевский Л.Н.** Доктор физико-математических наук  
**Терехов С.В.** Кандидат технических наук  
**Терехова И.А.** Кандидат технических наук, доцент

**Практические рекомендации подготовлены в рамках проекта ПРООН/ГЭФ и Правительства РК «Энергоэффективное проектирование и строительство жилых зданий»:**

Команда проекта:

**Александр Белый** – координатор проектов ПРООН/ГЭФ и Правительства РК по энергоэффективности  
**Айман Шопаева** – эксперт Проектов ПРООН/ГЭФ по энергоэффективности

П 69

**Практические рекомендации по проектированию энергоэффективных жилых зданий в 2-х томах:** Том 1 – Тепловая защита жилых зданий, Том 2 – Системы вентиляции зданий. - Астана, 2015. – 156 с.

**ISBN 978-601-80397-6-8**

Жилой сектор является третьим крупнейшим потребителем тепло- и электроэнергии после производственного сектора и, соответственно, одним из крупнейших секторов по выбросу парниковых газов. Реализация совместного проекта ПРООН/ГЭФ и Правительства РК предусматривала совершенствование обязательных строительных норм и правил, стандартов строительства и системы оценки энергоэффективности. В ходе реализации этой задачи были подготовлены практические рекомендации по проектированию энергоэффективных жилых зданий, основанные на положениях нового СН 2.04-04-2011 «Тепловая защита зданий». Рекомендации включают разделы по тепловой защите зданий и по системам вентиляции.

Книга предназначена для использования проектировщиками жилых зданий.

УДК 620.9  
ББК 31.3

*Содержание данной публикации не обязательно отражает точку зрения Программы развития ООН или какой-либо иной организации, с которой сотрудничают авторы*

**ISBN 978-601-80397-6-8**

©ПРООН, 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

### Том 1 - Тепловая защита зданий

	ВВЕДЕНИЕ	7
1.	ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ	8
1.1.	Требования к тепловой защите зданий в СН РК	8
1.2.	Методика расчета приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания или выделенной ограждающей конструкции	14
1.3.	Пример расчета приведенного сопротивления теплопередаче фасада жилого здания с использованием расчетов температурных полей	18
1.4.	Упрощенная методика расчета приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания или выделенной ограждающей конструкции	23
1.5.	Пример расчета приведенного сопротивления теплопередаче фасада жилого здания по упрощенной методике	24
1.6.	Методика расчета удельной теплозащитной характеристики здания	25
1.7.	Пример расчета удельной теплозащитной характеристики здания	26
1.8.	Методика оптимизации теплозащитной оболочки здания по окупаемости энергосберегающих мероприятий	29
1.9.	Пример оптимизации теплозащитной оболочки здания по окупаемости энергосберегающих мероприятий	32
1.10.	Методика расчета срока окупаемости мероприятий по утеплению ограждающей конструкции. Пример расчета	37
2.	ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТЬ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ	40
2.1.	Требования к теплоустойчивости ограждающих конструкций в СН РК	40
2.2.	Пример расчета теплоустойчивости ограждающей конструкции	43
3.	ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТЬ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ	45
3.1.	Требования к воздухопроницаемости ограждающих конструкций в СН РК	45
3.2.	Пример проверки воздухопроницаемости ограждающей конструкции	47
4.	ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕУВЛАЖНЕНИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ	48
4.1.	Требования к сопротивлению паропрооницанию ограждающих конструкций в СН РК	48
4.2.	Пример проверки сопротивлению паропрооницанию ограждающей конструкции	52
5.	ТЕПЛОУСВОЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛОВ	59
5.1.	Требования к теплоусвоению поверхности полов в СН РК	59
5.2.	Пример проверки показателя теплоусвоения поверхности пола	61

6.	РАСХОД ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА ОТОПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЮ ЗДАНИЙ	63
6.1.	Требования к удельной характеристике расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий в СН РК	63
6.2.	Методика расчета удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий в СН РК	64
6.3.	Пример расчета удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания и удельного расхода тепловой энергии	70
6.4.	Пример заполнения энергетического паспорта проекта здания	74
7.	ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗДАНИЙ	78
7.1.	Методика теплофизического расчета навесных фасадных систем с вентилируемой воздушной прослойкой	78
7.2.	Теплотехнический расчет ограждающих конструкций теплых чердаков и техподполий	83
7.3.	Расчет приведенного сопротивления теплопередаче светопрозрачных ограждающих конструкций	87
7.4.	Расчет требуемых сопротивлений теплопередаче участков стен и окон, расположенных за остекленными лоджиями и балконами	89
ПРИЛОЖЕНИЯ		90
А	Коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности ограждающей конструкции	90
Б	Сопротивления воздухопроницанию слоев ограждающих конструкций	91
В	Сопротивления паропроницанию листовых материалов и тонких слоев пароизоляции	93
Г	Расчетные теплотехнические показатели строительных материалов и изделий	94
Д	Амплитуда температуры по месяцам	101
Е	Солнечная радиация, поступающая в июле на вертикальные поверхности восточной и западной ориентации при безоблачном небе	103
Ж	Парциальное давление водяного пара наружного воздуха по месяцам	104
	Библиография	106

Требования к тепловой защите зданий и сооружений, а также к потреблению энергии на отопление и вентиляцию являются важным объектом государственного регулирования как в странах СНГ, так и в большинстве других развитых стран мира. Нормы являются расчетными, в том смысле, что соответствующие теплофизические показатели или невозможно, или крайне затруднительно проверить в натурных условиях. Вследствие этого методы расчета данных показателей имеют решающее значение для проектирования современных зданий и обеспечения энергосбережения в них.

## Том 2 - Система вентиляции зданий

Введение	107
1. Общие положения	108
2. Нормативные ссылки	108
3. Рекомендации по улучшению работы систем естественной вентиляции	108
3.1. Конструктивно-планировочные решения жилых зданий	108
3.2. Естественная вентиляция жилых зданий	110
3.3. Требования санитарно-гигиенической и пожарной безопасности	113
3.4. Материалы и оборудование систем естественной вентиляции	114
3.4.1. Каналы и воздуховоды	114
3.4.2. Приточные и вытяжные устройства	114
3.4.3. Вентиляторы	115
4. Рекомендации по применению механической системы вентиляции с утилизацией тепла вентиляционных выбросов и подбору требуемого оборудования	116
4.1. Актуальность перехода в жилых зданиях к механическим приточно-вытяжным системам вентиляции с рекуперацией тепла вентиляционных выбросов	116
4.2. Конструктивные схемы организованного воздухообмена жилых зданий	119
5. Методы повышения эффективности рекуперативных установок в условиях работы системы при низких отрицательных температурах наружного воздуха	126
5.1. Предотвращение замерзания конденсата в рекуперативных теплообменниках	126
5.2. Расчет необходимого количества теплоты для подогрева приточного воздуха до комнатной температуры при различных схемах рекуперации	134
5.2.1. Обычная схема рекуперации тепла воздуха помещений	134
5.2.2. Схема с подмесом удаляемого воздуха	137
5.2.3. Схема с байпасным поступлением приточного воздуха	139

6.	Методика определение расхода теплоты на отопление и вентиляцию помещений жилых зданий	142
	Приложение А.	
	Пример расчета расхода теплоты на отопление и вентиляцию комнаты многоквартирного жилого здания, оборудованного децентрализованными приточно-вытяжными установками с утилизацией тепла удаляемого воздуха	149
	Приложение Б.	
	Пример расчета расхода теплоты на отопление и вентиляцию комнаты многоквартирного жилого здания, оборудованного централизованной приточно-вытяжной установкой с утилизацией тепла удаляемого воздуха	151
	Заключение	153
	Список использованных источников	154

# Том 1. Тепловая защита жилых зданий

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящих рекомендациях представлены методики расчета теплофизических показателей ограждающих конструкций, помещений и зданий, которые нормируются в строительных нормах РК, устанавливающие требования к ограждающим конструкциям в части тепловой защиты зданий, потребления энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период, обеспечения санитарно-гигиенических и оптимальных параметров микроклимата помещений, долговечности ограждающих конструкций зданий.

Настоящие рекомендации в совокупности с нормами РК затрагивают часть общей задачи энергосбережения в зданиях. Одновременно с созданием эффективной тепловой защиты, в соответствии с другими нормативными документами принимаются меры по повышению эффективности инженерного оборудования зданий, снижению потерь энергии при ее выработке и транспортировке, а также по сокращению расхода тепловой и электрической энергии путем автоматического управления и регулирования оборудования и инженерных систем в целом.

Методы расчета настоящего пособия, как и нормы по тепловой защите зданий гармонизированы с аналогичными зарубежными нормами. В пособие включены методы экономической оценки ограждающих конструкций, обеспечивающие оптимальные решения. Строительство зданий может быть выполнено с более высокими показателями тепловой защиты, при условии экономического обоснования по сравнению с минимальными требованиями.

Настоящие рекомендации предусматривают использование показателей энергетической эффективности зданий – удельной теплозащитной характеристики здания и удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий с учетом обеспечения нормативного воздухообмена, теплопоступлений и ориентации зданий, устанавливают их классификацию и правила оценки по показателям энергетической эффективности при проектировании и строительстве.

Рекомендации включают методы расчета, обеспечивающие повышенный уровень теплозащиты здания по сравнению с обеспечиваемыми методами расчета предыдущих норм СН РК и Российского СНиП 23-02-2003, что достигается за счет дополнительного нормирования теплозащиты при помощи комплексного показателя – удельной теплозащитной характеристики здания. Такое нормирование позволяет обеспечивать повышение теплозащиты без существенного увеличения себестоимости строительства и предоставляет более широкие возможности в выборе технических решений и способов соблюдения нормируемых параметров.

Методики расчета настоящего пособия прошли апробацию в ряде регионов Российской Федерации и включены в учебные пособия для вузов.

# 1. ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ

## 1.1. Требования к тепловой защите зданий в СН РК

Требования к тепловой защите зданий сформулированы следующим образом:

**1.1.1.** Теплозащитная оболочка здания должна отвечать следующим требованиям:

а) приведенные сопротивления теплопередаче отдельных ограждающих конструкций должны быть не меньше нормируемых значений (поэлементные 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).

Требования тепловой защиты здания будут выполнены при одновременном выполнении требований а), б) и в).

### **Поэлементные требования**

**1.1.2.** Нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции,  $R_o^{норм}$ , м<sup>2</sup>°С/Вт, следует определять по формуле:

$$R_o^{норм} = R_o^{мп} \cdot m_p, \quad (1.1.1)$$

где  $R_o^{мп}$  – базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>°С/Вт, следует принимать в зависимости от градусо-суток отопительного периода, ГСОП, °С сут/год, региона строительства и определять по табл. 1.1.1;

$m_p$  – коэффициент, учитывающий особенности региона строительства, принимаемый для стен не менее  $m_p = 0,63$ , для светопрозрачных конструкций не менее  $m_p = 0,95$ , для остальных ограждающих конструкций не менее  $m_p = 0,80$ . Повышение значений коэффициента  $m_p$  для конкретного региона должно быть обосновано экономическим расчетом.

Градусо-сутки отопительного периода, ГСОП, °С·сут/год, определяют по формуле:

$$ГСОП = (t_e - t_{om}) \cdot z_{om}, \quad (1.1.2)$$

где  $t_{om}$ ,  $z_{om}$  – средняя температура наружного воздуха, °С, и продолжительность, сут./год, отопительного периода, принимаемые по СНиП 23-01 для периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более 10°С – при проектировании лечебно-профилактических, детских учреждений и домов-интернатов для престарелых, и не более 8°С – в остальных случаях;

$t_e$  – расчетная температура внутреннего воздуха здания, °С, принимаемая для расчета ограждающих конструкций группы зданий по поз. 1 таблицы 1.1.1 по минимальным значениям оптимальной температуры соответствующих зданий по ГОСТ 30494 (в интервале 20-22°С), для группы зданий по поз. 2 таблицы 1.1.1 – согласно классификации помещений и минимальных значений оптимальной температуры по ГОСТ 30494 (в интервале 16-21°С), зданий по поз. 3 таблицы 1.1.1 – по нормам проектирования соответствующих зданий.

Таблица 1.1.1

**Базовые значения требуемого сопротивления  
теплопередаче ограждающих конструкций**

Здания и помещения, коэффициенты $a$ и $b$	Градусо-сутки отопительного периода ГСОП, $^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}/\text{год}$	Нормируемые значения сопротивления теплопередаче $R_o^{mp}$ , $\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$ , ограждающих конструкций				
		стен	покрытий и перекрытий над проездами	перекрытий чердачных, над неотапли- ваемыми подпольями и подвалами	окон и балкон- ных дверей, витрин и витражей	фонарей
1	2	3	4	5	6	7
1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития	2000	2,1	3,2	2,8	0,3	0,3
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45	0,35
	6000	3,5	5,2	4,6	0,6	0,4
	8000	4,2	6,2	5,5	0,7	0,45
	10000	4,9	7,2	6,4	0,75	0,5
	12000	5,6	8,2	7,3	0,8	0,55
$a$	—	0,00035	0,0005	0,00045	—	0,000025
$b$	—	1,4	2,2	1,9	—	0,25
2. 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
3. Производственные с сухими 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

## Примечания

1. Значения  $R_o^{mp}$  для величин ГСОП, отличающихся от табличных, следует определять по формуле

$$R_o^{mp} = a \cdot \text{ГСОП} + b,$$

где ГСОП – градусо-сутки отопительного периода,  $^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}/\text{год}$ , для конкретного пункта;

$a$ ,  $b$  – коэффициенты, значения которых следует принимать по данным таблицы для соответствующих групп зданий, за исключением графы 6, для группы зданий в поз. 1, где для интервала до 6000  $^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}/\text{год}$ :  $a = 0,000075$ ,  $b = 0,15$ ; для интервала 6000-8000  $^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}/\text{год}$ :  $a = 0,00005$ ,  $b = 0,3$ ; для интервала 8000  $^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}/\text{год}$  и более:  $a = 0,000025$ ;  $b = 0,5$ .

2. Нормируемое приведенное сопротивление теплопередаче глухой части балконных дверей должно быть не менее чем в 1,5 раза выше нормируемого сопротивления теплопередаче светопрозрачной части этих конструкций.

3.\* Для зданий с избытками явной теплоты более 23 Вт/м<sup>3</sup> нормируемые значения сопротивления теплопередаче должны определяться в специальных технических условиях, для каждого конкретного здания.

В случаях, когда наружная или внутренняя температура для отдельных помещений отличается от принятых в расчете ГСОП, базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, разделяющих эти помещения, определенные по табл. 1.1.1 умножаются на коэффициент  $n_t$ , который рассчитывается по формуле:

$$n_t = \frac{t_e^* - t_n^*}{t_e - t_n}, \quad (1.1.3)$$

где  $t_e^*$ ,  $t_n^*$  – температура внутреннего и наружного воздуха для данного помещения, °С;  
 $t_e$  – то же, что в формуле (1.1.2);

$t_n$  – расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, °С, принимаемая равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по СНиП РК 2.04-01-2001.

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

$$R_o^{норм} = \frac{(t_e - t_n)}{\Delta t_n \cdot \alpha_e}, \quad (1.1.4)$$

где  $\alpha_e$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·°С), принимаемый по табл. 1.1.2;

$\Delta t_n$  – нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха  $t_n$  и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции –  $\tau_e$ , °С, принимаемый по табл. 1.1.3;

$t_n$  – то же, что в формуле (1.1.3);

$t_e$  – то же, что в формуле (1.1.2).

Нормируемое значение сопротивления теплопередаче входных дверей и ворот  $R_o^{норм}$  должно быть не менее  $0,6 R_o^{норм}$  стен зданий, определяемого по формуле (1.1.4).

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 (1.1.4), принимая за величину  $t_n$  расчетную температуру воздуха в более холодном помещении.

Расчетную температуру воздуха в теплом чердаке, техническом подполье, остекленной лоджии или балконе допускается определять на основе расчета теплового баланса.

Таблица 1.1.2

**Коэффициенты теплоотдачи внутренней поверхности  
ограждающей конструкции**

Внутренняя поверхность ограждения	Коэффициент теплоотдачи $\alpha_e$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°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
Примечание – Коэффициент теплоотдачи $\alpha_e$ внутренней поверхности ограждающих конструкций животноводческих и птицеводческих зданий следует принимать в соответствии с СНиП 2.10.03.	

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

Здания и помещения	Нормируемый температурный перепад $\Delta t^*$ , °С, для			
	наружных стен	покрытий и чердачных перекрытий	перекрытий над проездами, подвалами и подпольями	зенитных фонарей
1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	4,0	3,0	2,0	$t_e - t_p$
2. Общественные, кроме указанных в поз. 1, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	4,5	4,0	2,5	$t_e - t_p$
3. Производственные с сухим и нормальными режимами	$t_e - t_p$ , но не более 7	$0,8(t_e - t_p)$ , но не более 6	2,5	$t_e - t_p$
4. Производственные и другие помещения с влажным или мокрым режимом	$t_e - t_p$	$0,8(t_e - t_p)$	2,5	не норм.
5. Производственные здания со значительными избытками явной теплоты (более 23 Вт/м <sup>3</sup> ) и расчетной относительной влажностью внутреннего воздуха не более 50%	12	12	2,5	$t_e - t_p$
<p>Обозначения: <math>t_e</math> — то же, что в формуле (1.1.2);  <math>t_p</math> — температура точки росы, °С, при расчетной температуре <math>t_e</math> и относительной влажности внутреннего воздуха, принимаемым согласно СанПиН 2.1.2.1002, ГОСТ 12.1.005 и СанПиН 2.2.4.548, СНиП 41-01 и нормам проектирования соответствующих зданий.</p> <p>Примечание – Для зданий картофеле- и овощехранилищ нормируемый температурный перепад <math>\Delta t^*</math> для наружных стен, покрытий и чердачных перекрытий следует принимать по СНиП 2.11.02.</p>				

**1.1.3.** Для помещений зданий с влажным или мокрым режимом, а также для производственных зданий со значительными избытками теплоты и расчетной относительной влажностью внутреннего воздуха не более 50% нормируемое значение сопротивления теплопередаче определяется по формуле (1.1.4).

**1.1.4.** Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания (или любой выделенной ограждающей конструкции),  $R_o^{np}$ , м<sup>2</sup>·°С/Вт, рассчитывается в соответствии с п. 1.2, с использованием результатов расчетов температурных полей.

При расчете приведенного сопротивления теплопередаче, коэффициенты теплоотдачи внутренних поверхностей ограждающих конструкций следует принимать в соответствии с таблицей 1.1.2, а коэффициенты теплоотдачи наружных поверхностей – в соответствии с таблицей 1.1.4.

Приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен следует рассчитывать для всех фасадов с учетом откосов проемов, без учета их заполнений.

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, контактирующих с грунтом, следует определять по методике п. 1.2.7.

Приведенное сопротивление теплопередаче светопрозрачных конструкций (окон, витражей балконных дверей, фонарей) принимается по результатам испытаний в аккредитованной лаборатории; при отсутствии таких данных оно оценивается по методике п. 7.3.

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций с вентилируемыми воздушными прослойками следует рассчитывать в соответствии с п. 7.1.

Таблица 1.1.4

**Коэффициенты теплоотдачи наружной поверхности  
ограждающей конструкции**

Наружная поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи для зимних условий, $\alpha_n$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)
1. Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительноклиматической зоне.	23
2. Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом, перекрытий над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительноклиматической 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

**Комплексное требование**

**1.1.5.** Нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики здания,  $k_{об}^{mp}$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°С), следует принимать в зависимости от отапливаемого объема здания и градусо-суток отопительного периода района строительства по табл. 1.1.5 с учетом примечаний.

Таблица 1.1.5

**Нормируемые значения удельной теплозащитной характеристики здания**

Отапливаемый объем здания, $V_{от}$ , м <sup>3</sup>	Значения $k_{об}^{mp}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°С), при значениях ГСОП, °С сут/год				
	1000	3000	5000	8000	12000
300	0,957	0,708	0,562	0,429	0,326
600	0,759	0,562	0,446	0,341	0,259
1200	0,606	0,449	0,356	0,272	0,207
2500	0,486	0,360	0,286	0,218	0,166
6000	0,391	0,289	0,229	0,175	0,133
15000	0,327	0,242	0,192	0,146	0,111
50000	0,277	0,205	0,162	0,124	0,094
200000	0,269	0,182	0,145	0,111	0,084

#### Примечания

1. Для промежуточных величин объема зданий и ГСОП, а также для величин отапливаемого объема здания, превышающих 200000 м<sup>3</sup>, значение  $k_{об}^{mp}$  рассчитывается по формулам:

$$k_{об}^{mp} = \begin{cases} \frac{4,74}{0,00013 \cdot ГСОП + 0,61} \cdot \frac{1}{\sqrt[3]{V_{ом}}} & V_{ом} \leq 960 \\ 0,16 + \frac{10}{\sqrt{V_{ом}}} & V_{ом} > 960 \end{cases} \quad (1.1.5)$$

$$k_{об}^{mp} = \frac{8,5}{\sqrt{ГСОП}} \quad (1.1.6)$$

2. При достижении величиной  $k_{об}^{mp}$ , вычисленной по (1.1.5), значений меньших, чем определенных по формуле (1.1.6), следует принимать значения  $k_{об}^{mp}$ , определённые по формуле (1.1.6).

**1.1.6.** Удельная теплозащитная характеристика здания,  $k_{об}$ , Вт/(м<sup>3</sup>°С), рассчитывается по п. 1.7.3.

#### **Санитарно-гигиеническое требование**

**1.1.7.** Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции (за исключением вертикальных светопрозрачных конструкций) в зоне теплопроводных включений, в углах и оконных откосах, а также зенитных фонарей должна быть не ниже точки росы внутреннего воздуха при расчетной температуре наружного воздуха –  $t_n$ , °С, принимаемой в соответствии с пояснениями к формуле 1.1.4.

Минимальная температура внутренней поверхности остекления вертикальных светопрозрачных конструкций зданий (кроме производственных) должна быть не ниже плюс 3°С, для производственных зданий – не ниже 0°С, а непрозрачных элементов окон – не ниже температуры точки росы внутреннего воздуха помещения, при расчетной температуре наружного воздуха –  $t_n$ , °С, принимаемой в соответствии с пояснениями к формуле 1.1.4.

Светопрозрачную конструкцию следует считать вертикальной, если ее угол наклона к горизонту 45° и более.

Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции проверяется по результатам расчета температурных полей всех зон с теплотехнической неоднородностью или по результатам испытаний в климатической камере в аккредитованной лаборатории.

Расчетную температуру наружного воздуха в холодный период года следует принимать равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92.

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 помещений общественных зданий (кроме вышеуказанных) – 50%.

## 1.2. Методика расчета приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания или выделенной ограждающей конструкции

Расчет основан на представлении фрагмента теплозащитной оболочки здания в виде набора независимых элементов, каждый из которых влияет на тепловые потери через фрагмент. Удельные потери теплоты, обусловленные каждым элементом, находятся на основе сравнения потока теплоты через узел, содержащий элемент, и через тот же узел, но без исследуемого элемента.

**1.2.1.** Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания,  $R_o^{np}$ , м<sup>2</sup>°C/Вт, следует определять по формуле:

$$R_o^{np} = \frac{I}{\frac{I}{R_o^{усл}} + \sum l_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k} = \frac{I}{\sum a_i U_i + \sum l_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k}, \quad (1.2.1)$$

где  $R_o^{усл}$  – осредненное по площади условное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания либо выделенной ограждающей конструкции, м<sup>2</sup> °C/Вт;

$l_j$  – протяженность линейной неоднородности  $j$ -го вида, приходящаяся на 1 м<sup>2</sup> фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции, м/м<sup>2</sup>;

$\Psi_j$  – удельные потери теплоты через линейную неоднородность  $j$ -ого вида, Вт/(м<sup>2</sup>°C);

$n_k$  – количество точечных неоднородностей  $k$ -го вида, приходящихся на 1 м<sup>2</sup> фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции, шт/м<sup>2</sup>;

$\chi_k$  – удельные потери теплоты через точечную неоднородность  $k$ -го вида, Вт/°C;

$a_i$  – площадь плоского элемента конструкции  $i$ -го вида, приходящаяся на 1 м<sup>2</sup> фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>;

$$a_i = \frac{A_i}{\sum A_i}, \quad (1.2.2)$$

где  $A_i$  – площадь  $i$ -той части фрагмента, м<sup>2</sup>;

$U_i$  – коэффициент теплопередачи однородной  $i$ -той части фрагмента теплозащитной оболочки здания (удельные потери теплоты через плоский элемент  $i$ -го вида), Вт/(м<sup>2</sup>°C).

$$U_i = \frac{I}{R_{o,i}^{усл}} \quad (1.2.3)$$

**1.2.2.** Коэффициент теплотехнической однородности,  $r$ , вспомогательная величина, характеризующая эффективность утепления рассматриваемого фрагмента теплозащитной оболочки здания, определяется по формуле:

$$r = \frac{R_o^{np}}{R_o^{усл}} \quad (1.2.4)$$

Величина  $R_o^{усл}$  определяется осреднением по площади значений условных сопротивлений теплопередаче всех частей фрагмента теплозащитной оболочки здания:

$$R_o^{усл} = \frac{\sum A_i}{\sum \frac{A_i}{R_{o,i}^{усл}}} = \frac{I}{\sum a_i U_i}, \quad (1.2.5)$$

где  $R_{o,i}^{ysel}$  – условное сопротивление теплопередаче однородной части фрагмента теплозащитной оболочки здания  $i$ -го вида,  $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ , которое определяется либо экспериментально либо расчетом по формуле:

$$R_{o,i}^{ysel} = \frac{1}{\alpha_g} + \sum_s R_s + \frac{1}{\alpha_n}, \quad (1.2.6)$$

где  $\alpha_g$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ , принимаемый согласно таблице 1.1.2;

$\alpha_n$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ , принимаемый согласно таблице 1.1.4;

$R_s$  – термическое сопротивление слоя однородной части фрагмента,  $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ , определяемое для неветилируемых воздушных прослоек по таблице 1.2.1, для материальных слоев по формуле:

$$R_s = \frac{\delta_s}{\lambda_s}, \quad (1.2.7)$$

где  $\delta_s$  – толщина слоя, м;

$\lambda_s$  – теплопроводность материала слоя,  $\text{Вт}/(\text{м } ^\circ\text{C})$ , принимаемая по результатам испытаний в аккредитованной лаборатории; при отсутствии таких данных она оценивается по приложению Г.

**1.2.3.** Удельные потери теплоты через линейную теплотехническую неоднородность определяются по результатам расчета двумерного температурного поля узла конструкций при температуре внутреннего воздуха  $t_g$  и температуре наружного воздуха  $t_n$ .

$$\Psi_j = \frac{\Delta Q_j^L}{t_g - t_n}, \quad (1.2.8)$$

где  $t_g$  – расчетная температура внутреннего воздуха,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_n$  – расчетная температура наружного воздуха,  $^\circ\text{C}$ ;

$\Delta Q_j^L$  – дополнительные потери теплоты через линейную теплотехническую неоднородность  $j$ -го вида, приходящиеся на 1 п.м,  $\text{Вт}/\text{м}$ , определяемые по формуле:

$$\Delta Q_j^L = Q_j^L - Q_{j,1} - Q_{j,2}, \quad (1.2.9)$$

где  $Q_j^L$  – потери теплоты через расчетную область с линейной теплотехнической неоднородностью  $j$ -го вида, приходящиеся на 1 п.м стыка, являющиеся результатом расчета температурного поля,  $\text{Вт}/\text{м}$ ;

$Q_{j,1}$ ,  $Q_{j,2}$  – потери теплоты через участки однородных частей фрагмента, вошедшие в расчетную область при расчете температурного поля области с линейной теплотехнической неоднородностью  $j$ -го вида,  $\text{Вт}/\text{м}$ , определяемые по формулам:

$$Q_{j,1} = \frac{t_g - t_n}{R_{o,j,1} \cdot l_M} \cdot S_{j,1} \quad Q_{j,2} = \frac{t_g - t_n}{R_{o,j,2} \cdot l_M} \cdot S_{j,2} \quad (1.2.10)$$

где  $S_{j,1}$ ,  $S_{j,2}$  – площади однородных частей конструкции, вошедшие в расчетную область при расчете температурного поля,  $\text{м}^2$ . При этом величина  $S_{j,1} + S_{j,2}$  равна площади расчетной области при расчете температурного поля;

$\Psi_j$  – удельные линейные потери теплоты через линейную теплотехническую неоднородность  $j$ -го вида,  $\text{Вт}/(\text{м } ^\circ\text{C})$ .

**1.2.4.** Удельные потери теплоты через точечную теплотехническую неоднородность  $k$ -го вида определяются по результатам расчета трехмерного температурного поля участка конструкции, содержащего точечную теплотехническую неоднородность, по формуле:

$$\chi_k = \frac{\Delta Q_k^K}{t_e - t_n}, \quad (1.2.11)$$

где  $\Delta Q_k^K$  – дополнительные потери теплоты через точечную теплотехническую неоднородность  $k$ -го вида, Вт, определяемые по формуле:

$$\Delta Q_k^K = Q_k - \tilde{Q}_k, \quad (1.2.12)$$

где  $Q_k$  – потери теплоты через узел, содержащий точечную теплотехническую неоднородность  $k$ -го вида, являющиеся результатом расчета температурного поля, Вт;

$\tilde{Q}_k$  – потери теплоты через тот же узел, не содержащий точечную теплотехническую неоднородность  $k$ -го вида, являющиеся результатом расчета температурного поля, Вт.

**1.2.5.** Результатом расчета температурного поля узла конструкции является распределение температур в сечении узла, в том числе по внутренней и наружной поверхностям.

Поток теплоты через внутреннюю поверхность узла определяется по формуле:

$$Q_e = \alpha_e \cdot S_e \cdot (t_e - \tau_e^{cp}) \quad (1.2.13)$$

Поток теплоты через наружную поверхность узла определяется по формуле:

$$Q_n = \alpha_n \cdot S_n \cdot (t_n - \tau_n^{cp}), \quad (1.2.14)$$

где  $t_e, t_n$  – расчетные температуры внутреннего и наружного воздуха соответственно, °С;

$\tau_e^{cp}, \tau_n^{cp}$  – осредненные по площади температуры внутренней и наружной поверхностей узла ограждающей конструкции соответственно, °С;

$\alpha_e, \alpha_n$  – коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхностей узла конструкции соответственно, Вт/(м<sup>2</sup>°С);

$S_e, S_n$  – площади внутренней и наружной поверхностей узла ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>.

**Таблица 1.2.1**

Толщина воздушной прослойки, м	Термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, м <sup>2</sup> · °С/Вт			
	горизонтальной при потоке тепла снизу вверх и вертикальной		горизонтальной при потоке тепла 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

П р и м е ч а н и е – При оклейке одной или обеих поверхностей воздушной прослойки алюминиевой фольгой термическое сопротивление следует увеличивать в 2 раза.

**1.2.6.** Описание расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции должен содержать следующие части:

1. Четкое наименование конструкции и указание места, занимаемого ею в оболочке здания.

2. Перечисление всех элементов, составляющих конструкцию.

Для каждого из перечисленных элементов представить:

3. Удельную геометрическую характеристику элемента ( $s$ ,  $l$  или  $n$ ).

4. Схему или чертеж, позволяющие понять состав и устройство элемента.

5. Температурное поле узла, содержащего элемент.

6. Принятые в расчете температурного поля температуры наружного и внутреннего воздуха, а также геометрические размеры узла конструкции, включенного в расчетную область.

7. Минимальную температуру на внутренней поверхности конструкции и поток теплоты через узел полученные в результате расчетов.

8. Удельные потери теплоты через элемент.

(Вместо пунктов 5-7 можно использовать ранее посчитанные удельные потери теплоты через элемент с указанием ссылки на официальный, общедоступный документ, содержащий их расчет).

9. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче по формуле (1.2.1).

10. Таблицу с геометрическими и теплозащитными характеристиками элементов, а также промежуточными данными расчетов. Форма приведена в таблице 1.2.2.

**Таблица 1.2.2**

Элемент конструкции	*	Удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом	Доля от общего потока теплоты через фрагмент, %
Название элемента	плоский	$a_1 = \text{ м}^2/\text{м}^2$	$U_1 = \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$	$U_1 a_1 = \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$	
...		...	...	...	...
Название элемента		$a_i = \text{ м}^2/\text{м}^2$	$U_i = \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$	$U_i a_i = \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$	
Название элемента	линейный	$l_1 = \text{ м}/\text{м}^2$	$\Psi_1 = \text{ Вт}/(\text{м} \text{ } ^\circ\text{C})$	$\Psi_1 l_1 = \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$	
...		...	...	...	...
Название элемента		$l_j = \text{ м}/\text{м}^2$	$\Psi_j = \text{ Вт}/(\text{м} \text{ } ^\circ\text{C})$	$\Psi_j l_j = \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$	
Название элемента	точечный	$n_1 = \text{ 1}/\text{м}^2$	$\chi_1 = \text{ Вт}/^\circ\text{C}$	$\chi_1 n_1 = \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$	
...		...	...	...	...
Название элемента		$n_k = \text{ 1}/\text{м}^2$	$\chi_k = \text{ Вт}/^\circ\text{C}$	$\chi_k n_k = \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$	
Итого				$1/R_o^{np} = \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$	100 %

Столбец \* может не приводиться.

**1.2.7.** Приведенное сопротивление теплопередаче полов,  $R_{o,пол}$ ,  $\text{ м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ , определяется в следующей последовательности:

Для неутепленных полов на грунте и стен, расположенных ниже уровня земли, с коэффициентом теплопроводности  $\lambda \geq 1,2 \text{ Вт}/(\text{м} \times ^\circ\text{C})$  по зонам шириной 2 м, параллельным наружным стенам, принимая  $R_n$ ,  $\text{ м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ , равным:

2,1 – для I зоны;

4,3 – « II » ;

8,6 – « III » ;

14,2 – « IV » ; (для оставшейся площади пола);

Для утепленных полов на грунте и стен, расположенных ниже уровня земли, с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_n < 1,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{°C})$  утепляющего слоя толщиной  $\delta$ , м, принимая  $R_{o,пол}$ ,  $\text{м}^2 \times \text{°C}/\text{Вт}$  по формуле:

$$R_{o,пол} = R_n + \delta / \lambda_n \quad (1.2.15)$$

Для полов на лагах, принимая  $R_{o,пол}$ ,  $\text{м}^2 \times \text{°C}/\text{Вт}$ , по формуле:

$$R_{o,пол} = 1,18(R_n + \delta / \lambda_n) \quad (1.2.16)$$

### 1.3. Пример расчета приведенного сопротивления теплопередаче фасада жилого здания с использованием расчетов температурных полей

#### 1.3.1. Описание фрагмента теплозащитной оболочки здания, выбранного для расчета.

В качестве фрагмента теплозащитной оболочки здания выбрана стена (без заполнений светопроемов) с теплоизоляционной фасадной системой с тонким штукатурным слоем. Фасадная система монтируется на стену здания, выполненного с каркасом из монолитного железобетона. Наружные стены выполняются из кирпичной кладки из полнотелого кирпича толщиной 250 мм (в один кирпич). Толщина теплоизоляционного слоя фасада из каменной ваты составляет 150 мм. Высота этажа от пола до пола 3300 мм. Толщина железобетонного перекрытия 200 мм. Под перекрытием проходит железобетонный ригель высотой 400 мм. Вертикальный разрез стены с фасадом и с оконными проемами схематично представлен на рисунке 1.3.1. Состав стены (изнутри наружу) представлен в таблице 1.3.1:

Таблица 1.3.1

Материал слоя	Толщина слоя, $\delta$ , мм	Теплопроводность материала слоя, $\lambda$ , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \times \text{°C})$
Внутренняя штукатурка	20	0,93
Кладка из полнотелого кирпича или монолитный железобетон	250 250	0,81 2,04
Минераловатные плиты	150	0,045
Наружная штукатурка	6	-

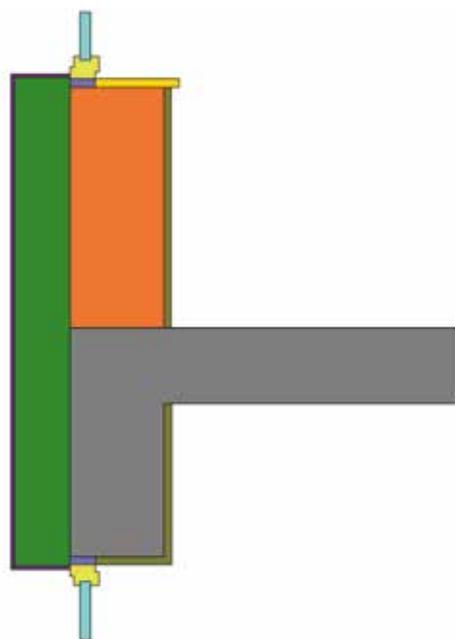


Рисунок 1.3.1 – Схематическое изображение вертикального разреза стены с теплоизоляционным фасадом в зоне расположения светопроемов с оконными блоками

**1.3.2.** Перечисление элементов, составляющих фрагмент теплозащитной оболочки здания:

железобетонный ригель с участком перекрытия, утепленный слоем минераловатной плиты, закрытой тонким слоем штукатурки – плоский элемент 1;

кирпичная кладка, утепленная слоем минераловатной плиты, закрытой тонким слоем штукатурки – плоский элемент 2;

оконный откос, образованный железобетонным ригелем, утепленным слоем минераловатной плиты, закрытой тонким слоем штукатурки – линейный элемент 1;

оконный откос, образованный кирпичной кладкой, утепленной слоем минераловатной плиты, закрытой тонким слоем штукатурки – линейный элемент 2;

дюбель со стальным сердечником, прикрепляющий слой минераловатной плиты к железобетонному ригелю – точечный элемент 1;

дюбель со стальным сердечником, прикрепляющий слой минераловатной плиты к кирпичной кладке – точечный элемент 2.

Таким образом, в рассматриваемом фрагменте ограждающей конструкции два вида плоских, два вида линейных и два вида точечных элементов.

**1.3.3.** Геометрические характеристики проекций элементов.

Весь фасад здания, включая светопроемы, имеет общую площадь 2740 м<sup>2</sup>. Фасад содержит следующие светопроемы: 2400x2000 мм – 80 шт, 1200x2000 мм – 80 шт, 1200x1200 мм – 24 шт. Суммарная площадь светопроемов 611 м<sup>2</sup>.

Площадь поверхности фрагмента ограждающей конструкции для расчета  $R_o^{np}$  составляет:  $A = 2740 - 611 = 2129$  м<sup>2</sup>;

• суммарная протяженность торцов перекрытий, а также ригелей на фасаде составляет 822 м. Таким образом, площадь стены с основанием из монолитного железобетона (т.е. площадь проекции на поверхность фрагмента) составляет:  $A_1 = 822 \cdot (0,2 + 0,4) = 493$  м<sup>2</sup>. Доля этой площади от общей площади фрагмента ограждающей конструкции равна:

$$a_1 = \frac{493}{2129} = 0,232;$$

• площадь стены с основанием из кирпичной кладки:  $A_2 = 2129 - 493 = 1636$  м<sup>2</sup>. Доля этой

площади от общей площади фрагмента ограждающей конструкции равна:  $a_2 = \frac{1636}{2129} = 0,768$ ;

• общая длина проекции оконного откоса, образованного железобетонным ригелем, утепленным слоем минераловатной плиты, определяется по экспликации оконных проемов и равна:  $L_1 = 2,4 \cdot 80 + 1,2 \cdot 80 + 1,2 \cdot 24 = 317$  м. Длина проекции этих откосов, приходящаяся

на 1 м<sup>2</sup> площади фрагмента равна  $l_1 = \frac{317}{2129} = 0,149$  м<sup>-1</sup>;

• общая длина проекции оконного откоса, образованного кирпичной кладкой, утепленной слоем минераловатной плиты, определяется по экспликации оконных проемов и равна:  $L_2 = (2,4 + 2 \cdot 2,0) \cdot 80 + (1,2 + 2 \cdot 2,0) \cdot 80 + (1,2 + 2 \cdot 1,2) \cdot 24 = 1014$  м. Длина проекции этих

откосов, приходящаяся на 1 м<sup>2</sup> площади фрагмента, равна:  $l_2 = \frac{1014}{2129} = 0,476$  м<sup>-1</sup>;

• общее количество тарельчатых дюбелей на железобетонном ригеле и торце перекрытия равно 3944 шт. Количество таких дюбелей, приходящихся на 1 м<sup>2</sup> фрагмента, равно:

$$n_1 = \frac{3944}{2129} = 1,85 \text{ м}^{-2};$$

общее количество тарельчатых дюбелей на кирпичной кладке равно 13 088 шт. Количество

таких дюбелей, приходящихся на 1 м<sup>2</sup> фрагмента, равно:  $n_1 = \frac{13088}{2129} = 6,15 \text{ м}^{-2}$ .

#### 1.3.4. Расчет удельных потерь теплоты, обусловленных элементами.

Все температурные поля рассчитываются для температуры наружного воздуха минус 28°C и температуры внутреннего воздуха 20°C.

Для плоского элемента 1 удельные потери теплоты определяются по формулам (1.2.6), (1.2.3):

$$R_{o,1}^{уч} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,25}{2,04} + \frac{0,15}{0,045} + \frac{1}{23} = 3,64 \text{ (м}^2 \times \text{°C)/Вт,}$$

$$U_1 = \frac{1}{R_{o,1}^{уч}} = \frac{1}{3,64} = 0,275 \text{ Вт/(м}^2 \times \text{°C)}$$

Для плоского элемента 2 удельные потери теплоты определяются аналогично:

$$R_{o,2}^{уч} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,25}{0,81} + \frac{0,15}{0,045} + \frac{1}{23} = 3,82 \text{ (м}^2 \times \text{°C)/Вт,}$$

$$U_2 = \frac{1}{R_{o,2}^{уч}} = \frac{1}{3,82} = 0,262 \text{ Вт/(м}^2 \times \text{°C)}$$

Для линейного элемента 1 рассчитывается температурное поле узла конструкции, содержащего элемент. Определяется величина  $Q_1^L$ , Вт/м, – потери теплоты через участок фрагмента с данным линейным элементом, приходящиеся на 1 п.м.

Двумерное температурное поле представлено на рисунке 1.3.2.

Расчетный участок имеет размеры 426x800 мм. Площадь стены, вошедшей в расчетный участок,  $S_{1,1} = 0,532 \text{ м}^2$ .

Потери теплоты через стену с оконным откосом, вошедшую в участок, по результатам расчета температурного поля равны  $Q_1^L = 12,0 \text{ Вт/м}$ .

Потери теплоты через участок однородной стены той же площади определяются по формуле (1.2.10):

$$Q_{1,1} = \frac{20 - (-28)}{3,64} \cdot 0,532 = 7,0 \text{ Вт/м.}$$

Дополнительные потери теплоты через линейный элемент 1 составляют:

$$\Delta Q_1^L = 12,0 - 7,0 = 5,0 \text{ Вт/м.}$$

Удельные линейные потери теплоты через линейный элемент 1 определяются по формуле (1.2.8):

$$\Psi_1 = \frac{5}{20 - (-28)} = 0,104 \text{ Вт/(м} \times \text{°C)}.$$

Расчеты удельных характеристик других элементов проводятся аналогично и сведены в таблицу 1.3.2.

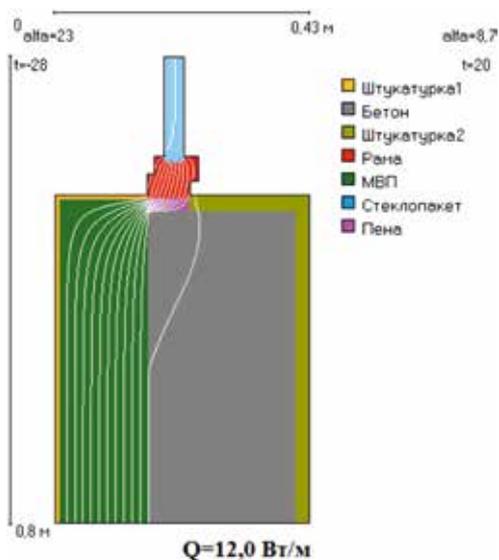


Рисунок 1.3.2 – Температурное поле узла конструкции, содержащего линейный элемент 1

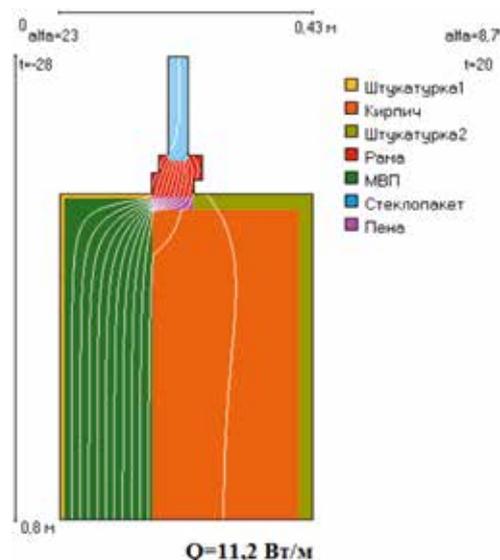


Рисунок 1.3.3 – Температурное поле узла конструкции, содержащего линейный элемент 2

Таблица 1.3.2

Элемент фрагмента	Потери теплоты через участок однородной стены	Потери теплоты через неоднородный участок	Удельные потери теплоты	Удельный геометрический показатель
Линейный элемент 1 (рисунок 1.3.2)	$Q_{1,1} = 7,0$ Вт/м	$Q_1^L = 12,0$ Вт/(м <sup>2</sup> °С)	$\Psi_1 = 0,104$ Вт/(м°С)	$l_1 = 0,149$ м/м <sup>2</sup>
Линейный элемент 2 (рисунок 1.3.3)	$Q_{2,1} = 6,7$ Вт/м	$Q_2^L = 11,2$ Вт/м	$\Psi_2 = 0,094$ Вт/(м°С)	$l_2 = 0,476$ м/м <sup>2</sup>
Точечный элемент 1 (рисунок 1.3.4)	$\tilde{Q}_1 = 1,65$ Вт	$Q_1 = 1,9$ Вт	$\chi_1 = 0,0052$ Вт/°С	$n_1 = 1,85$ м/м <sup>2</sup>
Точечный элемент 2 (рисунок 1.3.5)	$\tilde{Q}_1 = 1,57$ Вт	$Q_1 = 1,8$ Вт	$\chi_2 = 0,0048$ Вт/°С	$n_2 = 6,15$ м/м <sup>2</sup>

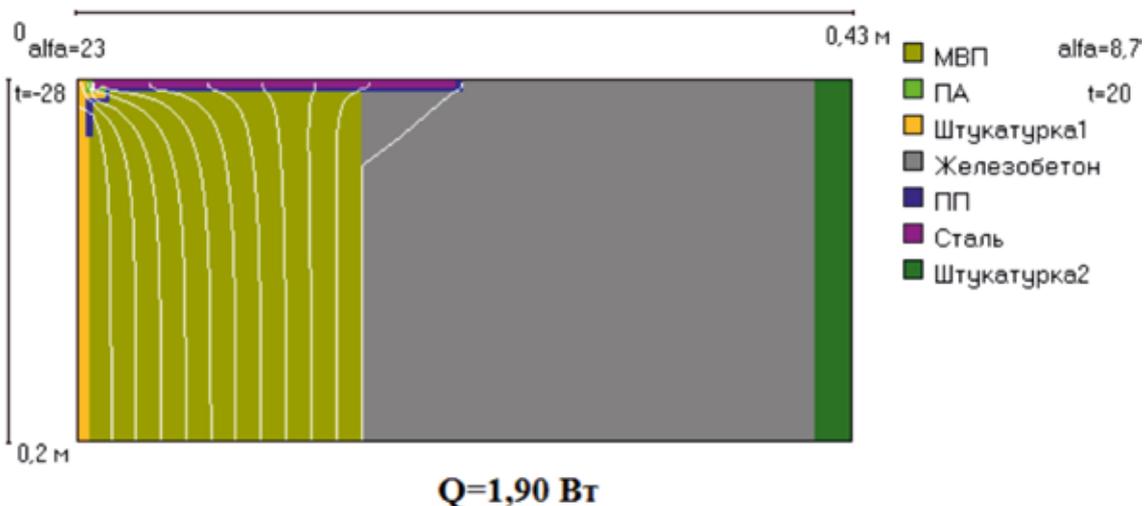


Рисунок 1.3.4 – Температурное поле узла конструкции, содержащего точечный элемент 1

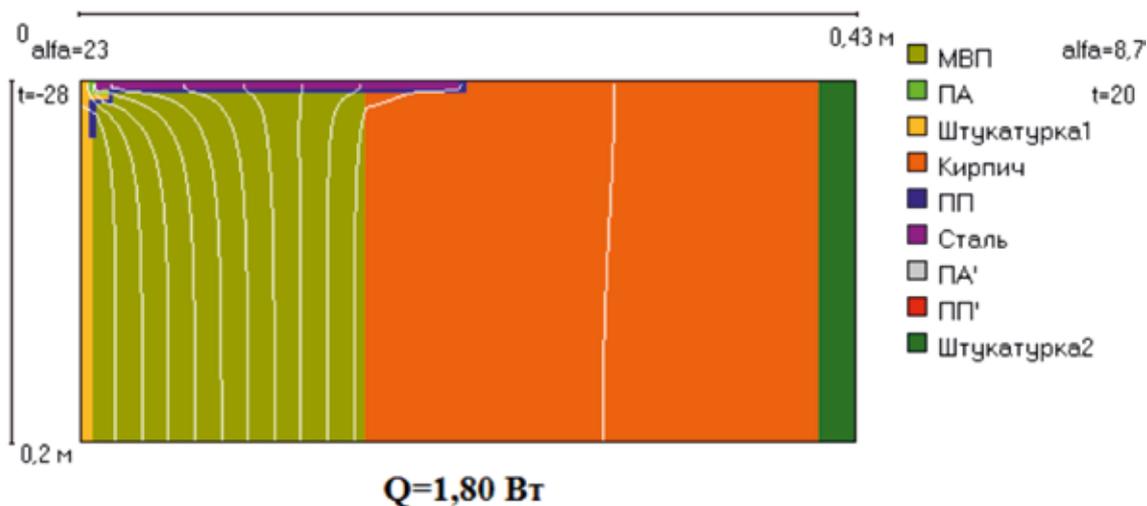


Рисунок 1.3.5 – Температурное поле узла конструкции, содержащего точечный элемент 2

Таким образом, определены все удельные потери теплоты, обусловленные всеми элементами в рассматриваемом фрагменте ограждающей конструкции.

**1.3.5.** Расчет приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания.

Данные расчетов сведены в таблицу 1.3.3.

Таблица 1.3.3

Элемент конструкции	Удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом	Доля общего потока теплоты через фрагмент, %
1	2	3	4	5
Плоский элемент 1	$a_1 = 0,232 \text{ м}^2/\text{м}^2$	$U_1 = 0,275 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	$U_1 a_1 = 0,0638 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	17,5
Плоский элемент 2	$a_2 = 0,768 \text{ м}^2/\text{м}^2$	$U_2 = 0,262 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	$U_2 a_2 = 0,201 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	55,2
Линейный элемент 1	$l_1 = 0,149 \text{ м}/\text{м}^2$	$\Psi_1 = 0,104 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$	$\Psi_1 l_1 = 0,0155 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	4,26
Линейный элемент 2	$l_2 = 0,476 \text{ м}/\text{м}^2$	$\Psi_2 = 0,094 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$	$\Psi_2 l_2 = 0,0447 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	12,3
Точечный элемент 1	$n_1 = 1,85 \text{ 1}/\text{м}^2$	$\chi_1 = 0,0052 \text{ Вт}/\text{°C}$	$\chi_1 n_1 = 0,00962 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	2,64
Точечный элемент 2	$n_2 = 6,15 \text{ 1}/\text{м}^2$	$\chi_2 = 0,0048 \text{ Вт}/\text{°C}$	$\chi_2 n_2 = 0,0295 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	8,10
Итого			$1/R^{np} = 0,364 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	100

Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания рассчитывается по формуле (1.2.1).

$$R_o^{np} = \frac{1}{0,0638 + 0,201 + 0,0155 + 0,0447 + 0,00962 + 0,0295} = \frac{1}{0,364} = 2,75 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$$

Коэффициент теплотехнической однородности фрагмента теплозащитной оболочки здания, определенный по формуле (1.2.4), равен:

$$r = \frac{0,201 + 0,0638}{0,364} = 0,73$$

#### 1.4. Упрощенная методика расчета приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания или выделенной ограждающей конструкции

Упрощенная методика расчета приведенного сопротивления теплопередаче заключается в том, что расчет производится по той же формуле (1.2.1), в которую подставляются геометрические характеристики  $a_p, l_p, n_p$ , определяемые в соответствии с их описанием в п.1.2.1, и удельные потери теплоты через плоские элементы,  $U_p$ , а также линейные,  $\psi_j$  и точечные,  $\chi_k$ , неоднородности. Причем, значения  $U_i$  определяются по формулам (1.2.3) и (1.2.6), а  $\chi_j$  и  $\chi_k$  принимаются приближенно по таблице 1.4.1.

Таблица 1.4.1

#### Приближенные значения удельных потерь теплоты через линейные и точечные неоднородности

Теплотехническая неоднородность (элементы конструкции)	Уточнение сведений о теплотехнической неоднородности	Удельные потери теплоты
Кронштейны вентилируемого фасада	- Из коррозионностойкой стали площадь сечения < 250 мм <sup>2</sup>	$\chi = 0,02$ Вт/°С
	- Из коррозионностойкой стали площадь сечения $\geq 250$ мм <sup>2</sup> - Из стали площадь сечения < 250 мм <sup>2</sup>	$\chi = 0,04$ Вт/°С
	- Из стали площадь сечения $\geq 250$ мм <sup>2</sup> , но < 600 мм <sup>2</sup> - Из алюминия площадь сечения < 250 мм <sup>2</sup>	$\chi = 0,06$ Вт/°С
	- Из стали площадь сечения $\geq 600$ мм <sup>2</sup> - Из алюминия площадь сечения $\geq 250$ мм <sup>2</sup> , но < 600 мм <sup>2</sup>	$\chi = 0,09$ Вт/°С
Дюбели со стальным сердечником	Диаметром < 8 мм	$\chi = 0,006$ Вт/°С
Оконные откосы	Вентилируемый и штукатурный фасады утеплитель смонтирован внахлест на раму	$\Psi = 0,1$ Вт/(м°С)
	Вентилируемый и штукатурный фасады утеплитель смонтирован вровень с основанием	$\Psi = 0,18$ Вт/(м°С)
	Вентилируемый и штукатурный фасады утеплитель не закрывает полностью основание	$\Psi = 0,4$ Вт/(м°С)
	Однослойная стена – кладка из штучных материалов, установка оконного блока в четверть	$\Psi = 0,11$ Вт/(м°С)
	Трехслойная панель, установка оконного блока в утеплитель	$\Psi = 0,08$ Вт/(м°С)

Стык многослойной стены с плитой перекрытия или балконом (для стен с облицовкой из кирпичной кладки)	Перекрытие перфорированное	$\Psi=0,3 \text{ Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{C})$
	Перекрытие не перфорированное	$\Psi=0,8 \text{ Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{C})$
Стыки трехслойных железобетонных панелей	Отсутствие разрыва утеплителя панелей в местах их сопряжения (отсутствие теплопроводных включений)	$\Psi=0,15 \text{ Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{C})$
	Утеплитель разорван в местах сопряжения панелей (в местах сопряжения панелей имеются теплопроводные включения)	$\Psi=0,3 \text{ Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{C})$
Гибкие связи в трехслойных ж/б панелях (на каждую единицу арматуры)	Связи из коррозионностойкой стали	$\chi =0,015 \text{ Вт}/^{\circ}\text{C}$
	Связи из стали диаметром $< 10 \text{ мм}$	$\chi =0,025 \text{ Вт}/^{\circ}\text{C}$
	Связи из стали диаметром $\geq 10 \text{ мм}$	$\chi =0,04 \text{ Вт}/^{\circ}\text{C}$

### 1.5. Пример расчета приведенного сопротивления теплопередаче фасада жилого здания по упрощенной методике

В качестве примера берется фрагмент теплозащитной оболочки здания раздела 1.3. Геометрические характеристики рассматриваемой стены и значения  $U_1, U_2$  являются теми же, что и в п. 1.3. Значения удельных потерь теплоты через линейные и точечные теплотехнические неоднородности определяются по таблице 1.4.1 и заносятся в столбец 3 табл. 1.5.1.

Для определения удельных потерь теплоты через оконные откосы по таблице 1.4.1 принимается, что утеплитель смонтирован вровень с основанием, соответственно  $\Psi_1 = \Psi_2 = 0,18 \text{ Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{C})$ . Удельные потери теплоты через дюбель по таблице 1.4.1 принимается дюбели со стальным сердечником диаметром менее 8 мм, соответственно  $\chi_1 = \chi_2 = 0,006 \text{ Вт}/^{\circ}\text{C}$ .

Таблица 1.5.1

Элемент конструкции	Удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом	Доля общего потока теплоты через фрагмент, %
1	2	3	4	5
Плоский элемент 1	$a_1 = 0,232 \text{ м}^2/\text{м}^2$	$U_1 = 0,275 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C})$	$U_1 a_1 = 0,0638 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C})$	15,0
Плоский элемент 2	$a_2 = 0,768 \text{ м}^2/\text{м}^2$	$U_2 = 0,262 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C})$	$U_2 a_2 = 0,201 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C})$	47,3
Линейный элемент 1	$l_1 = 0,149 \text{ м}/\text{м}^2$	$\Psi_1 = 0,18 \text{ Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{C})$	$\Psi_1 l_1 = 0,0268 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C})$	6,31
Линейный элемент 2	$l_2 = 0,476 \text{ м}/\text{м}^2$	$\Psi_2 = 0,18 \text{ Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{C})$	$\Psi_2 l_2 = 0,0857 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C})$	20,2
Точечный элемент 1	$n_1 = 1,85 \text{ 1}/\text{м}^2$	$\chi_1 = 0,006 \text{ Вт}/^{\circ}\text{C}$	$\chi_1 n_1 = 0,0111 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C})$	2,61
Точечный элемент 2	$n_2 = 6,15 \text{ 1}/\text{м}^2$	$\chi_2 = 0,006 \text{ Вт}/^{\circ}\text{C}$	$\chi_2 n_2 = 0,0369 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C})$	8,68
Итого			$1/R_{np} = 0,425 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C})$	100

Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания рассчитывается по формуле (1.2.1).

$$R_o^{np} = \frac{1}{0,0638 + 0,201 + 0,0268 + 0,0857 + 0,0111 + 0,0369} = \frac{1}{0,425} = 2,35 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$$

Коэффициент теплотехнической однородности фрагмента теплозащитной оболочки здания, определенный по формуле (1.2.4), равен:

$$r = \frac{0,201 + 0,0638}{0,425} = 0,62$$

Таким образом, получено значений сопротивления теплопередаче несколько ниже, чем при точном расчете. При этом значение коэффициента теплотехнической однородности понизилось существенно – с 0,73 до 0,62. Такой результат получен вследствие того, что при определении значения  $\Psi$  для оконных откосов принято, что утеплитель смонтирован вровень с основанием. Если принять, что утеплитель смонтирован внахлест на раму окна, то соответствующее значение принимается  $\Psi = 0,1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$  и получается  $R_o^{np} = \frac{1}{0,375} = 2,66$

$\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ,  $r = 0,71$ . В этом случае результат будет получен значительно ближе к точному расчету.

Приведенный пример расчета, кроме пояснения методики расчета, показывает на возможность повышения приведенного сопротивления теплопередаче стены достаточно простым способом.

## 1.6. Методика расчета удельной теплозащитной характеристики здания

1.6.1. Удельная теплозащитная характеристика здания,  $k_{об}$ ,  $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C})$ , рассчитывается по формуле:

$$k_{об} = \frac{1}{V_{от}} \sum_i \left( n_{t,i} \frac{A_{\phi,i}}{R_{o,i}^{np}} \right) = K_{комп} \cdot K_{общ} \quad (1.6.1)$$

где  $R_{o,i}^{np}$  – приведенное сопротивление теплопередаче  $i$ -го фрагмента теплозащитной оболочки здания,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ;

$A_{\phi,i}$  – площадь соответствующего фрагмента теплозащитной оболочки здания,  $\text{м}^2$ ;

$V_{от}$  – отапливаемый объем здания,  $\text{м}^3$ ;

$n_{t,i}$  – коэффициент, учитывающий отличие внутренней или наружной температуры у конструкции от принятых в расчете ГСОП, определяется по формуле (5.3);

$K_{общ}$  – общий коэффициент теплопередачи здания,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ , определяемый по формуле:

$$K_{общ} = \frac{1}{A_n^{сум}} \sum_i \left( n_{t,i} \frac{A_{\phi,i}}{R_{o,i}^{np}} \right) \quad (1.6.2)$$

$K_{комп}$  – коэффициент компактности здания,  $\text{м}^{-1}$ , определяемый по формуле:

$$K_{комп} = \frac{A_n^{сум}}{V_{от}} \quad (1.6.3)$$

$A_n^{сум}$  – сумма площадей (по внутреннему обмеру) всех наружных ограждений теплозащитной оболочки здания,  $\text{м}^2$ .

Совокупность фрагментов теплозащитной оболочки здания, характеристики которых используются в формуле (1.6.1), должна полностью замыкать оболочку отапливаемой части здания.

**1.6.2.** Удельная теплозащитная характеристика может быть найдена непосредственно через характеристики элементов, составляющих все конструкции оболочки здания.

$$k_{об} = \frac{I}{V_{ом}} \left[ \sum \left( n_{t,i} \frac{A_{\phi,i}}{R_{o,i}^{всч}} \right) + \sum n_{t,j} L_j \Psi_j + \sum n_{t,k} N_k \chi_k \right] \quad (1.6.4)$$

где  $R_{o,i}^{всч}$ ,  $\Psi_j$ ,  $\chi_k$  – принимаются по разделу 1.4;

$L_j$  – суммарная протяженность линейной неоднородности  $j$ -го вида по всей оболочке здания, м;

$N_k$  – суммарное количество точечных неоднородностей  $k$ -го вида по всей оболочке здания, шт.

**1.6.3.** Расчет удельной теплозащитной характеристики здания оформляется в виде таблицы, которая должна содержать следующие сведения:

1. наименование каждого фрагмента, составляющего оболочку здания;
2. площадь каждого фрагмента;
3. приведенное сопротивление теплопередаче каждого фрагмента со ссылкой на расчет (согласно п. 1.4);
4. коэффициент, учитывающий отличие внутренней или наружной температуры у фрагмента конструкции, от принятых в расчете ГСОП.

Форма таблицы представлена в таблице 1.6.1.

**Таблица 1.6.1**

Наименование фрагмента	$n_{t,i}$	$A_{\phi,i}$ , м <sup>2</sup>	$R_{o,i}^{np}$ , (м <sup>2</sup> ×°С)/Вт	$n_{t,i} A_{\phi,i} / R_{o,i}^{np}$ , Вт/°С	%
Сумма	-	-	-		100

## 1.7. Пример расчета удельной теплозащитной характеристики здания

**1.7.1.** Удельная теплозащитная характеристика рассчитывается для многоэтажного жилого дома, расположенного в г. Астане.

Климатические параметры района строительства принимаются по СН РК 2.04-01-2001.

Средняя температура отопительного периода  $t_{ом} = -8,1^\circ\text{C}$ ;

Продолжительность отопительного периода  $z_{ом} = 215$  сут.

Температура внутреннего воздуха  $t_g = 20^\circ\text{C}$ .

На основе климатических характеристик района строительства и микроклимата помещения по формуле (1.1.2) рассчитывается величина градусо-суток отопительного периода:

ГСОП =  $(t_g - t_{ом}) \cdot z_{ом} = 28,1 \cdot 215 = 6042$  °С·сут.

В технических помещениях и ЛЛУ температура внутреннего воздуха отличается от остальных помещений здания. В среднем за отопительный период она составляет  $t_{ллу} = 18^\circ\text{C}$ .

Коэффициент, учитывающий отличие внутренней температуры ЛЛУ от температуры жилых помещений, рассчитанный по формуле (1.1.3), составляет:

$$n_{ллу} = \frac{t_{ллу} - t_{ом}}{t_g - t_{ом}} = \frac{18 - (-3,1)}{20 - (-3,1)} = 0,913$$

Подвальные помещения не отапливаются, поэтому они не входят в отапливаемый объем здания. В подвале расположен ИТП и разводка труб отопления и водоснабжения. В среднем за отопительный период температура воздуха в подвале составляет  $t_{под} = 8^\circ\text{C}$ .

Коэффициент, учитывающий отличие внутренней температуры подвала от температуры наружного воздуха составляет:

$$n_{под} = \frac{t_e - t_{под}}{t_e - t_{от}} = \frac{20 - 8}{20 - (-3, 1)} = 0, 519$$

### 1.7.2. Описание ограждающих конструкций здания

На исследуемом здании использованы десять различных по своему составу видов ограждающих конструкций:

#### 1 Навесная фасадная система с основанием из керамзитобетона

Приведенное сопротивление теплопередаче составляет  $R_{cm1} = 3, 16$  (м<sup>2</sup>×°C)/Вт

Площадь стен данной конструкции составляет:

по основной части здания  $A_{cm1} = 3406$  м<sup>2</sup>

по техническим помещениям и ЛЛУ  $A_{cm1ЛЛУ} = 503$  м<sup>2</sup>

#### 2 Навесная фасадная система с основанием из железобетона

Приведенное сопротивление теплопередаче составляет  $R_{cm2} = 3, 34$  (м<sup>2</sup>×°C)/Вт

Площадь стен данной конструкции составляет:

по основной части здания  $A_{cm2} = 608$  м<sup>2</sup>

по техническим помещениям и ЛЛУ  $A_{cm2ЛЛУ} = 336$  м<sup>2</sup>

#### 3 Трехслойная стена по кладке из керамзитобетона

Приведенное сопротивление теплопередаче составляет  $R_{cm3} = 3, 19$  (м<sup>2</sup>×°C)/Вт

Площадь стен данной конструкции составляет:

по основной части здания  $A_{cm3} = 1783$  м<sup>2</sup>

по техническим помещениям и ЛЛУ  $A_{cm3ЛЛУ} = 55$  м<sup>2</sup>

#### 4 Трехслойная стена по монолитному железобетону

Приведенное сопротивление теплопередаче составляет  $R_{cm4} = 3, 42$  (м<sup>2</sup>×°C)/Вт

Площадь стен данной конструкции составляет:

по основной части здания  $A_{cm4} = 447$  м<sup>2</sup>

по техническим помещениям и ЛЛУ  $A_{cm4ЛЛУ} = 130$  м<sup>2</sup>

#### 5 Эксплуатируемая кровля

Приведенное сопротивление теплопередаче составляет  $R_{кр1} = 5, 55$  (м<sup>2</sup>×°C)/Вт

Площадь кровельного покрытия данной конструкции составляет  $A_{кр1} = 1296$  м<sup>2</sup>

#### 6 Совмещенное кровельное покрытие

Приведенное сопротивление теплопередаче составляет  $R_{кр2} = 4, 48$  (м<sup>2</sup>×°C)/Вт

Площадь кровельного покрытия данной конструкции составляет  $A_{кр2} = 339$  м<sup>2</sup>

#### 7 Перекрытие над подвалом

Приведенное сопротивление теплопередаче составляет  $R_{цок1} = 1, 32$  (м<sup>2</sup>×°C)/Вт

Площадь перекрытия данной конструкции составляет  $A_{цок1} = 1550$  м<sup>2</sup>

#### 8 Перекрытие над проездом

Приведенное сопротивление теплопередаче составляет  $R_{цок2} = 4, 86$  (м<sup>2</sup>×°C)/Вт

Площадь перекрытия данной конструкции составляет  $A_{цок2} = 85$  м<sup>2</sup>

#### 9 Окна

Приведенное сопротивление теплопередаче составляет  $R_{ок} = 0, 56$  (м<sup>2</sup>×°C)/Вт

Площадь окон составляет:

по основной части здания  $A_{ок} = 1383$  м<sup>2</sup>

по техническим помещениям и ЛЛУ  $A_{окЛЛУ} = 430$  м<sup>2</sup>

#### 10 Входные двери

Приведенное сопротивление теплопередаче составляет  $R_{дв} = 0, 83$  (м<sup>2</sup>×°C)/Вт

Площадь входных дверей составляет  $A_{дв} = 64$  м<sup>2</sup>

Отапливаемый объем здания  $V_{от} = 34229$  м<sup>3</sup>.

**1.7.3.** Удельная теплозащитная характеристика здания рассчитывается по формуле (1.7.1):

$$k_{об} = \frac{1}{V_{ом}} \sum_i \left( n_{t,i} \frac{A_{\phi,i}}{R_{o,i}^{np}} \right) = \frac{1}{34229} \left[ \frac{3406}{3,16} + \frac{608}{3,34} + \frac{1783}{3,19} + \frac{447}{3,42} + \frac{1383}{0,56} + \frac{85}{4,86} + 0,519 \cdot \frac{1550}{1,32} + 0,913 \cdot \left( \frac{503}{3,16} + \frac{336}{3,34} + \frac{55}{3,19} + \frac{130}{3,42} + \frac{430}{0,56} + \frac{1296}{5,55} + \frac{339}{4,48} + \frac{64}{0,83} \right) \right] = \frac{6387}{34229} = 0,187 \quad \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C})$$

Детали расчета сведены в таблицу 1.7.1

**Таблица 1.7.1**

Наименование фрагмента	$n_{t,i}$	$A_{\phi,i}$ , м <sup>2</sup>	$R_{o,i}^{np}$ , (м <sup>2</sup> ·°C)/Вт	$n_{t,i} A_{\phi,i} / R_{o,i}^{np}$ , Вт/°C	%
Навесная фасадная система с основанием из керамзитобетона	1	3406	3,16	1078	16,9
	0,913	503		145	2,3
Навесная фасадная система с основанием из железобетона	1	608	3,34	182	2,8
	0,913	336		92	1,4
Трехслойная стена по кладке из керамзитобетона	1	1783	3,19	559	8,8
	0,913	55		16	0,3
Трехслойная стена по монолитному железобетону	1	447	3,42	131	2,1
	0,913	130		35	0,5
Эксплуатируемая кровля	0,913	1296	5,55	213	3,3
Совмещенное кровельное покрытие	0,913	339	4,48	69	1,1
Перекрытие над подвалом	0,519	1550	1,32	609	9,5
Перекрытие над проездом	1	85	4,86	17	0,3
Окна	1	1383	0,56	2470	38,7
	0,913	430		701	11,0
Входные двери	0,913	64	0,83	70	1,1
Сумма	-	12415	-	6387	100

Нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики здания определяется по формуле (1.1.5)

$$k_{об}^{np} = \frac{0,16 + \frac{10}{\sqrt{V_{ом}}}}{0,00013 \cdot ГСОП + 0,61} = \frac{0,16 + \frac{10}{\sqrt{34229}}}{0,00013 \cdot 6042 + 0,61} = \frac{0,214}{1,395} = 0,153 \quad \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C})$$

Удельная теплозащитная характеристика здания больше нормируемой величины на 22%. Как видно из таблицы 1.7.1 наибольший вклад в тепловые потери здания в данном случае вносят окна, стены, слабо утепленное перекрытие над подвалом. В данном случае наиболее эффективно дорабатывать теплозащитную оболочку здания за счет повышения сопротивления теплопередаче окон. В проекте заменяются окна на имеющие приведенное сопротивление теплопередаче 0,88 (м<sup>2</sup>·°C)/Вт. Кроме того, доутепляется перекрытие над подвалом, так что приведенное сопротивление теплопередаче конструкции составляет 1,88 (м<sup>2</sup>·°C)/Вт.

$$k_{об} = \frac{1}{V_{от}} \sum_i \left( n_{i,i} \frac{A_{\phi,i}}{R_{o,i}^{np}} \right) = \frac{1}{34229} \left[ \frac{3406}{3,16} + \frac{608}{3,34} + \frac{1783}{3,19} + \frac{447}{3,42} + \frac{1383}{0,88} + \frac{85}{4,86} + 0,519 \cdot \frac{1550}{1,88} + 0,913 \cdot \left( \frac{503}{3,16} + \frac{336}{3,34} + \frac{55}{3,19} + \frac{130}{3,42} + \frac{430}{0,88} + \frac{1296}{5,55} + \frac{339}{4,48} + \frac{64}{0,83} \right) \right] = \frac{5098}{34229} = 0,149$$

Детали расчета сведены в таблицу 1.7.2

Таблица 1.7.2

Наименование фрагмента	$n_{i,i}$	$A_{\phi,i}$ , м <sup>2</sup>	$R_{o,i}^{np}$ , (м <sup>2</sup> · °С)/Вт	$n_{i,i} A_{\phi,i} / R_{o,i}^{np}$ , Вт/°С	%
Навесная фасадная система с основанием из керамзитобетона	1	3406	3,16	1078	21,1
	0,913	503		145	2,8
Навесная фасадная система с основанием из железобетона	1	608	3,34	182	3,6
	0,913	336		92	1,8
Трехслойная стена по кладке из керамзитобетона	1	1783	3,19	559	11,0
	0,913	55		16	0,3
Трехслойная стена по монолитному железобетону	1	447	3,42	131	2,6
	0,913	130		35	0,7
Эксплуатируемая кровля	0,913	1296	5,55	213	4,2
Совмещенное кровельное покрытие	0,913	339	4,48	69	1,4
Перекрытие над подвалом	0,519	1550	1,88	428	8,4
Перекрытие над проездом	1	85	4,86	17	0,3
Окна	1	1383	0,88	1576	30,9
	0,913	430		487	9,5
Входные двери	0,913	64	0,83	70	1,4
Сумма	-	12415	-	5098	100

После доработки теплозащитной оболочки здания удельная теплозащитная характеристика меньше нормируемой величины, оболочка удовлетворяет нормативным требованиям. Справочно рассчитывается приведенный трансмиссионный коэффициент:

$$K_{mp} = \frac{k_{об}}{K_{комп}} = \frac{0,149}{0,36} = 0,414 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{°С})$$

Данный коэффициент не участвует в расчетах и его расчет необязателен.

### 1.8. Методика оптимизации теплозащитной оболочки здания по окупаемости энергосберегающих мероприятий

Экономическая оптимизация оболочки здания основана на сравнении альтернативных вариантов конструкций.

Методика содержит три уровня оптимизации:

- 1) Выбор оптимальных теплозащитных характеристик отдельных элементов конструкции из условия окупаемости энергосбережения.
- 2) Сравнение конструкций с различной базой по эффективности энергосбережения.
- 3) Гармонизация отдельных конструкций и оболочки здания в целом.

## Выбор оптимальных теплозащитных характеристик отдельных элементов

Данная методика заключается в поиске минимума приведенных затрат. Минимум ищется не дифференцированием, так как функция разрывная, а путем специально организованного перебора вариантов конструкции. В методике учтена зависимость потерь теплоты через ограждающую конструкцию от многих переменных (характеристик элементов, введенных в п. 1.2).

В соответствии с п. 1.2 в качестве теплозащитных характеристик элементов используются условное сопротивление теплопередаче (для плоских элементов) и удельные потери теплоты через неоднородности (для линейных и точечных элементов).

**1.8.1.** По экономическим и климатическим параметрам района строительства находится *удельная прибыль от экономии энергетической единицы*<sup>1</sup>,  $\Omega_{пр}$ , соответствующая проекту здания.

$$\Omega_{пр} = C_{тепл} \cdot m_{кл} \cdot Z_{ок} + C_{от} \cdot m_{кл} \quad (1.8.1)$$

где  $C_{тепл}$  – тарифная цена тепловой энергии в районе строительства проектируемого здания, тенге/кВт·ч;

$C_{от}$  – удельная цена отопительного оборудования и подключения к тепловой сети в районе строительства проектируемого здания, тенге/(кВт·ч/год);

$m_{кл}$  – климатический коэффициент района строительства, определяемый по формуле:

$$m_{кл} = \frac{ГСОП}{ГСОП(\mathcal{E})} \quad (1.8.2)$$

где  $ГСОП$  – значение градусо-суток отопительного периода для района строительства, °С сут/год, определяемое по формуле (5.2);

$ГСОП(\mathcal{E})$  – эталонное значение градусо-суток отопительного периода, °С сут/год, принимаемое равным 1000 °С сут/год;

$Z_{ок}$  – срок окупаемости, определяемый как половина срока службы элемента до замены или ремонта, но не более 12 лет.

Требуемый класс теплозащитной эффективности здания назначается из таблицы 1.8.1 по удельной прибыли от экономии энергетической единицы.

Таблица 1.8.1

### Классы теплозащитной эффективности элементов конструкции

Класс	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Границы $\Omega$ , тенге/ (кВт·ч /год)	$\leq 10$	$10 < \leq 20$	$20 < \leq 40$	$40 < \leq 70$	$70 < \leq 120$	$120 < \leq 200$	$200 < \leq 325$	$325 < \leq 500$	$500 < \leq 800$	$800 < \leq 1250$	$1250 < \leq 1900$	$1900 < \leq 2850$	$2850 < \leq 4250$	$4250 <$

**1.8.2.** Класс теплозащитной эффективности элемента конструкции назначается по *удельным единовременным затратам на экономию энергетической единицы*,  $\Omega_{эл}$ , тенге/(кВт·ч /год), из таблицы 1.8.1.

Удельные единовременные затраты на экономию энергетической единицы элементом конструкции определяются по формулам:

Для плоского элемента (в соответствии с 1.2)

$$\Omega_{эл} = - \frac{\Delta K^{ед}}{24 \cdot \left[ \left( \frac{I}{R_{0,2}^{усл}} \right) - \left( \frac{I}{R_{0,1}^{усл}} \right) \right]} \quad (1.8.3)$$

<sup>1</sup> В качестве энергетической единицы принят 1 кВт·ч/год сэкономленной энергии при значении  $ГСОП = 1000$  °С сут/год.

Для линейного элемента (в соответствии с 1.2)

$$\Omega_{эл} = - \frac{\Delta K^{ед}}{24 \cdot [\Psi_2 - \Psi_1]} \quad (1.8.4)$$

Для точечного элемента (в соответствии с 1.2)

$$\Omega_{эл} = - \frac{\Delta K^{ед}}{24 \cdot [\chi_2 - \chi_1]} \quad (1.8.5)$$

где  $\Delta K^{ед}$  – разница единовременных затрат вариантов 2 и 1 исследуемого элемента, тенге.

Для плоского элемента единовременные затраты вычисляются на квадратный метр, для линейного элемента – на погонный метр, для точечного элемента – на 1 шт.

Для использования формул (1.8.3) – (1.8.5) должен быть составлен ряд из экономически обоснованных вариантов исследуемого элемента, упорядоченный по его теплозащитной характеристике. В формулах варианты 1 и 2 – соседние варианты ряда (т.е. ближайшие по теплозащитной характеристике, экономически обоснованные варианты элемента). Причем вариант 2 дороже варианта 1 и обладает меньшими теплопотерями. Полученная по формулам (1.8.3) – (1.8.5)  $\Omega_{эл}$  соответствует варианту 2 элемента.

**1.8.3.** Конструкция должна формироваться таким образом, чтобы классы теплозащитной эффективности всех ее элементов были равны требуемому классу теплозащитной эффективности здания. В случае отсутствия варианта элемента с необходимым классом теплозащитной эффективности следует использовать вариант элемента с ближайшим классом теплозащитной эффективности.

### **Сравнение конструкций с различной базой по эффективности энергосбережения**

**1.8.4.** Для вариантов конструкции, отличающихся по составу элементов или по базовой (не теплозащитной) части конструкции, более выгодным является вариант с меньшими удельными приведенными затратами.

Удельные приведенные затраты на строительство и эксплуатацию конструкции,  $\Pi$ , тенге/ (м<sup>2</sup>×год), определяются по формуле:

$$\Pi = \frac{K_{кон}^{ед}}{Z_{ок}} + 0,024 \frac{ГСОП}{R_o^{np}} \left( C_{мен} + \frac{C_{ом}}{Z_{ок}} \right) \quad (1.8.6)$$

где  $K_{кон}^{ед}$  – полные единовременные затраты на производство 1 м<sup>2</sup> конструкции, тенге/м<sup>2</sup>, определяются по формуле:

$$K_{кон}^{ед} = K_0^{ед} + \sum a_i K_i^{ед} + \sum l_j K_j^{ед} + \sum n_k K_k^{ед} \quad (1.8.7)$$

где  $a_i$ ,  $l_j$  и  $n_k$  – те же, что и в п. 1.6.1;

$K_0^{ед}$  – базовая стоимость 1 м<sup>2</sup> конструкции (наиболее холодный вариант всех элементов конструкции, тенге/ м<sup>2</sup>).

### **Гармонизация отдельных конструкций и оболочки здания в целом**

**1.8.5.** Экономически эффективное решение ограждающих конструкций здания возможно выбрать только в конкретных климатических и экономических условиях объекта строительства. Но часть работы по улучшению (гармонизации) конструкций можно провести заранее на стадии их формирования производителем конструкций, чтобы облегчить дальнейшую работу проектировщика. Для этого вводится определение особого класса конструкций.

При равных теплозащитных свойствах, чем ближе значения удельных единовременных затрат на экономию энергетической единицы отдельных элементов конструкции друг к другу, тем эффективней конструкция.

*Гармонично утепленной* называется ограждающая конструкция, все элементы которой относятся к одному классу теплозащитной эффективности. Этот же класс энергетической эффективности является характеристикой и всей конструкции.

*Гармонично утепленной* называется оболочка здания, состоящая из гармонично утепленных ограждающих конструкций одного класса. Этот же класс теплозащитной эффективности является характеристикой и всей оболочки здания.

Производителям отдельных строительных конструкций следует проводить анализ своего модельного ряда с целью составлять его из гармонично утепленных конструкций. Такие конструкции должны сопровождаться пометкой, указывающей на их гармоничность и классом теплозащитной эффективности. При выборе проектных решений предпочтение должно отдаваться гармонично утепленным конструкциям и оболочкам здания, как наиболее экономически эффективным.

### **1.9. Пример оптимизации теплозащитной оболочки здания по окупаемости энергосберегающих мероприятий**

**1.9.1.** Экономическая оптимизация тепловой защиты оболочки здания заключается в последовательном подборе оптимальных ограждающих конструкций, составляющих оболочку.

При подборе ограждающей конструкции возможно два случая:

а) вариант конструкции определен и требуется найти лишь оптимальный набор элементов, его составляющий;

б) требуется выбрать из нескольких альтернативных вариантов конструкции.

Далее под альтернативными вариантами конструкции понимаются варианты, отличающиеся друг от друга качественно (либо составом элементов, либо базой конструкции). Под наборами элементов, составляющих вариант конструкции, понимаются конструкции с одинаковой базой и составом элементов, отличающиеся степенью теплозащиты одного или нескольких из элементов. Под базой конструкции понимается набор элементов с минимальной ценой.

Например, штукатурный фасад и стена из трехслойных панелей являются альтернативными вариантами конструкции (стены). Вентилируемый фасад на алюминиевых кронштейнах с толщиной утеплителя 180 мм и вентиляруемый фасад с толщиной утеплителя 140 мм на стальных кронштейнах являются различными наборами элементов одного варианта конструкции, при условии, что основание и облицовка в обоих случаях одинаковая. Базой конструкции для вентиляруемого фасада будет основание без утеплителя с фасадной системой минимальной цены и облицовкой. Для окна базой будет однокамерный стеклопакет минимальной толщины без покрытий и заполнения газами с самой дешевой дистанционной планкой и рамой.

Сравнение альтернативных вариантов конструкции возможно лишь в конкретных климатических и экономических условиях. По возможности такое сравнение следует проводить для оптимальных наборов элементов каждого варианта. Оптимизация варианта конструкции возможна независимо от климатических и экономических условий.

Таким образом, выбор наиболее эффективной ограждающей конструкции следует начинать с оптимизации каждого ее варианта, участвующего в сравнении.

#### **1.9.2. Процедура оптимизации отдельного варианта конструкции**

1. Требуется выделить все элементы<sup>2</sup>, составляющие конструкцию и имеющие несколько вариантов своего решения.

---

<sup>2</sup> Элементы понимаются аналогично п. 1.6

Для каждого элемента проводится вспомогательная работа по упорядочиванию его вариантов.

2. Для каждого из вариантов элемента находится стоимость и теплозащитная характеристика. Наиболее просто это может быть сделано из сравнения тепловых потерь и стоимости конструкции с этим вариантом элемента и без него.
3. Все возможные варианты элемента выстраиваются в ряд, упорядоченный по теплозащитной характеристике.
4. Для вариантов элемента рассчитываются удельные единовременные затраты на экономию энергетической единицы. Из всех возможных вариантов элемента оставляют только экономически целесообразные.
5. По значениям удельных единовременных затрат на экономию энергетической единицы и таблице, каждому варианту элемента присваивается класс теплозащитной эффективности.

Примеры рядов экономически обоснованных вариантов отдельных элементов конструкции приведены в таблицах 1.9.1-1.9.8.

После того как действия, описанные в п. 2-5, проведены для всех элементов, составляющих конструкцию, проводится ее оптимизация.

6. Определяется удельная прибыль от экономии энергетической единицы и требуемый класс теплозащитной эффективности здания.
7. Для всех элементов конструкции выбираются варианты требуемого класса. Если вариантов требуемого класса не существует, или, наоборот, существует несколько, то выбирается вариант элемента с  $\Omega_{эл}$  ближайшей к  $\Omega_{пр}$ .

Полученная с помощью описанной процедуры конструкция позволяет достичь минимума приведенных затрат в данных экономических и климатических условиях для выбранного вида конструкции. Формула (1.1.9) позволяет найти приведенное сопротивление теплопередаче и стоимость выбранной конструкции. Примеры такого расчета даны в п. 1.9.6 и 1.9.10.

**1.9.3.** Если требуется выбрать из нескольких альтернативных вариантов конструкции, то для каждого варианта конструкции проводится процедура оптимизации. После этого для оптимального набора элементов каждого варианта конструкции вычисляются удельные приведенные затраты на строительство и эксплуатацию. Вариант конструкции с наименьшими удельными приведенными затратами на строительство и эксплуатацию является наиболее экономически выгодным. Примеры такого расчета даны в п. 1.9.9 и 1.9.13.

Для упрощения работы проектировщика предлагается на стадии разработки конструкции (в технических условиях, техническом свидетельстве, альбоме типовых узлов и т.п.) сформировать ряд оптимальных конструкций, соответствующих различным классам теплозащитной эффективности. Для этого на стадии разработки конструкции выполняются шаги 1 - 5 описанной выше процедуры и по рядам экономически обоснованных вариантов каждого элемента конструкции подбираются наборы элементов, рекомендуемые для каждого класса теплозащитной эффективности.

### ***Пример экономической оптимизации тепловой защиты стен здания***

При проектировании здания возникла необходимость выбрать между двумя альтернативными вариантами стены. Первый вариант – навесная фасадная система с вентилируемой воздушной прослойкой с основанием из кирпичной кладки. Вторым вариантом – кладка из ячеистого бетона с облицовкой лицевым кирпичом.

#### Навесная фасадная система с вентилируемой воздушной прослойкой

**1.9.4.** Конструкция состоит из четырех видов элементов: плоского (стена по глади), узла установки кронштейна, выхода балконной плиты, оконного откоса.

### Плоский элемент

Стена по глади имеет базовую стоимость (наиболее холодный вариант всех элементов конструкции) 16000 тенге.

Каждые дополнительные 10 мм МВП повышают стоимость конструкции на 350 тенге. Коэффициент теплопроводности МВП 0,045. Сопротивление теплопередаче базового варианта (толщина МВП 0 мм) 0,6 м<sup>2</sup> °С/Вт.

Таблица 1.9.1

### Экономические и теплотехнические показатели стены по глади

Толщина МВП, мм	100	110	120	130	140	150	160	180	200	210
$U_{\text{стп}}$ , Вт/(м <sup>2</sup> °С)	0,354	0,328	0,306	0,2866	0,2695	0,2542	0,2406	0,2174	0,1982	0,1899
$\Omega_{\text{стп}}$ , тенге/(кВт×ч /год)	470	560	665	755	855	955	1070	1325	1585	1755
Класс	8	9	9	9	10	10	10	11	11	11

### Кронштейн

Доступные варианты кронштейнов приведены в табл. 1.9.2

Таблица 1.9.2

### Кронштейн

Стоимость, тенге/шт	350	425	600	850	1200	1500
$K_{\text{кр}}$ , Вт/°С	0,09	0,07	0,055	0,035	0,015	0,007
$\Omega_{\text{кр}}$ , тенге/(кВт×ч /год)		156	486	520	730	1565
Класс		6	8	9	9	11

На квадратный метр стены приходится 2,7 кронштейна.

### Выход балконной плиты

Доступные варианты узлов приведены в табл. 1.9.3

Таблица 1.9.3

### Балконные плиты

Стоимость, тенге/м	2500	3000	400	6000	10000	
$\Psi_{\text{бал}}$ , Вт/(м°С)	0,7	0,5	0,3	0,2	0,1	
$\Omega_{\text{бал}}$ , тенге/(кВт×ч /год)		104	208	835	1665	
Класс		5	7	10	11	

На квадратный метр стены приходится 0,12 погонных метра выхода балконной плиты.

### Оконный откос

Доступные варианты узлов приведены в табл. 1.9.4

Таблица 1.9.4

### Оконный откос

Стоимость, тенге/м	500	550	1200	1950	2850	3450
$\Psi_{\text{отк}}$ , Вт/(м°С)	0,2	0,15	0,1	0,06	0,03	0,017
$\Omega_{\text{отк}}$ , тенге/(кВт×ч /год)		208	375	780	1250	1925
Класс		7	8	9	10	12

На квадратный метр стены приходится 0,8 погонных метра оконного откоса.

## Кладка из ячеистого бетона

**1.9.5.** Конструкция состоит из четырех видов элементов: плоского (стена по глади), кладочных швов, выхода плиты перекрытия (балконные плиты сюда включены), оконного откоса.

### *Плоский элемент*

Стена по глади имеет базовую стоимость (наиболее холодный вариант всех элементов конструкции) 6500 тенге. Сопротивление теплопередаче базового варианта (толщина ячеистого бетона 0 мм) 0,35 м<sup>2</sup> °С/Вт.

Каждые дополнительные 50 мм ячеистого бетона повышают стоимость конструкции на 1100 тенге. Коэффициент теплопроводности ячеистого бетона 0,14.

**Таблица 1.9.5**

### **Экономические и теплотехнические показатели стены по глади**

Толщина ячеистого бетона, мм	200	250	300	350	400	450	500	550
$U_{\text{усл}}$ , Вт/(м <sup>2</sup> °С)	0,562	0,468	0,401	0,351	0,312	0,281	0,255	0,234
$\Omega_{\text{усл}}$ , тенге/(кВт×ч /год)	324	487	685	915	1175	1480	1765	2185
Класс	7	8	9	10	10	11	11	12

### *Швы*

Доступные варианты швов приведены в табл. 1.9.6

**Таблица 1.9.6**

### **Швы кладки**

Стоимость, тенге/м	250	350	400	550	750	950
$\Psi_{\text{ш}}$ , Вт/(м°С)	0,05	0,035	0,03	0,02	0,013	0,008
$\Omega_{\text{ш}}$ , тенге/(кВт×ч /год)		278	416	625	1190	1665
Класс		7	8	9	10	11

На квадратный метр стены приходится 3,2 погонных метра шва.

### *Выход плиты перекрытия*

Доступные варианты узлов приведены в табл. 1.9.7

**Таблица 1.9.7**

### **Плиты перекрытия**

Стоимость, тенге/м	2000	2500	3500	5500	9000
$\Psi_{\text{пер}}$ , Вт/(м°С)	0,6	0,45	0,3	0,2	0,12
$\Omega_{\text{пер}}$ , тенге/(кВт×ч /год)		139	278	835	1825
Класс		6	7	10	11

На квадратный метр стены приходится 0,4 погонных метра выхода плиты перекрытия.

### *Оконный откос*

Доступные варианты узлов приведены в табл. 1.9.8

**Таблица 1.9.8**

### **Оконный откос**

Стоимость, тенге/м	500	750	1200	1950	2850
$\Psi_{\text{отк}}$ , Вт/(м°С)	0,18	0,14	0,1	0,065	0,04
$\Omega_{\text{отк}}$ , тенге/(кВт×ч /год)		260	469	895	1500
Класс		7	8	10	11

На квадратный метр стены приходится 0,8 погонных метра оконного откоса.

### 1.9.6. Условия расчета.

Климатические условия г. Астана: ГСОП=6042

Цена тепловой энергии 7,5 тенге/кВт×ч.

$C_{от} = 30$  тенге/(кВт·ч/год)

Для обоих вариантов стены срок службы всех элементов составляет более 24 лет, поэтому срок окупаемости принят равным 12 годам.

Расчет удельной прибыли от экономии энергетической единицы проводится по формуле (1.8.1)

$$\Omega_{np} = (7,5 \cdot 12 + 30) \cdot 6,042 = 725 \text{ тенге/(кВт×ч /год)}$$

Требуемый класс энергетической эффективности здания – «9».

**1.9.7.** Выбор оптимального набора элементов для вентилируемого фасада в расчетных условиях.

По габаритам стены «9» классу соответствуют: 110-130 мм МВП. Ближайшей к требуемой является толщина МВП 110 с сопротивлением теплопередаче по габаритам 3,04 м<sup>2</sup> °С/Вт.

Кронштейн нужного класса отсутствует у ближайшего по удельным затратам

$K_{кр} = 0,035$  Вт/°С, цена 850 тенге.

Выход балконной плиты нужного класса отсутствует у ближайшего по удельным затратам  $\Psi_{бал} = 0,2$  Вт/(м°С), цена 6000 тенге/м.

Оконные откосы нужного класса  $\Psi_{отк} = 0,06$  Вт/(м°С), цена 1950 тенге/м.

По характеристикам и цене элементов из оптимального набора определяются характеристики и стоимость оптимальной конструкции.

Приведенное сопротивление теплопередаче стены определяется по формуле (1.2.1):

$$R_o^{np} = \frac{1}{0,328 + 2,7 \cdot 0,035 + 0,12 \cdot 0,2 + 0,8 \cdot 0,06} = \frac{1}{0,328 + 0,095 + 0,024 + 0,048} = 2,02 \text{ м}^2 \text{ °С/Вт}$$

Общая стоимость квадратного метра стены определяется по формуле (1.8.7):

$$K^{ед} = 16000 + 11 \cdot 350 + 2,7 \cdot 850 + 0,12 \cdot 6000 + 0,8 \cdot 1950 = 24425 \text{ тенге/м}^2$$

**1.9.8.** Выбор оптимального набора элементов для кладки из ячеистого бетона в расчетных условиях.

По габаритам стены «9» классу соответствуют: 300 мм ячеистого бетона с сопротивлением теплопередаче по габаритам 2,49 м<sup>2</sup> °С/Вт.

Швы кладки нужного класса  $\Psi_{шов} = 0,02$  Вт/(м°С), цена 550 тенге/м.

Выход плиты перекрытия нужного класса отсутствует у ближайшего по удельным затратам  $\Psi_{пер} = 0,2$  Вт/(м°С), цена 5500 тенге/м.

Оконные откосы нужного класса отсутствуют у ближайших по удельным затратам

$\Psi_{отк} = 0,1$  Вт/(м°С), цена 1200 тенге/м.

По характеристикам и цене элементов из оптимального набора определяются характеристики и стоимость оптимальной конструкции.

Приведенное сопротивление теплопередаче стены определяется по формуле (1.2.1):

$$R_o^{np} = \frac{1}{0,401 + 3,2 \cdot 0,02 + 0,4 \cdot 0,2 + 0,8 \cdot 0,1} = \frac{1}{0,401 + 0,064 + 0,08 + 0,08} = 1,6 \text{ м}^2 \text{ °С/Вт}$$

Общая стоимость квадратного метра стены определяется по формуле (1.8.7):

$$K^{ед} = 6500 + 6 \cdot 1100 + 3,2 \cdot 550 + 0,4 \cdot 5500 + 0,8 \cdot 1200 = 18020 \text{ тенге/м}^2$$

## 1.10. Методика расчета срока окупаемости мероприятий по утеплению ограждающей конструкции. Пример расчета

### 1.10.1. Расчет с дисконтированием промежуточных доходов

Если промежуточные доходы, образовавшиеся вследствие снижения годовых эксплуатационных издержек в результате применения ограждений с повышенной теплозащитой, участвуют в обороте денежных средств (тратятся на зарплату, погашение кредитов и т.д.), величина СДЗ, приведенная к концу расчетного срока  $T$ , г., для каждого варианта рассчитывается по формуле:

$$СДЗ = \Sigma K \cdot (1 + p / 100)^T + \mathcal{E} \cdot [(1 + p / 100)^T - 1] \cdot (100 / p), \text{ тенге};$$

где  $\Sigma K = C_{mu} V_{mu}$  – суммарные капитальные затраты на дополнительное утепление ограждений, тенге. Здесь  $C_{mu}$  – стоимость теплоизоляционного материала в деле, тенге/м<sup>3</sup>;  $V_{mu}$  – общий объем теплоизоляции в ограждающих конструкциях, м<sup>3</sup>.

При ориентировочных расчетах величину  $V_{mu}$  можно рассчитывать по формуле:

$$V_{mu} \approx 0,8 \lambda_{mu} \Sigma (R_{o,i}^{np} A_{\phi i}), \text{ м}^3,$$

где  $\lambda_{mu}$  – теплопроводность теплоизоляционного материала при расчетных условиях эксплуатации, Вт/(м·К); коэффициент 0,8 – средняя доля термического сопротивления теплоизоляционного слоя в общей величине  $R_{o,i}^{np}$ ;

$\mathcal{E}$  – суммарные годовые эксплуатационные издержки, тенге/г., в ценах на момент начала эксплуатации здания;

$p$  – норма дисконта, %, принимаемая в размере не менее действующей ставки рефинансирования ЦБ РК.

Для окончательно принимаемого варианта значение СДЗ должно быть наименьшим.

Если известно, что значения суммарных годовых эксплуатационных издержек  $\mathcal{E}$  для разных лет в течение предполагаемого срока эксплуатации здания, выраженные в ценах на момент начала эксплуатации здания, могут не совпадать, для расчета СДЗ следует использовать формулу:

$$СДЗ = \Sigma K \cdot (1 + p / 100)^T + \sum_{i=1}^T \mathcal{E}_i \cdot (1 + p / 100)^i$$

Здесь  $\mathcal{E}_i$  – величина  $\mathcal{E}$  для  $i$ -го года с момента начала эксплуатации здания.

Максимальный дисконтированный срок окупаемости  $T_{max}$  мероприятий по утеплению устанавливается по согласованию с заказчиком, но не более 10 лет. Фактический дисконтированный срок окупаемости вычисляется по формуле:

$$T_{ок} = \frac{-\ln(1 - pT_0/100)}{\ln(1 + p/100)}.$$

Здесь  $T_0$  – бездисконтный срок окупаемости, г.:  $T_0 = \Sigma K / \Delta \mathcal{E}$ ;

$\Delta \mathcal{E}$  – снижение годовых эксплуатационных расходов  $\mathcal{E}$  на тепловую энергию за счет энергосбережения, тенге/г., вычисляемое по формуле:

$$\Delta \mathcal{E} = |\mathcal{E}_I - \mathcal{E}_{II}|, \text{ где } \mathcal{E}_{I,II} = 0,86 \cdot C_{менл} \cdot Q_{mn,II}^e.$$

Здесь  $0,86 = 3,6/4,19$  – коэффициент пересчета из МВт·ч в Гкал;  $C_{менл}$  – действующий тариф на тепловую энергию, тенге/Гкал; индексы I и II обозначают значения  $\mathcal{E}$  и  $Q_{mn}^e$ , определенные соответственно по I и II вариантам устройства здания и его инженерных систем по результатам оценки удельной теплозащитной характеристики здания в соответствии с

п.п. 1.6 и 1.7 настоящих норм. В варианте I дополнительное повышение теплозащиты не предусматривается; вариант II предусматривает наличие такого повышения.

$Q_{mn}^c$  – годовые теплопотери через ограждения здания, МВт·ч/г.; для каждого варианта

$$Q_{mn}^c = 24k_{об}V_{от}ГСОП \cdot 10^{-6}.$$

Здесь 24 – число часов в сутках, прочие обозначения см. в предыдущих разделах.

П р и м е ч а н и е: при установке в здании автономных источников теплоты, использующих газ как топливо, условная величина  $C_{менл}$  рассчитывается как

$$C_{газ} \cdot 4190 / (Q_{низ}^{раб} \cdot \eta_{менл}).$$

Здесь  $C_{газ}$  – действующий тариф на газ, тенге/нм<sup>3</sup>;

$Q_{низ}^{раб}$ , МДж/нм<sup>3</sup> – низшая удельная теплота сгорания применяемого газового топлива в расчете на рабочую массу;

$\eta_{менл}$  – коэффициент полезного действия автономных источников теплоты, обслуживающих здание.

Решение считается экономически обоснованным при выполнении условия  $T_{ок} \leq T_{max}$ . Для получения наглядной иллюстрации результатов ТЭО рекомендуется построить графики СДЗ в зависимости от  $T$  для сравниваемых вариантов. В этом случае значение  $T$  в точке пересечения графиков (при ее наличии) дает приближенную величину  $T_{ок}$ .

### 1.10.2. Вариант с наращением (капитализацией) промежуточных доходов

Если промежуточные доходы, образовавшиеся вследствие снижения годовых эксплуатационных издержек в результате повышения теплозащиты ограждений, капитализируются, т.е. соответствующие суммы размещаются на банковском депозите под процент, значения СДЗ целесообразнее приводить к моменту ввода здания в эксплуатацию  $T = 0$ . Тогда величина СДЗ для каждого варианта рассчитывается по формуле:

$$СДЗ = \Sigma K + \mathcal{E} \cdot [(1 + p / 100)^T - 1] \cdot (100 / p).$$

Здесь  $\Sigma K$ ,  $\mathcal{E}$  и  $p$  – то же, что и в формуле для СДЗ в п.1.10.1. Если известно, что значения  $\mathcal{E}$  для разных лет в течение предполагаемого срока эксплуатации здания, выраженные в ценах на момент начала эксплуатации здания, могут не совпадать, для расчета СДЗ следует использовать формулу:

$$СДЗ = \Sigma K + \sum_{i=1}^T \mathcal{E}_i \cdot (1 + p / 100)^i.$$

Здесь  $\mathcal{E}_i$  – то же, что и в п.б.1. Фактический дисконтированный срок окупаемости в этом случае вычисляется по формуле:

$$T_{ок} = \frac{\ln(1 + pT_0/100)}{\ln(1 + p/100)}.$$

Дальнейшие расчеты проводятся аналогично п. 1.10.1. Величина  $T_{ок}$  при капитализации промежуточных доходов всегда меньше, чем при дисконтировании, поэтому область технико-экономической целесообразности реализации энергосберегающих мероприятий в этом случае расширяется.

1.10.3. Пример расчета срока окупаемости утепления ограждений.

Таблица 1.10.1

Калькуляция дополнительных капитальных затрат на утепление здания

Ограждение	$A_{\phi,i}, \text{ м}^2$	$R_{o,i}^{np}, \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$		$n_{t,i}$	Произведение $\left( n_{t,i} \frac{A_{\phi,i}}{R_{o,i}^{np}} \right)$		Объем теплоизоляции $V_{mi} \approx 0,8 R_{o,i}^{np} \lambda_{mi} A_{\phi,i}, \text{ м}^3$	
		Вар. I	Вар. II		Вар. I	Вар. II	Вар. I	Вар. II
Наружная стена	1014	2,98	1,87	1,00	340	542	154,7	97,1
Бесчердачное покрытие	1397	4,45	3,56	1,00	314	392	318,3	254,6
Пол над техподпольем	1397	3,93	3,14	0,60	213	267	281,1	224,6
Окна	464	0,52	0,52	1,00	892	892	–	–
Отапливаемый объем, $\text{ м}^3$					$V_{от} = 10102$		Итого 754,1	Итого 567,3
$K_{об}, \text{ Вт}/(\text{ м}^3 \cdot \text{ К})$					0,174	0,207	*) При $\lambda_{ти} = 0,064 \text{ Вт}/(\text{ м} \cdot \text{ К})$	
ГСОП, К·сут					4515			
$Q_{от}^e, \text{ МВт} \cdot \text{ ч}/\text{ г.}$					190	226	$C_{ти} = 9000 \text{ тенге}/\text{ м}^3$	
$C_{т}, \text{ тенге}/\text{ Гкал}$					7800		$\Sigma K, \text{ тенге, по вариантам:}$	
$\Delta, \text{ тенге}/\text{ г.}$					1482000	1762800	6786900	5105700

Примечание: в Варианте I теплозащита принята с региональными коэффициентами  $m=1$ , в Варианте II – с минимально допустимыми  $m=0,63$  для наружной стены и 0,8 для покрытия и пола.

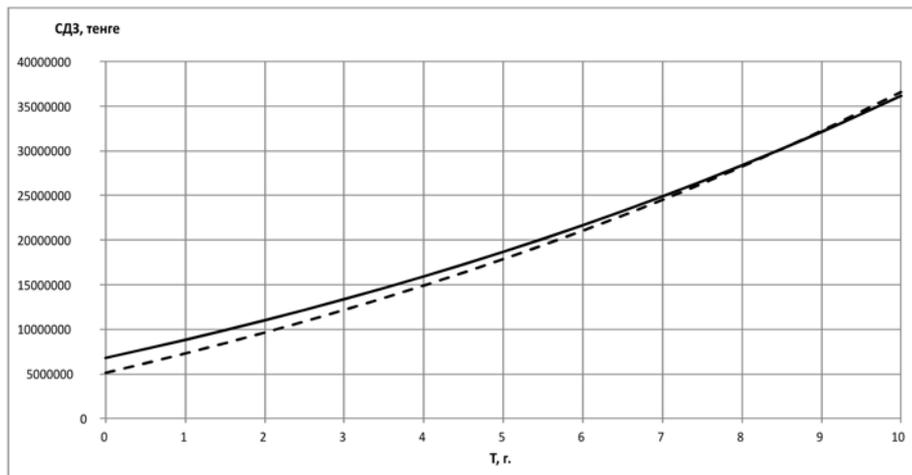


Рис. 1.10.1 График зависимости СДЗ от T для Вариантов I (сплошная линия) и II (пунктир). Расчет с дисконтированием промежуточных доходов

Норма дисконта  $p = 8\%$  годовых. Таким образом, примерное значение  $T_{ок} = 8,5$  г. Уточненное значение срока окупаемости:

$$T_o = \Sigma K / \Delta \Delta = \frac{6786900 - 5105700}{1762800 - 1482000} = \frac{1681200}{280800} = 6 \text{ г.};$$

$$T_{ок} = \frac{-\ln(1 - 8 \cdot 6/100)}{\ln(1 + 8/100)} = 8,5 \text{ г.},$$

т.е. совпадает с определенным по построению. Если считать  $T_{max} = 10$  лет, получаем, что  $T_{ок} < T_{max}$ , и повышение теплозащиты в Варианте I по сравнению с Вариантом II в данном случае экономически целесообразно. При расчете с наращением (капитализацией) промежуточных доходов  $T_{ок} = \frac{\ln(1 + 8 \cdot 6/100)}{\ln(1 + 8/100)} = 5,1$  г. – условие  $T_{ок} < T_{max}$  выполняется еще в большей степени.

## 2. ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТЬ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

### 2.1. Требования к теплоустойчивости ограждающих конструкций в СН РК

Требования к теплоустойчивости ограждающих конструкций в теплый период года сформулированы следующим образом:

**2.1.1.** В районах со среднемесячной температурой июля  $21^{\circ}\text{C}$  и выше расчетная амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций (наружных стен и перекрытий / покрытий)  $A_{\tau}$ ,  $^{\circ}\text{C}$ , зданий жилых, больничных учреждений (больниц, клиник, стационаров и госпиталей), диспансеров, амбулаторно-поликлинических учреждений, родильных домов, домов ребенка, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, детских садов, яслей, яслей-садов (комбинатов) и детских домов, а также производственных зданий, в которых необходимо соблюдать оптимальные параметры температуры и относительной влажности воздуха в рабочей зоне в теплый период года или по условиям технологии поддерживать постоянными температуру или температуру и относительную влажность воздуха, не должна быть более нормируемой амплитуды колебаний температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции  $A_{\tau}^{mp}$ ,  $^{\circ}\text{C}$ , определяемой по формуле:

$$A_{\tau}^{mp} = 2,5 - 0,1(t_n - 21), \quad (2.1.1)$$

где  $t_n$  – средняя месячная температура наружного воздуха за июль,  $^{\circ}\text{C}$ .

**2.1.2.** Амплитуду колебаний температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций,  $A_{\tau_g}$ ,  $^{\circ}\text{C}$ , следует определять по формуле:

$$A_{\tau_g} = \frac{A_{t_n}^{pacu}}{\nu}, \quad (2.1.2)$$

где  $A_{t_n}^{pacu}$  – расчетная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ , определяемая согласно п. 2.1.3;

$\nu$  – величина затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха  $A_{t_n}^{pacu}$  в ограждающей конструкции, определяемая согласно п. 2.1.4.

**2.1.3.** Расчетную амплитуду колебаний температуры наружного воздуха,  $A_{t_n}^{pacu}$ ,  $^{\circ}\text{C}$ , следует определять по формуле:

$$A_{t_n}^{pacu} = 0,5 A_{t_n} + \frac{\rho(I_{max} - I_{cp})}{\alpha_n}, \quad (2.1.3)$$

где  $A_{t_n}$  – максимальная амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха в июле,  $^{\circ}\text{C}$ , принимаемая согласно СНиП РК 2.04-01-2001;

$\rho$  – коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности ограждающей конструкции, принимаемый по Приложению А;

$I_{max}$ ,  $I_{cp}$  – соответственно максимальное и среднее значения суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной),  $\text{Вт}/\text{м}^2$ , для наружных стен – как для вертикальных поверхностей западной ориентации и для покрытий – как для горизонтальной поверхности;

$\alpha_n$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции по летним условиям,  $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{C})$ , определяемый по формуле (2.1.9).

**2.1.4.** Величину затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха  $\nu$  в ограждающей конструкции, состоящей из однородных слоев, следует определять по формуле:

$$v = 0,9e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \frac{(s_1 + \alpha_в)(s_2 + Y_1)...(s_n + Y_{n-1})(\alpha_н + Y_n)}{(s_1 + Y_1)(s_2 + Y_2)...(s_n + Y_n)\alpha_н}, \quad (2.1.4)$$

где  $e = 2,718$  – основание натуральных логарифмов;

$D$  – тепловая инерция ограждающей конструкции, определяемая согласно п. 2.1.5.

$s_1, s_2, \dots, s_n$  – расчетные коэффициенты теплоусвоения материала отдельных слоев ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·°С), принимаемые по Приложению Г;

$Y_1, Y_2, \dots, Y_{n-1}, Y_n$  – коэффициенты теплоусвоения наружной поверхности отдельных слоев ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·°С), определяемые согласно п. 2.1.5;

$\alpha_в$  – то же, что в формуле (1.1.4);

$\alpha_н$  – то же, что в формуле (2.1.3).

Для многослойной неоднородной ограждающей конструкции с теплопроводными включениями величину затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха  $v$  в ограждающей конструкции следует определять в соответствии с действующими стандартами.

**Примечание:** Порядок нумерации слоев в формуле (2.1.4) принят в направлении от внутренней поверхности к наружной.

**2.1.5.** Тепловую инерцию  $D$  ограждающей конструкции следует определять как сумму значений тепловой инерции  $D_i$  всех слоев многослойной конструкции, определяемых по формуле:

$$D_i = R_i s_i \quad (2.1.5)$$

где  $R_i$  – термическое сопротивление отдельного  $i$ -го слоя ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>·°С/Вт, определяемое по формуле:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i} \quad (2.1.6)$$

где  $\delta_i$  – толщина  $i$ -го слоя конструкции, м;

$\lambda_i$  – расчетный коэффициент теплопроводности материала  $i$ -го слоя конструкции, Вт/(м·°С).

**Примечания:**

1. Расчетный коэффициент теплоусвоения воздушных прослоек принимается равным нулю.
2. Слои конструкции, расположенные между воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом, и наружной поверхностью ограждающей конструкции, не учитываются.
3. При суммарной тепловой инерции ограждающей конструкции  $D \geq 4$  расчет на теплоустойчивость не требуется.

**2.1.6.** Для определения коэффициентов теплоусвоения наружной поверхности отдельных слоев ограждающей конструкции следует предварительно вычислить тепловую инерцию  $D$  каждого слоя по формуле (2.1.5).

Коэффициент теплоусвоения наружной поверхности слоя  $Y$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°С), с тепловой инерцией  $D \geq 1$  следует принимать равным расчетному коэффициенту теплоусвоения  $s$  материала этого слоя конструкции.

Коэффициент теплоусвоения наружной поверхности слоя  $Y$  с тепловой инерцией  $D < 1$  следует определять расчетом, начиная с первого слоя (считая от внутренней поверхности ограждающей конструкции) следующим образом:

а) для первого слоя – по формуле:

$$Y_1 = \frac{R_1 s_1^2 + \alpha_в}{1 + R_1 \alpha_в}, \quad (2.1.7)$$

б) для  $i$ -го слоя – по формуле:

$$Y_i = \frac{R_i s_i^2 + Y_{i-1}}{1 + R_i Y_{i-1}}, \quad (2.1.8)$$

где  $R_p, R_i$  – термические сопротивления соответственно первого и  $i$ -го слоев ограждающей конструкции,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , определяемые по формуле (2.1.6);

$s_p, s_i$  – расчетные коэффициенты теплоусвоения материала соответственно первого и  $i$ -го слоев,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ ;

$\alpha_b$  – то же, что в формуле (1.1.4);

$Y_p, Y_i, Y_{i-1}$  – коэффициенты теплоусвоения наружной поверхности соответственно первого,  $i$ -го и  $(i-1)$ -го слоев ограждающей конструкции,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ .

**2.1.7.** Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции по летним условиям,  $\alpha_n$ ,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ , следует определять по формуле:

$$\alpha_n = 1,16(5 + 10\sqrt{v}), \quad (2.1.9)$$

где  $v$  – минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, повторяемость которых составляет 16% и более, но не менее 1 м/с.

**2.1.8.** В районах со среднемесячной температурой июля  $21^\circ\text{C}$  и выше для окон и фонарей зданий жилых, больничных учреждений (больниц, клиник, стационаров и госпиталей), диспансеров, амбулаторно-поликлинических учреждений, родильных домов, домов ребенка, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, детских садов, яслей, яслей-садов (комбинатов) и детских домов, а также производственных зданий, в которых должны соблюдаться оптимальные нормы температуры и относительной влажности воздуха в рабочей зоне или по условиям технологии должны поддерживаться постоянными температура или температура и относительная влажность воздуха, следует предусматривать солнцезащитные устройства.

Коэффициент теплопропускания солнцезащитного устройства должен быть не более нормируемой величины  $\beta_{сз}^н$ , установленной табл. 2.1.1.

Таблица 2.1.1

**Нормируемые значения коэффициента теплопропускания солнцезащитного устройства**

Здания	Коэффициент теплопропускания солнцезащитного устройства $\beta_{сз}^н$
1. Здания жилые, больничных учреждений (больниц, клиник, стационаров и госпиталей), диспансеров, амбулаторно-поликлинических учреждений, родильных домов, домов ребенка, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, детских садов, яслей, яслей-садов (комбинатов) и детских домов	0,2
2. Производственные здания, в которых должны соблюдаться оптимальные нормы температуры и относительной влажности воздуха в рабочей зоне или по условиям технологии должны поддерживаться постоянными температура или температура и относительная влажность воздуха	0,4

Коэффициенты теплопропускания солнцезащитных устройств следует определять по МСП 2.04.101.

## 2.2. Пример расчета теплоустойчивости ограждающей конструкции

Определить, удовлетворяет ли требованиям в отношении теплоустойчивости стеновая трехслойная железобетонная панель с утеплителем из пенополистирола на гибких связях со следующими характеристиками:

- общая толщина панели 300 мм;
- наружный железобетонный слой: толщина 65 мм, плотность железобетона 2500 мм;
- внутренний железобетонный слой: толщина 100 мм, плотность железобетона 2500 мм;
- теплоизоляционный слой – пенополистирол: толщина 135 мм, плотность пенополистирола 40 мм.

### Исходные данные

1. Район строительства – г. Алматы, условия эксплуатации А.
2. Средняя месячная температура наружного воздуха наиболее жаркого месяца (июля) согласно таблицы 3 СНиП РК 2.04-01-2001  $t_n = 23,5^\circ\text{C}$ .
3. Максимальная амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха согласно приложению Д  $A_{t_n} = 19,4^\circ\text{C}$ .
4. Максимальное и среднее значения суммарной (прямой и рассеянной) солнечной радиации в июле при ясном небе для вертикальной поверхности западной ориентации согласно Приложению Е  $I_{\text{max}} = 756 \text{ Вт/м}^2$  и  $I_{\text{cp}} = 180 \text{ Вт/м}^2$ .
5. Расчетная скорость ветра согласно СНиП РК 2.04-01-2001  $v = 1,6 \text{ м/с}$ .
6. Теплотехнические характеристики материалов панели выбираются по условиям эксплуатации А согласно приложению Г:

для железобетонных слоев

$$\lambda_1 = \lambda_3 = 1,92 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)},$$

$$s_1 = s_3 = 17,98 \text{ Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)};$$

для пенополистирола

$$\lambda_2 = 0,041 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)},$$

$$s_2 = 0,41 \text{ Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)}.$$

### Порядок расчета

1. Термические сопротивления отдельных слоев стеновой панели:

внутреннего железобетонного слоя

$$R_1 = 0,1 / 1,92 = 0,052 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{C/Вт};$$

слоя пенополистирола

$$R_2 = 0,135 / 0,041 = 3,29 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{C/Вт};$$

наружного железобетонного слоя

$$R_3 = 0,065 / 1,92 = 0,034 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{C/Вт}.$$

2. Тепловая инерция каждого слоя и самой панели:

наружного железобетонного слоя

$$D_1 = 0,052 \cdot 17,98 = 0,935 < 1;$$

пенополистирола

$$D_2 = 3,293 \cdot 0,41 = 1,35;$$

внутреннего железобетонного слоя

$$D_3 = 0,034 \cdot 17,98 = 0,611 < 1;$$

всей панели

$$\Sigma D_i = 0,935 + 1,35 + 0,611 = 2,90.$$

Поскольку тепловая инерция стеновой панели  $D < 4$ , то требуется расчет панели на теплоустойчивость.

3. Нормируемая амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности  $A_{\tau}^{mp}$  ограждающей конструкции определяется по формуле (2.1.1)

$$A_{\tau}^{mp} = 2,5 - 0,1(23,5 - 21) = 2,25 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

4. Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности  $\alpha_n$  ограждающей конструкции по летним условиям определяется по формуле (2.1.9)

$$\alpha_n = 1,16(5 + 10\sqrt{1,6}) \approx 20,48 \text{ Вт/(м}^2\cdot^{\circ}\text{C)}.$$

5. Расчетная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха вычисляется по формуле (2.1.3)

$$A_{t_n}^{расч} = 0,5 \cdot 19,4 + \frac{(0,7(756 - 180))}{20,48} = 29,39 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

6. Коэффициент теплоусвоения наружной поверхности слоя  $Y$  с тепловой инерцией  $D < 1$  определяется расчетом по формулам (2.1.7) и (2.1.8):

а) для внутреннего железобетонного слоя

$$Y_1 = (R_1 s_1^2 + \alpha_n) / (1 + R_1 \alpha_n) = (0,052 \cdot 17,98^2 + 8,7) / (1 + 0,052 \cdot 8,7) = 17,6 \text{ Вт/(м}^2\cdot^{\circ}\text{C)};$$

б) для среднего слоя из пенополистирола, имеющего  $D > 1$ , коэффициент теплоусвоения наружной поверхности слоя принимается равным коэффициенту теплоусвоения материала  $Y_2 = s_2 = 0,41 \text{ Вт/(м}^2\cdot^{\circ}\text{C)}$ ;

в) для наружного железобетонного слоя

$$Y_3 = (R_3 s_3^2 + Y_2) / (1 + R_3 s_2) = (0,034 \cdot 17,98^2 + 0,41) / (1 + 0,034 \cdot 0,41) = 11,24 \text{ Вт/(м}^2\cdot^{\circ}\text{C)}.$$

7. Величина затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха в ограждающей конструкции вычисляется по формуле (2.1.4)

$$\begin{aligned} v &= 0,9e^{D/\sqrt{2}} \left[ (s_1 + \alpha_n)(s_2 + Y_1)(s_3 + Y_2)(\alpha_n + Y_3) \right] / \left[ (s_1 + Y_1)(s_2 + Y_2)(s_3 + Y_3)\alpha_n \right] = \\ &= 0,9e^{2,896/\sqrt{2}} \left[ (17,98 + 8,7)(0,41 + 17,6)(17,98 + 0,41)(20,48 + 11,24) \right] / \\ &/ \left[ (17,98 + 17,6)(0,41 + 0,41)(17,98 + 11,24)20,48 \right] \approx 111,96 \end{aligned}$$

8. Амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности стеновой панели определяется по формуле (2.1.2)

$$A_{\tau_e} = \frac{A_{t_n}^{расч}}{v} = \frac{29,39}{111,96} \approx 0,26 < A_{\tau}^{mp} = 2,25 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

что отвечает требованиям норм.

### 3. ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТЬ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

#### 3.1. Требования к воздухопроницаемости ограждающих конструкций в СН РК

Требования к воздухопроницаемости ограждающих конструкций сформулированы следующим образом:

**3.1.1.** Сопротивление воздухопроницанию ограждающих конструкций, за исключением заполнений световых проемов (окон, балконных дверей и фонарей), зданий и сооружений

$R_u$  должно быть не менее нормируемого сопротивления воздухопроницанию  $R_u^{mp}$ , м<sup>2</sup>·ч·Па/кг, определяемого по формуле:

$$R_u^{mp} = \Delta p / G_n, \quad (3.1.1)$$

где  $\Delta p$  – разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций, Па, определяемая в соответствии с 3.1.2;

$G_n$  – нормируемая поперечная воздухопроницаемость ограждающих конструкций, кг/(м<sup>2</sup>·ч), принимаемая в соответствии с 3.1.3.

**3.1.2.** Разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций  $\Delta p$ , Па, следует определять по формуле:

$$\Delta p = 0,55H(\gamma_n - \gamma_e) + 0,03\gamma_n v^2, \quad (3.1.2)$$

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

$\gamma_n, \gamma_e$  – удельный вес соответственно наружного и внутреннего воздуха, Н/м<sup>3</sup>, определяемый по формуле:

$$\gamma = 3463 / (273 + t), \quad (3.1.3)$$

$t$  – температура воздуха: внутреннего (для определения  $\gamma_e$ ) – принимается согласно оптимальным параметрам; наружного (для определения  $\gamma_n$ ) – 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.

**3.1.3.** Нормируемую поперечную воздухопроницаемость,  $G_n$ , кг/(м<sup>2</sup>·ч), ограждающей конструкции зданий следует принимать по таблице 3.1.1.

## Нормируемая поперечная воздухопроницаемость ограждающих конструкций

Ограждающие конструкции	Воздухопроницаемость $G_u$ , кг/(м <sup>2</sup> ·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 зданий и помещений в деревянных переплетах; окна и фонари производственных зданий с кондиционированием воздуха	6,0
7. Окна и балконные двери жилых, общественных и бытовых зданий и помещений в пластмассовых или алюминиевых переплетах	5,0
8. Окна, двери и ворота производственных зданий	8,0
9 Фонари производственных зданий	10,0
* В кг/(м·ч).	

**3.1.4.** Сопротивление воздухопроницанию  $R_u$  многослойной ограждающей конструкции следует рассчитывать как сумму сопротивлений воздухопроницанию отдельных слоев по формуле:

$$R_u = R_{u1} + R_{u2} + \dots + R_{un}, \quad (3.1.4)$$

где  $R_{u1}$ ,  $R_{u2}$ , ...,  $R_{un}$  – сопротивления воздухопроницанию отдельных слоев ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>·ч·Па/кг.

**3.1.5.** Сопротивление воздухопроницанию окон и балконных дверей жилых и общественных зданий, а также окон и фонарей производственных зданий  $R_u$  должно быть не менее нормируемого сопротивления воздухопроницанию  $R_u^{mp}$ , м<sup>2</sup>·ч/кг, определяемого по формуле:

$$R_u^{mp} = (1/G_u) \cdot (\Delta p / \Delta p_0)^{2/3}, \quad (3.1.5)$$

где  $G_u$  – то же, что и в формуле (3.1.1);

$\Delta p$  – то же, что и в формуле (3.1.2);

$\Delta p_0 = 10$  Па – разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях светопрозрачных ограждающих конструкций, при которой экспериментально определяется сопротивление воздухопроницанию данных конструкций  $R_u$ .

**3.1.6.** Сопротивление воздухопроницанию выбранного типа светопрозрачной конструкции  $R_u$ , м<sup>2</sup>·ч/кг, определяют по формуле:

$$R_u = (1 / G_c) \cdot (\Delta p / \Delta p_0)^n, \quad (3.1.6)$$

где  $G_c$  – воздухопроницаемость светопрозрачной конструкции, кг/(м<sup>2</sup>·ч), при  $\Delta p_0 = 10$  Па, полученная в результате испытаний;

$n$  – показатель режима фильтрации светопрозрачной конструкции, полученный в результате испытаний.

**3.1.7.** В случае  $R_u \geq R_u^{mp}$  выбранная ограждающая конструкция удовлетворяет требованиям п. 3.1.1 по сопротивлению воздухопроницанию.

В случае  $R_u < R_u^{mp}$  необходимо заменить или изменить ограждающую конструкцию и проводить расчеты по формулам (3.1.4) или (3.1.6) до удовлетворения требований п. 3.1.1.

**3.1.8.** Для обеспечения нормируемого воздухообмена при оборудовании помещений только вытяжной вентиляцией, в наружных ограждениях (стенах, окнах) следует предусмотреть регулируемые приточные устройства.

## 3.2. Пример проверки воздухопроницаемости ограждающей конструкции

### Исходные данные

Определить, удовлетворяют ли в отношении сопротивления воздухопроницанию требованиям СН РК окна в пластмассовых переплетах с двухкамерными стеклопакетами в 12-этажном здании высотой  $H = 34,8$  м в г. Астане. Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь  $v = 5,9$  м/с. Согласно сертификату воздухопроницаемость окна при  $\Delta p = 10$  Па равна  $G = 3,94$  кг/(м<sup>2</sup>·ч), показатель режима фильтрации  $n = 0,55$ .

### Порядок расчета

Для г. Астаны согласно СНиП 23-01 средняя температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 равна минус 33°С, расчетная температура внутреннего воздуха равна 21°С.

Вычисляем удельный вес наружного и внутреннего воздуха по формуле (3.1.3):

$$\begin{aligned}\gamma_n &= 3463 / [273 + (-33)] = 14,43 \text{ Н/м}^3; \\ \gamma_e &= 3463 / (273 + 21) = 11,78 \text{ Н/м}^3.\end{aligned}$$

Определяем расчетную разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях окна на уровне пола первого этажа здания  $\Delta p$  по формуле (3.1.2)

$$\Delta p = 0,55 \cdot 34,8 (14,43 - 11,78) + 0,03 \cdot 14,43 \cdot (5,9)^2 = 65,79 \text{ Па}.$$

Находим нормируемое сопротивление воздухопроницанию окон в рассматриваемом доме по формуле (3.1.5)

$$R_u^{mp} = (1 / 5) (65,79 / 10)^{2/3} = 0,7 \text{ м}^2 \cdot \text{ч/кг}.$$

Сопротивление воздухопроницанию окна определим по формуле (3.1.6)

$$R_u = (1 / 3,94) (65,79 / 10)^{0,55} = 0,715 \text{ м}^2 \cdot \text{ч/кг}.$$

Таким образом, выбранное окно удовлетворяет требованиям СН РК.

## 4. ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕУВЛАЖНЕНИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

### 4.1. Требования к сопротивлению паропрооницанию ограждающих конструкций в СН РК

Требования к сопротивлению паропрооницанию ограждающих конструкций сформулированы следующим образом:

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

Сопротивление паропрооницанию  $R_n$ , м<sup>2</sup>·ч·Па/мг, ограждающей конструкции (в пределах от внутренней поверхности до плоскости максимального увлажнения, определяемой в соответствии с п. 4.1.5) должно быть не менее наибольшего из следующих требуемых сопротивлений паропрооницанию:

а) требуемого сопротивления паропрооницанию  $R_{n1}^{mp}$ , м<sup>2</sup>·ч·Па/мг (из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации), определяемого по формуле:

$$R_{n1}^{mp} = \frac{(e_e - E)R_{n,n}}{E - e_n}; \quad (4.1.1)$$

б) требуемого сопротивления паропрооницанию  $R_{n2}^{mp}$ , м<sup>2</sup>·ч·Па/мг (из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха), определяемого по формуле:

$$R_{n2}^{mp} = \frac{0,0024z_\theta(e - E)}{\rho_w \delta_w \Delta w + \eta}, \quad (4.1.2)$$

где  $e_e$  – парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха, Па, при расчетных температуре и относительной влажности воздуха в помещении, определяемое по формуле:

$$e_e = (\phi_e / 100) E_e, \quad (4.1.3)$$

где  $E_e$  – парциальное давление насыщенного водяного пара, Па, при температуре внутреннего воздуха помещения  $t_e$ , рассчитывается в соответствии с п. 4.1.6;

$\phi_e$  – относительная влажность внутреннего воздуха, %, принимаемая для различных зданий в соответствии с п. 1.1.7;

$R_{n,n}$  – сопротивление паропрооницанию, м<sup>2</sup>·ч·Па/мг, части ограждающей конструкции, расположенной между наружной поверхностью ограждающей конструкции и плоскостью максимального увлажнения, определяемое по п. 4.1.7;

$e_n$  – среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха за годовой период, Па, определяемое по таблице 5а\* СНиП 23-01;

$z_\theta$  – продолжительность периода влагонакопления, сут., принимаемая равной периоду с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха по таблице 3\* СНиП 23-01;

$E_0$  – парциальное давление насыщенного водяного пара в плоскости максимального увлажнения, Па, определяемое при средней температуре наружного воздуха периода влагонакопления  $z_0$  согласно п. 4.1.6 и п. 4.1.8;

$\rho_w$  – плотность материала увлажняемого слоя, кг/м<sup>3</sup>, принимаемая равной  $\rho_0$  по приложению Г настоящего СП;

$\delta_w$  – 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;

$\Delta w$  – предельно допустимое приращение влажности в материале увлажняемого слоя, % по массе, за период влагонакопления  $z_0$ , принимаемое по таблице 4.1.1.

В случае, когда плоскость максимального увлажнения приходится на стык между двумя слоями,  $\delta_w \Delta w$  в формуле (4.1.2) принимается равной сумме  $\delta_{w1} \Delta w_1 + \delta_{w2} \Delta w_2$ , где  $\delta_{w1}$  и  $\delta_{w2}$  соответствуют половине толщины стыкующихся слоев.

Таблица 4.1.1

**Значения предельно допустимого приращения влажности в материале  $\Delta w$**

Материал ограждающей конструкции	Предельно допустимое приращение влажности в материале* $\Delta w$ , % 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, шугизитобетон, перлитобетон, шлакопемзобетон)	5
4. Ячеистые бетоны (газобетон, пенобетон, газосиликат и др.)	6
5. Пеногазостекло	1,5
6. Фибролит и арболит цементные	7,5
7. Минераловатные плиты и маты	3
8. Пенополистирол и пенополиуретан	25
9. Фенольно-резольный пенопласт	50
10. Теплоизоляционные засыпки из керамзита, шунгизита, шлака	3
11. Тяжелый бетон, цементно-песчаный раствор	2

\* В случае, если значение сорбционной влажности материала при относительной влажности воздуха 97% меньше, чем значение влажности материала при условии эксплуатации Б, и разница между этими значениями составляет  $\Delta w_c$ , % по массе, то значение предельно допустимого приращения влажности в материале  $\Delta w$  увеличивается на величину  $\Delta w_c$ . Сорбционную влажность материала определяют по ГОСТ 24816.

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

$$E = (E_1 \cdot z_1 + E_2 \cdot z_2 + E_3 \cdot z_3) / 12, \quad (4.1.4)$$

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 согласно п. 4.1.6, по температуре в плоскости максимального увлажнения (определяется согласно п. 4.1.8), при средней температуре наружного воздуха соответствующего периода;

$z_1, z_2, z_3$  – продолжительность зимнего, весенне-осеннего и летнего периодов года, мес., определяемая по таблице 3 СНиП 23-01 с учетом следующих условий:

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

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

в) к летнему периоду относятся месяцы со средними температурами воздуха выше плюс 5°C;

$\eta$  – коэффициент, определяемый по формуле:

$$\eta = \frac{0,0024(E_0 - e_{n,omp})z_0}{R_{n,u}}, \quad (4.1.5)$$

где  $e_{n,omp}$  – среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами, Па, определяемыми по таблице 5а\* СНиП 23-01.

#### Примечание:

1. 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  $e_g$  – не ниже среднего парциального давления водяного пара наружного воздуха за этот период.

**4.1.2.** Сопротивление паропрооницанию  $R_n$ , м<sup>2</sup>·ч·Па/мг, чердачного перекрытия или части конструкции вентилируемого покрытия, расположенной между внутренней поверхностью покрытия и воздушной прослойкой, в зданиях со скатами кровли должно быть не менее требуемого сопротивления паропрооницанию  $R_n^{mp}$ , м<sup>2</sup>·ч·Па/мг, определяемого по формуле:

$$R_n^{mp} = 0,0012(e_g - e_{n,omp}), \quad (4.1.6)$$

где  $e_g$ ,  $e_{n,omp}$  – то же, что и в формулах (4.1.1) и (4.1.5).

**4.1.3.** Для защиты от увлажнения теплоизоляционного слоя (утеплителя) в покрытиях зданий с влажным или мокрым режимом следует предусматривать пароизоляцию ниже теплоизоляционного слоя, которую следует учитывать при определении сопротивления паропрооницанию покрытия в соответствии с п. 4.1.7.

**4.1.4.** Для защиты от переувлажнения навесных фасадных систем с вентилируемой воздушной прослойкой необходимо дополнительно выполнить проверку на «невыпадение конденсата» в вентилируемой воздушной прослойке в соответствии с расчетом, представленным в п. 7.1.

**4.1.5.** Плоскость максимального увлажнения определяется для периода с отрицательными среднемесячными температурами.

По формуле (4.1.7) для каждого слоя многослойной конструкции вычисляют значение комплекса  $f_i(t_{м.у.})$ , характеризующего температуру в плоскости максимального увлажнения. Для этого в формулу (4.1.7) подставляются коэффициенты теплопроводности и паропрооницаемости, соответствующие каждому слою конструкции.

$$f_i(t_{м.у.}) = 5330 \cdot \frac{R_{o,n}(t_g - t_{n,omp})}{R_o^{усл}(e_g - e_0^n)} \cdot \frac{\mu_i}{\lambda_i}, \quad (4.1.7)$$

где  $R_{o,n}$  – общее сопротивление паропрооницанию ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>·ч·Па/мг, определяемое согласно п. 4.1.7;

$R_o^{усл}$  – условное сопротивление теплопередаче однородной многослойной ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>·°С/Вт, определяемое по формуле (1.2.6);

$t_{n,omp}$  – средняя температура наружного воздуха для периода с отрицательными среднемесячными температурами, °С;

$\lambda_p$ ,  $\mu_i$  – расчетные коэффициенты теплопроводности, Вт/(м<sup>2</sup>·°С), и паропрооницаемости, мг/(м·ч·Па), материала соответствующего слоя.

По полученным значениям комплекса  $f_i(t_{м.у.})$  по таблице 4.1.2 определяют значения температуры в плоскости максимального увлажнения,  $t_{м.у.}$ , для каждого слоя многослойной конструкции.

Составляют таблицу, содержащую номер слоя,  $t_{м.у.}$  для этого слоя, температуры на границах слоя, полученные расчетом по п. 4.1.8 (при средней температуре наружного воздуха периода месяцев с отрицательными средними температурами). Полученные значения  $t_{м.у.}$  сравнивают с температурами на границах слоев конструкции и определяют слой, в котором находится плоскость максимального увлажнения (если температура  $t_{м.у.}$  для данного слоя лежит в пределах температур на границах). По значению  $t_{м.у.}$  в данном слое опреде-

ляют координату  $x_{м.у.}$  плоскости максимального увлажнения в этом слое (распределение температуры внутри слоя линейно). Если в двух соседних слоях 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 стыке этих слоев. Если внутри конструкции не оказалось плоскости максимального увлажнения, то она проходит по наружной границе конструкции.

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

Таблица 4.1.2

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

$t_{м.у.}, ^\circ\text{C}$	$f(t_{м.у.}), (\text{°C})^2/\text{Па}$						
-25	712,5	-14	312,3	-3	146,9	8	73,51
-24	658,9	-13	290,8	-2	137,6	9	69,22
-23	609,8	-12	270,9	-1	128,9	10	65,22
-22	564,7	-11	252,5	0	120,9	11	61,47
-21	523,2	-10	235,5	1	113,4	12	57,96
-20	485,2	-9	219,8	2	106,5	13	54,68
-19	450,1	-8	205,2	3	100,0	14	51,6
-18	417,9	-7	191,8	4	93,91	15	48,72
-17	388,2	-6	179,2	5	88,27	16	46,02
-16	360,8	-5	167,6	6	83,01	17	43,48
-15	335,6	-4	156,9	7	78,1	18	41,11

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

$$\frac{\mu_{ym}}{\lambda_{ym}} > 2,$$

где  $\lambda_{ym}$   $\mu_{ym}$  – расчетный коэффициент теплопроводности, Вт/(м<sup>2</sup>·°C), и паропроницаемости, мг/(м·ч·Па), материала теплоизоляционного слоя.

**4.1.6.** Парциальное давление насыщенного водяного пара  $E$ , Па, при температуре  $t$ , °C от минус 40°C до плюс 45°C, определяется по формуле:

$$E = 1,84 \cdot 10^{11} \exp\left(-\frac{5330}{273 + t}\right). \quad (4.1.8)$$

**4.1.7.** Сопротивление паропроницанию  $R_{ni}$ , м<sup>2</sup>·ч·Па/мг, однослойной или отдельного слоя многослойной ограждающей конструкции определяется по формуле:

$$R_{ni} = \frac{\delta_i}{\mu_i}, \quad (4.1.9)$$

где  $\delta_i$  – толщина слоя ограждающей конструкции, м;

$\mu_i$  – расчетный коэффициент паропроницаемости материала слоя ограждающей конструкции, мг/(м·ч·Па);

Сопrotивление паропроницанию многослойной ограждающей конструкции (или ее части) равно сумме сопротивлений паропроницанию составляющих ее слоев:

$$R_{o,n} = \sum \frac{\delta_i}{\mu_i}. \quad (4.1.9^*)$$

Сопrotивление паропроницанию  $R_n$  листовых материалов и тонких слоев пароизоляции следует принимать по приложению В.

**Примечания:**

1. Сопrotивление паропроницанию замкнутых воздушных прослоек в ограждающих конструкциях следует принимать равным нулю независимо от расположения и толщины этих прослоек.

2. Для обеспечения требуемого сопротивления паропроницанию  $R_n^{mp}$  ограждающей конструкции следует определять сопротивление паропроницанию  $R_n$  конструкции в пределах от внутренней поверхности до плоскости максимального увлажнения.

3. В помещениях с влажным или мокрым режимом следует предусматривать пароизоляцию теплоизолирующих уплотнителей сопряжений элементов ограждающих конструкций (мест примыкания заполнений проемов к стенам и т. п.) со стороны помещений; сопротивление паропроницанию в местах таких сопряжений проверяется из условия ограничения накопления влаги в сопряжениях за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха на основании расчета температурного и влажностного полей.

**4.1.8.** Температуру  $t_x$ , °С, ограждающей конструкции в плоскости, отстоящей от внутренней поверхности на расстоянии  $x$ , м, следует определять по формуле:

$$t_x = t_g - \frac{t_g - t_n}{R_{\text{усл}}} R_x, \quad (4.1.10)$$

где  $t_g$  и  $t_n$  – температура внутреннего и наружного воздуха, соответственно, °С;

$R_x$  – сопротивление теплопередаче части многослойной ограждающей конструкции от внутренней поверхности до плоскости, отстоящей от внутренней поверхности на расстоянии  $x$ , м<sup>2</sup>·°С/Вт, определяемое по формуле:

$$R_x = \frac{l}{\alpha_g} + \sum_{\substack{\text{до сече-} \\ \text{ния } x}} \frac{\delta_i}{\lambda_i}. \quad (4.1.11)$$

**4.2. Пример проверки сопротивлению паропроницанию ограждающей конструкции**

Рассчитать сопротивление паропроницанию наружной многослойной стены из железобетона, утеплителя и кирпичной облицовки жилого здания в г. Астане. Проверить соответствие сопротивления паропроницанию стены требованиям СН РК.

**Исходные данные**

Расчетная температура и относительная влажность внутреннего воздуха для жилых помещений:  $t_g = 20^\circ\text{C}$  (согласно ГОСТ 30494),  $\phi_g = 55\%$  (согласно СН РК).

Влажностный режим жилых помещений – нормальный; зона влажности для г. Астана – сухая, тогда условия эксплуатации ограждающих конструкций определяют по параметру А (согласно СН РК).

Расчетные теплотехнические показатели материалов приняты по параметру А приложения Г.

Наружная многослойная стена жилого дома состоит из следующих слоев, считая от внутренней поверхности:

1. Гипсокартонные листы толщиной 12 мм, плотностью  $\rho_0 = 1050 \text{ кг/м}^3$ , расчетные коэффициенты: теплопроводности  $\lambda_B = 0,36 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$ , паропроницаемости  $\mu = 0,075 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$ .

2. Железобетон толщиной 100 мм, плотностью  $\rho_0 = 2500 \text{ кг/м}^3$ , расчетные коэффициенты: теплопроводности  $\lambda_B = 2,04 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$ , паропроницаемости  $\mu = 0,03 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$ .

3. Пенополистирол толщиной 100 мм, плотностью  $\rho_0 = 40 \text{ кг/м}^3$ , расчетные коэффициенты: теплопроводности  $\lambda_B = 0,05 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$ , паропроницаемости  $\mu = 0,05 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$ .

4. Кирпичная облицовка из керамического пустотного кирпича толщиной 120 мм, плотностью  $\rho_0 = 1600 \text{ кг/м}^3$ , расчетные коэффициенты: теплопроводности  $\lambda_B = 0,64 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$ , паропроницаемости  $\mu = 0,14 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$ .

### Порядок расчета

Во-первых, находим плоскость максимального увлажнения. Для этого необходимо вычислить значения комплекса ( $f_i(t_{м.у.})$ ) каждого слоя конструкции по формуле (4.1.7):

$$f_i(t_{м.у.}) = 5330 \cdot \frac{R_{o,n}(t_\theta - t_{н,omp})}{R_o^{ysel}(e_\theta - e_{н,omp})} \cdot \frac{\mu_i}{\lambda_i} = f_o \cdot \frac{\mu_i}{\lambda_i}.$$

Вычислим общее сопротивление паропроницанию ограждающей конструкции ( $R_{o,n}$ ) по формуле (4.1.9\*):

$$R_{o,n} = \sum \frac{\delta_i}{\mu_i},$$

$$R_{o,n} = \frac{0,012}{0,075} + \frac{0,1}{0,03} + \frac{0,1}{0,05} + \frac{0,12}{0,14} \approx 6,35 (\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг})$$

Условное сопротивление теплопередаче ( $R_o^{ysel}$ ) однородной многослойной ограждающей конструкции определяется по формуле (1.2.6):

$$R_o^{ysel} = \frac{1}{\alpha_\theta} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_n},$$

$$R_o^{ysel} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,012}{0,36} + \frac{0,1}{2,04} + \frac{0,1}{0,05} + \frac{0,12}{0,64} + \frac{1}{23} \approx 2,42 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С} / \text{Вт}).$$

Парциальное давление водяного пара вычисляется по формуле (4.1.3):

$$e_\theta = (\varphi_\theta / 100) \cdot E_\theta,$$

где  $E_\theta$  – парциальное давление насыщенного водяного пара, при температуре внутреннего воздуха помещения  $t_\theta$ , рассчитывается по формуле (4.1.8):

$$E = 1,84 \cdot 10^{11} \exp\left(-\frac{5330}{273+t}\right),$$

тогда

$$E_\theta = 1,84 \cdot 10^{11} \exp\left(-\frac{5330}{293}\right) \approx 2315 (\text{Па}),$$

$$e_\theta = (55/100) \cdot 2315 \approx 1273 (\text{Па}).$$

Далее, средняя температура наружного воздуха для периода с отрицательными среднемесячными температурами, согласно данным СНиП РК 2.04-01-2001 равна:  $t_{н,omp} = -11,7 (^\circ\text{С})$

По Приложению Ж высчитываем среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами:

$$e_{н,отр} = (170 + 180 + 280 + 320 + 210) / 5 = 232(\text{Па}) .$$

Таким образом, вычислив все неизвестные величины, можем найти значения термочарактеристик каждого слоя ограждающей конструкции. Предварительно вычислим общий для всех слоев коэффициент:

Тогда получаем:

$$f_o = 5330 \cdot \frac{6,35 \cdot (20 - (-11,7))}{2,42 \cdot (1273 - 232)} \approx 426 .$$

$$f_1(t_{м.у.}) = 426 \cdot \frac{0,075}{0,36} \approx 88,7((^{\circ}\text{C})^2 / \text{Па}),$$

$$f_2(t_{м.у.}) = 426 \cdot \frac{0,03}{2,04} \approx 6,26((^{\circ}\text{C})^2 / \text{Па}),$$

$$f_3(t_{м.у.}) = 426 \cdot \frac{0,05}{0,05} = 426((^{\circ}\text{C})^2 / \text{Па}),$$

$$f_4(t_{м.у.}) = 426 \cdot \frac{0,14}{0,64} \approx 93,1((^{\circ}\text{C})^2 / \text{Па}).$$

С помощью табл. 4.1.2 определяем значение температуры в плоскости максимального увлажнения ( $t_{м.у.}$ ) для каждого слоя конструкции.

Значение  $f_2(t_{м.у.})$  отсутствует в таблице, т.е. такая температура невозможна во втором слое ограждающей конструкции (слое железобетона).

Значение  $f_1(t_{м.у.}) \approx 88,7((^{\circ}\text{C})^2 / \text{Па})$  лежит в границах комплекса  $f(t_{м.у.}) = 93,91((^{\circ}\text{C})^2 / \text{Па})$  и  $f(t_{м.у.}) = 88,27((^{\circ}\text{C})^2 / \text{Па})$ , соответствующих  $t_{м.у.} = 4^{\circ}\text{C}$  и

$t_{м.у.} = 4^{\circ}\text{C}$ , тогда получаем, что единица комплекса соответствует  $\frac{1}{93,91 - 88,27} \approx 0,177(^{\circ}\text{C})$ .

Следовательно, температура в плоскости максимального увлажнения третьего слоя (слоя экструдированного пенополистирола) конструкции равна:

$$t_{м.у.} = 4 + (88,7 - 88,27) \cdot 0,177 \approx 4,99(^{\circ}\text{C}).$$

Подобным образом находим температуру в плоскости максимального увлажнения в третьем слое (пенополистироле):

$$t_{м.у.} \approx -18,25(^{\circ}\text{C}),$$

и четвертом слое конструкции (кирпичной облицовке):

$$t_{м.у.} \approx 4,1(^{\circ}\text{C})$$

Теперь необходимо найти слой ограждающей конструкции, в котором находится плоскость максимального увлажнения. Для этого нужно узнать распределение температуры по сечению стены. Т.к. внутри одного слоя температура распределяется линейно, то достаточно знать температуру на границах слоев. Температуру ( $t_x$ ) ограждающей конструкции в плоскости, отстоящей от внутренней поверхности на расстоянии  $x$  (м), следует определять по формуле (4.1.10):

$$t_x = t_b - \frac{t_b - t_n}{R_{\text{усл}}^o} R_x,$$

где  $R_x$  – сопротивление теплопередаче части многослойной ограждающей конструкции от внутренней поверхности до плоскости, отстоящей от внутренней поверхности на расстоянии  $x$  (м), определяемое по формуле (4.1.11):

$$R_x = \frac{1}{\alpha_{в}} + \sum_{\text{до сечения } x} \frac{\delta_i}{\lambda_i}.$$

Таким образом, чтобы найти температуры на границах слоев вначале надо найти сопротивление теплопередаче, соответствующей части конструкции:

$$R_{0,012} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,012}{0,36} \approx 0,15 (\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}),$$

$$R_{0,112} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,012}{0,36} + \frac{0,1}{2,04} \approx 0,2 (\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}),$$

$$R_{0,212} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,012}{0,36} + \frac{0,1}{2,04} + \frac{0,1}{0,05} \approx 2,2 (\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}),$$

$$R_{0,332} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,012}{0,36} + \frac{0,1}{2,04} + \frac{0,1}{0,05} + \frac{0,12}{0,64} \approx 2,39 (\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}).$$

Тогда температуры на границах слоев равны (при средней температуре наружного воздуха периода месяцев с отрицательными температурами):

$$t_{0,012} = 20 - \frac{20 - (-11,7)}{2,42} \cdot 0,15 \approx 18,04 (\text{°C}),$$

$$t_{0,112} = 20 - \frac{20 - (-11,7)}{2,42} \cdot 0,2 \approx 17,4 (\text{°C}),$$

$$t_{0,212} = 20 - \frac{20 - (-11,7)}{2,42} \cdot 2,2 \approx -8,8 (\text{°C}),$$

$$t_{0,332} = 20 - \frac{20 - (-11,7)}{2,42} \cdot 2,39 \approx -11,3 (\text{°C}).$$

Для удобства составим такую таблицу.

Номер слоя	Температура на границе, °C	Температура в плоскости максимального увлажнения, °C
1	18,04°C	4,99°C
2	17,4°C	-
3	-8,8°C	-18,25°C
4	-11,3°C	4,1°C

Видим, что ни в одном из слоев нет температуры в плоскости максимального увлажнения, лежащей в пределах температур на границах этого слоя. Однако, имеется два соседних слоя (третий и четвертый), в которых 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, тогда, согласно п. 4.1.5, плоскость максимального увлажнения находится на стыке этих слоев (координата  $t_{м.у.} = 0,212$  м).

После нахождения координаты плоскости максимального увлажнения можно приступить ко второй части проверки на соответствие требованиям СН РК данной конструкции – сравнению сопротивления паропроницанию ограждающей конструкции в пределах от внутренней поверхности до плоскости максимального увлажнения ( $R_n$ ) с требуемыми сопротивлениями.

Сопротивление паропрооницанию ограждающей конструкции в пределах от внутренней поверхности до плоскости максимального увлажнения ( $R_n$ ) находится по формуле (4.1.9):

$$R_n = \sum_{\substack{\text{до сече-} \\ \text{ния } x}} \frac{\delta_i}{\mu_i},$$

$$R_n = \frac{0,012}{0,075} + \frac{0,1}{0,03} + \frac{0,1}{0,05} \approx 5,49(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг})$$

Это сопротивление паропрооницанию ( $R_n$ ) должно быть не менее наибольшего из следующих требуемых сопротивлений паропрооницанию:

а) требуемого сопротивления паропрооницанию из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации ( $R_{n1}^{mp}$ ), определяемого по формуле (4.1.1):

$$R_{n1}^{mp} = \frac{(e_a - E)R_{n,n}}{E - e_n},$$

б) требуемого сопротивления паропрооницанию из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха ( $R_{n2}^{mp}$ ), определяемого по формуле (4.1.2):

$$R_{n2}^{mp} = \frac{0,0024z_0(e_a - E_0)}{\rho_w \delta_w \Delta w + \eta}.$$

Парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха найдено ранее:

$$e_a \approx 1273(\text{Па}).$$

Парциальное давление насыщенного водяного пара в плоскости максимального увлажнения ( $E$ ) за годовой период эксплуатации определяется по формуле (4.1.4):

$$E = (E_1 \cdot z_1 + E_2 \cdot z_2 + E_3 \cdot z_3) / 12,$$

где  $E_1, E_2, E_3$  – парциальные давления насыщенного водяного пара в плоскости максимального увлажнения, соответственно зимнего, весенне-осеннего и летнего периодов, 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 СНиП РК 2.04-01-2001 с учетом следующих условий:

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

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

в) к летнему периоду относятся месяцы со средними температурами воздуха выше плюс 5°C.

Продолжительность зимнего периода составляет для Астаны  $z_1 = 5$  мес, среднемесячная температура этого периода  $t_1 = (-16,8 - 16,5 - 10,1 - 7,0 - 14,0) / 5 = -12,88(^{\circ}\text{C})$ . Подставим её в формулу 4.1.10, чтобы найти температуру в плоскости максимального увлажнения для данного периода:

$$t_{м.у.1} = 20 - \frac{20 - (-12,88)}{2,42} \cdot 2,2 \approx -9,89(^{\circ}\text{C}).$$

Находим по формуле (4.1.8) парциальное давление насыщенного водяного пара для зимнего периода:

$$E_1 = 1,84 \cdot 10^{11} \exp\left(-\frac{5330}{273 + (-9,89)}\right) \approx 293(\text{Па}).$$

Таким же образом находим остальные неизвестные величины для других периодов.

Для весенне-осеннего периода  $z_2 = 2$ ,  $t_2 = (3,0 + 2,6) / 2 = 2,8(^{\circ}C)$ ,

$$t_{м.у.2} = 20 - \frac{20 - 2,8}{2,42} \cdot 2,2 \approx 4,36(^{\circ}C),$$

$$E_2 = 1,84 \cdot 10^{11} \exp\left(-\frac{5330}{273 - 0,59}\right) \approx 585(Па).$$

Для летнего периода  $z_3 = 5$ ,  $t_3 = 16,12(^{\circ}C)$ ,  $t_{м.у.3} \approx 16,47(^{\circ}C)$ ,  $E_3 \approx 1854(Па)$ .

Тогда, подставляя полученные значения, получаем:

$$E = (293 \cdot 5 + 585 \cdot 2 + 1854 \cdot 5) / 12 \approx 992(Па).$$

По Приложению Ж определяем среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха за годовой период:

$$e_n = (170 + 180 + 280 + 550 + 800 + 1090 + 1270 + 810 + 540 + 320 + 210) / 12 \approx 518(Па)$$

Сопrotивление паропроницанию части ограждающей конструкции, расположенной между наружной поверхностью и плоскостью максимального увлажнения ( $R_{н.н.}$ ) можно найти по формуле (4.1.9), а можно вычесть из общего ( $R_{о.н.}$ ), сопротивление от внутренней поверхности до плоскости максимального увлажнения  $R_n$ :

$$R_{н.н.} = R_{о.н.} - R_n = 6,35 - 5,49 = 0,86(м^2 \cdot ч \cdot Па / мг)$$

Таким образом, получаем:

$$R_{н1}^{mp} = \frac{(e_s - E)R_{н.н.}}{E - e_n} = \frac{(1273 - 992) \cdot 0,86}{(992 - 518)} \approx 0,5(м^2 \cdot ч \cdot Па / мг)$$

Далее, продолжительность периода влагонакопления ( $z_0$ ) принимается равной периоду с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха по СНиП РК 2.04-01-2001 в сутках. Для Астаны она равна:

$$z_0 = 31 + 28 + 31 + 30 + 31 = 151(сут.)$$

Парциальное давление насыщенного водяного пара в плоскости максимального увлажнения, определяемое при средней температуре наружного воздуха периода влагонакопления  $z_0$  ( $E_0$ )  $t_{н.отр} = -11,7(^{\circ}C)$ , находим по формуле (4.1.8). При этом температура в плоскости максимального увлажнения равна температуре на стыке двух слоев, найденной ранее:  $t_{м.у.} \approx -8,8(^{\circ}C)$ .

$$E_0 = 1,84 \cdot 10^{11} \exp\left(-\frac{5330}{273 + (-4,16)}\right) \approx 319(Па).$$

Так как плоскость максимального увлажнения находится на стыке двух слоев, необходимо, согласно п. 4.1.1, выражение  $\rho_w \delta_w \Delta w$  принять равным  $\rho_{w1} \delta_{w1} \Delta w_1 + \rho_{w2} \delta_{w2} \Delta w_2$ , где  $\delta_{w1}$  и  $\delta_{w2}$  соответствуют половине толщины стыкующихся слоев, а  $\rho_{w1} - \rho_{w2}$  и  $\Delta w_1 - \Delta w_2$  - соответственно плотности материалов этих слоев и предельно допустимое приращение влажности в материалах (принимаемые по таблице 4.1.1).

Тогда:

$$\rho_{w1} \delta_{w1} \Delta w_1 + \rho_{w2} \delta_{w2} \Delta w_2 = 40 \cdot 0,05 \cdot 25 + 1600 \cdot 0,06 \cdot 1,5 = 149 .$$

Коэффициент  $\eta$  находится по формуле (4.1.5):

$$\eta = \frac{0,0024 (E_0 - e_{n,omp}) z_0}{R_{n,n}} ,$$

$$\eta = \frac{0,0024 \cdot (319 - 232) \cdot 151}{0,86} \approx 36,66 .$$

Тогда, подставляя найденные величины, получаем:

$$R_{n2}^{mp} = \frac{0,0024 \cdot 151 \cdot (1273 - 319)}{149 + 36,66} \approx 1,9 (\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}) .$$

При сравнении полученных требуемых значений сопротивлений паропрооницанию  $R_{n1}^{mp}$  и  $R_{n2}^{mp}$  с найденным ранее сопротивлением паропрооницанию ограждающей конструкции в пределах от внутренней поверхности до плоскости максимального увлажнения  $R_n$  устанавливаем, что:

$$R_n > R_{n2}^{mp} > R_{n1}^{mp} .$$

Следовательно, данная ограждающая конструкция удовлетворяет требованиям СН РК в отношении сопротивления паропрооницанию.

## 5. ТЕПЛОУСВОЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛОВ

### 5.1. Требования к теплоусвоению поверхности полов в СН РК

Требования к теплоусвоению поверхности полов сформулированы следующим образом:

**5.1.1.** Поверхность пола жилых и общественных зданий, вспомогательных зданий и помещений промышленных предприятий и отапливаемых помещений производственных зданий (на участках с постоянными рабочими местами) должна иметь расчетный показатель теплоусвоения  $Y_{пол}$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°С), не более нормируемой величины  $Y_{пол}^{mp}$ , установленной в таблице 5.1.1.

Таблица 5.1.1

Нормируемые значения показателя  $Y_{пол}^{mp}$

Здания, помещения и отдельные участки	Показатель теплоусвоения поверхности пола $Y_{пол}^{mp}$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)
1. Здания жилые, больничных учреждений (больниц, клиник, стационаров и госпиталей), диспансеров, амбулаторно-поликлинических учреждений, родильных домов, домов ребенка, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, общеобразовательных детских школ, детских садов, яслей, яслей-садов (комбинатов), детских домов и детских приемников-распределителей	12
2. Общественные здания (кроме указанных в поз. 1); вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий; участки с постоянными рабочими местами в отапливаемых помещениях производственных зданий, где выполняются легкие физические работы (категория I)	14
3. Участки с постоянными рабочими местами в отапливаемых помещениях производственных зданий, где выполняются физические работы средней тяжести (категория II)	17
4. Участки животноводческих зданий в местах отдыха животных при бесподстилочном содержании:	
а) коровы и нетели за 2-3 месяца до отела, быки-производители, телята до 6 месяцев, ремонтный молодняк крупного рогатого скота, свиньи-матки, хряки, поросята-отъемыши	11
б) коровы стельные и новотельные, молодняк свиней, свиньи на откорме	13
в) крупный рогатый скот на откорме	14

**5.1.2.** Расчетная величина показателя теплоусвоения поверхности пола  $Y_{пол}$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°С) определяется следующим образом:

а) если покрытие пола (первый слой конструкции пола) имеет тепловую инерцию  $D_1 = R_1 s_1 \geq 0,5$ , то показатель теплоусвоения поверхности пола следует определять по формуле:

$$Y_{пол} = 2s_1; \quad (5.1.1)$$

б) если первые  $n$  слоев конструкции пола ( $n \geq 1$ ) имеют суммарную тепловую инерцию  $D_1 + D_2 + \dots + D_n < 0,5$ , но тепловая инерция  $(n + 1)$  слоев  $D_1 + D_2 + \dots + D_{n+1} \geq 0,5$ , то показатель теплоусвоения поверхности пола  $Y_{пол}$  следует определять последовательно расчетом показателей теплоусвоения поверхностей слоев конструкции, начиная с  $n$ -го до 1-го:

для  $n$ -го слоя – по формуле:

$$Y_n = (2R_n s_n^2 + s_{n+1}) / (0,5 + R_n s_{n+1}); \quad (5.1.2)$$

для  $i$ -го слоя ( $i = n-1; n-2; \dots; 1$ ) – по формуле:

$$Y_i = (4R_i s_i^2 + Y_{n+1}) / (1 + R_i Y_{i+1}). \quad (5.1.3)$$

Показатель теплоусвоения поверхности пола  $Y_{пол}$  принимается равным показателю теплоусвоения поверхности 1-го слоя  $Y_1$ .

В формулах (5.1.1) – (5.1.3) и неравенствах:

$D_1, D_2, \dots, D_{n+1}$  – тепловая инерция соответственно 1-го, 2-го, ...,  $(n+1)$ -го слоев конструкции пола, определяемая по формулам:

$$D_1 = R_1 s_1; \quad D_2 = R_2 s_2; \quad \dots; \quad D_n = R_n s_n \quad (5.1.4)$$

$R_1, R_2, \dots, R_n$  – термические сопротивления,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ , соответственно 1-го, 2-го, ...,  $n$ -го слоев конструкции пола, определяемые по формулам:

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1}; \quad R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2}; \quad \dots; \quad R_n = \frac{\delta_n}{\lambda_n} \quad (5.1.5)$$

$s_1, s_2, \dots, s_n, s_{n+1}$  – расчетные коэффициенты теплоусвоения материала соответственно 1-го, 2-го, ...,  $n$ -го,  $(n+1)$ -го слоев конструкции пола,  $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ , принимаемые по результатам испытаний;

$\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$  – толщины соответственно 1-го, 2-го, ...,  $n$ -го слоев конструкции пола, м;

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  – расчетные теплопроводности материала соответственно 1-го, 2-го, ...,  $n$ -го слоев конструкции пола,  $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ ,  $\text{Вт} / (\text{м} \cdot \text{°C})$ , принимаемые по результатам испытаний.

Если расчетная величина  $Y_{пол}$  показателя теплоусвоения поверхности пола окажется не более нормируемой величины  $Y_{пол}^{mp}$ , установленной в таблице 5.1.1, то этот пол удовлетворяет требованиям в отношении теплоусвоения; если  $Y_{пол} > Y_{пол}^{mp}$ , то следует разработать другую конструкцию пола или изменить толщины его отдельных слоев до удовлетворения требованиям  $Y_{пол} \leq Y_{пол}^{mp}$ .

**5.1.3.** Не нормируется показатель теплоусвоения поверхности полов:

а) имеющих температуру поверхности выше  $23^\circ\text{C}$ ;

б) в отапливаемых помещениях производственных зданий, где выполняются тяжелые физические работы (категория III);

в) в производственных зданиях при условии укладки на участке постоянных рабочих мест деревянных щитов или теплоизолирующих ковров;

г) помещений общественных зданий, эксплуатация которых не связана с постоянным пребыванием в них людей (залы музеев и выставок, фойе театров, кинотеатров и т.п.).

**5.1.4.** Теплотехнический расчет полов животноводческих, птицеводческих и звероводческих зданий следует выполнять с учетом требований действующих строительных норм.

## 5.2. Пример проверки показателя теплоусвоения поверхности пола

### Исходные данные

Определить, удовлетворяет ли в отношении теплоусвоения требованиям СН РК конструкция пола жилого здания из поливинилхлоридного линолеума на теплозвукоизолирующей подоснове из стеклянного волокна, наклеенного холодной битумной мастикой на железобетонную плиту перекрытия. Теплотехнические характеристики отдельных слоев конструкции пола (при их нумерации сверху вниз) даны в таблице 5.2.1.

### Порядок расчета

Определяется тепловая инерция слоев пола по формуле (5.1.4):

$$D_1 = R_1 s_1 = 0,0045 \cdot 7,52 = 0,034;$$

$$D_2 = R_2 s_2 = 0,043 \cdot 0,92 = 0,04;$$

$$D_3 = R_3 s_3 = 0,0059 \cdot 4,56 = 0,027;$$

$$D_4 = R_4 s_4 = 0,08 \cdot 16,77 = 1,34.$$

Так как суммарная тепловая инерция первых трех слоев  $D_1 + D_2 + D_3 = 0,034 + 0,04 + 0,027 = 0,101 < 0,5$ , но суммарная тепловая инерция четырех слоев  $0,101 + 1,34 = 1,441 > 0,5$ , то показатель теплоусвоения поверхности пола определяем последовательно с учетом четырех слоев конструкции пола с помощью формул (5.1.2) и (5.1.3), начиная с третьего:

$$Y_3 = (2R_3 s_3^2 + s_4) / (0,5 + R_3 s_4) = (2 \cdot 0,0059 \cdot 4,56^2 + 16,77) / (0,5 + 0,0059 \cdot 16,77) = 28,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C});$$

$$Y_2 = (4R_3 s_3^2 + Y_3) / (1 + R_2 Y_3) = (4 \cdot 0,043 \cdot 0,92^2 + 28,4) / (1 + 0,043 \cdot 28,4) = 12,9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C});$$

$$Y_1 = Y_n = (4R_1 s_1^2 + Y_2) / (1 + R_1 Y_2) = (4 \cdot 0,0045 \cdot 7,52^2 + 12,9) / (1 + 0,0045 \cdot 12,9) = 13,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

Значение показателя теплоусвоения поверхности пола для жилых зданий согласно п. 5.1.1 не должно превышать нормируемого значения  $Y_{пол}^{нр} = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ . Расчетное значение показателя теплоусвоения данной конструкции  $Y_{пол} = 13,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ .

Следовательно, рассматриваемая конструкция пола в отношении теплоусвоения не удовлетворяет требованиям п. 5.1.1.

Определим показатель теплоусвоения поверхности данной конструкции пола в том случае, если по плите перекрытия будет устроена стяжка из шлакопемзобетона ( $\delta = 0,02 \text{ м}$ ,  $\rho_0 = 1200 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $\lambda = 0,37 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$ ,  $s = 5,83 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ ,  $R = 0,054 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ,  $D = 0,315$ ). Конструкция пола в этом случае будет состоять из пяти слоев.

Так как суммарная тепловая инерция первых четырех слоев  $D_1 + D_2 + D_3 + D_4 = 0,034 + 0,04 + 0,027 + 0,315 = 0,416 < 0,5$ , но суммарная тепловая инерция пяти слоев  $0,416 + 1,34 = 1,756 > 0,5$ , то показатель теплоусвоения поверхности пола определяется с учетом пяти слоев конструкции пола.

Определим показатель теплоусвоения поверхности четвертого, третьего, второго и первого слоев пола по формулам (5.1.2) и (5.1.3):

Таблица 5.2.1

Номер слоя	Материал	Толщина слоя $\delta$ , м	Плотность материала в сухом состоянии $\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup>	Коэффициенты при условиях эксплуатации А		Термическое сопротивление $R$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт
				теплопроводности $\lambda$ , Вт/(м·°С)	теплоусвоения $s$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)	
1	Лицевой слой из линолеума	0,0015	1600	0,33	7,52	0,0045
2	Подоснова	0,002	150	0,047	0,92	0,043
3	Битумная мастика	0,001	1000	0,17	4,56	0,0059
4	Плита перекрытия	0,14	2400	1,74	16,77	0,08

$$Y_4 = (2R_4s_4^2 + s_5) / (0,5 + R_4s_5) = (2 \cdot 0,054 \cdot 5,83^2 + 16,77) / (0,5 + 0,054 \cdot 16,77) = 14,5 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°С)};$$

$$Y_3 = (4R_3s_3^2 + Y_4) / (1 + R_3Y_4) = (4 \cdot 0,0059 \cdot 4,56^2 + 14,5) / (1 + 0,0059 \cdot 14,5) = 13,82 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°С)};$$

$$Y_2 = (4R_2s_2^2 + Y_3) / (1 + R_2Y_3) = (4 \cdot 0,043 \cdot 0,92^2 + 13,82) / (1 + 0,043 \cdot 13,82) = 8,78 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°С)}$$

$$Y_1 = Y_n = (4R_1s_1^2 + Y_2) / (1 + R_1Y_2) = (4 \cdot 0,0045 \cdot 7,52^2 + 8,78) / (1 + 0,0045 \cdot 8,78) = 9,4 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°С)}.$$

Таким образом, устройство по плите перекрытия стяжки из шлакопемзобетона ( $\rho_0 = 1200 \text{ кг/м}^3$ ) толщиной 20 мм уменьшило значение показателя теплоусвоения поверхности пола с 13,2 до 9,4 Вт/(м<sup>2</sup>·°С). Следовательно, эта конструкция пола в отношении теплоусвоения удовлетворяет нормативным требованиям, так как значение показателя теплоусвоения поверхности не превышает  $Y_{пол}^{mp} = 12 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°С)}$  – нормируемого показателя теплоусвоения пола для жилых зданий.

## 6. РАСХОД ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА ОТОПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЮ ЗДАНИЙ

### 6.1. Требования к удельной характеристике расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий в СН РК

Требования к удельной характеристике расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий находятся в разделе «Оценка энергетической эффективности зданий» и сформулированы следующим образом:

**6.1.1.** Энергетическая эффективность жилого и общественного здания на стадии разработки проектной документации характеризуется *показателем энергетической эффективности*, в качестве которого принимается удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, численно равная расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию на 1 м<sup>3</sup> отапливаемого объема здания в единицу времени при перепаде температуры в один °С,  $q_{om}$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°С), определяемому п. 6.2. Этот показатель должен быть меньше или равен нормируемому значению  $q_{om}^{mp}$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°С), и определяться на основе выбранных объемно-планировочных решений, ориентации, теплозащитных свойств ограждающих конструкций здания, климатических условий района строительства, системы вентиляции, а также применением других энергосберегающих решений, до удовлетворения условия:

$$q_{om} \leq q_{om}^{mp}, \quad (6.1.1)$$

где  $q_{om}^{mp}$  – нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий, Вт/(м<sup>3</sup>·°С), определяемая для различных типов жилых и общественных зданий по таблице 6.1.1 или 6.1.2.

Таблица 6.1.1

#### Нормируемая (базовая) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий, $q_{om}^{mp}$ , малоэтажных жилых домов многоквартирных, за отопительный период, Вт/(м<sup>3</sup>·°С)

Отапливаемая площадь домов, м <sup>2</sup>	С числом этажей			
	1	2	3	4
50 и менее	0,579	—	—	—
100	0,517	0,558	—	—
150	0,455	0,496	0,538	—
250	0,414	0,434	0,455	0,476
400	0,372	0,372	0,393	0,414
600	0,359	0,359	0,359	0,372
1000 и более	0,336	0,336	0,336	0,336

**Примечание:** при промежуточных значениях отапливаемой площади дома в интервале 50-1000 м<sup>2</sup> значения  $q_{om}^{mp}$  должны определяться по линейной интерполяции.

**Нормируемая (базовая) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий за отопительный период  $q_{om}^{mp}$  зданий, Вт/(м<sup>3</sup>·°С)**

Тип здания	Этажность здания							
	1	2	3	4, 5	6, 7	8, 9	10, 11	12 и выше
1. Жилые многоквартирные, гостиницы, общежития	0,455	0,414	0,372	0,359	0,336	0,319	0,301	0,290
2. Общественные, кроме перечисленных в строках 3-6 таблицы	0,487	0,440	0,417	0,371	0,359	0,342	0,324	-
3. Поликлиники и лечебные учреждения, дома-интернаты	0,394	0,382	0,371	0,359	0,348	0,336	0,324	-
4. Дошкольные учреждения, хосписы	0,521	0,521	0,521	-	-	-	-	-
5. Сервисного обслуживания, культурно-досуговой деятельности, технопарки, склады	0,266	0,255	0,243	0,232	0,232	-		
6. Административного назначения (офисы)	0,417	0,394	0,382	0,313	0,278	0,255	0,232	0,232

**6.2. Методика расчета удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий в СН РК**

Методика расчета удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление жилых и общественных зданий изложена следующим образом:

**6.2.1.** Расчетную удельную характеристику расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период  $q_{om}^p$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°С), следует определять по формуле:

$$q_{om}^p = [k_{об} + k_{вент} - (k_{быт} + k_{рад}) \cdot v \cdot \zeta] \cdot (1 - \xi) \cdot \beta_h \quad (6.2.1)$$

$k_{об}$  – удельная теплозащитная характеристика здания, Вт/(м<sup>3</sup>·°С), определяется в соответствии с п. 1.6.1;

$k_{вент}$  – удельная вентиляционная характеристика здания, Вт/(м<sup>3</sup>·°С);

$k_{быт}$  – удельная характеристика бытовых тепловыделений здания, Вт/(м<sup>3</sup>·°С);

$k_{рад}$  – удельная характеристика тепlopоступлений в здание от солнечной радиации, Вт/(м<sup>3</sup>·°С);

$\xi$  – коэффициент, учитывающий снижение тепlopотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление, принимается до получения статистических данных фактического снижения  $\xi = 0,1$ .

$\beta_h$  – коэффициент, учитывающий дополнительное тепlopотребление системы отопления, связанное с дискретностью номинального теплового потока номенклатурного ряда отопительных приборов, их дополнительными тепlopотерями через радиаторные участки ограждений, повышенной температурой воздуха в угловых помещениях, тепlopотерями трубопроводов, проходящих через неотапливаемые помещения для:

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

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

зданий с отапливаемыми подвалами или чердаками  $\beta_h = 1,07$ ;

зданий с отапливаемыми подвалами и чердаками, а также с квартирными генераторами теплоты  $\beta_h = 1,05$ ;

$\nu$  – коэффициент снижения теплоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций; рекомендуемые значения определяются по формуле:

$$\nu = 0,7 + 0,000025(GCOI - 1000);$$

$\zeta$  – 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;

$\zeta = 0,9$  – 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.

**6.2.2.** Удельную вентиляционную характеристику здания,  $k_{вент}$ , Вт/(м<sup>3</sup>°С), следует определять по формуле:

$$k_{вент} = 0,28 \cdot c \cdot n_e \cdot \beta_v \cdot \rho_e^{вент} (1 - k_{эф}), \quad (6.2.2)$$

где  $c$  – удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг·°С);

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

$\rho_e^{вент}$  – средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, кг/м<sup>3</sup>

$$\rho_e^{вент} = 353 / [273 + t_{ом}], \quad (6.2.3)$$

$t_{ом}$  – то же, что и в формуле (1.1.2), °С;

$n_e$  – средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, ч<sup>-1</sup>, определяемая по п. 6.1.3;

$k_{эф}$  – коэффициент эффективности рекуператора.

Коэффициент эффективности рекуператора,  $k_{эф}$ , отличен от нуля в том случае, если:

- средняя воздухопроницаемость квартир жилых и помещений общественных зданий (при закрытых приточно-вытяжных вентиляционных отверстиях) обеспечивает в период испытаний воздухообмен кратностью  $n_{50}$ , ч<sup>-1</sup>, при разности давлений 50 Па наружного и внутреннего воздуха при вентиляции с механическим побуждением  $n_{50} \leq 2$  ч<sup>-1</sup>;

- кратность воздухообмена зданий и помещений при разности давлений 50 Па и их среднюю воздухопроницаемость определяют по ГОСТ 31167.

**6.2.3.** Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период  $n_e$ , ч<sup>-1</sup>, рассчитывается по суммарному воздухообмену за счет вентиляции и инфильтрации по формуле:

$$n_e = \left[ (L_{вент} \cdot n_{вент}) / 168 + (G_{инф} \cdot n_{инф}) / (168 \rho_e^{вент}) \right] / (\beta_v V_{от}), \quad (6.2.4)$$

где  $L_{вент}$  – количество приточного воздуха в здание при неорганизованном притоке либо нормируемое значение при механической вентиляции, м<sup>3</sup>/ч, равное для:

а) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир менее 20 м<sup>2</sup> общей площади на человека – 3 A<sub>ж</sub>;

б) других жилых зданий – 0,35·h<sub>эт</sub>·(A<sub>ж</sub>), но не менее 30 т; где т – расчетное число жителей в здании;

в) общественных и административных зданий принимают условно: для административных зданий, офисов, складов и супермаркетов – 4A<sub>р</sub>; для магазинов шаговой доступности, учреждений здравоохранения, комбинатов бытового обслуживания, спортивных арен, музеев и выставок – 5A<sub>р</sub>; для детских дошкольных учреждений, школ, среднетехнических и высших учебных заведений – 7A<sub>р</sub>; для физкультурно-оздоровительных и культурно-досуговых комплексов, ресторанов, кафе, вокзалов – 10A<sub>р</sub>;

A<sub>ж</sub>, A<sub>р</sub> – для жилых зданий – площадь жилых помещений (A<sub>ж</sub>), к которым относятся спальни, детские, гостиные, кабинеты, библиотеки, столовые, кухни-столовые; для общественных и административных зданий – расчетная площадь (A<sub>р</sub>), 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, м<sup>2</sup>;

h<sub>эт</sub> – высота этажа от пола до потолка, м;

n<sub>вент</sub> – число часов работы механической вентиляции в течение недели;

168 – число часов в неделе;

G<sub>инф</sub> количество инфильтрующегося воздуха в здание через ограждающие конструкции, кг/ч: для жилых зданий – воздуха, поступающего в лестничные клетки в течение суток отопительного периода, определяемое согласно 6.2.4; для общественных зданий – воздуха, поступающего через неплотности светопрозрачных конструкций и дверей; допускается принимать для общественных зданий в нерабочее время в зависимости от этажности здания: до трех этажей – равным 0,1β<sub>v</sub>V<sub>общ</sub>, от четырех до девяти этажей – 0,15β<sub>v</sub>V<sub>общ</sub>, выше девяти этажей – 0,2β<sub>v</sub>V<sub>общ</sub>, где V<sub>общ</sub> – отапливаемый объем общественной части здания;

G<sub>инф</sub> – количество инфильтрующегося воздуха в здание через ограждающие конструкции, кг/ч, определяемое согласно 6.2.4;

n<sub>инф</sub> – число часов учета инфильтрации в течение недели, ч, равное 168 для зданий с сбалансированной приточно-вытяжной вентиляцией и (168 – n<sub>вент</sub>) для зданий, в помещениях которых поддерживается подпор воздуха во время действия приточной механической вентиляции;

V<sub>от</sub> – отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений зданий, м<sup>3</sup>;

ρ<sub>в</sub><sup>вент</sup> – то же, что и в формулах (6.2.2 и 6.2.3);

β<sub>v</sub> – то же, что и в формуле (6.2.2).

В случаях, когда здание состоит из нескольких зон с различным воздухообменом, средние кратности воздухообмена находятся для каждой зоны в отдельности (зоны, на которые разделено здание, должны составлять весь отапливаемый объем). Все полученные коэффициенты воздухообмена суммируются и суммарный коэффициент подставляется в формулу (6.2.2) для расчета удельной вентиляционной характеристики здания.

**6.2.4.** Количество инфильтрующегося воздуха, поступающего в лестничную клетку жилого здания или в помещения общественного здания через неплотности заполнения проемов, полагая, что все они находятся на наветренной стороне, следует определять по формуле:

$$G_{инф} = (A_{ок} / R_{и,ок}^{mp}) \cdot (\Delta p_{ок} / 10)^{2/3} + (A_{дв} / R_{и,дв}^{mp}) \cdot (\Delta p_{дв} / 10)^{1/2}, \quad (6.2.5)$$

где A<sub>ок</sub> и A<sub>дв</sub> – соответственно суммарная площадь окон и балконных дверей и входных наружных дверей, м<sup>2</sup>;

R<sub>и,ок</sub><sup>mp</sup> и R<sub>и,дв</sub><sup>mp</sup> – соответственно требуемое сопротивление воздухопроницанию окон и балконных дверей и входных наружных дверей, м<sup>2</sup>·ч/кг;

$\Delta p_{ок}$  и  $\Delta p_{дв}$  – соответственно расчетная разность давлений наружного и внутреннего воздуха, Па, для окон и балконных дверей и входных наружных дверей, определяют по формуле (3.1.2) для окон и балконных дверей с заменой в ней величины 0,55 на 0,28 и с вычислением удельного веса по формуле (3.1.3) при температуре воздуха, равной  $t_{ом}$ , где  $t_{ом}$  – то же, что и в формуле (1.1.2).

Для общественных зданий в нерабочее время – количество инфильтрующегося воздуха, поступающего через неплотности светопрозрачных конструкций и дверей; допускается принимать в зависимости от этажности здания: до трех этажей – равным  $0,1\beta_v V_{общ}$ , от четырех до девяти этажей –  $0,15\beta_v V_{общ}$ , выше девяти этажей –  $0,2\beta_v V_{общ}$ , где  $V_{общ}$  – отопляемый объем общественной части здания.

Для лестнично-лифтовых узлов (ЛЛУ) жилых зданий – количество инфильтрующегося воздуха, поступающего через неплотности заполнения проемов, допускается принимать в зависимости от этажности здания: до трех этажей – равным  $0,3\beta_v V_{ЛЛУ}$ , от четырех до девяти этажей –  $0,45\beta_v V_{ЛЛУ}$ , выше девяти этажей –  $0,6\beta_v V_{ЛЛУ}$ , где  $V_{ЛЛУ}$  – отопляемый объем лестнично-лифтовых холлов здания. Для ЛЛУ без поэтажных выходов на балконы количество инфильтрующегося воздуха, полученное по упрощенным формулам, следует уменьшать в 2 раза.

**6.2.5.** Удельную характеристику бытовых тепловыделений здания,  $k_{быт}$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°С), следует определять по формуле:

$$k_{быт} = \frac{q_{быт} \cdot A_{жс}}{V_{ом} \cdot (t_в - t_{ом})}, \quad (6.2.6)$$

$q_{быт}$  – величина бытовых тепловыделений на 1 м<sup>2</sup> площади жилых помещений ( $A_{ж}$ ) или расчетной площади общественного здания ( $A_{р}$ ), Вт/м<sup>2</sup>, принимаемая для:

а) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир менее 20 м<sup>2</sup> общей площади на человека  $q_{быт} = 17$  Вт/м<sup>2</sup>;

б) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир 45 м<sup>2</sup> общей площади и более на человека  $q_{быт} = 10$  Вт/м<sup>2</sup>;

в) других жилых зданий — в зависимости от расчетной заселенности квартир по интерполяции величины  $q_{быт}$  между 17 и 10 Вт/м<sup>2</sup>;

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/ м<sup>2</sup>) с учетом рабочих часов в неделю;

$t_в, t_{ом}$  – то же, что и в формуле (1.1.2), °С;

$A_{жс}$  – то же, что и в 6.2.3.

**6.2.6.** Удельную характеристику теплоступлений в здание от солнечной радиации,  $k_{рад}$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°С), следует определять по формуле:

$$k_{рад} = \frac{11,6 \cdot Q_{рад}^{зод}}{(V_{ом} \cdot ГСОП)}, \quad (6.2.7)$$

где  $Q_{рад}^{зод}$  – теплоступления через окна и фонари от солнечной радиации в течение отопительного периода, МДж/год, для четырех фасадов зданий, ориентированных по четырем направлениям, определяемые по формуле:

$$Q_{рад}^{зод} = \tau_{1ок} \tau_{2оо} (A_{ок1} I_1 + A_{ок2} I_2 + A_{ок3} I_3 + A_{ок4} I_4) + \tau_{1фд} \tau_{2фд} A_{фон} I_{зор} \quad (6.2.8)$$

$\tau_{1ок}, \tau_{1фон}$  – 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;

$\tau_{2ок}$ ,  $\tau_{2фон}$  – 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;

$A_{ок1}$ ,  $A_{ок2}$ ,  $A_{ок3}$ ,  $A_{ок4}$  – площадь светопроемов фасадов здания (глухая часть балконных дверей исключается), соответственно ориентированных по четырем направлениям, м<sup>2</sup>;

$A_{фон}$  – площадь светопроемов зенитных фонарей здания, м<sup>2</sup>;

$I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ ,  $I_4$  – средняя за отопительный период величина солнечной радиации на вертикальные поверхности при действительных условиях облачности, соответственно ориентированная по четырем фасадам здания, МДж/(м<sup>2</sup>×год), определяется по методике свода правил;

**Примечание:** Для промежуточных направлений величину солнечной радиации следует определять по интерполяции;

$I_{гор}$  – средняя за отопительный период величина солнечной радиации на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности, МДж/(м<sup>2</sup>×год), определяется по своду правил.

$V_{от}$  – то же, что и в п. 6.2.3.

$ГСОП$  – по п. 1.1.2.

**6.2.7.** Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период  $q$ , кВт ч/(м<sup>3</sup>год) или кВт ч/(м<sup>2</sup>год), следует определять по формулам:

$$q = 0,024 \cdot ГСОП \cdot q_{от}^p, \quad \text{кВт ч/(м}^3\text{год)} \quad (6.2.9)$$

$$q = 0,024 \cdot ГСОП \cdot q_{от}^p \cdot h, \quad \text{кВт ч/(м}^2\text{год)} \quad (6.2.9a)$$

где  $q_{от}^p$  – то же, что в п. 6.2.1 и 6.2.6;

$ГСОП$  – то же, что в (1.1.2);

$h$  – средняя высота этажа здания, м, равная  $V_{от}/A_{от}$ ;

$A_{от}$  – сумма площадей этажей здания, измеренных в пределах внутренних поверхностей наружных стен, м<sup>2</sup>, за исключением технических этажей и гаражей;

$V_{от}$  – то же, что в п. 6.2.3.

Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период

$Q_{от}^{zod}$ , кВт ч/год, следует определять по формуле:

$$Q_{от}^{zod} = 0,024 \cdot ГСОП \cdot V_{от} \cdot q_{от}^p \quad (6.2.10)$$

**6.2.8.** Общие теплопотери здания за отопительный период  $Q_{общ}^{zod}$ , кВт ч/год, следует определять по формуле:

$$Q_{общ}^{zod} = 0,024 \cdot ГСОП \cdot V_{от} \cdot (k_{об} + k_{вент}), \quad (6.2.11)$$

где  $ГСОП$  – то же, что в (1.1.2);

$V_{от}$  – то же, что в п. 6.2.3;

$k_{об}$ ,  $k_{вент}$  – то же, что в п. 6.2.1.

## **6.2.9. Правила определения отапливаемых площадей и объемов зданий**

**6.2.9.1.** Отапливаемую площадь здания следует определять как площадь этажей (в том числе и мансардного, отапливаемого цокольного и подвального) здания, измеряемую в пределах внутренних поверхностей наружных стен, включая площадь, занимаемую перегородками и внутренними стенами. При этом площадь лестничных клеток и лифтовых шахт включается в площадь этажа.

В отапливаемую площадь здания не включаются площади теплых чердаков и подвалов, неотапливаемых технических этажей, подвала (подполья), холодных неотапливаемых веранд, неотапливаемых лестничных клеток, а также холодного чердака или его части, не занятой под мансарду.

**6.2.9.2.** При определении площади мансардного этажа учитывается площадь с высотой до наклонного потолка 1,2 м при наклоне  $30^\circ$  к горизонту; 0,8 м – при  $45^\circ$ - $60^\circ$ ; при  $60^\circ$  и более – площадь измеряется до плинтуса.

**6.2.9.3.** Площадь жилых помещений здания подсчитывается как сумма площадей всех общих комнат (гостиных) и спален.

**6.2.9.4.** Отапливаемый объем здания определяется как произведение отапливаемой площади этажа на внутреннюю высоту, измеряемую от поверхности пола первого этажа до поверхности потолка последнего этажа.

При сложных формах внутреннего объема здания отапливаемый объем определяется как объем пространства, ограниченного внутренними поверхностями наружных ограждений (стен, покрытия или чердачного перекрытия, цокольного перекрытия).

Для определения объема воздуха, заполняющего здание, отапливаемый объем умножается на коэффициент 0,85.

**6.2.9.5.** Площадь наружных ограждающих конструкций определяется по внутренним размерам здания. Общая площадь наружных стен (с учетом оконных и дверных проемов) определяется как произведение периметра наружных стен по внутренней поверхности на внутреннюю высоту здания, измеряемую от поверхности пола первого этажа до поверхности потолка последнего этажа с учетом площади оконных и дверных откосов глубиной от внутренней поверхности стены до внутренней поверхности оконного или дверного блока. Суммарная площадь окон определяется по размерам проемов в свету. Площадь наружных стен (непрозрачной части) определяется как разность общей площади наружных стен и площади окон и наружных дверей.

**6.2.9.6.** Площадь горизонтальных наружных ограждений (покрытия, чердачного и цокольного перекрытия) определяется как площадь этажа здания (в пределах внутренних поверхностей наружных стен).

При наклонных поверхностях потолков последнего этажа площадь покрытия, чердачного перекрытия определяется как площадь внутренней поверхности потолка.

### 6.3. Пример расчета удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания и удельного расхода тепловой энергии

Пример расчета выполнен по форме составления раздела «Энергоэффективность» проекта жилого дома.

**6.3.1.** Для составления раздела выбран жилой дом из п. 1.7. Поэтому часть информации, дублирующая п. 1.7, здесь не приводится.

Многоэтажный, многосекционный жилой дом строится в г. Астане.

Проектируемое здание четырехсекционное, разноэтажное.

Под первым этажом расположен подвал и технические помещения. Средняя за отопительный период расчетная температура воздуха в помещениях  $t_{под} = 8^{\circ}\text{C}$ .

На первом этаже расположены помещения общественного назначения. Средняя за отопительный период расчетная температура воздуха в помещениях  $t_{общ} = 20^{\circ}\text{C}$ .

На всех этажах, кроме первого и последнего, расположены жилые квартиры. Средняя за отопительный период расчетная температура воздуха в помещениях  $t_{жил} = 20^{\circ}\text{C}$ .

На последнем этаже расположены технические помещения. Средняя за отопительный период расчетная температура воздуха в помещениях  $t_{тех}^{cp} = 18^{\circ}\text{C}$ .

Объемно-планировочные показатели:

Отапливаемый объем здания  $V_{от} = 34229 \text{ м}^3$ ;

В том числе:

отапливаемый объем жилой части здания:  $V_{от1} = 24751 \text{ м}^3$ ;

отапливаемый объем общественных помещений:  $V_{от2} = 6303 \text{ м}^3$ ;

отапливаемый объем технических помещений и ЛПУ:  $V_{от3} = 3175 \text{ м}^3$ ;

сумма площадей этажей здания:  $A_{от} = 13080 \text{ м}^2$ ;

площадь жилых помещений:  $A_{ж} = 3793 \text{ м}^2$ ;

расчетная площадь общественных помещений:  $A_{п} = 1229 \text{ м}^2$ ;

расчетное количество жителей:  $m_{ж} = 332$  чел;

высота здания от пола первого этажа до обреза вытяжной шахты:

1, 4 секции – 22,1 м.

2, 3 секции – 28,1 м.

общая площадь наружных ограждающих конструкций:  $A_{н}^{сум} = 12415 \text{ м}^2$ ;

то же, фасадов здания:  $A_{фас} = 9145 \text{ м}^2$ ;

площадь стен жилой части здания:  $4839 \text{ м}^2$ ;

то же, общественных помещений:  $1405 \text{ м}^2$ ;

то же, технических помещений и ЛПУ:  $1024 \text{ м}^2$ ;

площадь эксплуатируемой кровли:  $1296 \text{ м}^2$ ;

то же, совмещенного кровельного покрытия:  $339 \text{ м}^2$ ;

то же, перекрытий над подвалом:  $1550 \text{ м}^2$ ;

то же, перекрытий над проездом:  $85 \text{ м}^2$ .

Более подробно разбивка ограждающих конструкций по видам приведена в п. 1.7.2.

Площадь надземного остекления по сторонам света

Сторона света	Площадь, м <sup>2</sup>
С	142
СВ	366
В	103
ЮВ	286
Ю	67
ЮЗ	477
З	49
СЗ	323
Всего	1813

Всего остекления 1813 м<sup>2</sup>;  
 площадь входных дверей: 64 м<sup>2</sup>;  
 коэффициент компактности здания:  $K_{\text{комп}} = 0,36$ ;  
 коэффициент остекленности здания:  $f = 0,20$ .

### 6.3.3. Климатические параметры

При теплотехнических расчетах климатические параметры района строительства принимаются по СП 131.13330 для г. Астана. Эти параметры имеют следующие значения:

средняя температура наиболее холодной пятидневки  $t_n = \text{минус } 33^\circ\text{C}$ ;

средняя температура отопительного периода  $t_{\text{от}} = \text{минус } 8,1^\circ\text{C}$ ;

продолжительность отопительного периода  $z_{\text{от}} = 215$  сут.

Основными параметрами микроклимата являются температура и относительная влажность внутреннего воздуха  $t_e = 20^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_e = 55\%$ .

На основе климатических характеристик района строительства и микроклимата помещения рассчитывается величина градусо-суток отопительного периода:

$$\text{ГСОП} = (t_e - t_{\text{от}}) \cdot z_{\text{от}} = 28,1 \cdot 215 = 6042 \text{ }^\circ\text{C} \times \text{сут.}$$

### 6.3.4. Расчет удельного расхода тепловой энергии на отопление надземной жилой части здания

1. Удельная теплозащитная характеристика здания рассчитана в п. 1.7.

$$k_{\text{об}} = 0,149 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \text{ }^\circ\text{C})$$

2. Удельная вентиляционная характеристика здания определяется по формуле (6.2.2):

$$k_{\text{вент}} = 0,28 \cdot c \cdot n_{\text{в}} \cdot \beta_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{с}}^{\text{вент}} (1 - k_{\text{эф}}) = 0,28 \cdot 1 \cdot 0,448 \cdot 0,85 \cdot 1,33 \cdot 1 = 0,142 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \text{ }^\circ\text{C})$$

Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период,  $n_e$ , определяется согласно 6.2.3:

$$n_e = n_{e1} + n_{e2} + n_{e3} = 0,342 + 0,068 + 0,038 = 0,448 \text{ ч}^{-1}$$

3. Средняя кратность воздухообмена жилой части здания за отопительный период,  $n_{e1}$ , определяется согласно 6.1.3:

$$n_{e1} = L_{\text{вент}} / \beta_{\text{н}} \times V_{\text{от}} = 9960 / (0,85 \times 34229) = 0,342 \text{ ч}^{-1}$$

Причем в качестве  $L_{\text{в}}$  принимается большее из двух значений:

$$L_{\text{вент}1} = 30 \times m = 30 \times 332 = 9960 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$L_{\text{вент}2} = 0,35 \times 3 \times A_{\text{ж}} = 0,35 \times 3 \times 3793 = 3983 \text{ м}^3/\text{ч}$$

В данном случае первое значение больше, поэтому в расчете используется оно.

4. Средняя кратность воздухообмена общественных помещений за отопительный период,  $n_{e2}$ , определяется согласно п. 6.2.3:

$$n_{\text{в}} = \left[ (L_{\text{вент}} \cdot n_{\text{вент}}) / 168 + (G_{\text{инф}} \cdot n_{\text{инф}}) / (168 \rho_{\text{с}}^{\text{вент}}) \right] / (\beta_{\text{в}} V_{\text{от}})$$

$$n_{e2} = [(4 \cdot 1229 \cdot 60) / 168 + (446 \cdot 108) / (168 \cdot 1,33)] / (0,85 \cdot 34229) = 0,068 \text{ ч}^{-1}$$

где  $n_{\text{вент}}$  – количество рабочих часов в неделю, принято равным 60 ч.

$G_{\text{инф}}$  – количество воздуха, проходящее через ограждения в течение 1 ч, под действием средней разности давлений, кг/ч, находится по п. 6.2.4:

$$G_{\text{инф}} = \sum_i \frac{A_{\text{ок}}^i}{R_{\text{у,ок}}} \left( \frac{\Delta p_{\text{ок}}^i}{10} \right)^{\frac{1}{2}} = \frac{129}{0,9} \left( \frac{24,8}{10} \right)^{\frac{1}{2}} + \frac{117}{0,9} \left( \frac{28,7}{10} \right)^{\frac{1}{2}} = 226 + 220 = 446 \text{ кг/ч,}$$

где  $\Delta p_{\text{ок}}$  – разность давлений воздуха на наружной и внутренней сторонах ограждений, Па.

В данном случае в формуле для определения  $G_{инф}$  давление стоит в степени  $\frac{1}{2}$ , несмотря на то, что рассматривается инфильтрация через окна, а не через двери. Степень  $\frac{1}{2}$  объясняется тем, что все окна расположены на первом этаже и по своим свойствам инфильтрация воздуха в этом случае аналогична инфильтрации через входные двери. Те же рассуждения справедливы для нахождения  $\Delta p_{ок}$ .

В данном случае существует четыре секции с двумя различными высотами: 1, 4 и 2, 3 секции.

Разность давлений воздуха на наружной и внутренней сторонах ограждений для каждой секции составляет:

$$\Delta p_{ок}^1 = 0,55 \cdot H^1 \cdot (\gamma_n - \gamma_в) + 0,03 \cdot \gamma_n \cdot (v)^2 = 0,55 \cdot 22,1 \cdot (12,83 - 11,98) + 0,03 \cdot 12,83 \cdot (3,8)^2 = 10,3 + 5,6 = 15,9 \text{ Па}$$

$$\Delta p_{ок}^2 = 0,55 \cdot H^2 \cdot (\gamma_n - \gamma_в) + 0,03 \cdot \gamma_n \cdot (v)^2 = 0,55 \cdot 28,1 \cdot (12,83 - 11,98) + 0,03 \cdot 12,83 \cdot (3,8)^2 = 13,1 + 5,6 = 18,7 \text{ Па}$$

5. Средняя кратность воздухообмена ЛПУ за отопительный период,  $n_{в3}$ , определяется согласно 6.2.3:

$$n_{в3} = \left[ \frac{(1468 \cdot 168)}{(168 \cdot 1,33)} \right] / (0,85 \cdot 34229) = 0,038 \text{ ч}^{-1}$$

$$G_{инф} = \sum_i \left\{ \left[ \frac{A_{ок,ЛПУ}^i}{R_{u,ок}} \right] \left( \frac{\Delta p_{ок}^i}{10} \right)^{\frac{2}{3}} + \frac{A_{дв}^i}{R_{u,дв}} \left( \frac{\Delta p_{дв}^i}{10} \right)^{\frac{1}{2}} \right\} =$$

$$= \frac{177}{0,9} \left( \frac{17,8}{10} \right)^{\frac{2}{3}} + \frac{244}{0,9} \left( \frac{19,8}{10} \right)^{\frac{2}{3}} + \frac{39}{0,13} \left( \frac{24,8}{10} \right)^{\frac{1}{2}} + \frac{25}{0,13} \left( \frac{28,7}{10} \right)^{\frac{1}{2}} = 289 + 381 + 472 + 326 = 1468 \text{ кг/ч}$$

где  $\Delta p$  – разность давлений воздуха на наружной и внутренней сторонах ограждений, соответствующая  $i$ -той зоне, Па.

В данном случае существует четыре секции с двумя различными высотами: 1, 4 и 2, 3 секции.

Разность давлений воздуха на наружной и внутренней сторонах ограждений для входных дверей посчитана в п.4, для окон для каждой секции она составляет:

$$\Delta p_{ок}^1 = 0,28 \cdot H^1 \cdot (\gamma_n - \gamma_в) + 0,03 \cdot \gamma_n \cdot (v)^2 = 0,28 \cdot 22,1 \cdot (13,07 - 11,9) + 0,03 \cdot 13,07 \cdot (5,2)^2 = 7,2 + 10,6 = 17,8 \text{ Па}$$

$$\Delta p_{ок}^2 = 0,28 \cdot H^2 \cdot (\gamma_n - \gamma_в) + 0,03 \cdot \gamma_n \cdot (v)^2 = 0,28 \cdot 28,1 \cdot (13,07 - 11,9) + 0,03 \cdot 13,07 \cdot (5,2)^2 = 9,2 + 10,6 = 19,8 \text{ Па}$$

6. Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания определяется по формуле (6.2.1):

$$k_{быт} = \frac{q_{быт} \cdot A_{ж}}{V_{от} \cdot (t_в - t_{ом})} = \frac{15,6 \cdot 3793}{34229 \cdot 28,1} = 0,062 \text{ Вт/(м}^3 \cdot \text{°C)}$$

где  $q_{быт}$  принимается в соответствии с п. 6.2.5 в зависимости от расчетной заселенности квартиры по интерполяции между 17 Вт/м<sup>2</sup> при заселенности 20 м<sup>2</sup> на человека и 10 Вт/м<sup>2</sup> при заселенности 45 м<sup>2</sup> на человека.

Расчетная заселенность квартир составляет 25,1 м<sup>2</sup> на человека.

$$q_{инт} = 17 + \frac{10 - 17}{45 - 20} (25,1 - 20) = 15,6 \text{ Вт/м}^2.$$

7. Удельная характеристика тепlopоступлений в здание от солнечной радиации определяется по формуле (6.2.7):

$$k_{\text{рад}} = \frac{11,6 \cdot Q_{\text{рад}}^{\text{год}}}{(V_{\text{от}} \cdot \text{ГСОП})} = \frac{11,61 \cdot 047981}{(34229 \cdot 6042)} = 0,059 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C})$$

Тепlopоступления через окна и фонари от солнечной радиации в течение отопительного периода  $Q_{\text{рад}}^{\text{год}}$ , МДж, определяется по формуле (6.2.9):

$$Q_{\text{рад}}^{\text{год}} = t_{\text{F}} \times k_{\text{F}} \times (A_{\text{F1}} \times I_{\text{F1}} + A_{\text{F2}} \times I_{\text{F2}} + A_{\text{F3}} \times I_{\text{F3}} + A_{\text{F4}} \times I_{\text{F4}}) + t_{\text{scy}} \times k_{\text{scy}} \times A_{\text{scy}} \times I_{\text{hor}} = 0,8 \times 0,74 \times (142 \times 612 + 366 \times 677 + 323 \times 677 + 103 \times 911 + 49 \times 911 + 286 \times 1285 + 477 \times 1285 + 67 \times 1462) = 1047981 \text{ МДж}$$

8. Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период определяется по формуле (6.2.1):

$$q_{\text{от}}^{\text{р}} = [0,149 + 0,142 - (0,062 + 0,059) \cdot 0,826 \cdot 0,95] \cdot 1,13 = 0,222 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C})$$

Полученная расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период меньше 0,319 Вт/(м<sup>3</sup>·°C) – величины, требуемой настоящим сводом правил. Класс энергетической эффективности здания «В+».

9. Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период  $Q_{\text{от}}^{\text{год}}$ , кВт·ч/год, определяется по формуле (6.2.10):

$$Q_{\text{от}}^{\text{год}} = 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot V_{\text{от}} \cdot q_{\text{от}}^{\text{р}} = 0,024 \cdot 6042 \cdot 34229 \cdot 0,222 = 1101892 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{год}$$

10. Общие тепlopотери здания за отопительный период  $Q_{\text{общ}}^{\text{год}}$ , кВт·ч/год, определяются по формуле (6.2.11):

$$\begin{aligned} Q_{\text{общ}}^{\text{год}} &= 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot V_{\text{от}} \cdot (k_{\text{об}} + k_{\text{вент}}) = \\ &= 0,024 \cdot 6042 \cdot 34229 \cdot (0,149 + 0,142) = 1444372 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{год} \end{aligned}$$

11. Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период  $q$ , кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год), определяется по формуле (6.2.9а):

$$q = \frac{Q_{\text{от}}^{\text{год}}}{A_{\text{от}}} = \frac{1101892}{13080} = 84,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

В разделе 1.7 оболочка здания была переработана с целью удовлетворить нормативным требованиям к удельной теплoзащитной характеристике здания. Для справки, по формуле (6.2.1) проводится проверка, удовлетворяло бы здание требованиям к удельной характеристике расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период без доработки оболочки.

$$q_{\text{от}}^{\text{р}} = [0,187 + 0,142 - (0,062 + 0,059) \cdot 0,826 \cdot 0,95] \cdot 1,13 = 0,264 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C})$$

Без доработок здание удовлетворяет требованиям настоящего свода правил к удельной характеристике расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период. Класс энергосбережения здания «В».

Результаты расчетов сведены в таблицу энергетического паспорта проекта здания 6.4.1.

## 6.4. Пример заполнения энергетического паспорта проекта здания

Таблица 6.4.1

### 1. Общая информация

Дата заполнения (число, месяц, год)	
Адрес здания	
Разработчик проекта	
Адрес и телефон разработчика	
Шифр проекта	
Назначение здания, серия	Жилой дом
Этажность, количество секций	2 секции по 7 этажей и 2 секции по 9 этажей
Количество квартир	108
Расчетное количество жителей или служащих	332
Размещение в застройке	Отдельно стоящее
Конструктивное решение	Каркасное

### 2. Расчетные условия

№ п.п.	Наименование расчетных параметров	Обозначение параметра	Единица измерения	Расчетное значение
1	Расчетная температура наружного воздуха для проектирования теплозащиты	$t_n$	°C	минус 33
2	Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	$t_{om}$	°C	минус 8,1
3	Продолжительность отопительного периода	$z_{om}$	сут/год	215
4	Градусо-сутки отопительного периода	$ГСОП$	°C·сут/год	6042
5	Расчетная температура внутреннего воздуха для проектирования теплозащиты	$t_s$	°C	20
6	Расчетная температура чердака	$t_{черд}$	°C	
7	Расчетная температура техподполья	$t_{подп}$	°C	8

### 3. Показатели геометрические

№ п/п	Показатель	Обозначение показателя и единица измерения		Расчетное проектное значение	Фактическое значение
8	Сумма площадей этажей здания	$A_{om}$ , м <sup>2</sup>	–	13080	
9	Площадь жилых помещений	$A_{ж}$ , м <sup>2</sup>	–	3793	
10	Расчетная площадь (общественных зданий)	$A_p$ , м <sup>2</sup>	–	1229	
11	Отапливаемый объем	$V_{om}$ , м <sup>3</sup>	–	34229	
12	Коэффициент остекленности фасада здания	$f$		0,2	
13	Показатель компактности здания	$K_{комп}$		0,36	

14	Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания, в том числе: фасадов навесной фасадной системы с основанием из керамзитобетона навесной фасадной системы с основанием из железобетона трехслойной стены по кладке из керамзитобетона трехслойной стены по монолитному железобетону входных дверей покрытий (совмещенных) эксплуатируемой кровли перекрытий над техническими подпольями перекрытий над проездами или под эркерами окон и балконных дверей окон лестнично-лифтовых узлов окон по сторонам света	$A_H^{сум}, м^2$		12415	
		$A_{фас}$		9145	
		$A_{см1}$		3909	
		$A_{см2}$		944	
		$A_{см3}$		1838	
		$A_{см4}$		577	
		$A_{дв}$		64	
		$A_{кр1}$		339	
		$A_{кр2}$		1296	
		$A_{цок1}$		1550	
		$A_{цок2}$		85	
		$A_{ок.1}$		1383	
		$A_{ок.2}$		430	
		15	С СВ В ЮВ Ю ЮЗ З СЗ		
				366	
				103	
				286	
				67	
				477	
				49	
		323			

#### 4. Показатели теплотехнические

№ п.п.	Показатель	Обозначение показателя и единица измерения	Нормируемое значение показателя	Расчетное проектное значение	Фактическое значение
16	Приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений, в том числе: навесной фасадной системы с основанием из керамзитобетона навесной фасадной системы с основанием из железобетона трехслойной стены по кладке из керамзитобетона трехслойной стены по монолитному железобетону окон и балконных дверей окон лестнично-лифтовых узлов входных дверей покрытий (совмещенных) эксплуатируемой кровли перекрытий над техническими подпольями перекрытий над проездами или под эркерами	$R_o^{пр}, м^2 \times ^\circ C / Вт$			
		$R_{см1}$	3,15	3,16	
		$R_{см2}$	3,15	3,34	
		$R_{см3}$	3,15	3,19	
		$R_{см4}$	3,15	3,42	
		$R_{ок.1}$	0,52	0,88	
		$R_{ок.2}$	0,52	0,88	
		$R_{дв}$	0,83	0,83	
		$R_{кр1}$	4,7	4,48	
		$R_{кр2}$	4,7	5,55	
		$R_{цок1}$	4,15	1,88	
		$R_{цок2}$	4,7	4,86	

## 5. Показатели вспомогательные

№ п.п.	Показатель	Обозначение показателя и единица измерения	Нормируемое значение показателя	Расчетное проектное значение показателя
17	Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания	$K_{тр}$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)		0,414
18	Кратность воздухообмена здания за отопительный период при удельной норме воздухообмена	$n_a$ , ч <sup>-1</sup>		0,448
19	Удельные бытовые тепловыделения в здании	$q_{int}$ , Вт/м <sup>2</sup>	-	15,6
20	Тарифная цена тепловой энергии для проектируемого здания	$C_{тепл}$ , тенге/кВт ч		
21	Удельная цена отопительного оборудования и подключения к тепловой сети в районе строительства	$C_{от}$ , тенге/(кВт ч/год)		
22	Удельная прибыль от экономии энергетической единицы	$\Omega_{пр}$ , тенге/(кВт×ч/год)	-	

## 6. Удельные характеристики

№ п.п.	Показатель	Обозначение показателя и единица измерения	Нормируемое значение показателя	Расчетное проектное значение показателя
23	Удельная теплозащитная характеристика здания	$k_{об}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°С)	0,153	0,149
24	Удельная вентиляционная характеристика здания	$k_{вент}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°С)		0,142
25	Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания	$k_{быт}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°С)		0,062
26	Удельная характеристика тепlopоступлений в здание от солнечной радиации	$k_{рад}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°С)		0,05

## 7. Коэффициенты

№ п.п.	Показатель	Обозначение показателя	Нормативное значение показателя
27	Коэффициент эффективности авторегулирования отопления	$\zeta$	0,95
28	Коэффициент, учитывающий снижение тепlopотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление	$\xi$	0
29	Коэффициент эффективности рекуператора	$k_{эф}$	0
30	Коэффициент, учитывающий снижение использования тепlopоступлений в период превышения их над тепlopотерями	$\nu$	0,826
31	Коэффициент учета дополнительных тепlopотерь системы отопления	$\beta_h$	1,13

### 8. Комплексные показатели расхода тепловой энергии

№ п.п.	Показатель	Обозначение показателя и единица измерения	Значение показателя
32	Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий за отопительный период	$q_{от}^p$ , Вт/ (м <sup>3</sup> ·°С)	0,222
33	Нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий за отопительный период	$q_{от}^{np}$ , Вт/ (м <sup>3</sup> ·°С)	0,319
34	Класс энергосбережения		B+
35	Соответствует ли проект здания нормативному требованию по теплозащите		ДА

### 9. Энергетические нагрузки здания

№ п.п.	Показатель	Обозначение	Единица измерения	Значение показателя
36	Удельный расход тепловой энергии на отопление зданий за отопительный период	$Q$	кВт·ч/(м <sup>3</sup> год) кВт·ч/(м <sup>2</sup> год)	84,2
37	Расход тепловой энергии на отопление зданий за отопительный период	$Q_{от}^{год}$	кВт·ч/(год)	1101892
38	Общие теплопотери здания за отопительный период	$Q_{общ}^{год}$	кВт·ч/(год)	1444372

## 7. ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗДАНИЙ

### 7.1. Методика теплофизического расчета навесных фасадных систем с вентилируемой воздушной прослойкой

#### 7.1.1. Состав и последовательность расчета

В настоящем разделе приводится методика теплотехнических расчетов, позволяющая определить параметры теплового и влажностного режима стен с НФС.

Теплотехнический расчет состоит из:

- подбора толщины утеплителя для стены с НФС, минимально необходимой для удовлетворения нормативным требованиям по сопротивлению теплопередаче;
- расчета влажностного режима конструкции и проверки влажности материалов на удовлетворение нормативным требованиям;
- уточнении характеристик материалов с учетом их средней влажности в расчетный период;
- расчета воздухообмена в воздушной прослойке;
- проверки достаточности количества удаляемой из воздушной прослойки влаги в расчетный период;
- расчете требуемой величины сопротивления воздухопроницанию стены.

#### 7.1.2. Методика расчета

1. Определяется требуемое сопротивление теплопередаче исходя из расчетных климатических характеристик района строительства и расчетных значений температуры проектируемого здания.

2. Определяется предварительная толщина слоя теплоизоляции (7.1.3).

3. Из конструктивных соображений назначается толщина вентилируемой воздушной прослойки.

4. С учетом этажности здания и района строительства определяется скорость движения воздуха в воздушной прослойке (7.1.4).

5. Определяется влажностный режим рассматриваемой конструкции (7.1.5).

6. По результатам п. 5 при необходимости корректируются или добавляются слои пароизоляции и вносятся изменения в облицовочный слой конструкции.

7. Рассчитывается парциальное давление водяного пара на выходе из воздушной прослойки (7.1.6).

8. По результатам п. 7 проверяется возможность выпадения конденсата в воздушной прослойке и при необходимости корректируются толщина воздушной прослойки и зазор между плитками облицовки (7.1.6).

9. Рассчитывается требуемая величина сопротивления воздухопроницанию стены, достаточное, чтобы фильтрация воздуха не нарушала теплового и влажностного состояния стены (7.1.7).

10. С учетом всех корректировок конструкции рассчитывается приведенное сопротивление теплопередаче стены (7.1.8).

**7.1.3. Определение минимально необходимой толщины утеплителя фасадных систем с вентилируемой воздушной прослойкой**

Далее предполагается, что теплозащитные и геометрические характеристики всех элементов стены с НФС известны. В случае отсутствия каких-либо данных их следует определять в соответствии с п. 1.2.3, 1.2.4.

Толщина теплоизоляционного слоя определяется по формуле:

$$\delta_y = \left( \frac{1}{\frac{1}{R_o^{mp}} - \sum l_j \Psi_j - \sum n_k \chi_k} - \frac{\delta_k}{\lambda_k} - \frac{1}{\alpha_g} - \frac{1}{\alpha_n} \right) \lambda_y \quad (7.1.1)$$

$R_o^{mp}$  – требуемое сопротивление теплопередаче стены,  $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{Вт}$ , определяемое в соответствии с 1.1.2;

$\delta_y$  – толщина теплоизоляционного слоя, м;

$\lambda_y$  – коэффициент теплопроводности утеплителя,  $\text{Вт}/(\text{м}^\circ\text{C})$ ;

$\delta_k$  – толщина конструкционного слоя, м;

$\lambda_k$  – коэффициент теплопроводности материала конструкционного слоя,  $\text{Вт}/(\text{м}^\circ\text{C})$ ;

$\Psi_j, \chi_k, l_j, n_k$  – то же, что и в формуле (1.2.1).

#### 7.1.4. Определение параметров воздухообмена в воздушной прослойке

Движение воздуха в вентилируемой прослойке осуществляется за счет гравитационного (теплого) и ветрового напора. В случае расположения приточных и вытяжных отверстий на разных стенах скорость движения воздуха в прослойке  $V_{np}$  может определяться по следующей формуле:

$$V_{np} = \sqrt{\frac{K(K_n - K_s)V_n^2 + 0,08h(t_{np} - t_n)}{\sum_i \xi_i}} \quad (7.1.2)$$

где  $K_n, K_s$  – аэродинамические коэффициенты на разных стенах здания, по СП 20.13330;

$V_n$  – скорость движения наружного воздуха, м/с;

$K$  – коэффициент учета изменения скорости потока по высоте по СП 20.13330;

$h$  – разности высот от входа воздуха в прослойку до его выхода из нее, м;

$t_{np}, t_n$  – средняя температура воздуха в прослойке и температура наружного воздуха,  $^\circ\text{C}$ ;

$\sum_i \xi_i$  – сумма коэффициентов местных сопротивлений.

При расположении приточных и вытяжных отверстий воздушной прослойки на одной стороне здания, принимается  $K_n = K_s$  и формула (Л.2) упрощается:

$$V_{np} = \sqrt{\frac{0,08h(t_{np} - t_n)}{\sum_i \xi_i}} \quad (7.1.3)$$

В формулах (7.1.2) и (7.1.3) используется средняя температура воздуха в прослойке  $t_{np}$ , которая в свою очередь зависит от скорости движения воздуха в прослойке:

$$t_{np} = t_0 - (t_0 - t_n) \cdot \frac{x_0}{h} \cdot \left[ 1 - \exp\left(-\frac{h}{x_0}\right) \right] \quad (7.1.4)$$

где

$$t_0 = \frac{\frac{t_g}{R_g} + \frac{t_n}{R_n}}{\frac{1}{R_g} + \frac{1}{R_n}} \quad (7.1.5)$$

предельная температура воздуха в прослойке,  $^\circ\text{C}$ ;

$$x_0 = \frac{c_g \cdot V_{np} \cdot \delta_{np} \cdot \rho_g}{\frac{1}{R_g} + \frac{1}{R_n}} \quad (7.1.6)$$

условная высота, на которой температура воздуха в прослойке отличается от предельной температуры  $t_0$  в  $e$  раз ( $e \approx 2,7$ ) меньше, чем отличалась при входе в прослойку, м;

$c_g = 1005$  Дж/(кг·°С) – удельная теплоемкость воздуха;

$\rho_g = 353/(273+t_{np})$  кг/м<sup>3</sup> – средняя плотность воздуха в прослойке;

$R_n = 1/\alpha_n + 1/\alpha_{np} + R_{об}$  – термическое сопротивление стены от воздушной прослойки до наружного воздуха, м<sup>2</sup>·°С/Вт;

$R_{об}$  – термическое сопротивление облицовочной плитки, м<sup>2</sup>·°С/Вт.

Для расчета в качестве  $R_g$  берется либо требуемое сопротивление теплопередаче из 7.1.3, либо приведенное сопротивление теплопередаче стены из 7.1.7 (в случае если принятая в проекте толщина утеплителя более чем на 20% отличается от минимально допустимой по 7.1.3);

коэффициент теплоотдачи  $\alpha_{np}$  равен сумме конвективного и лучистого коэффициентов теплоотдачи  $\alpha_{np} = \alpha_k + 2\alpha_l$ .

Конвективный коэффициент теплоотдачи определяется по формуле:

$$\alpha_k = 7,34 \cdot (V_{np})^{0,656} + 3,78 \cdot e^{-1,91 \cdot V_{np}} \quad (7.1.7)$$

Лучистый коэффициент теплоотдачи определяется по формуле:

$$\alpha_l = \frac{m}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_0}}, \quad (7.1.8)$$

где  $C_0$  – коэффициент излучения абсолютно черного тела, Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>), равный 5,77;

$C_1, C_2$  – коэффициент излучения поверхностей, Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>), в случае отсутствия данных по применяемым материалам принимаются равными 4,4 для минеральной ваты, 5,3 для неметаллической облицовки, 0,5 для облицовки полированным (со стороны прослойки) металлом;

$m$  – температурный коэффициент, который определяется по формуле:

$$m = 0,04 \left( \frac{273 + t_{np}}{100} \right)^3 \quad (7.1.9)$$

В процессе расчетов температура прослойки изменяется, но температурный коэффициент при этом изменяется слабо. Поэтому он находится один раз в начале расчетов для температуры  $t_n + 1$ .

Температура и скорость движения воздуха в прослойке находятся методом итераций: по формуле (7.1.4) определяется средняя температура воздуха в прослойке с коэффициентом теплообмена в прослойке  $\alpha_{np}$ , затем по формуле (7.1.2) или (7.1.3) определяется средняя скорость движения воздуха в прослойке при полученной температуре, пересчитывается коэффициент теплообмена в прослойке, пересчитывается  $R_n$ , по формуле (7.1.4) определяется средняя температура воздуха в прослойке для скорости движения воздуха в прослойке, полученной на предыдущем шаге и т.д. На первом шаге средняя скорость движения воздуха в прослойке принимается равной 0 м/с. Шаги итерации продолжают пока разница между скоростями воздуха на соседних шагах не станет меньше 5%.

В результате расчета находятся температура и скорость движения воздуха в прослойке, а также коэффициент теплообмена в прослойке  $\alpha_{np}$ .

#### 7.1.5. Расчет влажностного режима наружных стен с НФС с вентилируемой воздушной прослойкой

Для определения таких характеристик конструкции, как долговечность и расчетная теплопроводность, рассчитывают влажностный режим конструкции в многолетнем цикле эксплуатации (нестационарный влажностный режим) по специальной программе для ЭВМ. В наружных граничных условиях учитывают сопротивление паропрооницанию ветрозащиты и наружной облицовки, а также воздухообмен в воздушной прослойке.

Результатом расчета является распределение влажности по толщине конструкции в любой момент времени ее эксплуатации, по которому определяют эксплуатационную влажность материалов конструкции.

По результатам расчета устанавливают соблюдение двух требований к конструкции.

Максимальная влажность утеплителя не должна превышать критической величины, которую принимают равной сумме  $w_{\text{Б}}$  – расчетной влажности материала для условий эксплуатации Б для применяемого утеплителя и  $\Delta w_{\text{пр}}$  – предельно допустимого приращения влажности материала по таблице 4.1.1.

Средняя влажность утеплителя и основания в месяц наибольшего увлажнения не должна превышать расчетную влажность материала для условий эксплуатации.

Если для какого-либо из слоев конструкции требования к влажностному режиму стены не выполняются, рекомендуется усиливать внутреннюю штукатурку, или увеличивать воздухообмен в воздушной прослойке, или уменьшать сопротивление паропроницанию ветрозащиты.

Дополнительным результатом расчета нестационарного влажностного режима является величина потока водяного пара из конструкции в воздушную прослойку  $q_{\text{г}}^n$  [мг/(ч·м²)] в наиболее холодный месяц.

#### 7.1.6. Расчет влажности воздуха на выходе из вентилируемой воздушной прослойки

Давление водяного пара в воздушной прослойке определяется балансом пришедшей из конструкции в прослойку и ушедшей из прослойки наружу влаги. Расчет проводится для наиболее холодного месяца. Решение уравнения баланса описывается формулой:

$$e_{\text{пр}} = e_1 - (e_1 - e_n) \cdot \exp\left(-\frac{h}{x_1}\right) \quad (7.1.10)$$

где  $e_{\text{пр}}$  – парциальное давление водяного пара в воздушной прослойке, Па;

$e_1 = \frac{e_n + R_{\text{эк}}^n \cdot k \cdot e_{\text{г}}}{k \cdot R_{\text{эк}}^n + 1}$  – предельное парциальное давление водяного пара в прослойке, Па;

$x_1 = 22100 \cdot \frac{V_{\text{пр}} \cdot \delta_{\text{пр}} \cdot \gamma_{\text{в}} \cdot R_{\text{эк}}^n}{k \cdot R_{\text{эк}}^n + 1}$  – условная высота, на которой парциальное давление водяного

пара в прослойке отличается от предельного в  $e$  раз ( $e \approx 2,7$ ) меньше, чем отличалось при входе в прослойку, м;

$e_n$  – парциальное давление водяного пара наружного воздуха, Па;

$R_{\text{экп}}$  – сопротивление паропроницанию облицовки фасада, м²·ч·Па/мг;

$k$  – коэффициент, определяемый по формуле  $k = \frac{q_{\text{г}}^n}{e_{\text{г}} - E_n}$ , мг/(м²·ч·Па);

$q_{\text{гв}}$  – удельный поток пара из конструкции в воздушную прослойку, мг/(м²·ч), определяется по результатам 7.1.5.

Величина  $e_{\text{пр}}$  сравнивается с давлением насыщенного водяного пара при температуре воздуха, равной  $t_{\text{н}}$ , и если  $e_{\text{пр}} > E_{\text{н}}$ , то принимаются меры по улучшению влажностного режима воздушной прослойки: увеличивается ширина воздушной прослойки, уменьшается высота непрерывной воздушной прослойки (устанавливаются рассечки вентилируемой прослойки), увеличивается ширина зазора между плитками облицовки.

В случае разделения вентилируемой прослойки рассечками следует предусматривать продухи для выхода воздуха из нижней части прослойки и забора воздуха в верхнюю часть прослойки. По возможности следует препятствовать смешиванию выбрасываемого и забираемого воздуха.

#### 7.1.7. Расчет требуемой величины сопротивления воздухопроницанию стены с НФС с вентилируемой воздушной прослойкой

Требуемая воздухопроницаемость  $G^{mp}$  стены с облицовкой на основе, кг/(м²·ч), определяется по формуле:

$$G^{mp} = \frac{\Gamma}{6,14 \cdot R_0^n} \quad (7.1.11)$$

где  $\Gamma$  – параметр, получаемый из таблицы 7.1.1;

$R_0^n$  – полное сопротивление паропроницанию стены, м²·ч·Па/мг.

Таблица 7.1.1

Значения параметра  $\Gamma$ , для различных значений параметров  $D$  и  $\kappa$ 

D κ	0,005	0,01	0,015	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12
0,02	3,96	1,61	0,62							
0,04	8,16	4	2,5	1,64	0,63					
0,06		6,17	4,05	2,92	1,66	0,92				
0,08	16,7		5,54	4,1	2,55	1,68	0,65			
0,1		10,5		5,24	3,39	2,38	1,22	0,51		
0,12	25,6		8,52		4,19	3,03	1,73	0,96	0,42	
0,14		15,1		7,54		3,67	2,22	1,39	0,81	
0,16	34,9		11,6		5,8		2,69	1,79	1,17	0,7
0,18		19,8		9,92		4,92		2,17	1,51	1,02
0,2	44,6		14,9		7,43		3,61		1,84	1,32

Параметр  $D$  определяется по формуле:

$$D = \frac{E_y - e_n}{e_g - e_n}, \quad (7.1.12)$$

где  $E_y$  – давление насыщенного водяного пара на границе между утеплителем и вентилируемой воздушной прослойкой, Па.

Параметр  $\kappa$  определяется по формуле:

$$\kappa = \frac{R_n^n}{R_0^n}, \quad (7.1.13)$$

где  $R_n^n$  – сопротивление влагообмену на наружной границе ограждающей конструкции,  $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$ , определяемое по формуле:

$$R_n^n = R_{вет}^n + \frac{1}{\frac{1}{R_{об}^n} + \frac{28573}{1 + \frac{t_{np}}{273}} \cdot \frac{\delta_{np}}{h} \cdot V_{np}}}, \quad (7.1.14)$$

Полное сопротивление паропроницанию стены определяется как сумма сопротивлений паропроницанию всех слоев конструкции плюс сопротивления влагообмену на наружной и внутренней границах стены.

Воздухопроницаемость конструкции не должна превышать требуемую. Воздухопроницаемость конструкции определяется в соответствии с п. 3 для условий наиболее холодного месяца.

**7.1.8.** Для конструкции после всех корректировок уточняется приведенное сопротивление теплопередаче.

Приведенное сопротивление теплопередаче рассчитывается в соответствии с п. 1.2.

## 7.2. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций теплых чердаков и техподполий

### 7.2.1. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций теплых чердаков

7.2.1.1. Требуемое сопротивление теплопередаче перекрытия теплого чердака  $R_{o,чeрд.т}^{mp}$  м<sup>2</sup>·°C/Вт определяют по формуле:

$$R_{o,чeрд.т}^{mp} = n_t \cdot R_o^{mp}, \quad (7.2.1)$$

где  $R_o^{mp}$  – нормируемое сопротивление теплопередаче покрытия, определяемое по таблице 1.1 в зависимости от градусо-суток отопительного периода климатического района строительства;

$n_t$  – коэффициент, определяемый по формуле (1.1.3), которая применительно к теплоте чердаку имеет вид:

$$n_t = \frac{t_g - t_g^{чeрд}}{t_g - t_n} \quad (7.2.2)$$

$t_g, t_n$  – то же, что и в формуле (1.1.2);

$t_g^{чeрд}$  – расчетная температура воздуха в чердаке, °C, устанавливаемая по расчету теплого баланса для 6-8-этажных зданий, 14°С, для 9-12-этажных зданий – 15-16°С, для 14-17-этажных зданий – 17-18°С. Для зданий ниже 6 этажей чердак, как правило, выполняют холодным, а вытяжные каналы из каждой квартиры выводят на кровлю.

7.2.1.2. Проверяют условие  $\Delta t \leq \Delta t^н$  для перекрытия по формуле:

$$\Delta t = \frac{t_g - t_g^{чeрд}}{R_{o,чeрд.т}^{np} \alpha_g}, \quad (7.2.3)$$

где  $t_g, t_g^{чeрд}, R_{o,чeрд.т}^{np}$  – то же, что и в (7.2.2) и (7.2.1);

$\alpha_g$  – то же, что и в формуле (1.1.4);

$\Delta t^н$  – нормируемый температурный перепад, принимаемый согласно табл. 1.1.3, равный 3°С.

Если условие  $\Delta t \leq \Delta t^н$  не выполняется, то следует увеличить сопротивление теплопередаче перекрытия  $R_{o,чeрд.т}^{np}$  до значения, обеспечивающего это условие.

7.2.1.3. Требуемое сопротивление теплопередаче покрытия  $R_{o,пoкр}^{np}$ , м<sup>2</sup>·°C/Вт, определяют по формуле:

$$R_{o,пoкр}^{np} = \left( (t_g^{чeрд} - t_n) / \left[ 0,28 G_{вeнт} c (t_{вeнт} - t_g^{чeрд}) + (t_{int} - t_g^{чeрд}) / R_{o,чeрд.т}^{np} + \left( \sum_{i=1}^n q_{mp,i} l_{mp,i} \right) / A_{чeрд.т} - (t_g^{чeрд} - t_n) a_{чeрд.ст.} / R_{o,чeрд.ст.}^{np} \right] \right) \quad (7.2.4)$$

где  $t_g, t_n, t_g^{чeрд}$  – то же, что и в (7.2.2);

$G_{вeнт}$  – приведенный (отнесенный к 1 м<sup>2</sup> пола чердака) расход воздуха в системе вентиляции, кг/(м<sup>2</sup>·ч), определяемый по таблице 7.2.1;

$c$  – удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг·°C);

$t_{вeнт}$  – температура воздуха, выходящего из вентиляционных каналов, °C, принимаемая равной  $t_g + 1,5$ ;

$R_{o, черд.м}^{мп}$  – требуемое сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия теплого чердака, м<sup>2</sup>·°C/Вт, устанавливаемое согласно п. 7.2.1.1;

$q_{тр,i}$  – линейная плотность теплового потока через поверхность теплоизоляции, приходящаяся на 1 м длины трубопровода  $i$ -го диаметра с учетом теплопотерь через изолированные опоры, фланцевые соединения и арматуру, Вт/м; для чердаков и подвалов значения  $q_{pi}$  приведены в таблице;

$l_{тр,i}$  – длина трубопровода  $i$ -го диаметра, м, принимается по проекту;

$a_{черд.ст}$  – приведенная (отнесенная к 1 м<sup>2</sup> пола чердака) площадь наружных стен теплого чердака, м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, определяемая по формуле:

$$a_{черд.ст} = A_{черд.ст} / A_{черд.м} \quad (7.2.5)$$

$A_{черд.ст}$  – площадь наружных стен чердака, м<sup>2</sup>;

$A_{черд.м}$  – площадь перекрытия теплого чердака, м<sup>2</sup>;

$R_{o, черд.м}^{мп}$  – нормируемое сопротивление теплопередаче наружных стен теплого чердака, м<sup>2</sup>·°C/Вт, определяемое согласно п. 7.2.1.4

Таблица 7.2.1

**Приведенный расход воздуха в системе вентиляции**

Этажность здания	Приведенный расход воздуха $G_{вет}$ , кг/(м <sup>2</sup> ·ч), при наличии в квартирах	
	газовых плит	электроплит
5	12	9,6
9	19,5	15,6
12	—	20,4
16	—	26,4
22	—	35,2
25	—	39,5

Таблица 7.2.1

**Нормируемая плотность теплового потока через поверхность теплоизоляции трубопроводов на чердаках и подвалах**

Условный диаметр трубопровода, мм	Средняя температура теплоносителя, °C				
	60	70	95	105	125
	Линейная плотность теплового потока $q_{тр,i}$ , Вт/м				
10	7,7	9,4	13,6	15,1	18
15	9,1	11	15,8	17,8	21,6
20	10,6	12,7	18,1	20,4	25,2
25	12	14,4	20,4	22,8	27,6
32	13,3	15,8	22,2	24,7	30
40	14,6	17,3	23,9	26,6	32,4
50	14,9	17,7	25	28	34,2
70	17	20,3	28,3	31,7	38,4
80	19,2	22,8	31,8	35,4	42,6
100	20,9	25	35,2	39,2	47,4
125	24,7	29	39,8	44,2	52,8
150	27,6	32,4	44,4	49,1	58,2

Примечание – Плотность теплового потока в таблице определена при средней температуре окружающего воздуха 18°C. При меньшей температуре воздуха плотность теплового потока возрастает с учетом следующей зависимости

$$q_t = q_{18} \left[ \frac{(t_T - t)}{(t_T - 18)} \right]^{1,283}, \quad (7.2.6)$$

где  $q_{18}$  – линейная плотность теплового потока по таблице 12;

$t_T$  – температура теплоносителя, циркулирующего в трубопроводе при расчетных условиях, °C;

$t$  – температура воздуха в помещении, где проложен трубопровод, °C.

#### 7.2.1.4. Нормируемое сопротивление теплопередаче наружных стен теплого чердака

$R_{o, черд.ст}^{np}$ , м<sup>2</sup>·°С/Вт, определяют согласно СНиП 23-01 в зависимости от градусо-суток отопительного периода климатического района строительства при расчетной температуре воздуха в чердаке  $t_g^{черд}$ .

7.2.1.5. Проверяют наружные ограждающие конструкции на невыпадение конденсата на их внутренних поверхностях. Температуру внутренней поверхности стен  $\tau_{ч.г}^{стен}$ , перекрытий  $\tau_{ч.г}^{перекр}$  и покрытий  $\tau_{ч.г}^{покр}$  чердака следует определять по формуле:

$$\tau_{ч.г} = t_g^{черд} - \left[ (t_g^{черд} - t_n) / (R_o \alpha_g^{черд}) \right], \quad (7.2.7)$$

где  $t_g^{черд}$ ,  $t_n$  – то же, что и в 7.2.1.1;

$\alpha_g^{черд}$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности наружного ограждения теплого чердака, Вт/(м<sup>2</sup>·°С), принимаемый: для стен – 8,7; для покрытий 7-9-этажных домов – 9,9; 10-12-этажных – 10,5; 13-16-этажных – 12 Вт/(м<sup>2</sup>·°С);

$R_o$  – нормируемое сопротивление теплопередаче наружных стен  $R_{o, черд.ст}^{np}$ , перекрытий  $R_{o, черд.перекр}^{np}$  и покрытий  $R_{o, черд.покр}^{np}$  теплого чердака, м<sup>2</sup>·°С/Вт.

Температура точки росы  $t_p$  вычисляется следующим образом: определяется влагосодержание воздуха чердака  $f_{черд}$  по формуле:

$$f_{черд} = f_n + \Delta f, \quad (7.2.8)$$

где  $f_n$  – влагосодержание наружного воздуха, г/м<sup>3</sup>, при расчетной температуре  $t_n$ , определяется по формуле:

$$f_n = 0,794 \cdot e_n / (1 + t_n / 273), \quad (7.2.9)$$

$e_n$  – среднее за январь парциальное давление водяного пара, гПа, определяемое согласно СНиП 23-01;

$\Delta f$  – приращение влагосодержания за счет поступления влаги с воздухом из вентиляционных каналов, г/м<sup>3</sup>, принимается: для домов с газовыми плитами – 4,0 г/м<sup>3</sup>, для домов с электроплитами – 3,6 г/м<sup>3</sup>;

рассчитывается парциальное давление водяного пара воздуха в теплом чердаке  $e_g$ , гПа, по формуле:

$$e_{черд} = f_{черд} \left( 1 + t_g^{черд} / 273 \right) / 0,794; \quad (7.2.9)$$

по таблицам парциального давления насыщенного водяного пара определяется температура точки росы  $t_p$  по значению  $E = e_{черд}$ .

Полученное значение  $t_p$  сопоставляется с соответствующим значением  $\tau_{ч.г}$  (стен  $\tau_{ч.г}^{стен}$ , перекрытий  $\tau_{ч.г}^{перекр}$  и покрытий  $\tau_{ч.г}^{покр}$ ) на удовлетворение условия  $t_p < \tau_{ч.г}$ .

## 7.2.2. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций технических подвалов

7.2.2.1. Технические подвалы (техподполье) – это подвалы при наличии в них нижней разводки труб систем отопления, горячего водоснабжения, а также труб системы водоснабжения и канализации.

**7.2.2.2.** Нормируемое сопротивление теплопередаче  $R_{o,цок,ст}^{np}$ , м<sup>2</sup>·°С/Вт, части цокольной стены, расположенной выше уровня грунта, определяют согласно п. 5.1.2 для стен в зависимости от градусо-суток отопительного периода климатического района строительства. При этом в качестве расчетной температуры внутреннего воздуха принимают расчетную температуру воздуха в техподполье  $t_g^{подп}$ , °С, равную не менее плюс 2°С при расчетных условиях.

**7.2.2.3.** Определяют приведенное сопротивление теплопередаче  $R_{o,цок,з}^{mp}$ , м<sup>2</sup>·°С/Вт, ограждающих конструкций заглубленной части техподполья, расположенных ниже уровня земли согласно методике п. 1.6.7.

**7.2.2.4.** Нормируемое сопротивление теплопередаче цокольного перекрытия над техподпольем  $R_{o,цок,1}^{норм}$ , м<sup>2</sup>·°С/Вт, определяют по формуле:

$$R_{o,цок,1}^{норм} = n_t \cdot R_o^{mp}, \quad (7.2.10)$$

где  $R_o^{mp}$ ,  $R_{req}$  – нормируемое сопротивление теплопередаче перекрытий над техподпольем, определяемое согласно п. 1.1.2 в зависимости от градусо-суток отопительного периода климатического района строительства;

$n_t$  – коэффициент, определяемый по формуле (1.1.3), которая в данном случае имеет вид:

$$n_t = \frac{t_g - t_g^{подп}}{t_g - t_n}, \quad (7.2.11)$$

$t_g$ ,  $t_n$  – то же, что и в п. 7.2.1.1;  
 $t_g^{подп}$  – то же, что и в 7.2.2.2.

**7.2.2.5.** Температуру воздуха в техподполье  $t_g^{подп}$ , °С, определяют по формуле:

$$t_g^{подп} = \left[ t_g A_{цок,1} / R_{o,цок,1}^{норм} + \sum_{i=1}^n q_{mp,i} l_{mp,i} + 0,28 V_{подп} n_g \rho t_n + t_n A_{цок,з} / R_{o,цок,з}^{np} + t_n A_{o,цок,ст} / R_{o,цок,ст}^{np} \right] / \left[ A_{цок,1} / R_{o,цок,1}^{норм} + 0,28 V_{подп} n_g \rho + A_{цок,з} / R_{o,цок,з}^{np} + A_{o,цок,ст} / R_{o,цок,ст}^{np} \right] \quad (7.2.12)$$

где  $t_g$  – расчетная температура воздуха в помещении над техподпольем, °С;

$t_n$ ,  $q_{mp,i}$ ,  $l_{mp,i}$  – то же, что и в формуле (7.2.4);

$A_{цок,1}$  – площадь техподполья (цокольного перекрытия), м<sup>2</sup>;

$R_{o,цок,1}^{норм}$  – нормируемое сопротивление теплопередаче цокольного перекрытия, м<sup>2</sup>·°С/Вт, устанавливаемое согласно п. 7.2.2.4;

$V_{подп}$  – объем воздуха, заполняющего пространство техподполья, м<sup>3</sup>;

$n_g$  – кратность воздухообмена в подвале, ч<sup>-1</sup>: при прокладке в подвале газовых труб  $n_g = 1,0$  ч<sup>-1</sup>, в остальных случаях  $n_g = 0,5$  ч<sup>-1</sup>;

$\rho$  – плотность воздуха в техподполье, кг/м<sup>3</sup>, принимаемая равной  $\rho = 1,2$  кг/м<sup>3</sup>;

$A_{цок,з}$  – площадь пола и стен техподполья, контактирующих с грунтом, м<sup>2</sup>;

$R_{o,цок,з}^{np}$  – то же, что и в 7.2.2.3;

$A_{o,цок,ст}$  – площадь наружных стен техподполья над уровнем земли, м<sup>2</sup>;

$R_{o,цок,ст}^{np}$  – то же, что и в 7.2.2.2.

Если  $t_6^{нодн}$  отличается от первоначально заданной температуры более чем на  $0,1^\circ\text{C}$ , расчет повторяют, принимая температуру в подполье равной  $t_6^{нодн}$  по 7.2.2.3-7.2.2.5 до получения равенства величин в предыдущем и последующем шагах.

**7.2.2.6.** Определяют величину  $\Delta t$  по формуле:

$$\Delta t = \frac{t_6 - t_6^{черд}}{R_{о,цок.1}^{норм} \alpha_6} \quad (7.2.13)$$

где  $t_6$  – то же, что и в п. 7.2.1.1;

$t_6^{нодн}$  – то же, что и в 7.2.2.2;

$R_{о,цок.1}^{норм}$  – то же, что и в 7.2.2.4;

$\alpha_6$  – то же, что и в формуле (1.1.4).

Проверяют полученное значение  $\Delta t$  на удовлетворение требования по нормируемому температурному перепаду для пола первого этажа, не более  $\Delta t^н = 2^\circ\text{C}$ .

### **7.3. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче светопрозрачных ограждающих конструкций**

Приближенный расчет приведенного сопротивления теплопередаче светопрозрачных ограждающих конструкций проводится в соответствии с методикой, изложенной в п. 1.2. При этом, в качестве плоского элемента выступает стеклопакет в своей центральной (однородной) части, а в качестве линейных элементов принимаются узлы стыка стеклопакета с рамой, включая раму.

**7.3.1.** Сопротивление теплопередаче центральной части стеклопакета принимается по результатам испытаний в аккредитованной лаборатории. В случае отсутствия данных испытаний допускается принимать значения сопротивления теплопередаче центральной части стеклопакета по таблице 7.3.1.

**7.3.2.** Количество линейных элементов должно соответствовать числу различающихся по размерам (толщине или ширине) или составу участков рамы, окружающих стеклопакет. Например, для двухстворчатого оконного блока в наиболее простом случае можно выделить: 1 – боковую и верхнюю границу, 2 – нижнюю границу, 3 – границу между створками.

Расчет удельных потерь теплоты через линейные элементы производится в соответствии с п. 1.2. При расчете потери теплоты, как через стык, так и через раму относятся к линейному элементу. Формально принимается, что вся площадь оконного блока заполнена однородным стеклопакетом. Потери через линейные элементы служат добавками к потерям через стеклопакет.

При расчете температурных полей для нахождения удельных потерь теплоты через линейные элементы следует учитывать внутреннюю структуру профиля и дистанционную рамку в стеклопакете. Стеклопакет заменяется панелью из стекол и эквивалентного материала на месте прослоек с сохранением размеров. Коэффициент теплопроводности эквивалентного материала находится из равенства сопротивления теплопередаче стеклопакета и вводимой в расчет панели. Коэффициент теплопроводности стекла принимается равным  $1 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ .

**7.3.3.** В случае расчета светопрозрачных конструкций для конкретного здания и наличия данных о способе их монтажа, допускается в расчетах температурных полей для линейных элементов учитывать детали заделки. В частности допускается учитывать в расчетах нахлест утеплителя или внутренней отделки на раму.

В случае расчета светопрозрачных конструкций вне проекта здания (для изделия) расчет проводится для стандартного стыка со стеной без нахлестов на конструкцию и слоем ППУ, отделяющим стену от изделия толщиной не менее 20 мм.

Таблица 7.3.1

**Сопrotивления теплопередаче центральной части  
стеклопакета (оценочные)**

Вид стеклопакета	Сопrotивление теплопередаче центральной части стеклопакета, $R_{o.c.пак}$ ( $m^2 \cdot ^\circ C$ )/Вт		
	<b>Однокамерные стеклопакеты</b>		
	Расстояние между стеклами 12 мм	Расстояние между стеклами 16 мм	Расстояние между стеклами 20 мм
Из стекла без покрытий с за- полнением воздухом	0,34	0,35	0,35
Из стекла без покрытий с за- полнением аргоном	0,36	0,37	0,37
С одним стеклом с низкоэмис- сионным мягким покрытием с заполнением воздухом	0,59	0,65	0,64
С одним стеклом с низкоэмис- сионным мягким покрытием с заполнением аргоном	0,76	0,81	0,79
С одним стеклом с низкоэмис- сионным мягким покрытием с заполнением криптоном	0,86	0,84	0,82
<b>Двухкамерные стеклопакеты</b>			
	Расстояние между стеклами 10 мм и 10 мм	Расстояние между стеклами 14 мм и 14 мм	Расстояние между стеклами 18 мм и 18 мм
Из стекла без покрытий с за- полнением воздухом	0,46	0,5	0,53
С одним стеклом с низкоэмис- сионным мягким покрытием с заполнением воздухом	0,64	0,78	0,9
С одним стеклом с низкоэмис- сионным мягким покрытием с заполнением аргоном	0,78	0,95	1,05
С двумя стеклами с низкоэмис- сионным мягким покрыти- ем с заполнением воздухом	0,82	1,06	1,27
С двумя стеклами с низкоэмис- сионным мягким покрыти- ем с заполнением аргоном	1,1	1,4	1,55
С двумя стеклами с низкоэмис- сионным мягким покрыти- ем с заполнением криптоном	1,73	1,71	1,67
<p>Промежуточные значения расстояний между стеклами принимаются интерполяцией. Данные в таблице приведены по расчету для средних за отопительный период температурных перепадов.</p> <p>Примечания</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Не рекомендуется заменять в стеклопакетах воздух инертными газами без использования низкоэмиссионных покрытий, так как это мероприятие практически не дает эффекта.</li> <li>2. Рекомендуется комбинировать стекла с низкоэмиссионным покрытием с заполнением межстекольного пространства инертными газами, так как в этом случае достигается максимальный эффект от каждого мероприятия.</li> </ol>			

## 7.4. Расчет требуемых сопротивлений теплопередаче участков стен и окон, расположенных за остекленными лоджиями и балконами

**7.4.1.** При остеклении лоджий и балконов образуется замкнутое пространство, температура которого формируется в результате воздействия его ограждающих конструкций, среды помещения здания и наружных условий. Температура внутри этого пространства определяется на основе решения уравнения теплового баланса остекленной лоджии или балкона (далее – лоджии).

$$(t_{\text{в}} - t_{\text{бал}}) \sum_{i=1}^n (A_i^+ / R_{o,i}^{\text{np}+}) = (t_{\text{бал}} - t_{\text{н}}) \sum_{j=1}^m (A_j^- / R_{o,j}^{\text{np}-}), \quad (7.4.1)$$

где  $t_{\text{в}}$  – расчетная температура внутреннего воздуха помещения, °С, принимаемая согласно указаниям п. 1.1.3;

$t_{\text{н}}$  – расчетная температура наружного воздуха, °С, принимаемая согласно указаниям п. 1.1.2;

$t_{\text{бал}}$  – температура воздуха пространства остекленной лоджии, °С;

$A_i^+$ ,  $R_{o,i}^{\text{np}+}$  – соответственно площадь, м<sup>2</sup>, и приведенное сопротивление теплопередаче, м<sup>2</sup>·°С/Вт,  $i$ -го участка ограждения между помещением здания и лоджией;

$n$  – число участков ограждений между помещением здания и лоджией;

$A_j^-$ ,  $R_{o,j}^{\text{np}-}$  – соответственно площадь, м<sup>2</sup>, и приведенное сопротивление теплопередаче, м<sup>2</sup>·°С/Вт,  $j$ -го участка ограждения между лоджией и наружным воздухом;

$m$  – число участков ограждений между лоджией и наружным воздухом.

**7.4.2.** Температуру воздуха внутри остекленной лоджии  $t_{\text{бал}}$  следует определять из уравнения теплового баланса по формуле:

$$t_{\text{бал}} = \left[ t_{\text{в}} \sum_{i=1}^n (A_i^+ / R_{o,i}^{\text{np}+}) + t_{\text{н}} \sum_{j=1}^m (A_j^- / R_{o,j}^{\text{np}-}) \right] / \left[ \sum_{i=1}^n (A_i^+ / R_{o,i}^{\text{np}+}) + \sum_{j=1}^m (A_j^- / R_{o,j}^{\text{np}-}) \right] \quad (7.4.2)$$

**7.4.3.** При определении нормируемых значений приведенных сопротивлений теплопередаче системы ограждающих конструкций остекленной лоджии, разделяющих внутреннюю и наружную среды согласно п. 1.1.2 базовые значения требуемых сопротивлений теплопередаче стен  $R_{o,cm}^{\text{mp}}$ ,  $R_w^{\text{bal}}$  и окон  $R_{o,ок}^{\text{mp}}$ ,  $R_F^{\text{bal}}$  по табл. 1.1.1 следует умножать на коэффициент  $n_t$ , рассчитанный по формуле (1.1.3), которая в данном случае будет иметь вид:

$$n_t = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{бал}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}} \quad (7.4.3)$$

где  $R_{o,cm}^{\text{mp}}$  – приведенное сопротивление теплопередаче наружной стены в пределах остекленной лоджии, м<sup>2</sup>·°С/Вт;

$R_{o,ок}^{\text{mp}}$  – приведенное сопротивление теплопередаче заполнений оконных проемов и проемов лоджии, расположенных в наружной стене в пределах остекленной лоджии, м<sup>2</sup>·°С/Вт;

$n_t$  – коэффициент, зависящий от положения наружной поверхности ограждающих конструкций здания по отношению к наружному воздуху; для наружных стен и окон остекленной лоджии.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение А

#### Коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности ограждающей конструкции

№ п.п.	Материал наружной поверхности ограждающей конструкции	Коэффициент поглощения солнечной радиации, $\rho$
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	То же, стеклянная синяя	0,6
14	То же, белая или палевая	0,45
15	Рубероид с песчаной посыпкой	0,9
16	Сталь листовая, окрашенная белой краской	0,45
17	То же, окрашенная темно-красной краской	0,8
18	То же, 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	То же, темно-зеленая	0,6
24	То же, кремовая	0,4

**Сопротивления воздухопроницанию слоев  
ограждающих конструкций**

№ п.п.	Материалы и конструкции	Толщина слоя, мм	Сопротивление воздухопроницанию $R_{\phi}$ , м <sup>2</sup> ·ч·Па/кг
1	Бетон сплошной (без швов)	100	20 000
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-песчаном растворе толщиной в один кирпич и более	250 и более	18
6	Кирпичная кладка из сплошного кирпича на цементно-шлаковом растворе толщиной в полкирпича	120	1
7	Кладка кирпича керамического пустотного на цементно-песчаном растворе толщиной в полкирпича	—	2
8	Кладка из легкогобетонных камней на цементно-песчаном растворе	400	13
9	Листы асбестоцементные с заделкой швов	6	200
10	Обои бумажные обычные	—	20
11	Обшивка из обрезных досок, соединенных впритык или вчетверть	20 - 25	0,1
12	Обшивка из обрезных досок, соединенных в шпунт	20 - 25	1,5
13	Обшивка из досок двойная с прокладкой между обшивками строительной бумаги	50	100
14	Обшивка из фибролита или из древесно-волоконистых бесцементных мягких плит с заделкой швов	15 - 70	2,5
15	Обшивка из фибролита или из древесно-волоконистых бесцементных мягких плит без заделки швов	15 - 70	0,5
16	Обшивка из жестких древесно-волоконистых листов с заделкой швов	10	3,3
17	Обшивка из гипсовой сухой штукатурки с заделкой швов	10	20
18	Пенобетон автоклавный (без швов)	100	2000
19	Пенобетон неавтоклавный (без швов)	100	200
20	Пенополистирол	50-100	80
21	Пеностекло сплошное (без швов)	120	> 2000
22	Плиты минераловатные жесткие	50	2
23	Рубероид	1,5	Воздухонепроницаем
24	Толь	1,5	490
25	Фанера клееная (без швов)	3 - 4	2900

26	Шлакобетон сплошной (без швов)	100	14
27	Штукатурка цементно-песчаным раствором по каменной или кирпичной кладке	15	373
28	Штукатурка известковая по каменной или кирпичной кладке	15	142
29	Штукатурка известково-гипсовая по дереву (по драни)	20	17
30	Керамзитобетон плотностью, 1000 кг/м <sup>3</sup>	250 - 400	53 - 80
31	То же, 1100 - 1300 кг/м <sup>3</sup>	250 - 450	390 - 590

Примечания

1. Для кладки из кирпича и камней с расшивкой швов на наружной поверхности приведенное в настоящей таблице сопротивление воздухопроницанию следует увеличивать на 20 м<sup>2</sup>·ч·Па/кг.

2. Сопротивление воздухопроницанию воздушных прослоек и слоев ограждающих конструкций из сыпучих (шлака, керамзита, пемзы и т.п.), рыхлых и волокнистых (минеральной ваты, соломы, стружки и т.п.) материалов следует принимать равным нулю независимо от толщины слоя.

3. Для материалов и конструкций, не указанных в настоящей таблице, сопротивление воздухопроницанию следует определять экспериментально.

**Сопротивления паропрооницанию листовых материалов  
и тонких слоев пароизоляции**

№ п.п.	Материал	Толщина слоя, мм	Сопротивление паропрооницанию $R_{vp}$ , м <sup>2</sup> ·ч·Па/мг
1	Картон обыкновенный	1,3	0,016
2	Листы асбестоцементные	6	0,3
3	Листы гипсовые обшивочные (сухая штукатурка)	10	0,12
4	Листы древесно-волоконистые жесткие	10	0,11
5	То же, мягкие	12,5	0,05
6	Окраска горячим битумом за один раз	2	0,3
7	То же, за два раза	4	0,48
8	Окраска масляная за два раза с предварительной шпатлевкой и грунтовкой	—	0,64
9	Окраска эмалевой краской	—	0,48
10	Покрытие изольной мастикой за один раз	2	0,60
11	Покрытие битумно-кукерсольной мастикой за один раз	1	0,64
12	То же, за два раза	2	1,1
13	Пергамин кровельный	0,4	0,33
14	Полиэтиленовая пленка	0,16	7,3
15	Рубероид	1,5	1,1
16	Толь кровельный	1,9	0,4
17	Фанера клееная трехслойная	3	0,15

**Расчетные теплотехнические показатели  
строительных материалов и изделий**

№ п.п.	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетные характеристики материалов при условиях эксплуатации конструкций А и Б							
		плотность $\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup>	удельная теплоемкость $c_0$ , кДж/(кг·°С)	теплопроводность $\lambda_0$ , Вт/(м·°С)	влажность $w$ , %		теплопроводность $\lambda$ , Вт/(м·°С)		теплоусвоение (при периоде 24 ч) $s$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)		паропроницаемость $\mu$ , мг/(м·ч·Па)	
					А	Б	А	Б	А	Б	А, Б	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<b>Теплоизоляционные материалы</b>												
1	Плиты из пенополистирола	До 10	1,34	0,049	2	10	0,052	0,059	0,23	0,28	0,05	
2	То же	10-12	1,34	0,041	2	10	0,044	0,050	0,23	0,28	0,05	
3	То же	12-14	1,34	0,040	2	10	0,043	0,049	0,25	0,30	0,05	
4	То же	14-15	1,34	0,039	2	10	0,042	0,048	0,26	0,30	0,05	
5	То же	15-17	1,34	0,038	2	10	0,041	0,047	0,27	0,32	0,05	
6	То же	17-20	1,34	0,037	2	10	0,040	0,046	0,29	0,34	0,05	
7	То же	20-25	1,34	0,036	2	10	0,038	0,044	0,31	0,38	0,05	
8	То же	25-30	1,34	0,036	2	10	0,038	0,044	0,34	0,41	0,05	
9	То же	30-35	1,34	0,037	2	10	0,040	0,046	0,38	0,45	0,05	
10	То же	35-38	1,34	0,037	2	10	0,040	0,046	0,38	0,45	0,05	
11	Плиты из пенополистирола фасадные	16,5-20	1,34	0,037	2	10	0,040	0,045	0,29	0,34	0,05	
12	Плиты из пенополистирола с графитовыми добавками	15-20	1,34	0,033	2	10	0,035	0,040	0,27	0,32	0,05	
13	Плиты из пенополистирола с графитовыми добавками	20-25	1,34	0,032	2	10	0,034	0,039	0,30	0,35	0,05	
14	Экструдированный пенополистирол	25-33	1,34	0,029	1	2	0,030	0,031	0,30	0,31	0,005	
15	То же	35-45	1,34	0,030	1	2	0,031	0,032	0,35	0,36	0,005	
16	Пенополиуретан	80	1,47	0,041	2	5	0,042	0,05	0,62	0,70	0,05	
17	То же	60	1,47	0,035	2	5	0,036	0,041	0,49	0,55	0,05	
18	То же	40	1,47	0,029	2	5	0,031	0,04	0,37	0,44	0,05	
19	Плиты из резольно-фенолформальдегидного пенопласта	90	1,68	0,045	5	20	0,053	0,073	0,81	1,10	0,15	
20	То же	80	1,68	0,044	5	20	0,051	0,071	0,75	1,02	0,23	
21	То же	50	1,68	0,041	5	20	0,045	0,064	0,56	0,77	0,23	
22	Перлитопластбетон	200	1,05	0,041	2	3	0,052	0,06	0,93	1,01	0,008	
23	То же	100	1,05	0,035	2	3	0,041	0,05	0,58	0,66	0,008	
24	Перлитофосфогелевые изделия	300	1,05	0,076	3	12	0,08	0,12	1,43	2,02	0,2	
25	Перлитофосфогелевые изделия	200	1,05	0,064	3	12	0,07	0,09	1,1	1,43	0,23	
26	Алюмосиликатное пеностекло	100	0,84	0,040	1	2	0,042	0,43	0,52	1,70	0,01	
27	То же	130	0,84	0,046	1	2	0,048	0,05	0,63	0,66	0,01	
28	То же	160	0,84	0,052	1	2	0,054	0,056	0,75	0,78	0,01	
29	Пенополиэтилен	26	2,0	0,048	1	2	0,049	0,050	0,44	0,44	0,001	
30	То же	30	2,0	0,049	1	2	0,050	0,050	0,47	0,48	0,001	

31	Теплоизоляционные изделия из вспененного синтетического каучука	60-95	1,806	0,034	5	15	0,04	0,054 0,65		0,71	0,003
32	Плиты минераловатные из каменного волокна	180	0,84	0,038	2	5	0,045	0,048	0,74	0,81	0,3
33	То же	140-175	0,84	0,037	2	5	0,043	0,046	0,68	0,75	0,31
34	То же	80-125	0,84	0,036	2	5	0,042	0,045	0,53	0,59	0,32
35	То же	40-60	0,84	0,035	2	5	0,041	0,044	0,37	0,41	0,35
36	То же	25-50	0,84	0,036	2	5	0,042	0,045	0,31	0,35	0,37
37	Плиты из стеклянного штапельного волокна	85	0,84	0,044	2	5	0,046	0,05	0,51	0,57	0,5
38	То же	75	0,84	0,04	2	5	0,042	0,047	0,46	0,52	0,5
39	То же	60	0,84	0,038	2	5	0,04	0,045	0,4	0,45	0,51
40	То же	45	0,84	0,039	2	5	0,041	0,045	0,35	0,39	0,51
41	То же	35	0,84	0,039	2	5	0,041	0,046	0,31	0,35	0,52
42	То же	30	0,84	0,04	2	5	0,042	0,046	0,29	0,32	0,52
43	То же	20	0,84	0,04	2	5	0,043	0,048	0,24	0,27	0,53
44	То же	17	0,84	0,044	2	5	0,047	0,053	0,23	0,26	0,54
45	То же	15	0,84	0,046	2	5	0,049	0,055	0,22	0,25	0,55
46	Плиты древесноволокнистые и древесно-стружечные	1000	2,3	0,15	10	12	0,23	0,29	6,75	7,7	0,12
47	То же	800	2,3	0,13	10	12	0,19	0,23	5,49	6,13	0,12
48	То же	600	2,3	0,11	10	12	0,13	0,16	3,93	4,43	0,13
49	То же	400	2,3	0,08	10	12	0,11	0,13	2,95	3,26	0,19
50	То же	200	2,3	0,06	10	12	0,07	0,08	1,67	1,81	0,24
51	Плиты фибролитовые и арболит на портландцементе	500	2,3	0,095	10	15	0,15	0,19	3,86	4,50	0,11
52	То же	450	2,3	0,09	10	15	0,135	0,17	3,47	4,04	0,11
53	То же	400	2,3	0,08	10	15	0,13	0,16	3,21	3,70	0,26
54	Плиты камышитовые	300	2,3	0,07	10	15	0,09	0,14	2,31	2,99	0,45
55	То же	200	2,3	0,06	10	15	0,07	0,09	1,67	1,96	0,49
56	Плиты торфяные теплоизоляционные	300	2,3	0,064	15	20	0,07	0,08	2,12	2,34	0,19
57	То же	200	2,3	0,052	15	20	0,06	0,064	1,6	1,71	0,49
58	Пакля	150	2,3	0,05	7	12	0,06	0,07	1,3	1,47	0,49
59	Плиты из гипса	1350	0,84	0,35	4	6	0,50	0,56	7,04	7,76	0,098
60	То же	1100	0,84	0,23	4	6	0,35	0,41	5,32	5,99	0,11
61	Листы гипсовые обшивочные (сухая штукатурка)	1050	0,84	0,15	4	6	0,34	0,36	5,12	5,48	0,075
62	То же	800	0,84	0,15	4	6	0,19	0,21	3,34	3,66	0,075
63	Изделия из вспученного перлита на битумном связующем	300	1,68	0,087	1	2	0,09	0,099	1,84	1,95	0,04
64	То же	250	1,68	0,082	1	2	0,085	0,099	1,53	1,64	0,04
65	То же	225	1,68	0,079	1	2	0,082	0,094	1,39	1,47	0,04
66	То же	200	1,68	0,076	1	2	0,078	0,09	1,23	1,32	0,04
<b>Засыпки</b>											
67	Гравий керамзитовый	600	0,84	0,14	2	3	0,17	0,19	2,62	2,83	0,23
68	То же	500	0,84	0,14	2	3	0,15	0,165	2,25	2,41	0,23
69	То же	450	0,84	0,13	2	3	0,14	0,155	2,06	2,22	0,235
70	То же	400	0,84	0,12	2	3	0,13	0,145	1,87	2,02	0,24

71	То же	350	0,84	0,115	2	3	0,125	0,14	1,72	1,86	0,245
72	То же	300	0,84	0,108	2	3	0,12	0,13	1,56	1,66	0,25
73	То же	250	0,84	0,099	2	3	0,11	0,12	1,22	1,3	0,26
74	То же	200	0,84	0,090	2	3	0,10	0,11	1,16	1,24	0,27
75	Гравий шунгизитовый (ГОСТ 9757)	700	0,84	0,16	2	4	0,18	0,21	2,91	3,29	0,21
76	То же	600	0,84	0,13	2	4	0,16	0,19	2,54	2,89	0,22
77	То же	500	0,84	0,12	2	4	0,15	0,175	2,25	2,54	0,22
78	То же	450	0,84	0,11	2	4	0,14	0,16	2,06	2,30	0,22
79	То же	400	0,84	0,11	2	4	0,13	0,15	1,87	2,10	0,23
80	Щебень шлакопемзовый и аглопоритовый (ГОСТ 9757)	800	0,84	0,18	2	3	0,21	0,26	3,36	3,83	0,22
81	То же	700	0,84	0,16	2	3	0,19	0,23	2,99	3,37	0,23
82	То же	600	0,84	0,15	2	3	0,18	0,21	2,7	2,98	0,24
83	То же	500	0,84	0,14	2	3	0,16	0,19	2,32	2,59	0,25
84	То же	450	0,84	0,13	2	3	0,15	0,17	2,13	2,32	0,255
85	То же	400	0,84	0,122	2	3	0,14	0,16	1,94	2,12	0,26
86	Пористый гравий с остеклованной оболочкой из доменного и ферросплавного шлаков (ГОСТ 25820)	700	0,84	0,14	2	3	0,17	0,19	2,84	3,06	0,22
87	То же	600	0,84	0,13	2	3	0,16	0,18	2,54	2,76	0,235
88	То же	500	0,84	0,12	2	3	0,14	0,15	2,17	2,30	0,24
89	То же	400	0,84	0,10	2	3	0,13	0,14	1,87	1,98	0,245
90	Щебень и песок из перлита вспученного (ГОСТ 10832)	500	0,84	0,09	1	2	0,1	0,11	1,79	1,92	0,26
91	То же	400	0,84	0,076	1	2	0,087	0,095	1,5	1,6	0,3
92	То же	350	0,84	0,07	1	2	0,081	0,085	1,35	1,42	0,3
93	То же	300	0,84	0,064	1	2	0,076	0,08	0,99	1,04	0,34
94	Вермикулит вспученный (ГОСТ 12865)	200	0,84	0,065	1	3	0,08	0,095	1,01	1,16	0,23
95	То же	150	0,84	0,060	1	3	0,074	0,098	0,84	1,02	0,26
96	То же	100	0,84	0,055	1	3	0,067	0,08	0,66	0,75	0,3
97	Песок для строительных работ (ГОСТ 8736)	1600	0,84	0,35	1	2	0,47	0,58	6,95	7,91	0,17
<b>Конструкционные и конструкционно-теплоизоляционные материалы</b>											
<b>Бетоны на заполнителях из пористых горных пород</b>											
98	Туфобетон	1800	0,84	0,64	7	10	0,87	0,99	11,38	12,79	0,09
99	То же	1600	0,84	0,52	7	10	0,7	0,81	9,62	10,91	0,11
100	То же	1400	0,84	0,41	7	10	0,52	0,58	7,76	8,63	0,11
101	То же	1200	0,84	0,32	7	10	0,41	0,47	6,38	7,2	0,12
102	Бетон на литоидной пемзе	1600	0,84	0,52	4	6	0,62	0,68	8,54	9,3	0,075
103	То же	1400	0,84	0,42	4	6	0,49	0,54	7,1	7,76	0,083
104	То же	1200	0,84	0,30	4	6	0,4	0,43	5,94	6,41	0,098
105	То же	1000	0,84	0,22	4	6	0,3	0,34	4,69	5,2	0,11
106	То же	800	0,84	0,19	4	6	0,22	0,26	3,6	4,07	0,12
107	Бетон на вулканическом шлаке	1600	0,84	0,52	7	10	0,64	0,7	9,2	10,14	0,075
108	То же	1400	0,84	0,41	7	10	0,52	0,58	7,76	8,63	0,083
109	То же	1200	0,84	0,33	7	10	0,41	0,47	6,38	7,2	0,09
110	То же	1000	0,84	0,24	7	10	0,29	0,35	4,9	5,67	0,098
111	То же	800	0,84	0,20	7	10	0,23	0,29	3,9	4,61	0,11

Бетоны на искусственных пористых заполнителях											
112	Керамзитобетон на керамзитовом песке	1800	0,84	0,66	5	10	0,80	0,92	10,5	12,33	0,09
113	То же	1600	0,84	0,58	5	10	0,67	0,79	9,06	10,77	0,09
114	То же	1400	0,84	0,47	5	10	0,56	0,65	7,75	9,14	0,098
115	То же	1200	0,84	0,36	5	10	0,44	0,52	6,36	7,57	0,11
116	То же	1000	0,84	0,27	5	10	0,33	0,41	5,03	6,13	0,14
117	То же	800	0,84	0,21	5	10	0,24	0,31	3,83	4,77	0,19
118	То же	600	0,84	0,16	5	10	0,2	0,26	3,03	3,78	0,26
119	То же	500	0,84	0,14	5	10	0,17	0,23	2,55	3,25	0,3
120	Керамзитобетон на кварцевом песке с умеренной (до $V_b = 12\%$ ) поризацией	1200	0,84	0,41	4	8	0,52	0,58	6,77	7,72	0,075
121	То же	1000	0,84	0,33	4	8	0,41	0,47	5,49	6,35	0,075
122	То же	800	0,84	0,23	4	8	0,29	0,35	4,13	4,9	0,075
123	Керамзитобетон на перлитовом песке	1000	0,84	0,28	9	13	0,35	0,41	5,57	6,43	0,15
124	То же	800	0,84	0,22	9	13	0,29	0,35	4,54	5,32	0,17
125	Керамзитобетон беспесчаный	700	0,84	0,135	3,5	6	0,145	0,155	2,70	2,94	0,145
126	То же	600	0,84	0,130	3,5	6	0,140	0,150	2,46	2,68	0,155
127	То же	500	0,84	0,120	3,5	6	0,130	0,140	2,16	2,36	0,165
128	То же	400	0,84	0,105	3,5	6	0,115	0,125	1,82	1,99	0,175
129	То же	300	0,84	0,095	3,5	6	0,105	0,110	1,51	1,62	0,195
130	Шунгзитобетон	1400	0,84	0,49	4	7	0,56	0,64	7,59	8,6	0,098
131	То же	1200	0,84	0,36	4	7	0,44	0,5	6,23	7,04	0,11
132	То же	1000	0,84	0,27	4	7	0,33	0,38	4,92	5,6	0,14
133	Перлитобетон	1200	0,84	0,29	10	15	0,44	0,5	6,96	8,01	0,15
134	То же	1000	0,84	0,22	10	15	0,33	0,38	5,5	6,38	0,19
135	То же	800	0,84	0,16	10	15	0,27	0,33	4,45	5,32	0,26
136	То же	600	0,84	0,12	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,3
137	Бетон на шлакопемзовом щебне	1800	0,84	0,52	5	8	0,63	0,76	9,32	10,83	0,075
138	То же	1600	0,84	0,41	5	8	0,52	0,63	7,98	9,29	0,09
139	То же	1400	0,84	0,35	5	8	0,44	0,52	6,87	7,9	0,098
140	То же	1200	0,84	0,29	5	8	0,37	0,44	5,83	6,73	0,11
141	То же	1000	0,84	0,23	5	8	0,31	0,37	4,87	5,63	0,11
142	Бетон на остеклованном шлаковом гравии	1800	0,84	0,46	4	6	0,56	0,67	8,60	9,80	0,08
143	То же	1600	0,84	0,37	4	6	0,46	0,55	7,35	8,37	0,085
144	То же	1400	0,84	0,31	4	6	0,38	0,46	6,25	7,16	0,09
145	То же	1200	0,84	0,26	4	6	0,32	0,39	5,31	6,10	0,10
146	То же	1000	0,84	0,21	4	6	0,27	0,33	4,45	5,12	0,11
147	Мелкозернистые бетоны на гранулированных доменных и ферросплавных (силикомарганца и ферромарганца) шлаках	1800	0,84	0,58	5	8	0,7	0,81	9,82	11,18	0,083
148	То же	1600	0,84	0,47	5	8	0,58	0,64	8,43	9,37	0,09
149	То же	1400	0,84	0,41	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,098
150	То же	1200	0,84	0,36	5	8	0,49	0,52	6,57	7,31	0,11
151	Аглопоритобетон и бетоны на заполнителях из топливных шлаков	1800	0,84	0,7	5	8	0,85	0,93	10,82	11,98	0,075
152	То же	1600	0,84	0,58	5	8	0,72	0,78	9,39	10,34	0,083

153	То же	1400	0,84	0,47	5	8	0,59	0,65	7,92	8,83	0,09
154	То же	1200	0,84	0,35	5	8	0,48	0,54	6,64	7,45	0,11
155	То же	1000	0,84	0,29	5	8	0,38	0,44	5,39	6,14	0,14
156	Бетон на зольном обжиговом и безобжиговом гравии	1400	0,84	0,47	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,09
157	То же	1200	0,84	0,35	5	8	0,41	0,47	6,14	6,95	0,11
158	То же	1000	0,84	0,24	5	8	0,3	0,35	4,79	5,48	0,12
159	Вермикулитобетон	800	0,84	0,21	8	13	0,23	0,26	3,97	4,58	-
160	То же	600	0,84	0,14	8	13	0,16	0,17	2,87	3,21	0,15
161	То же	400	0,84	0,09	8	13	0,11	0,13	1,94	2,29	0,19
162	То же	300	0,84	0,08	8	13	0,09	0,11	1,52	1,83	0,23
<b>Бетоны особо легкие на пористых заполнителях и ячеистые</b>											
163	Полистиролбетон на портландцементе (ГОСТ Р 51263)	600	1,06	0,145	4	8	0,175	0,20	3,07	3,49	0,068
164	То же	500	1,06	0,125	4	8	0,14	0,16	2,5	2,85	0,075
165	То же	400	1,06	0,105	4	8	0,12	0,135	2,07	2,34	0,085
166	То же	350	1,06	0,095	4	8	0,11	0,12	1,85	2,06	0,09
167	То же	300	1,06	0,085	4	8	0,09	0,11	1,55	1,83	0,10
168	То же	250	1,06	0,075	4	8	0,085	0,09	1,38	1,51	0,11
169	То же	200	1,06	0,065	4	8	0,07	0,08	1,12	1,28	0,12
170	То же	150	1,06	0,055	4	8	0,057	0,06	0,87	0,96	0,135
171	Полистиролбетон модифицированный на шлакопортландцементе	500	1,06	0,12	3,5	7	0,13	0,14	2,39	2,63	0,075
172	То же	400	1,06	0,09	3,5	7	0,10	0,11	1,87	1,98	0,08
173	То же	300	1,06	0,08	3,5	7	0,08	0,09	1,45	1,63	0,10
174	То же	250	1,06	0,07	3,5	7	0,07	0,08	1,24	1,40	0,11
175	То же	200	1,06	0,06	3,5	7	0,06	0,07	1,02	1,09	0,12
176	Газо- и пенобетон на цементном вяжущем	1000	0,84	0,29	8	12	0,38	0,43	5,71	6,49	0,11
177	То же	800	0,84	0,21	8	12	0,33	0,37	4,92	5,63	0,14
178	То же	600	0,84	0,14	8	12	0,22	0,26	3,36	3,91	0,17
179	То же	400	0,84	0,11	8	12	0,14	0,15	2,19	2,42	0,23
180	Газо- и пенобетон на известняковом вяжущем	1000	0,84	0,31	12	18	0,48	0,55	6,83	7,98	0,13
181	То же	800	0,84	0,23	11	16	0,39	0,45	6,07	7,03	0,16
182	То же	600	0,84	0,15	11	16	0,28	0,34	5,15	6,11	0,18
183	То же	500	0,84	0,13	11	16	0,22	0,28	4,56	5,55	0,235
184	Газо- и пенозолобетон на цементном вяжущем	1200	0,84	0,37	15	22	0,60	0,66	7,99	9,18	0,085
185	То же	1000	0,84	0,32	15	22	0,52	0,58	7,43	8,62	0,098
186	То же	800	0,84	0,23	15	22	0,41	0,47	6,61	7,60	0,12
<b>Кирпичная кладка из сплошного кирпича</b>											
187	Глиняного обыкновенного на цементно-песчаном растворе	1800	0,88	0,56	1	2	0,7	0,81	9,2	10,12	0,11
188	Глиняного обыкновенного на цементно-шлаковом растворе	1700	0,88	0,52	1,5	3	0,64	0,76	8,64	9,7	0,12

189	Глиняного обыкновенного на цементно-перлитовом растворе	1600	0,88	0,47	2	4	0,58	0,7	8,08	9,23	0,15
190	Силикатного на цементно-песчаном растворе	1800	0,88	0,7	2	4	0,76	0,87	9,77	10,9	0,11
191	Трепельного на цементно-песчаном растворе	1200	0,88	0,35	2	4	0,47	0,52	6,26	6,49	0,19
192	То же	1000	0,88	0,29	2	4	0,41	0,47	5,35	5,96	0,23
193	Шлакового на цементно-песчаном растворе	1500	0,88	0,52	1,5	3	0,64	0,7	8,12	8,76	0,11
<b>Кирпичная кладка из пустотного кирпича</b>											
194	Керамического пустотного плотностью 1400 кг/м <sup>3</sup> (брутто) на цементно-песчаном растворе	1600	0,88	0,47	1	2	0,58	0,64	7,91	8,48	0,14
195	Керамического пустотного плотностью 1300 кг/м <sup>3</sup> (брутто) на цементно-песчаном растворе	1400	0,88	0,41	1	2	0,52	0,58	7,01	7,56	0,16
196	Керамического пустотного плотностью 1000 кг/м <sup>3</sup> (брутто) на цементно-песчаном растворе	1200	0,88	0,35	1	2	0,47	0,52	6,16	6,62	0,17
197	Силикатного одинадцатипустотного на цементно-песчаном растворе	1500	0,88	0,64	2	4	0,7	0,81	8,59	9,63	0,13
198	Силикатного четырнадцатипустотного на цементно-песчаном растворе	1400	0,88	0,52	2	4	0,64	0,76	7,93	9,01	0,14
<b>Дерево и изделия из него</b>											
199	Сосна и ель поперек волокон	500	2,3	0,09	15	20	0,14	0,18	3,87	4,54	0,06
200	Сосна и ель вдоль волокон	500	2,3	0,18	15	20	0,29	0,35	5,56	6,33	0,32
201	Дуб поперек волокон	700	2,3	0,1	10	15	0,18	0,23	5,0	5,86	0,05
202	Дуб вдоль волокон	700	2,3	0,23	10	15	0,35	0,41	6,9	7,83	0,3
203	Фанера клееная	600	2,3	0,12	10	13	0,15	0,18	4,22	4,73	0,02
204	Картон облицовочный	1000	2,3	0,18	5	10	0,21	0,23	6,2	6,75	0,06
205	Картон строительный многослойный	650	2,3	0,13	6	12	0,15	0,18	4,26	4,89	0,083
<b>Конструкционные материалы</b>											
<b>Бетоны</b>											
206	Железобетон	2500	0,84	1,69	2	3	1,92	2,04	17,98	18,95	0,03
207	Бетон на гравии или щебне из природного камня	2400	0,84	1,51	2	3	1,74	1,86	16,77	17,88	0,03
208	Раствор цементно-песчаный	1800	0,84	0,58	2	4	0,76	0,93	9,6	11,09	0,09
209	Раствор сложный (песок, известь, цемент)	1700	0,84	0,52	2	4	0,7	0,87	8,95	10,42	0,098

210	Раствор известково-песчаный	1600	0,84	0,47	2	4	0,7	0,81	8,69	9,76	0,12
211	Гранит, гнейс и базальт	2800	0,88	3,49	0	0	3,49	3,49	25,04	25,04	0,008
212	Мрамор	2800	0,88	2,91	0	0	2,91	2,91	22,86	22,86	0,008
213	Известняк	2000	0,88	0,93	2	3	1,16	1,28	12,77	13,7	0,06
214	То же	1800	0,88	0,7	2	3	0,93	1,05	10,85	11,77	0,075
215	То же	1600	0,88	0,58	2	3	0,73	0,81	9,06	9,75	0,09
216	То же	1400	0,88	0,49	2	3	0,56	0,58	7,42	7,72	0,11
217	Туф	2000	0,88	0,76	3	5	0,93	1,05	11,68	12,92	0,075
218	То же	1800	0,88	0,56	3	5	0,7	0,81	9,61	10,76	0,083
219	То же	1600	0,88	0,41	3	5	0,52	0,64	7,81	9,02	0,09
220	То же	1400	0,88	0,33	3	5	0,43	0,52	6,64	7,6	0,098
221	То же	1200	0,88	0,27	3	5	0,35	0,41	5,55	6,25	0,11
222	То же	1000	0,88	0,21	3	5	0,24	0,29	4,2	4,8	0,11

**Материалы кровельные, гидроизоляционные, облицовочные и рулонные покрытия для полов**

223	Листы асбестоцементные плоские	1800	0,84	0,35	2	3	0,47	0,52	7,55	8,12	0,03
224	То же	1600	0,84	0,23	2	3	0,35	0,41	6,14	6,8	0,03
225	Битумы нефтяные строительные и кровельные	1400	1,68	0,27	0	0	0,27	0,27	6,8	6,8	0,008
226	То же	1200	1,68	0,22	0	0	0,22	0,22	5,69	5,69	0,008
227	То же	1000	1,68	0,17	0	0	0,17	0,17	4,56	4,56	0,008
228	Асфальтобетон	2100	1,68	1,05	0	0	1,05	1,05	16,43	16,43	0,008
229	Рубероид, пергамин, толь	600	1,68	0,17	0	0	0,17	0,17	3,53	3,53	-
230	Линолеум поливинилхлоридный на теплоизолирующей подоснове	1800	1,47	0,38	0	0	0,38	0,38	8,56	8,56	0,002
231	То же	1600	1,47	0,33	0	0	0,33	0,33	7,52	7,52	0,002
232	Линолеум поливинилхлоридный на тканевой основе	1800	1,47	0,35	0	0	0,35	0,35	8,22	8,22	0,002
233	То же	1600	1,47	0,29	0	0	0,29	0,29	7,05	7,05	0,002
234	То же	1400	1,47	0,2	0	0	0,23	0,23	5,87	5,87	0,002

**Металлы и стекло**

235	Сталь стержневая арматурная	7850	0,482	58	0	0	58	58	126,5	126,5	0
236	Чугун	7200	0,482	50	0	0	50	50	112,5	112,5	0
237	Алюминий	2600	0,84	221	0	0	221	221	187,6	187,6	0
238	Медь	8500	0,42	407	0	0	407	407	326	326	0
239	Стекло оконное	2500	0,84	0,76	0	0	0,76	0,76	10,79	10,79	0

**Примечания**

1. Расчетные значения коэффициента теплоусвоения (при периоде 24 ч) материала в конструкции вычислены по формуле

$$s = 0,27 \sqrt{\lambda \rho_0 (c_0 + 0,0419w)},$$

где  $\lambda$ ,  $\rho_0$ ,  $c_0$ ,  $w$  – принимают по соответствующим графам настоящей таблицы.

2. Характеристики материалов в сухом состоянии приведены при влажности материала  $w$ , %, равной нулю.

3. Значения термических сопротивлений теплопередаче замкнутых воздушных прослоек принимать по таблице 1.2.1. При оклейке поверхности вертикальной воздушной прослойки алюминиевой фольгой ее термическое сопротивление не должно превышать:

- 0,40 м<sup>2</sup>°С/Вт для воздушной прослойки толщиной 0,02 м;
- 0,45 м<sup>2</sup>°С/Вт для воздушной прослойки толщиной 0,03 м;
- 0,50 м<sup>2</sup>°С/Вт для воздушной прослойки толщиной 0,05 м;

**Амплитуда температуры  
средняя \ максимальная по месяцам, °С**

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>Акмолинская область</b>												
Астана	<u>9,9</u> 38,7	<u>10,6</u> 31,5	<u>10,7</u> 23,5	<u>11,1</u> 24,1	<u>14,2</u> 25,4	<u>14,3</u> 29,5	<u>13,6</u> 25,3	<u>13,8</u> 25,9	<u>13,8</u> 28,2	<u>11</u> 23,5	<u>8,6</u> 28,8	<u>9</u> 27,4
Атбасар	<u>9,4</u> 30,8	<u>10,1</u> 25,4	<u>10,8</u> 25,3	<u>11,3</u> 24,7	<u>15,1</u> 25,6	<u>15,1</u> 27,7	<u>14,3</u> 26	<u>14,8</u> 25,6	<u>14,7</u> 27,5	<u>11,1</u> 27,8	<u>8,9</u> 27,7	<u>9</u> 30,6
Кокшетау	<u>9,1</u> 27,4	<u>9,8</u> 25,4	<u>10,3</u> 22,8	<u>11,8</u> 26,6	<u>14,2</u> 26,8	<u>14</u> 26,9	<u>12,8</u> 25,9	<u>12,8</u> 24,3	<u>12,3</u> 25,4	<u>9,4</u> 25,6	<u>8,3</u> 26,7	<u>8,6</u> 29
<b>Актюбинская область</b>												
Актобе	<u>9</u> 30,1	<u>9,5</u> 24,9	<u>9,3</u> 22,9	<u>11,5</u> 23,1	<u>14,4</u> 25,6	<u>14,6</u> 25	<u>14,2</u> 24,1	<u>14,7</u> 25,1	<u>14</u> 25,2	<u>10,5</u> 24,3	<u>8,5</u> 23,5	<u>8,3</u> 25,7
<b>Алматинская область</b>												
Алматы	<u>9,5</u> 24,8	<u>9,6</u> 20	<u>9,4</u> 22,3	<u>10,9</u> 21,1	<u>10,7</u> 23,5	<u>11</u> 19,7	<u>11,9</u> 19,4	<u>12,4</u> 20,7	<u>12,3</u> 21,6	<u>11,3</u> 20,7	<u>9,4</u> 23,9	<u>9,4</u> 22,9
Жаркент	<u>12,9</u> 24,4	<u>12,8</u> 23,5	<u>12,4</u> 27,4	<u>15</u> 28,1	<u>15,4</u> 25,5	<u>15,4</u> 24,3	<u>15,9</u> 26,5	<u>16,4</u> 25,5	<u>16,9</u> 26,1	<u>15,8</u> 28	<u>12,4</u> 23	<u>11,9</u> 22
Талдыкорган	<u>12,2</u> 31,4	<u>12,8</u> 31,3	<u>11,5</u> 26,1	<u>13,9</u> 29,7	<u>14,5</u> 25,7	<u>14,7</u> 24,3	<u>15,9</u> 27,1	<u>16,4</u> 25,8	<u>16,8</u> 27	<u>14,9</u> 27,5	<u>11,8</u> 28,1	<u>11,6</u> 24,5
<b>Атырауская область</b>												
Атырау	<u>8,3</u> 22,8	<u>8,5</u> 23,9	<u>9,5</u> 20,2	<u>12,5</u> 23,9	<u>12,8</u> 21,2	<u>13,1</u> 23,2	<u>13,3</u> 22,3	<u>13,9</u> 22,5	<u>13,5</u> 23,7	<u>11</u> 22,5	<u>9</u> 19,5	<u>7,4</u> 20,7
<b>Восточно-Казахстанская область</b>												
Бахты	<u>12,5</u> 26,3	<u>13,6</u> 30	<u>12,1</u> 28,3	<u>14,9</u> 27,8	<u>16,2</u> 27,8	<u>17,1</u> 28,5	<u>17,2</u> 26,2	<u>18</u> 28,1	<u>18,4</u> 28,2	<u>14,9</u> 28,1	<u>11,5</u> 23,4	<u>11,9</u> 30
Семипалатинск	<u>9,7</u> 29	<u>10,8</u> 27,1	<u>11</u> 25,6	<u>13</u> 25,7	<u>15</u> 26,7	<u>14,7</u> 25,3	<u>14,1</u> 26,8	<u>14,6</u> 25,1	<u>15,1</u> 29,1	<u>11,6</u> 24,2	<u>8,9</u> 29,5	<u>9,2</u> 26,2
Усть-Каменогорск	<u>11,6</u> 31,8	<u>13</u> 29,9	<u>12,1</u> 32,9	<u>12,2</u> 27,4	<u>14,5</u> 26,1	<u>14,6</u> 2	<u>14,2</u> 24,1	<u>15,2</u> 26,1	<u>15,2</u> 29,4	<u>12</u> 28	<u>9,6</u> 32	<u>10,2</u> 34,7
<b>Жамбылская область</b>												
Тараз	<u>10,8</u> 27,9	<u>11,1</u> 28,9	<u>11</u> 26,9	<u>13,5</u> 26,7	<u>15</u> 26	<u>16</u> 25,6	<u>17,6</u> 26	<u>18,3</u> 26,6	<u>18,7</u> 26,4	<u>16</u> 29,5	<u>12,2</u> 28,4	<u>11,2</u> 27,1
<b>Карагандинская область</b>												
Караганда	<u>9,6</u> 31,4	<u>10,2</u> 28,2	<u>9,8</u> 25,4	<u>11</u> 23,8	<u>13,6</u> 23,5	<u>13,6</u> 23,2	<u>13,3</u> 21	<u>13,4</u> 22,9	<u>13,1</u> 23,8	<u>10,6</u> 25,3	<u>8,6</u> 23,7	<u>8,7</u> 25,1
Каркаралы	<u>11,5</u> 27	<u>12,5</u> 27,9	<u>12,6</u> 26,3	<u>13,4</u> 26,2	<u>15,3</u> 26,8	<u>15,3</u> 25,8	<u>14,8</u> 23,8	<u>15,1</u> 25,6	<u>15</u> 26,1	<u>12,3</u> 27,5	<u>11,1</u> 26,9	<u>10,6</u> 22,7
Балхаш	<u>8,4</u> 23,8	<u>8,8</u> 25,8	<u>9,5</u> 21,4	<u>11,9</u> 23,8	<u>13,1</u> 24,2	<u>12,8</u> 23	<u>12,5</u> 21,3	<u>12,9</u> 21	<u>13,1</u> 21,6	<u>11,6</u> 20,5	<u>8,9</u> 26,3	<u>7,9</u> 21,3
Карсақпай	<u>9,4</u> 28,6	<u>9,4</u> 26,1	<u>9,1</u> 25,1	<u>11,9</u> 22,9	<u>14,3</u> 25,2	<u>14,5</u> 24,2	<u>14,3</u> 23,6	<u>14,3</u> 22,7	<u>14,8</u> 23,7	<u>11,7</u> 23,7	<u>9</u> 27,2	<u>8,3</u> 22,3

<b>Кызылординская область</b>												
Аральск	<u>8.8</u> 27,3	<u>9.3</u> 31.3	<u>9.6</u> 20,5	<u>11.4</u> 21.4	<u>12</u> 20,3	<u>12.3</u> 21,5	<u>12</u> 19,6	<u>12.5</u> 20,7	<u>12.4</u> 22,2	<u>10.2</u> 22,6	<u>8.3</u> 20	<u>7.8</u> 21,6
Казалы	<u>8.7</u> 23,9	<u>9.3</u> 24.2	<u>10.2</u> 21,7	<u>12.8</u> 23,7	<u>13.8</u> 23,4	<u>13.9</u> 22,7	<u>13.7</u> 22,4	<u>14.3</u> 23	<u>14.7</u> 22,9	<u>12.6</u> 24,6	<u>10</u> 21,4	<u>7.9</u> 17,1
Кызылорда	<u>8.7</u> 23,8	<u>9.5</u> 22,9	<u>11.1</u> 24	<u>13.8</u> 24,8	<u>15.3</u> 25,5	<u>15.7</u> 23,2	<u>15.9</u> 25,3	<u>16.3</u> 24	<u>16.6</u> 27,8	<u>14.5</u> 27,6	<u>10.7</u> 23,7	<u>8.4</u> 19,7
<b>Костанайская область</b>												
Костанай	<u>9.7</u> 26,6	<u>10.3</u> 25,4	<u>11</u> 25,9	<u>11.5</u> 23,9	<u>14.5</u> 24,3	<u>14.3</u> 23,6	<u>13.4</u> 25,4	<u>13.7</u> 23,7	<u>13.2</u> 25,7	<u>10.2</u> 25,1	<u>8.9</u> 21,7	<u>9.4</u> 25,3
Торгай	<u>9.3</u> 27,6	<u>9.1</u> 23,8	<u>10</u> 20,9	<u>11.7</u> 24,7	<u>13.7</u> 24,4	<u>14.6</u> 23	<u>13.9</u> 22,8	<u>14.2</u> 23,4	<u>13.8</u> 23,3	<u>10.9</u> 22,6	<u>3.5</u> 19,5	<u>8.9</u> 24,4
<b>Мангыстауская область</b>												
Форт-Шевченко	<u>5.8</u> 18,7	<u>6.3</u> 16,6	<u>6.6</u> 18,7	<u>8.1</u> 18,4	<u>8.3</u> 19,1	<u>7.8</u> 17,5	<u>7.8</u> 17,8	<u>8.2</u> 18,3	<u>7.7</u> 17,8	<u>7.2</u> 15,8	<u>6.6</u> 16	<u>5.8</u> 14,2
<b>Павлодарская область</b>												
Павлодар	<u>9</u> 30,4	<u>9.7</u> 30,8	<u>10.4</u> 24,7	<u>11.3</u> 25,2	<u>13.4</u> 24,3	<u>12.6</u> 22,9	<u>12</u> 20,4	<u>12</u> 24,8	<u>12.3</u> 22,1	<u>9.7</u> 21,7	<u>8</u> 24,5	<u>8.6</u> 23,5
<b>Северо-Казахстанская область</b>												
Петропавловск	<u>9</u> 23,8	<u>9.4</u> 25,2	<u>10.1</u> 26,1	<u>10.4</u> 26,4	<u>13.2</u> 24,5	<u>13.3</u> 22,3	<u>12.1</u> 26,2	<u>12.1</u> 25,1	<u>11.8</u> 26,4	<u>8.8</u> 23,5	<u>7.8</u> 23,2	<u>8.6</u> 30,1
<b>Западно-Казахстанская область</b>												
Уральск	<u>8.6</u> 21,1	<u>9.1</u> 25,7	<u>9.2</u> 23,4	<u>11.1</u> 25,4	<u>13.4</u> 22,4	<u>14.6</u> 23,6	<u>14.3</u> 24,6	<u>14.8</u> 25,6	<u>13.9</u> 25,2	<u>10</u> 21,7	<u>7.8</u> 23,3	<u>7.6</u> 26,1
<b>Южно-Казахстанская область</b>												
Туркестан	<u>9.5</u> 25	<u>10.8</u> 25,6	<u>12.5</u> 21,8	<u>14.5</u> 25,3	<u>16.1</u> 25,2	<u>17.7</u> 26,6	<u>18.4</u> 27,1	<u>18.3</u> 31,1	<u>19.1</u> 29,6	<u>17.7</u> 23,9	<u>13.6</u> 26,6	<u>10.6</u> 28
Шымкент	<u>9.9</u> 22,5	<u>10.8</u> 27	<u>11</u> 22,6	<u>12.5</u> 22,7	<u>14</u> 23,3	<u>15.8</u> 22,9	<u>16.5</u> 23,7	<u>16.8</u> 23,6	<u>14.8</u> 23,2	<u>14.6</u> 23,8	<u>11.6</u> 21	<u>10.1</u> 24,6

Приложение Е

**Солнечная радиация прямая \ рассеянная, поступающая в июле на вертикальные поверхности восточной и западной ориентации при безоблачном небе, Вт/м<sup>2</sup>**

Широта град. с.ш.	Часы суток для восточной ориентации																					Сумма за сут.	Среднее суточное кол-во
	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22		
1	2	3	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	13	18	17	18	19	20	21	22	23	24
38	-	-	-	<u>5</u> 1	<u>188</u> 49	<u>445</u> 150	<u>541</u> 180	<u>523</u> 165	<u>433</u> 134	<u>273</u> 113	<u>98</u> 101	=	=	=	=	=	=	<u>-2</u> 8	-	-	-	<u>2506</u> 1398	163
40	-	-	-	<u>16</u> 2	<u>243</u> 63	<u>476</u> 151	<u>561</u> 179	<u>542</u> 164	<u>442</u> 134	<u>276</u> 110	<u>101</u> 99	=	=	=	=	=	=	=	-	-	-	<u>2657</u> 1399	169
42	-	-	-	<u>28</u> 5	<u>299</u> 78	<u>506</u> 151	<u>570</u> 178	<u>561</u> 163	<u>451</u> 134	<u>279</u> 108	<u>105</u> 98	=	=	=	=	=	=	=	-	-	-	<u>2799</u> 1404	175
44	-	-	-	<u>51</u> 7	<u>332</u> 79	<u>514</u> 151	<u>579</u> 177	<u>563</u> 163	<u>452</u> 135	<u>279</u> 108	<u>105</u> 98	=	=	=	=	=	=	=	-	-	-	<u>2875</u> 1409	180
46	-	-	-	<u>76</u> 8	<u>365</u> 80	<u>523</u> 151	<u>578</u> 174	<u>565</u> 163	<u>454</u> 136	<u>279</u> 108	<u>105</u> 98	=	=	=	=	=	=	=	=	-	-	<u>2945</u> 1411	182
48	-	-	-	<u>90</u> 16	<u>371</u> 88	<u>536</u> 155	<u>590</u> 174	<u>565</u> 164	<u>454</u> 135	<u>279</u> 110	<u>105</u> 98	=	=	=	=	=	=	=	=	-	-	<u>2990</u> 1433	184
50	-	-	-	<u>105</u> 23	<u>377</u> 96	<u>549</u> 158	<u>601</u> 174	<u>565</u> 164	<u>454</u> 135	<u>279</u> 113	<u>105</u> 98	=	=	=	=	=	=	=	=	-	-	<u>3035</u> 1459	187
52	-	-	-	<u>160</u> 29	<u>422</u> 99	<u>564</u> 160	<u>607</u> 174	<u>572</u> 166	<u>457</u> 135	<u>280</u> 113	<u>105</u> 98	=	=	=	=	=	=	=	=	-	-	<u>3167</u> 1478	194
54	-	-	<u>5</u> 1	<u>218</u> 33	<u>468</u> 101	<u>579</u> 164	<u>614</u> 174	<u>579</u> 169	<u>461</u> 135	<u>281</u> 113	<u>105</u> 96	=	=	=	=	=	=	=	=	-	-	<u>3310</u> 1496	200
56	-	-	<u>38</u> 4	<u>258</u> 36	<u>482</u> 101	<u>594</u> 156	<u>621</u> 165	<u>579</u> 155	<u>461</u> 121	<u>283</u> 102	<u>105</u> 91	=	=	=	=	=	=	=	=	-	-	<u>3421</u> 1426	201
58	-	-	<u>73</u> 5	<u>299</u> 40	<u>497</u> 101	<u>609</u> 149	<u>629</u> 156	<u>573</u> 141	<u>461</u> 106	<u>285</u> 93	<u>105</u> 86	=	=	=	=	=	=	=	=	-	-	<u>3531</u> 1362	203
60	-	-	<u>108</u> 10	<u>328</u> 49	<u>509</u> 105	<u>623</u> 144	<u>632</u> 149	<u>586</u> 134	<u>461</u> 104	<u>285</u> 88	<u>105</u> 81	=	=	=	=	=	=	=	=	-	-	<u>3637</u> 1330	206
62	-	-	<u>143</u> 17	<u>356</u> 57	<u>523</u> 108	<u>629</u> 140	<u>635</u> 143	<u>594</u> 128	<u>462</u> 101	<u>286</u> 84	<u>106</u> 77	=	=	=	=	=	=	=	=	-	-	<u>3734</u> 1299	209
64	-	<u>17</u> 5	<u>166</u> 27	<u>363</u> 66	<u>535</u> 115	<u>635</u> 141	<u>655</u> 143	<u>597</u> 129	<u>463</u> 101	<u>285</u> 84	<u>106</u> 77	=	=	=	=	=	=	=	=	-	-	<u>3822</u> 1340	215
66	<u>4</u> 1	<u>100</u> 10	<u>244</u> 36	<u>405</u> 76	<u>547</u> 122	<u>649</u> 142	<u>663</u> 143	<u>604</u> 130	<u>471</u> 101	<u>291</u> 84	<u>106</u> 77	=	=	=	=	=	=	=	=	-	-	<u>4084</u> 1384	227
68	<u>41</u> 2	<u>163</u> 16	<u>297</u> 39	<u>436</u> 85	<u>572</u> 129	<u>663</u> 143	<u>669</u> 143	<u>611</u> 131	<u>480</u> 101	<u>297</u> 84	<u>106</u> 77	=	=	=	=	=	=	=	=	-	-	<u>4335</u> 1422	239
Широта град. с.ш.	Часы суток для западной ориентации																						
	22-23	21-22	20-21	19-20	18-19	17-18	<u>16-17</u>	15-16	14-15	13-14	12-13	11-12	10-11	9-10	8-9	7-8	6-7	5-6	4-5	3-4	2-3		

Парциальное давление водяного пара наружного воздуха по месяцам

Республика, край, область, пункт	Упругость водяного пара наружного воздуха по месяцам, гПа												Средняя месячная относительная влажность воздуха в 13 ч, %		Количество осадков, мм			
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	наиболее холодного месяца	наиболее жаркого месяца	за год	жидких и сме- шанных за год	су- точ- ный мак- си- мум	
<b>Республика Казахстан</b>																		
<b>Акмолинская область</b>																		
Астана	1,7	1,8	2,8	5,5	8	10,9	12,7	11,4	8,1	5,4	3,2	2,1	80	42	411	337	80	
Атбасар	1,5	1,8	2,6	5,4	8	11,2	13,1	11,5	8	5,2	3,3	2	81	43	386	301	61	
Кокшетау	1,6	1,8	2,8	5,2	7,6	11,2	13,7	12,3	8,8	5,5	3,3	2,1	76	48	281	230	55	
<b>Актюбинская область</b>																		
Актобе	2	2,1	3,2	5,9	8,7	11,1	12,9	11,4	8,3	5,9	3,9	2,5	78	35	315	258	49	
Уил	2,3	2,5	3,7	6,3	9,1	11,1	12,4	11,3	8,1	6	4,2	3	79	29	277	186	57	
Шалкар	2	2,5	3,6	6,2	8,7	10,6	12,4	11,1	8,2	5,8	3,9	2,7	79	29	237	182	45	
Эмба	1,9	2,1	3,3	6	8,4	10,2	11,7	10,7	7,8	5,8	3,9	2,6	77	29	251	-	56	
<b>Алматинская область</b>																		
Алматы	3	3,4	5,2	7,4	10,2	11,9	12,6	1,2	8,3	6,3	4,5	3,3	68	35	629	541	74	
Баканас	2,3	2,8	4,7	6,4	8,8	10,8	11,4	10,2	7,4	5,6	4,3	3	70	24	223	149	-	
Жаркент	2,4	3,1	5	6,8	9,4	12,2	13,5	12,3	8,9	6,1	4,2	2,9	61	32	191	139	39	
Талдыкорган	2,6	2,9	4,7	6,7	9,3	11,8	12,8	10,8	7,7	6	4,2	2,9	67	31	412	342	-	
<b>Атырауская область</b>																		
Ганюшкино	3,3	3,5	4,7	7,8	12,1	16	18,4	17,1	12,3	8,2	5,6	4	77	41	225	151		
Атырау	3	3,3	4,5	7,1	10,6	13,5	15,5	14,4	10,8	7,4	5	3,7	81	33	236	-	87	
<b>Восточно-Казахстанская область</b>																		
Зайсан	1,4	1,7	3,1	5,2	7,6	10,3	11,9	10,6	7,4	5,2	3,1	1,9	78	38	353	293	67	
Катон-Карагай	1,4	1,7	2,5	4,3	6,5	10,2	12,1	10,5	6,9	4,3	2,4	1,8	59	51	516	372	53	
Усть-Каменогорск	1,6	1,7	3	5,6	8,6	12,7	15	13,2	8,9	5,6	3,1	2,1	71	46	536	402	89	
Бахты	1,9	2,3	4,6	6,4	9,1	12	13,1	11,3	7,7	5,6	3,7	2,2	68	32	323	229	-	
Кокпекты	1,1	1,3	2,6	5,3	7,8	11	12,6	10,9	7,3	4,7	2,8	1,6	74	36	363	214	63	
Семипалатинск	1,5	1,8	2,9	5,7	8	11,4	14	12	8,1	5,4	3,4	1,9	73	40	364	262	-	
Тансык	1,8	1,9	3,4	5,5	7,6	9,8	11,1	9,6	6,8	5	3,4	2,1	72	27	254	-	-	
<b>Жамбылская область</b>																		
Тараз	3,7	4,3	6	8,5	10,9	12,3	12,9	11,3	8,3	6,5	5	4,1	68	30	353	268	111	
Мойынқум	3	3,5	5,2	7,2	9,8	12,6	13,8	12,2	8,4	6	4,6	3,4	67	31	294	-	-	

Республика, край, область, пункт	Упругость водяного пара наружного воздуха по месяцам, гПа												Средняя месячная относительная влажность воздуха в 13 ч, %		Количество осадков, мм			
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	наиболее холодного месяца	наиболее жаркого месяца	за год	жидких и сме- шанных за год	су- точ- ный макс- мум	
<b>Карагандинская область</b>																		
Караганда	1,8	1,9	3,1	5,6	7,7	10,4	12	10,6	7,6	5,2	3,2	2,2	77	40	-	-	-	
Каркаралы	1,8	1,9	2,8	4,8	7,1	9,8	11,3	9,9	6,9	4,6	2,8	2	69	42	366	304	56	
Балхаш	1,8	2,1	3,8	5,9	8	10,8	12,2	10,8	8	5,6	3,8	2,4	75	31	195	136	-	
Жезказган	1,9	2,1	3,5	5,9	7,9	9,9	11,1	10	7	5	3,5	2,4	76	27	208	-	61	
Карсақпай	1,9	2	3,4	5,7	7,6	9,2	10,7	9,6	7	5	3,5	2,4	82	30	219	166	61	
<b>Кызылординская область</b>																		
Аральск	2,3	2,6	4	6,2	9,5	12	11	12,5	8,9	6,4	4,3	3	78	35	166	136	44	
Казалы	2,6	3	4,4	6,6	9,3	12,5	14,8	12,8	9,3	6,3	4,4	3,4	74	28	178	150	52	
Кызылорда	3	3,4	4,8	6,5	8,5	10,9	12,7	11	7,9	5,7	4,2	3,3	72	23	151	110	41	
<b>Костанайская область</b>																		
Костанай	1,6	1,7	2,7	5,6	7,9	11,4	13,8	12,2	8,7	5,5	3,3	2	79	45	373	298	69	
Амангельды	1,9	2	3,3	6,2	9,1	11,5	13,3	11,9	8,2	5,5	3,7	2,5	79	35	302	-	-	
Торгай	1,8	2	3,3	6,1	8,7	10,9	12,5	11,3	7,7	5,4	3,6	2,5	79	32	282	206	93	
<b>Мангистауская область</b>																		
Форт-Шевченко	4,3	4,4	5,4	7,8	12,4	17	20,3	18,6	13	9,2	6,3	4,9	75	56	214	195	71	
<b>Павлодарская область</b>																		
Баянауыл	1,8	2	2,9	5	7,3	10,4	12,3	10,9	7,5	5,1	3,3	2,2	67	44	401	-	66	
Павлодар	1,6	1,7	2,8	5,6	8	11,8	14,3	12,8	8,8	5,7	3,2	1,9	82	45	352	264	-	
<b>Северо-Казахстанская область</b>																		
Петропавловск	1,4	1,6	2,6	5,4	7,9	11,9	14,5	13,2	9,3	5,5	3,2	2	80	53	425	382	-	
<b>Западно-Казахстанская область</b>																		
Жымпиты	2,2	2,4	3,7	6,6	9,6	11,5	12,9	11,9	8,6	6,2	4,3	3	82	32	326	264	-	
Уральск	2,1	2,3	3,6	6,6	9,6	12,2	13,9	12,6	9	6,3	4,3	3	82	37	374	307	47	
<b>Южно-Казахстанская область</b>																		
Туркестан	4	4,8	6,2	8	9,7	9,8	9,8	8,9	6,3	5,6	4,9	4,2	72	17	238	205	54	
Шардара	4,4	5,3	6,9	9,6	10,9	10,2	10,4	9,4	7,2	6,3	5,3	4,7	72	17	264	206	-	
Шымкент	4,4	5	6,5	9,1	11,4	11,7	11,3	10	7,5	6,7	5,4	4,5	67	21	582	483	-	

## Библиография

[1]	Свод правил СП 23-101-2004	Проектирование тепловой защиты зданий
[2]	Свод правил СП 44.13330.2011	СНиП 2.09.04-87* Административные и бытовые здания
[3]	Свод правил СП 54.13330.2011	СНиП 31-01-2003 Здания жилые многоквартирные
[4]	Строительные нормы и правила СНиП 31-06-2009	Общественные здания и сооружения
[5]	Строительные нормы и правила СНиП 2.10.03-84	Животноводческие, птицеводческие и звероводческие здания и помещения
[6]	Строительные нормы и правила СНиП 2.10.03-84	Холодильники
[7]	Строительные нормы и правила СНиП РК 2.04-01-2001	Строительная климатология
[8]	Строительные нормы и правила СНиП 31-05-2003	Общественные здания административного назначения
[9]	Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.2.1002-00	Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям
[10]	Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.4.548-96	Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
[11]	Строительные нормы СН РК 2.04.04-21-2011	Тепловая защита зданий

# Том 2 - Система вентиляции зданий

## ВВЕДЕНИЕ

Параметры микроклимата и воздушно-тепловой режим помещений определяются работой систем отопления и вентиляции, архитектурно-планировочными и конструктивными решениями зданий.

При строительстве жилых зданий применяются системы естественной приточно-вытяжной вентиляции. Допускается также устройство систем приточно-вытяжной вентиляции с механическим побуждением. При соответствующем технико-экономическом обосновании следует предусматривать утилизацию теплоты вытяжного воздуха. Большое влияние на микроклимат помещений оказывают особенности эксплуатации квартир жильцами. Совокупность этих факторов определяет эксплуатационные расходы теплоты и уровень воздушно-теплого комфорта.

Организация и рациональное поддержание воздушно-теплого режима в жилых зданиях, обеспечение должной чистоты воздуха жилых помещений является комплексной задачей. Действующая система нормативных документов, специализированная по отдельным разделам проектирования, не учитывает этой комплексности.

Проектирование систем отопления и вентиляции, осуществляемое в соответствии с требованиями нормативных документов, с использованием справочников, рекомендательной литературы, содержащей методы расчетов тепловых и гидравлических характеристик систем, указания по их конструированию, характеристики оборудования, затрагивает далеко не весь комплекс вопросов обеспечения нормируемого воздушно-теплого режима в помещениях жилых зданий при минимальном расходе тепловой энергии.

Естественная вентиляция жилых зданий при всех мероприятиях по улучшению ее работы не обеспечивает нормативный воздухообмен в помещениях при современных герметичных окнах. Переход к вентиляции с механическим побуждением требует рассмотрения и выбора конструктивной схемы организованного воздухообмена жилых зданий. Применение рекуператоров в системах вентиляции с механическим побуждением в свою очередь требует рассмотрения эффективности работы рекуператоров в условиях отрицательных температур наружного воздуха.

## 1. Общие положения

Концептуально Методическое пособие состоит из следующих частей:

- 1) Рекомендации по улучшению работы системы естественной вентиляции.
- 2) Рекомендации и указания по применению механической системы вентиляции с утилизацией тепла вентиляционных выбросов и подбору требуемого оборудования.
- 3) Методы повышения эффективности рекуперативных установок в условиях работы системы при низких отрицательных температурах наружного воздуха.
- 4) Методика и пример расчета затрат тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилых зданий.

Каждая часть Методического пособия сориентирована на практическое применение проектировщиками различной специализации.

В каждой части Методического пособия приведены технические решения, которые могут служить основой при разработке проектной документации для новых и реконструируемых зданий.

Методическое пособие разработано за счет финансирования ПРООН в Казахстане, проект ПРООН/ГЭФ «Энергоэффективное проектирование и строительство жилых зданий».

## 2. Нормативные ссылки

В настоящем Методическом пособии использованы ссылки на следующие технические нормативные правовые акты в области технического нормирования и стандартизации:

СНиП РК 3.02-43-2007 – Жилые здания.

СНиП РК 4.02-42-2006 – Отопление, вентиляция и кондиционирование.

## 3. Рекомендации по улучшению работы систем естественной вентиляции

### 3.1. Конструктивно-планировочные решения жилых зданий

**3.1.1.** Воздушно-тепловой режим в помещениях является одним из основных факторов, определяющих уровень комфорта жилых зданий. Неудовлетворительный микроклимат делает их непригодными для проживания.

**3.1.2.** Оптимизация воздушно-теплого режима квартир требует их изоляции от других помещений с целью максимального сокращения количества перетекающего извне воздуха.

Входные двери в квартиры должны иметь высокое сопротивление воздухопроницанию. При установке в пределах лестниц, лестнично-лифтового блока входных дверей с устройством функции доступа, заполнение световых проемов для естественного освещения лестниц окнами с высоким сопротивлением воздухопроницанию необходимо устанавливать в оконных блоках клапана приточные для получения равнозначного внутреннего давления и уменьшения эффекта опрокидывания.

**3.1.3.** С целью организации требуемого воздухообмена приток воздуха в помещения квартиры осуществляется через форточки, фрамуги или приточные клапаны, устанавливаемые в переплете окна или в наружной стене в ограждающих конструкциях. При установке стеновых приточных клапанов необходимо предусматривать их укрытие ламельной приточ-

ной решеткой в устраиваемой нише для снижения эффекта «дутья». Все воздухоприточные устройства должны быть регулируемы.

**3.1.4.** Наличие вытяжных каналов в разных местах квартиры существенно снижает надежность и эффективность системы естественной вытяжной вентиляции.

**3.1.5.** Не рекомендуется размещение санитарных узлов и вентиляционных блоков возле наружных стен квартир, поскольку такое размещение затрудняет обеспечение удовлетворительного влажностного режима в санитарных помещениях и требует специальных решений по повышению температуры их ограждений.

**3.1.6.** При проектировании жилых домов с неотапливаемыми подъездами, перегородки, отделяющие квартиру от подъезда, строить с термическим сопротивлением не ниже термического сопротивления наружных стен здания.

**3.1.7.** Планировочные решения квартир с точки зрения организации вентиляции должны быть направлены на исключение горизонтальных воздуховодов в пределах квартиры; на обеспечение непосредственного поступления воздуха из кухни, ванной и туалета в вентиляционный блок. Качество работ по герметизации сборных вентиляционных блоков должно быть оформлено актами на скрытые работы.

**3.1.8.** Рекомендуется использовать в кухнях механические вытяжные устройства, которые работают в режиме рециркуляции.

Системы локальной вытяжной вентиляции (надплитный зонтик или аналогичные устройства с удалением вытяжного воздуха в атмосферу) должны, как правило, иметь отдельный сборный канал для их подключения. В кухнях, оборудованных надплитным зонтиком или аналогичным устройством, следует устанавливать в наружной стене кухни уравнивающий клапан, электрически сопряженный с надплитным зонтиком и обеспечивающий дополнительный приток воздуха в помещение кухни при его работе.

**3.1.9.** Крытия жилых и общественных зданий могут быть бесчердачными (совмещенными) и раздельной конструкции, верхнее и нижнее перекрытия которой образуют чердачное пространство, и в зависимости от способа удаления вентиляционного воздуха оно может быть холодным или теплым.

Холодный чердак разрешается применять в жилых зданиях любой этажности при условии, что все секции здания имеют одинаковое количество этажей. Теплый чердак рекомендуется применять в зданиях 6 этажей и более, а также в зданиях, секции которых имеют разное количество этажей.

**3.1.10.** В жилых домах с холодным чердаком внутреннее пространство чердака должно вентилироваться наружным воздухом через специальные отверстия в стенах.

**3.1.11.** В зданиях с холодным чердаком теплоизоляция укладывается по чердачному перекрытию. Теплоизоляционный слой по периметру чердака на ширину не менее 1 м рекомендуется защищать от увлажнения. Вентиляционные шахты и вытяжки канализационных стояков при холодном чердаке с выпуском воздуха наружу должны быть утеплены выше чердачного перекрытия с сопротивлением теплопередаче равным сопротивлению теплопередаче наружных стен здания.

На оголовках вентиляционных каналов на кровле следует предусматривать установку дефлекторов (турбодефлекторов).

При проектировании расположения вентиляционных каналов, расположенных выше кровли жилого здания, не допускать их попадания в «тень» лифтовых шахт и рядом расположенных зданий более высокой этажности.

**3.1.12.** В жилых домах с теплым чердаком чердачное пространство, имеющее утепленные наружные стены и утепленное кровельное покрытие, обогревается теплым воздухом, который поступает из вытяжной вентиляции дома. Для удаления воздуха из чердачного пространства следует предусматривать вытяжные шахты по одной на каждую секцию. Чердачное пространство следует посекционно разделить стенами на изолированные отсеки. Дверные проемы в стенах, обеспечивающие сквозной проход по чердаку, должны иметь

уплотненные притворы. Выделять в оголовке обособленный канал для верхнего этажа не рекомендуется, так как при этом исключается эжекция воздуха из спутников верхних этажей. В расчетных условиях температура воздуха на чердаке должна быть не ниже 14°С.

**3.1.13.** В зданиях с теплым чердаком удаление воздуха из чердака следует предусматривать через одну вытяжную шахту на каждую секцию дома с высотой шахты не менее 4,5 м от перекрытия над последним этажом.

**3.1.14.** В зданиях, где предусмотрены две и более вентиляционных шахт в одной квартире для устранения перетоков воздуха между шахтами, необходимо выполнить объединение общих вентиляционных каналов на крыше или чердаке или установить дополнительные вентиляционные устройства, предотвращающие перетоки.

**3.1.15.** Бесчердачные покрытия (совмещенные крыши) могут устраиваться не вентилируемыми и вентилируемыми. Невентилируемые покрытия следует предусматривать в тех случаях, когда в конструкции покрытия путем применения пароизоляции и других мероприятий исключается влагонакопление в холодный период года. Вентилируемые покрытия надлежит предусматривать в тех случаях, когда конструктивные меры не обеспечивают нормального влажностного состояния конструкций.

**3.1.16.** Конструкции транзитных участков вентиляционных каналов, проходящие через холодный или открытый чердаки, а также вентиляционных шахт на кровле должны иметь термическое сопротивление не менее чем термическое сопротивление наружных стен жилых зданий. Для уменьшения массы и габаритов указанных конструкций, предусматриваемое настоящим пунктом, термическое сопротивление может быть достигнуто за счет эффективной теплоизоляции.

**3.1.17.** Волокнистые теплоизоляционные материалы в вентилируемых покрытиях должны быть защищены от воздействия вентилируемого воздуха паронепроницаемыми пленочными покрытиями.

**3.1.18.** Осушающие воздушные прослойки и каналы следует располагать над теплоизоляцией или в верхней зоне последней. Минимальный размер поперечного сечения этих прослоек не должен быть менее 40 мм. Приточные отверстия следует устраивать в карнизной части, а вытяжные – с противоположной стороны здания или в коньке. Суммарное сечение как приточных, так и вытяжных отверстий рекомендуется назначать в пределах 0,002-0,001 от горизонтальной проекции покрытия.

**3.1.19.** При технико-экономическом обосновании конструктивного решения чердака, кроме традиционных факторов, следует учитывать также затраты на изоляцию размещенных в них инженерных коммуникаций и на их эксплуатацию.

## **3.2. Естественная вентиляция жилых зданий**

**3.2.1.** В квартирах жилых домов разрешается применять следующие виды систем вентиляции:

- системы естественной вентиляции, с естественным притоком и удалением воздуха;
- системы смешанной вентиляции, с механическим удалением и с естественным притоком воздуха; с механическим притоком и с естественным удалением воздуха;
- системы механической приточно-вытяжной вентиляции.

Системы приточно-вытяжной механической вентиляции рекомендуется оборудовать установками для утилизации тепла вытяжного воздуха.

**3.2.2.** В квартирах жилых домов могут применяться следующие типы систем вентиляции:

- централизованные,
- индивидуальные,
- смешанные.

**3.2.3.** Выбирать тип и вид системы вентиляции следует в соответствии с требованиями технического задания на проектирование.

**3.2.4.** Приток воздуха в помещения квартиры осуществляется через форточки, фрамуги или створки окон, открытых в режиме микропроветривания и через приточные клапаны, устанавливаемые в переплете окна или в наружной стене.

**3.2.5.** Удаление воздуха из помещений квартиры осуществляется через вытяжные устройства – вытяжные решетки или клапаны. Вытяжные устройства присоединяются к вертикальному сборному каналу через воздушный канал спутник. Вертикальные сборные каналы следует предусматривать общими или отдельными для кухонь и туалетов. В случае использования общего вертикального сборного канала вытяжные устройства из кухни, ванной комнаты и туалета должны присоединяться через отдельные спутники.

Удаление воздуха из помещений квартир верхних этажей дома осуществляется индивидуальными вытяжными вентиляторами через отдельные каналы. Число этажей, квартиры которых должны быть оборудованы индивидуальными вентиляторами, определяется расчетом.

В системах естественной вентиляции допускается устанавливать индивидуальные бытовые вытяжные вентиляторы на вытяжных устройствах каждой квартиры в системах с индивидуальными вертикальными каналами.

**3.2.6.** Системы механической вытяжной вентиляции с естественным притоком воздуха проектируются с центральным вытяжным вентилятором или индивидуальными вытяжными вентиляторами.

Приток воздуха в помещения квартиры осуществляется так же, как в системах естественной вентиляции.

Системы проектируются с общим или отдельными вертикальными сборными каналами для кухонь, ванных комнат и туалетов.

Индивидуальные вытяжные вентиляторы должны иметь обратный клапан, предотвращающий перетекание воздуха между квартирами через сборный канал.

**3.2.7.** Системы механической приточной вентиляции с естественным удалением воздуха проектируются с центральным приточным вентилятором или индивидуальными приточными вентиляторами.

Приток воздуха в помещения квартиры осуществляется через воздухораспределители в жилые помещения.

Системы проектируются с общим или отдельными вертикальными сборными каналами для кухонь, ванных комнат и туалетов.

**3.2.8.** Системы механической приточно-вытяжной вентиляции, как правило, должны иметь устройства утилизации тепла вытяжного воздуха для подогрева приточного воздуха. Воздухораспределители для подачи приточного воздуха устанавливаются в жилых помещениях, вытяжные устройства – в подсобных помещениях (кухнях, ванных, туалетах, постирочных, кладовых и т. п.).

**3.2.9.** Системы вентиляции жилых квартир следует проектировать, обеспечивая нормы воздухообмена по наружному воздуху (нормы расхода наружного воздуха), поддерживающих в обслуживаемых помещениях необходимую чистоту (качество) воздуха и его минимально возможное неблагоприятное воздействие на здоровье человека.

**3.2.10.** Качество воздуха в помещениях должно быть обеспечено вне зависимости от принятой системы вентиляции и схемы организации воздухообмена при соблюдении предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (таблица 1).

**Таблица 1 – Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в воздухе**

Вещество	Предельно допустимая концентрация в наружном воздухе $q_{н\text{ пдк}}$ , мкг/м <sup>3</sup> )	
	Максимальная разовая	Среднесуточная
Азота двуокись	250	100
Азот (II) оксид (азота оксид) NO	400	240
Свинец	1	0,3
Сера диоксид (ангидрид сернистый, сера (IV) оксид, сернистый газ)	500	200
Углеводороды предельные алифатического ряда C11 - C19	1000	400
Углерода окись	5	3
Углерод оксид (окись углерода, угарный газ)	5000	3000
Фенол	10	7

**3.2.11.** Системы механической вентиляции жилых квартир рекомендуется проектировать с возможностью индивидуального регулирования величины воздухообмена. Следует применять регулируемые устройства для притока и удаления воздуха. Вентиляторы центральных систем механической вентиляции, как правило, должны иметь регулируемый привод и обеспечивать возможность изменения воздухообмена. Минимальный воздухообмен в квартире не должен быть менее 25% от расчетного.

**3.2.12.** Энергоэффективность систем механической вентиляции обеспечивается сокращением величины воздухообмена в зависимости от интенсивности эксплуатации отдельных помещений и квартиры в целом, использованием тепла вытяжного воздуха для подогрева приточного (в системах приточно-вытяжной механической вентиляции). Применение теплых чердаков позволяет уменьшить нагрузку системы отопления на величину потерь тепла через покрытие за счет использования тепла вытяжного воздуха.

**3.2.13.** Для проветривания квартир в теплый период года должны использоваться открывающиеся окна (створки окон), форточки или фрамуги. Приточный воздух должен поступать в жилые помещения квартиры; удаление воздуха следует осуществлять из подсобных помещений.

**3.2.14.** Приточные устройства следует размещать в жилых комнатах и кухнях-столовых в верхней части окна или наружной стены или над отопительным прибором, установленным под окном.

В системах с естественным притоком воздуха в качестве приточных устройств, как правило, следует применять приточные регулируемые клапаны.

Выбор типа и вида приточного устройства проектировщик осуществляет самостоятельно, исходя из технического задания на проектирование и стоимости устройства.

В системах с механическим притоком воздуха в качестве приточных устройств следует применять регулируемые воздухораспределители.

Размеры, количество и размещение приточных устройств должно обеспечивать требуемые параметры воздуха в обслуживаемой зоне помещений при расчетных расходах наружного воздуха.

В системах с естественным притоком воздуха температуру и скорость приточного воздуха следует принимать в соответствии с СНиП РК 4.02-42-2006.

В качестве вытяжных устройств следует применять регулируемые решетки и клапаны.

**3.2.15.** Воздухообмен в квартирах должен быть организован так, чтобы исключить перетекание воздуха из подсобных помещений в жилые помещения.

**3.2.16.** Внутриквартирные двери должны выполняться с вентиляционными проемами, уменьшающими их аэродинамическое сопротивление в закрытом положении. Рекомендуется их выполнение в вариантах:

– подрезка дверного полотна в виде щели под дверями ванной и уборной не менее 20 мм высотой;

– выполнение отверстий в нижней части двери в количестве не менее 3 диаметром 40 мм;

– допускается установка вентиляционных решеток в стенах ванной комнаты и уборной на высоте 100-200 мм от пола. Размер решеток определяется расчетом для обеспечения нормативного воздухообмена санитарных блоков.

Скорость воздуха в подрезах дверей или в переточных решетках не должна превышать 0,3 м/с.

**3.2.17.** В системах вентиляции с утилизацией тепла вытяжного воздуха в пределах одной квартиры могут применяться регенеративные или рекуперативные утилизаторы; для систем с центральной утилизацией тепла – только рекуперативные.

**3.2.18.** В обязательный перечень работ при приемке жилых зданий необходимо включить работы по инструментальному обследованию вентиляционных каналов с оформлением на каждую систему вентиляции акта приемки, паспортов и других документов, предусмотренных действующей нормативной базой.

**3.2.19.** Предусматривать в составе проектной документации, разрабатываемой проектной организацией на жилой дом, обязательные для выполнения жильцами Правила эксплуатации систем вентиляции для однотипных квартир, в том числе по эксплуатации приточных устройств.

### **3.3. Требования санитарно-гигиенической и пожарной безопасности**

**3.3.1.** Материалы и конструкция вентиляционных каналов и камер должны сводить к минимуму условия, способствующие росту и распространению микроорганизмов через вентиляционную систему.

**3.3.2.** Концентрация вредных веществ в наружном (атмосферном) воздухе, используемом для вентиляции (кондиционирования), не должна превышать предельно допустимые концентрации (ПДК) в воздухе населенных мест.

Значения ПДК следует принимать в соответствии с [1].

Значения ПДК загрязняющих веществ, наиболее часто присутствующих в атмосферном воздухе, представлены в таблице 1.

Если уровень загрязнения наружного воздуха превышает показатели, приведенные в таблице 1, необходимо проводить его очистку.

**3.3.3.** Расчетный воздухообмен в квартирах следует определять в соответствии с СНиП РК 3.02-43-2007. Расчетными для естественной вытяжной вентиляции являются условия: температура наружного воздуха +5°C, безветрие, температура внутреннего воздуха помещений +20°C (+21°C), окна открыты. При этих условиях рассчитывается пропускная способность вентблоков.

**3.3.4.** Уровни шума в квартирах должны соответствовать требованиям санитарных норм.

**3.3.5.** Системы вентиляции следует предусматривать отдельными для каждой группы квартир, размещенных в пределах одного пожарного отсека.

**3.3.6.** Воздуховоды из негорючих материалов следует проектировать для прокладки в пределах помещений для вентиляционного оборудования, а также в технических этажах, чердаках и подвалах.

**3.3.7.** Места прохода воздуховодов через стены, перегородки и перекрытия зданий (в том числе в кожухах и шахтах) следует уплотнять негорючими материалами, обеспечивая нормируемый предел огнестойкости пересекаемого ограждения.

## **3.4. Материалы и оборудование систем естественной вентиляции**

### **3.4.1. Каналы и воздуховоды**

**3.4.1.1.** Каналы систем естественной вентиляции, как правило, состоят из поэтажных унифицированных бетонных блоков. При монтаже вентиляционных блоков необходимо соблюдать их соосность. По завершении установки вентиляционного блока монтажные петли должны быть срезаны. В местах соединений поэтажные блоки должны иметь герметизирующие прокладки.

Герметичность вентиляционной сети имеет особое значение для естественной вытяжной вентиляции. Наличие неплотностей приводит не только к избыточному воздухообмену в квартирах нижних этажей многоэтажных зданий, но и к перетокам загрязненного воздуха через них из сборного канала в квартиры верхних этажей. В проектах необходимо предусматривать специальную технологию заделки междуэтажных стыков вентблоков с применением упругих прокладок.

**3.4.1.2.** При конструировании вентблоков рекомендуется:

- стремиться к минимальному количеству вытяжных каналов (как правило, сборный — один, каналы-спутники минимальной длины, но не менее 2 м);
- обеспечить стабильность геометрии отдельных узлов в процессе изготовления вентблоков;
- обеспечить сохранение пропускной способности всех каналов вентблока при принятых в проекте допусках на его смещение в процессе монтажа.

Применение вентблоков левого и правого исполнения нежелательно в связи с частыми нарушениями схемы вентиляции при монтаже.

**3.4.1.3.** Каналы, воздуховоды систем механической вытяжной вентиляции с естественным притоком воздуха и систем механической приточно-вытяжной вентиляции должны иметь класс Н (нормальные), для зданий 6 этажей и более рекомендуется изготавливать их металлическими из тонколистовой оцинкованной стали, железобетонные вентблоки допускается применять для крупнопанельных зданий.

### **3.4.2. Приточные и вытяжные устройства**

**3.4.2.1.** В качестве приточных устройств в системах естественной вентиляции и механической вытяжной вентиляции с естественным притоком воздуха следует применять приточные клапаны.

**3.4.2.2.** Приточные клапаны должны обеспечивать изменение расхода приточного воздуха в ручном или автоматическом режиме. Изменение расхода воздуха может быть плавным или ступенчатым. В полностью закрытом положении приточные клапаны должны обеспечивать минимально необходимый расход воздуха, равный 25% от расчетного.

**3.4.2.3.** В качестве датчиков управления приточными клапанами с автоматическим регулированием расхода воздуха могут использоваться датчики перепада давления, влажности внутреннего воздуха, освещенности, присутствия людей и т. п.

**3.4.2.4.** Приточные клапаны следует устанавливать, как правило, в каждом жилом помещении. В каждой квартире следует устанавливать не менее двух приточных клапанов.

**3.4.2.5.** В доме, как правило, следует применять приточные клапаны одного типа. Типоразмер или количество клапанов в одинаковых квартирах на разных этажах может быть различным.

**3.4.2.6.** В качестве вытяжных устройств в системах естественной вентиляции рекомендуется применять регулируемые решетки; в системах механической вытяжной вентиляции с естественным притоком воздуха следует применять регулируемые решетки или вытяжные клапаны.

**3.4.2.7.** Вытяжные решетки должны обеспечивать изменение расхода вытяжного воздуха в ручном режиме; вытяжные клапаны должны обеспечивать изменение расхода вытяжного воздуха в ручном или автоматическом режиме. Изменение расхода воздуха может быть плавным или ступенчатым.

В качестве датчиков управления для вытяжных клапанов с автоматическим регулированием расхода воздуха могут использоваться датчики перепада давления, влажности внутреннего воздуха, освещенности, присутствия людей и т. п.

**3.4.2.8.** В доме, как правило, следует применять вытяжные решетки или клапаны одного типа и типоразмера.

### **3.4.3. Вентиляторы**

**3.4.3.1.** Индивидуальные вытяжные вентиляторы, как правило, должны оборудоваться обратными клапанами. Включение вентиляторов, устанавливаемых в туалетах и ваннах, возможно блокировать с включением освещения или по датчику присутствия; выключение вентиляторов с заданным запаздыванием после выключения освещения или ухода.

**3.4.3.2.** Вентиляторы должны иметь резервирование, которое следует осуществлять либо установкой дополнительного вентилятора (в центральных системах), либо ремонтом или заменой отказавшего вентилятора службой эксплуатации в течение суток.

## 4. Рекомендации по применению механической системы вентиляции с утилизацией тепла вентиляционных выбросов и подбору требуемого оборудования

### 4.1. Актуальность перехода в жилых зданиях к механическим приточно-вытяжным системам вентиляции с рекуперацией тепла вентиляционных выбросов

4.1.1. Сохранение вентиляционной системы с естественным побуждением в современных жилых зданиях привело к негативным явлениям, связанным с ухудшением качества воздушной среды, нарушением температурного и влажностного режимов помещений. К этому можно добавить, что в зданиях, строящихся по существующим нормативам, на вентиляционные выбросы приходится более 50% теплотерь [2-4].

4.1.2. Проблемы с воздухообменом в квартирах современных многоэтажных зданий возникают вследствие системных недостатков вентиляции с естественным побуждением [5, 6]. Расчеты воздухопроницаемости современных ограждающих конструкций зданий, выполненные в соответствии с [7], не оставляют возможности обеспечить нормативный уровень воздухообмена. На рисунке 4.1 приведена кратность воздухообмена вследствие фильтрации воздуха через ограждающие конструкции различных систем жилых зданий, которая не превышает 10% от нормативного уровня [8]. Часто положение с воздухообменом усугубляется строительным браком, вследствие которого вытяжные вентиляционные шахты зданий не могут выполнять свои функции по удалению воздуха из квартир.

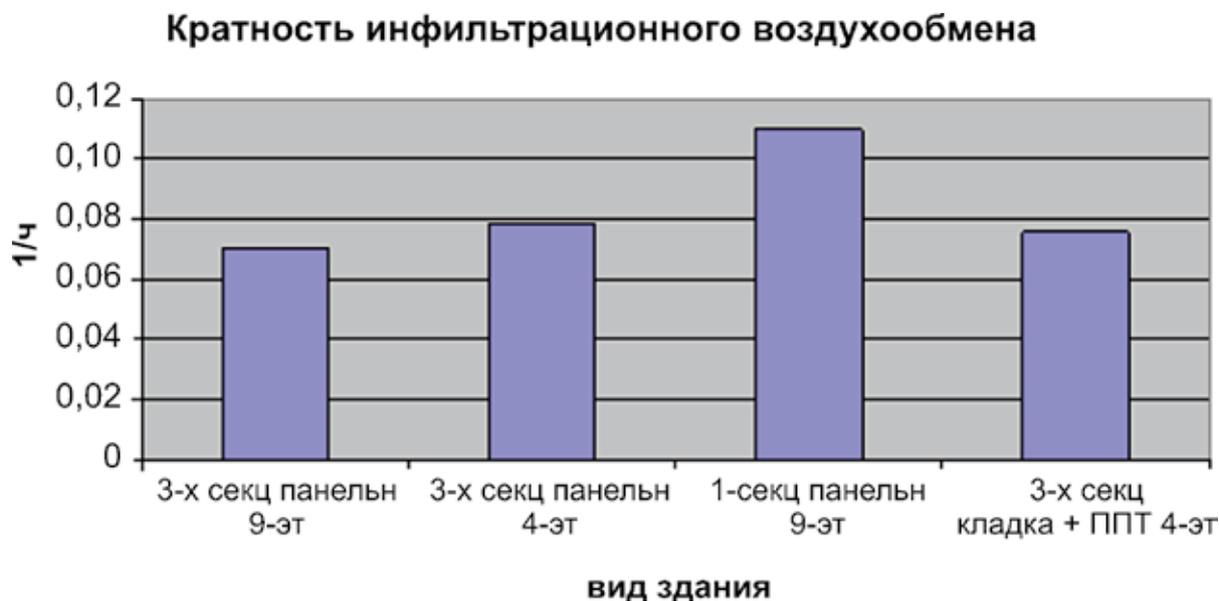
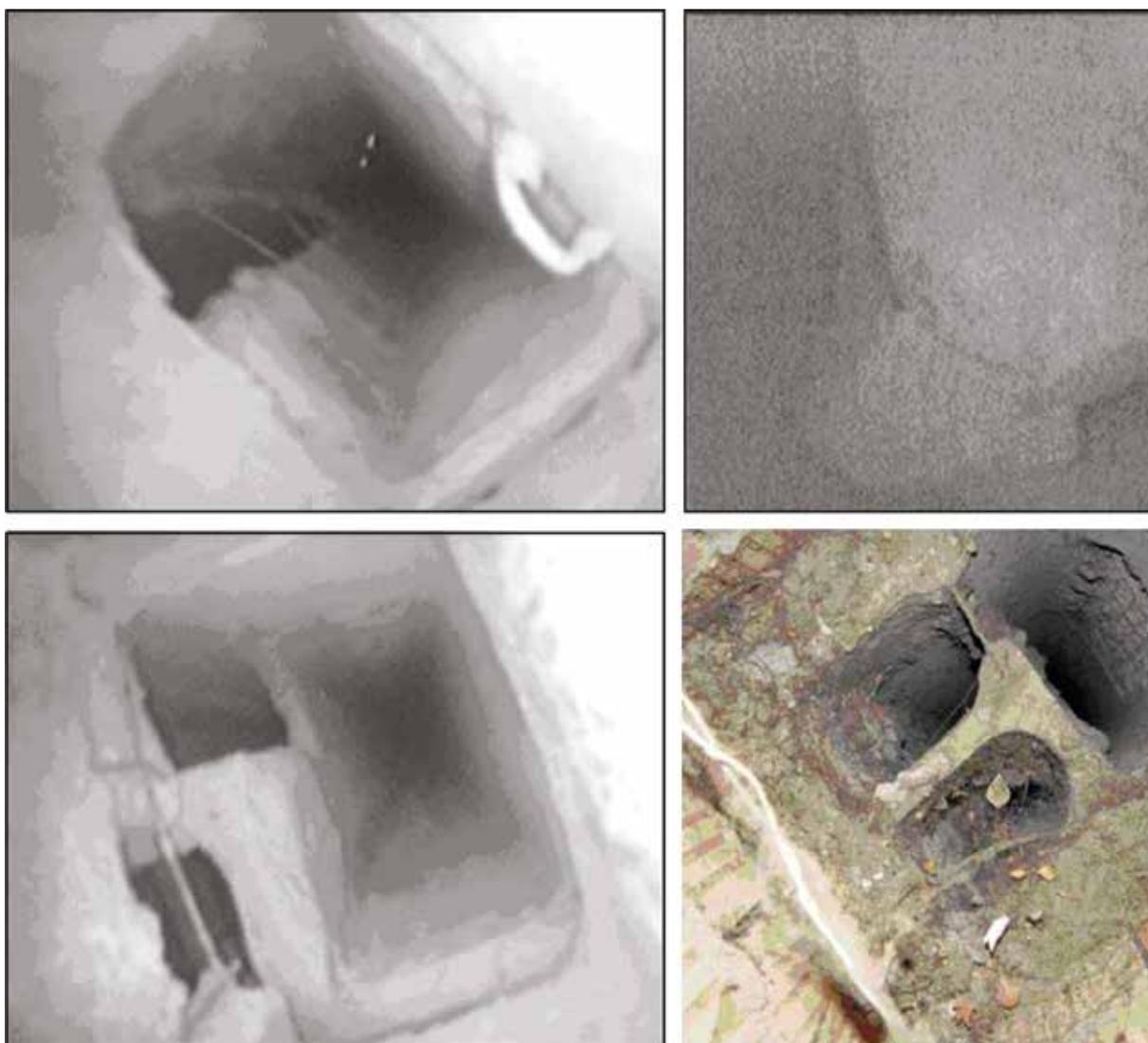


Рисунок 4.1 – Кратность воздухообмена вследствие фильтрации воздуха через ограждающие конструкции различных систем зданий

4.1.3. В [6] приведены результаты исследований состояния вентиляции в квартирах многоэтажных жилых зданий, полученные на основе обобщения информации по 70 обследованиям. На рисунке 4.2 приведены образцы типичного строительного брака при монтаже вентиляционных шахт жилых зданий, снижающего уровень воздухообмена ниже допустимых пределов.



**Рисунок 4.2 – Образцы типичного строительного брака в каналах вентиляционных шахт зданий**

**4.1.4.** На рисунке 4.3 приведены фотографии последствий высокой влажности в проблемных квартирах, выполненные при их обследовании.

Как правило, выпадение влаги на стенах и другие негативные явления – плесень, отставание от стен обоев, вызываются совпадением нескольких обстоятельств: недостаточный воздухообмен, ошибки проектирования и брак строительных конструкций. Вместе они приводят к появлению мостиков холода, что снижает температуру поверхности стены в комнате ниже точки росы.



Рисунок 4.3 – Последствия недостаточного воздухообмена в квартирах

4.1.5. Практически во всех случаях воздухообмен в проблемных квартирах ниже нормативных требований. На рисунке 4.4 приведена гистограмма распределения уровня воздухообмена на кухне, в санузле, ванной и суммарно в квартире.

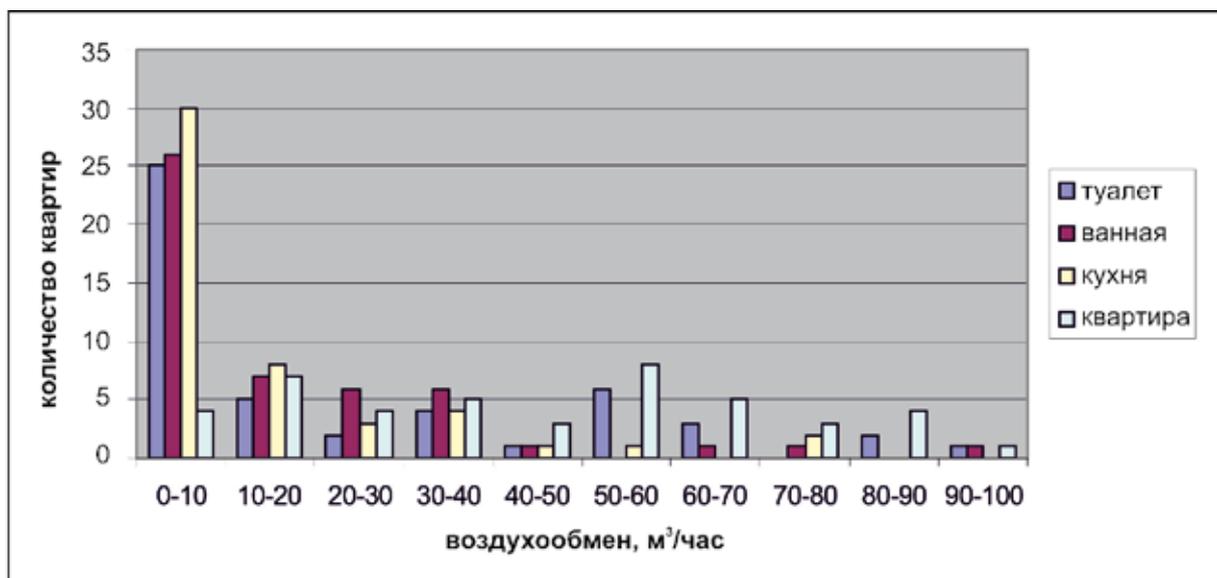


Рисунок 4.4 – Уровень воздухообмена в проблемных квартирах

**4.1.6.** Проблемы с воздухообменом возникают чаще в новых зданиях или в старых зданиях при замене окон старой конструкции. Чаще всего, в квартирах современных зданий окна закрыты. Среднее значение общего воздухообмена в обследованных квартирах было равно 51 м<sup>3</sup>/час при стандартном отклонении 34 м<sup>3</sup>/час. Исходя из нормативного значения по удалению воздуха из квартир, равного при наличии газовых плит, 140 м<sup>3</sup>/час, а электрических – 110 м<sup>3</sup>/час, уменьшение тепловой нагрузки здания для полученных экспериментальных данных составляет 32 кВтч/м<sup>2</sup> в год в первом случае и 27 кВтч/м<sup>2</sup> в год во втором при стандартном отклонении 12 кВтч/м<sup>2</sup> в год.

**4.1.7.** Логика развития современного строительства приводит к необходимости перехода к проектированию энергоэффективных зданий с механической приточно-вытяжной системой вентиляции и утилизацией тепла вытяжного воздуха.

**4.1.8.** Существенным фактором, затрудняющим решение вопроса, является необходимость дополнительных затрат на новую инженерную систему, которые можно уменьшить, перейдя одновременно с системой приточно-вытяжной вентиляции с механическим побуждением к воздушному отоплению жилых зданий. Однако, при этом следует общий уровень теплопотерь здания снизить до величины, обеспечивающей совпадение кратности нормативного воздухообмена и необходимой кратности подачи воздуха в системе воздушного отопления. Условие целесообразности использования воздушного отопления можно записать в виде:

$$\rho \cdot V \cdot c \cdot (T_{max} - T_{norm}) = P_{прот} , \quad (4.1)$$

где  $\rho$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$V$  – объем воздуха при нормативном воздухообмене, м<sup>3</sup>/с;

$c$  – теплоемкость воздуха, Дж/кг·°С;

$T_{max} = 45^\circ\text{C}$  – максимальная температура воздуха в системе воздушного отопления [8];

$T_{norm} = 18^\circ\text{C}$  – нормативная температура жилых помещений;

$P_{прот}$  – максимальная мощность теплопотерь помещения, соответствующая наружной температуре (минус 25°С), Вт.

**4.1.9.** Организация приточно-вытяжной вентиляции с механическим побуждением в жилых зданиях требует решения ряда вопросов по выбору схемы забора воздуха и удаления его из помещений, определению необходимой производительности приточного и вытяжного вентиляторов, определению необходимых сечений приточных и вытяжных воздухопроводов.

**4.1.10.** Переход к механической приточно-вытяжной системе вентиляции в многоэтажных зданиях требует новых решений в организации воздухообмена. Необходимо рассмотреть целесообразность сохранения в нормативных документах [8] ряда ограничений, принятых для систем естественной вентиляции зданий:

– запрет на объединение вентиляционных каналов туалета и кухни;

– значительное разнесение входа приточного и выхода вытяжного каналов, что удорожает и усложняет систему вентиляции.

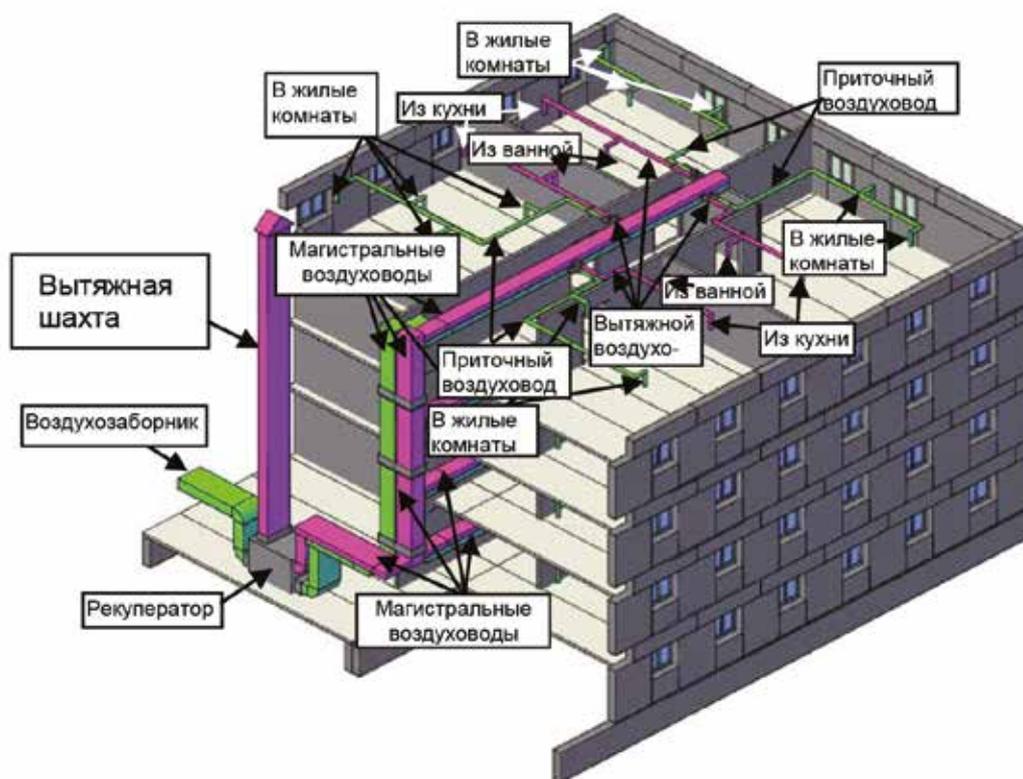
**4.1.11.** Для эффективного проектирования для жилых зданий систем вентиляции с механическим побуждением и возможностью гибкого реагирования на изменение условий работы необходима разработка быстрых алгоритмов расчета и управления параметрами вентиляционной системы.

## **4.2. Конструктивные схемы организованного воздухообмена жилых зданий**

**4.2.1.** Одной из основных особенностей организации вентиляции в жилых зданиях является организация общего воздухообмена в квартирах, когда свежий воздух поступает в жилые помещения, а удаляется из кухни, санузла и ванной комнаты. Для утилизации тепла вентиляционных выбросов удаляемый из квартиры воздух должен поступать на один из входов теплообменника, на второй вход которого поступает свежий воздух. Таким образом,

в жилых зданиях минимальный уровень централизации при организации воздухообмена – квартира. Такая организация воздухообмена делает проблематичным использование индивидуальных (для каждой комнаты) утилизаторов тепла с использованием теплообменных аппаратов, так как вне воздухообмена остаются санузел и ванная комната. Дополнительный недостаток полностью децентрализованной системы в том, что при такой организации воздухообмена отсутствует возможность использования избытков тепла в одной из комнат для нагрева воздуха в других помещениях. К этому можно добавить, что эффективность рекуператоров при индивидуальном использовании должна быть ниже того уровня, при котором возможно выпадение конденсата в канале уходящего воздуха, т. к. нет возможности его удаления. Следовательно, при организации воздухообмена в жилом здании в каждой квартире необходимо организовать общее удаление воздуха из кухни, санузла и ванной комнаты, обеспечить теплообмен удаляемого воздуха с наружным и поступление приточного воздуха в жилые помещения. Тем не менее, при организации принудительного воздухообмена жилых помещений возможны варианты исполнения систем вентиляции с различной степенью централизации.

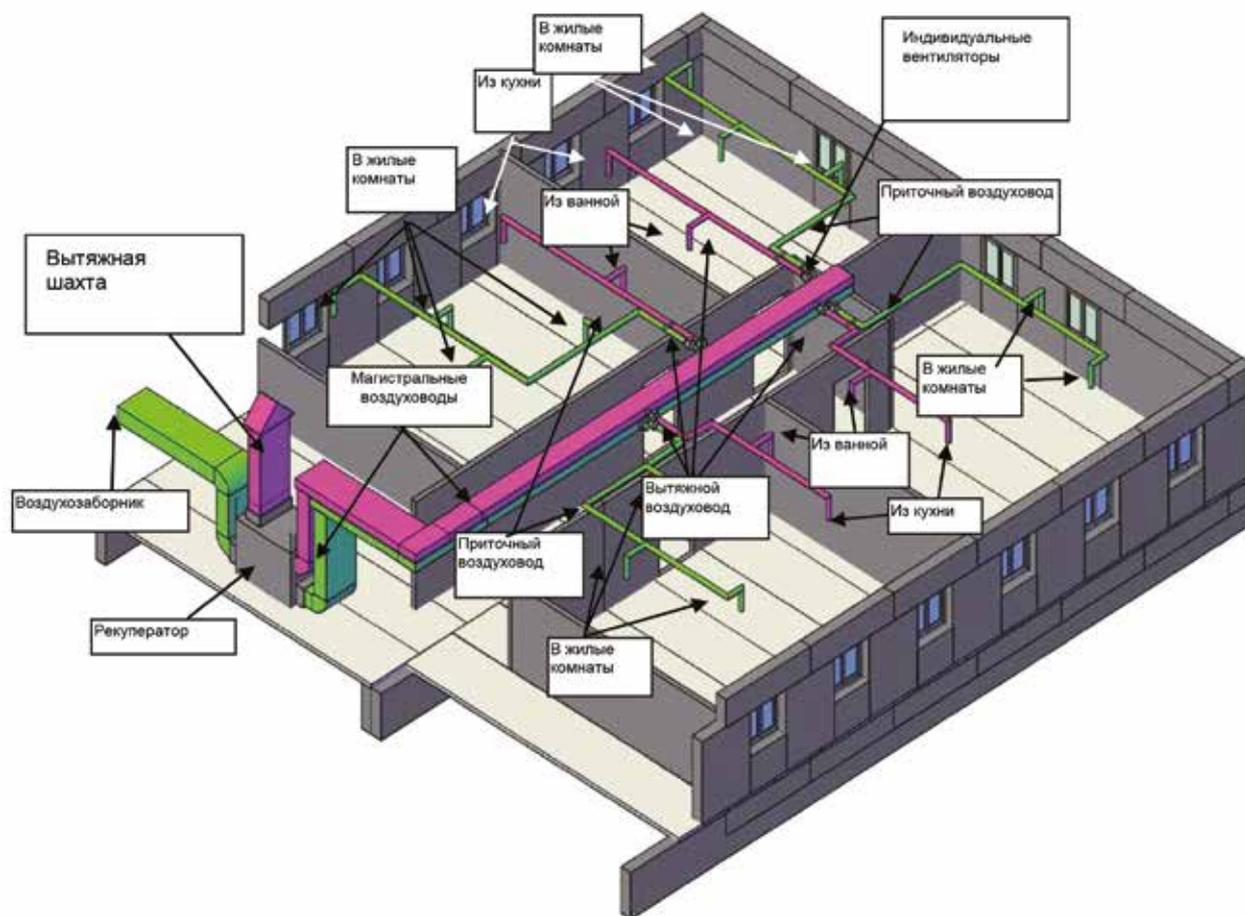
**4.2.2.** На рисунке 4.5 представлена централизованная схема вентиляции многоэтажного жилого здания. Вентиляционные выбросы отдельных квартир через рекуператор и вентиляционную шахту уходят наружу. Приток также организуется через общий приточный воздуховод, рекуператор и магистральными воздуховодами разводится по квартирам. В рекуператоре происходит воздухообмен между приточным и вытяжным воздухом, из него выполняется отвод конденсированной влаги. Приток и вытяжка организованы общим приточным и вытяжным вентиляторами. Этой схеме присущи недостатки, характерные для всех централизованных систем: отсутствие индивидуального регулирования, сложность наладки аэродинамического режима системы, необходимость вентиляторов с большим напором и, как следствие, высокий уровень шумов установки. Поэтому такие схемы могут быть использованы для небольших зданий на 5 – 6 квартир или для индивидуальных зданий на одну семью.



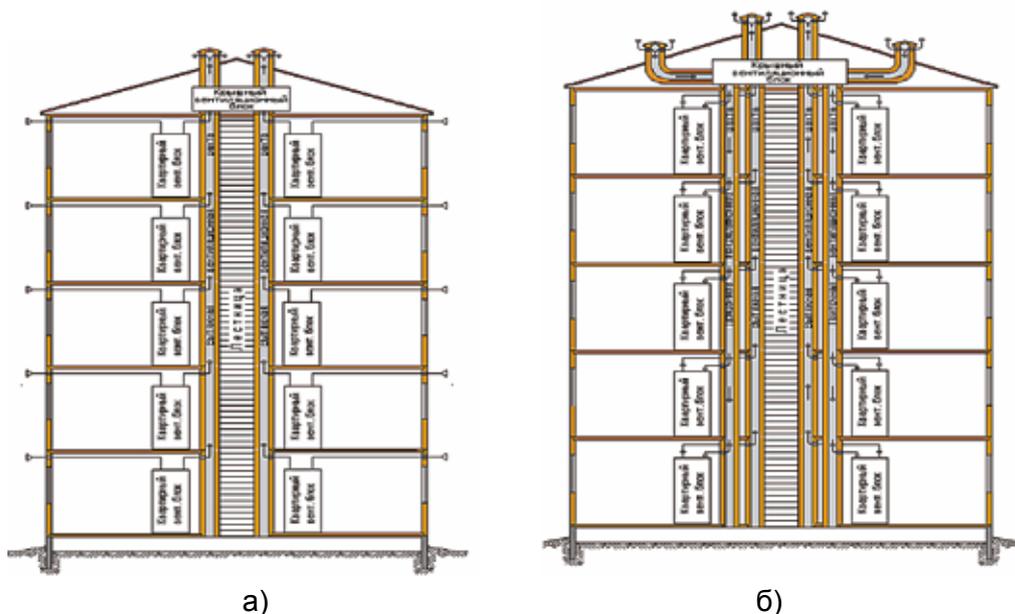
**Рисунок 4.5 – Централизованная схема вентиляции**

**4.2.3.** Более часто используются системы вентиляции с различной степенью децентрализации. Например, на рисунке 4.6 приведена поэтажная схема вентиляции, в которой централизация сочетается с индивидуальными приточным и вытяжным вентиляторами, а также индивидуальными регуляторами в квартирах. Такая схема обеспечивает хорошее регулирование воздухообмена в квартирах при сохранении централизованного воздухообеспечения.

**4.2.4.** Для многоэтажных зданий предпочтительнее выглядит полностью децентрализованная система вентиляции с общей вытяжной вентиляционной шахтой, представленная на рисунке 4.7а.



**Рисунок 4.6 – Система вентиляции смешанного типа**



**Рисунок 4.7 – Принципиальная схема вентиляции квартир многоэтажного здания с общей вытяжной вентиляционной шахтой и поквартирными вводами приточного воздуха (а) и общими приточной и вытяжной вентиляционными шахтами (б)**

**4.2.5.** В схеме на рисунке 4.7а вентиляционные выбросы квартир различных этажей собираются в общую вентиляционную шахту. Дополнительно в данной схеме может быть введен общий вытяжной вентилятор.

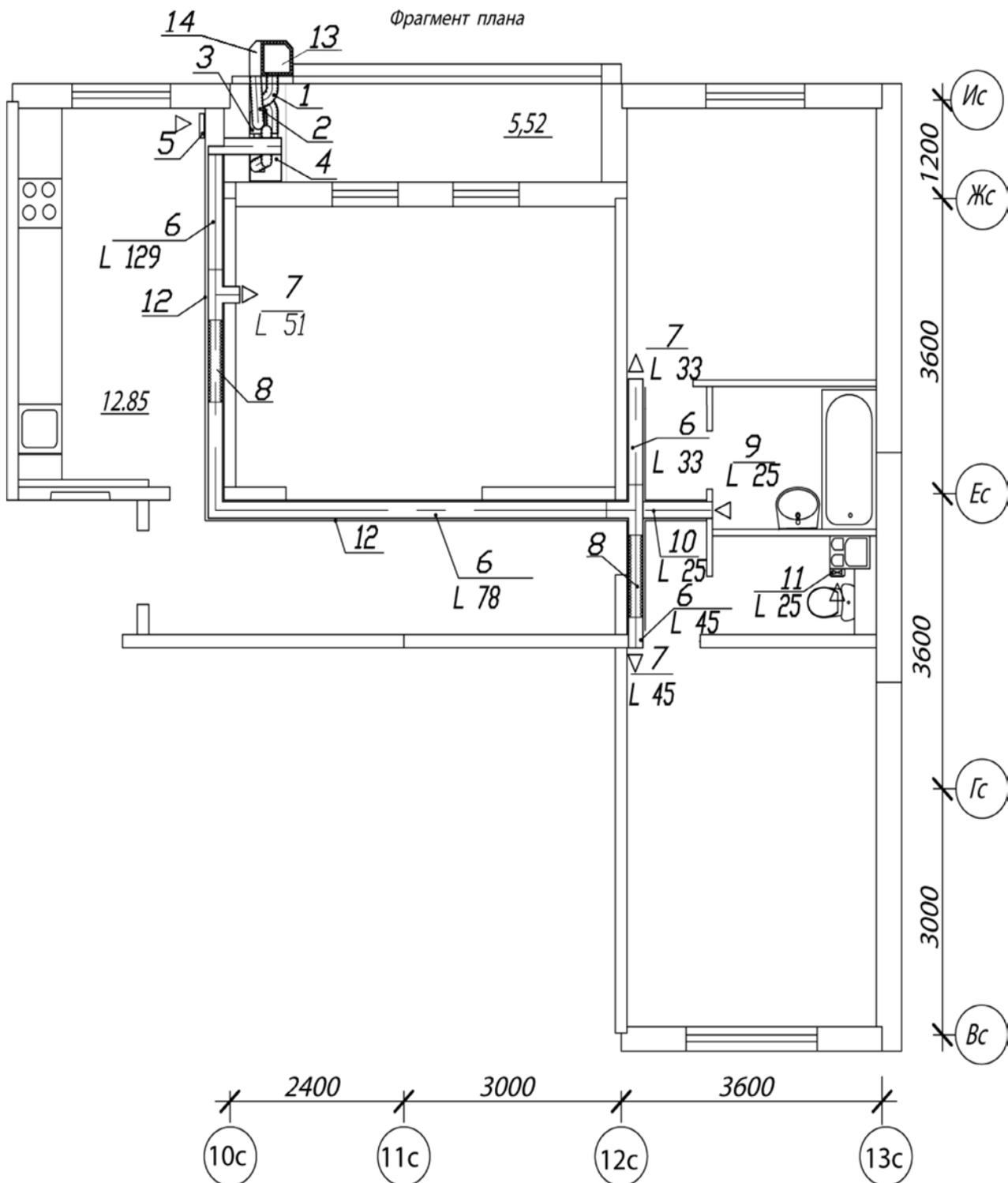
**4.2.6.** При организации общей вытяжной вентиляционной шахты с целью исключения проблем, связанных с возможностью конденсации влаги на наружной поверхности воздуховода, целесообразно расположить вытяжную вентиляционную шахту снаружи здания, где утепление шахты должно быть достаточным для исключения замерзания конденсата внутри шахты.

**4.2.7.** Недостатком такой схемы вентиляции является плохое качество воздуха на нижних этажах зданий больших городов, поэтому целесообразной является организация притока квартиры через общую приточную вентиляционную шахту, вход в которую расположен на верхних этажах здания, как показано на рисунке 4.7б.

**4.2.8.** Независимо от принятой схемы вентиляции необходимо обеспечить приток воздуха в комнаты квартир и удаление отработанного воздуха. Типичная схема вентиляции квартиры с электрической кухонной плитой представлена на рисунке 4.8.

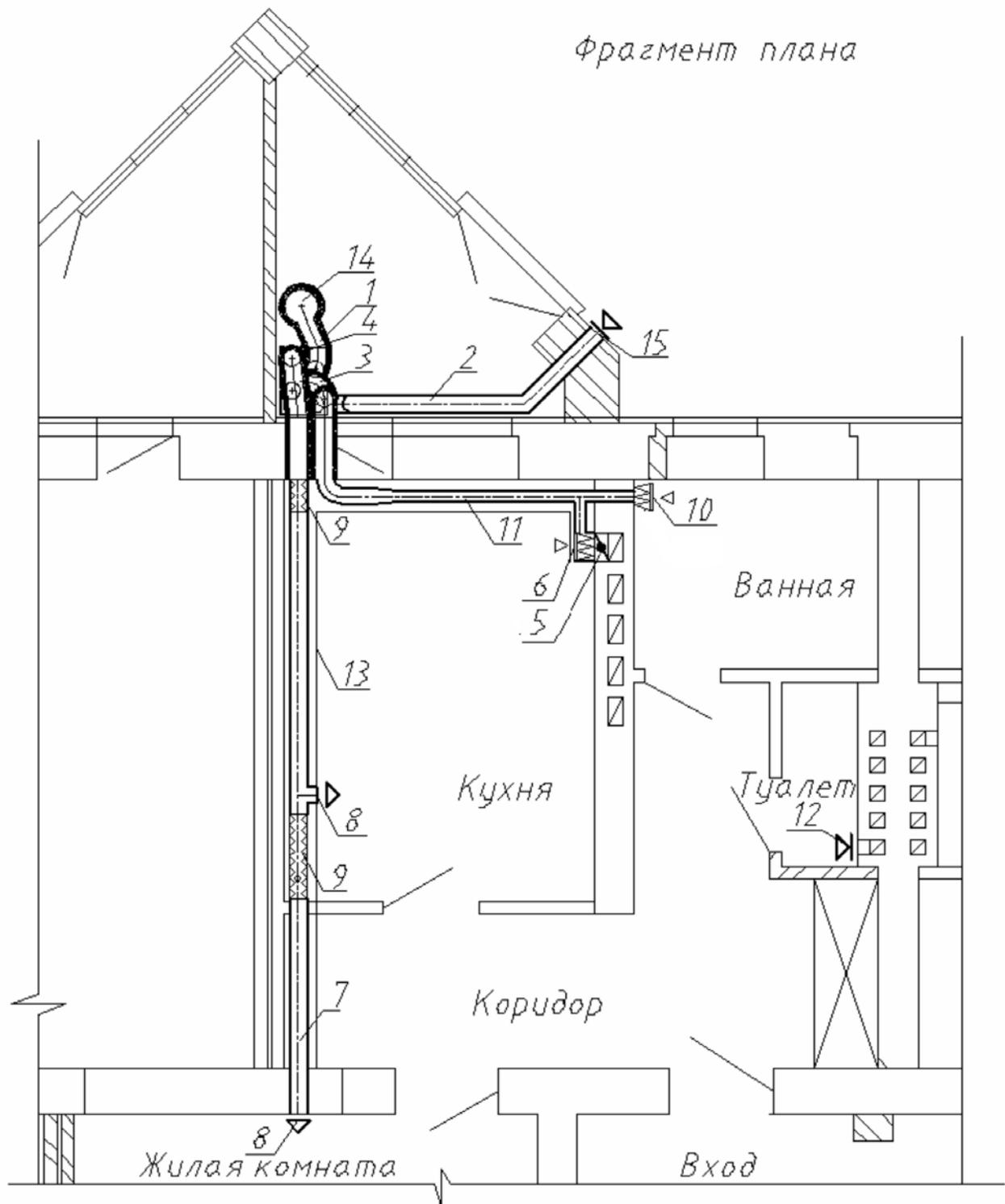
**4.2.9.** Поскольку запрещается объединение вытяжных вентиляционных каналов кухни и санузла, в туалете сохраняется вытяжная вентиляционная шахта с естественным побуждением. С целью экономии энергии, на входе в канал установлены клапан и вентилятор, включаемые в работу только при включении света в туалете.

**4.2.10.** Для квартир с газовыми плитами имеются свои особенности, связанные с необходимостью наличия вытяжной вентиляционной шахты с естественным побуждением, на кухне. С целью решения задачи экономии энергии для таких квартир предложена схема вентиляции, представленная на рисунке 4.9. На входе в вентиляционную шахту установлен клапан с электроприводом, закрывающий входное отверстие при работающей системе механической вентиляции. В этом случае воздух из кухни направляется на рекуператор, где отдает свое тепло. При выключении системы вентиляции с механическим побуждением клапан с электроприводом открывается возвратной пружиной, обеспечивая нормированное удаление воздуха из помещения кухни.



- 1 – выход вытяжного канала рекуператора; 2 – вход приточного канала рекуператора;  
 3 – фильтр приточного воздуха; 5 – фильтр удаляемого воздуха; 4 – рекуператор;  
 6 – приточный воздуховод; 7 – приточный диффузор; 8 – звукогасящая вставка; 9 – вытяжной диффузор;  
 10 – вытяжной воздуховод; 11 – электровентилятор с жалюзи; 12 – короб зашивки воздуховодов;  
 13 – вытяжная вентиляционная шахта; 14 – приточная вентиляционная шахта.

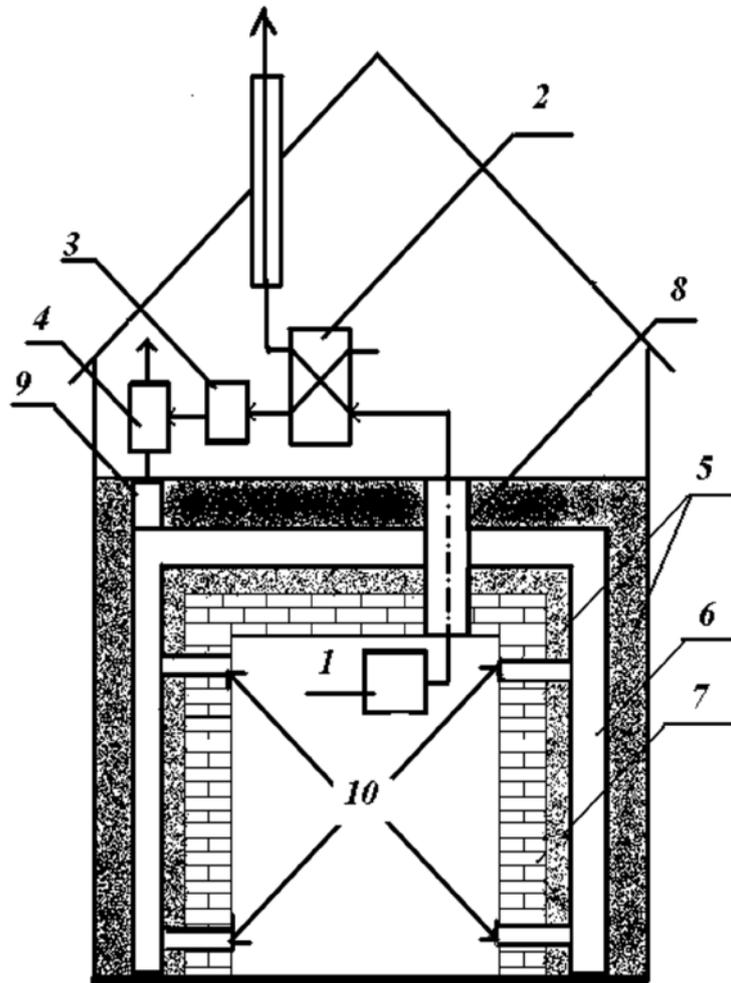
**Рисунок 4.8 – Типичная схема системы вентиляции в энергоэффективных зданиях с электрическими кухонными плитами**



**Рисунок 4.9 – Типичная схема системы вентиляции в энергоэффективных домах при установке на кухнях газовых плит**

**4.2.11.** К недостаткам приведенных выше систем вентиляции можно отнести необходимость прокладки приточных воздуховодов внутри квартир здания. Это накладывает определенные ограничения на требования интерьера зданий и уменьшает объем квартир.

**4.2.12.** Схема вентиляции, представленная на рисунке 4.10, свободна от указанного недостатка и, в какой-то степени, повторяет схему с естественным побуждением. Воздух удаляется из квартир через общую вентиляционную шахту и поступает на вход теплообменника-утилизатора, удаляясь с соответствующего выхода теплообменника в окружающее пространство. На второй вход теплообменника поступает наружный воздух, проходит через теплообменник и с его выхода направляется в воздушную прослойку в системе теплоизоляции здания. Из воздушной прослойки свежий воздух через отверстия, которые могут быть расположены в подоконной части жилых помещений, над отопительными элементами. Движение воздуха происходит под действием вытяжных вентиляторов, расположенных в отверстиях вытяжных вентиляционных шахт в каждой квартире, как это показано на рисунке. С целью исключения возможности попадания пыли из прослойки в приточный воздух возможна доставка воздуха в квартиры воздуховодами, расположенными в прослойке теплоизоляции. Наиболее удобна реализация такой схемы при выполнении энергоэффективной реконструкции зданий старого жилого фонда.



- 1 – вытяжной вентилятор; 2 – рекуператор; 3 – нагнетательный вентилятор; 4 – распределитель;  
 5 – теплоизоляция; 6 – воздушная прослойка; 7 – стена; 8 – вытяжная вентиляционная шахта;  
 9 – входной канал в воздушную прослойку; 10 – выходной канал из воздушной прослойки.

**Рисунок 4.10 – Схема вентиляции здания с вентилируемой прослойкой**

## 5. Методы повышения эффективности рекуперативных установок в условиях работы системы при низких отрицательных температурах наружного воздуха

### 5.1. Предотвращение замерзания конденсата в рекуперативных теплообменниках

**5.1.1.** К рекуперативному теплообменнику, работающему в условиях низкой температуры наружного воздуха, можно предъявить следующие конструктивные требования:

- высокая эффективность возврата тепла;
- наличие системы предотвращения замерзания конденсата с минимальными дополнительными затратами энергии;
- управляемый перенос пара из удаляемого воздуха в приточный.

**5.1.2.** Решение проблемы замерзания конденсата достигается, как правило, подогревом приточного воздуха до температуры, предотвращающей замерзание конденсата [9]. Это решение снижает энергетическую эффективность теплообменника, т. к. не позволяет использовать полностью тепло в удаляемом воздухе и не решает полностью проблему замерзания конденсата в теплообменнике. Приблизительно, при температуре наружного воздуха ниже минус 5°C начинает замерзать конденсат. Включение подогрева воздуха во входном канале теплообменника решает проблему замерзания конденсата, но температура уходящего из теплообменника воздуха равна 0°C независимо от температуры наружного воздуха. При температуре наружного воздуха, равной минус 25°C, не добывается около 33700 Дж/кг тепловой энергии из уходящего воздуха, что составит около 47% энергетического потенциала. Неправильный выбор значения пороговой температуры может привести к замерзанию конденсата в рекуператоре и прекращению его работы. Пример обмерзания пластин теплообменника представлен на рисунке 5.1.

**5.1.3.** Известны технические решения теплообменников с дополнительным байпасным каналом приточной вентиляции [10, 11], в который направляют часть приточного воздуха при снижении температуры в вытяжном канале до 0°C. Это решение снижает энергетическую эффективность теплообменника, т. к. частично наружный воздух поступает в помещение, минуя теплообменник. Имеются и другие технические решения. В [12] для этой цели предлагается конструкция теплообменника с переменным значением термического сопротивления межканальной перегородки. Такое решение усложняет конструкцию теплообменника и снижает энергетическую эффективность при фиксированных габаритах.

Следует отметить, что замерзание влаги в теплообменнике опасно тем, что может привести к перекрытию канала уходящего воздуха и разрушению пакета теплообменника. Поэтому можно допустить некоторую контролируемую степень обмерзания теплообменника, оттаивая периодически накопившийся слой льда. В случае, когда дополнительная энергия будет затрачиваться только для оттаивания образовавшегося льда, потеряем только 4900 Дж/кг, что составит не более 7% возможного потенциала возврата энергии.

**5.1.4.** Например, в [13] при замерзании конденсата и образовании льда в вытяжных каналах рекуператора с направлением движения удаляемого из помещений воздуха снизу вверх выключают подачу холодного воздуха в один из каналов рекуператора. Теплый воздух из помещения обеспечивает таяние льда.



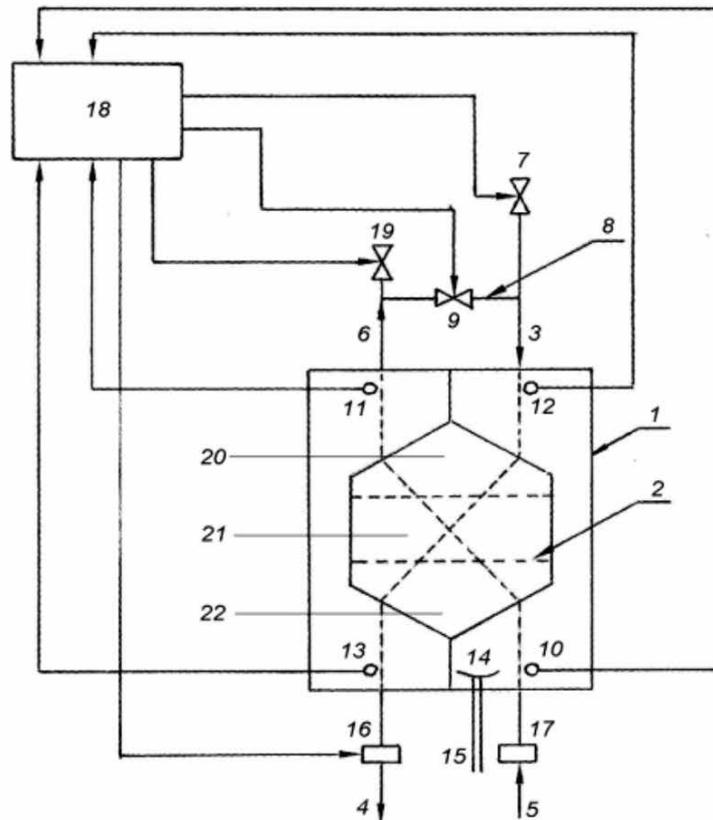
**Рисунок 5.1 – Замерзший конденсат в камере удаляемого воздуха рекуперативного теплообменника**

Недостатком способа является то, что вследствие уменьшения давления в помещениях здания (из-за отсутствия притока) холодный воздух поступает в помещения через негерметичную оболочку здания, что увеличивает отопительную нагрузку помещений и снижает общую энергетическую эффективность теплообменника. К тому же, теплый воздух из помещения удаляется наружу без теплообмена с приточным.

**5.1.5.** Более интересное решение предложено в [14], где предлагается предотвращать замерзание теплообменника, поворачивая теплообменник на  $180^\circ$  потоком вытяжного воздуха, меняя тем самым приточные и вытяжные каналы теплообменника местами. Недостатком такой системы является необходимость механической системы, снижающей общую эксплуатационную надежность системы.

**5.1.6.** Современное развитие средств автоматизации позволяет использовать дополнительные возможности для устранения негативных явлений, возникающих при замерзании конденсата в теплообменнике. В [15] предлагается при замерзании конденсата и образовании льда в каналах рекуператора выключать подачу холодного воздуха в один из каналов рекуператора. При этом, дополнительно контролируют гидравлическое сопротивление вытяжного канала теплообменника, при увеличении гидравлического сопротивления до установленного порогового значения перекрывают поступление наружного воздуха в приточный воздуховод, выключают приточный вентилятор и направляют воздух с выхода вытяжного канала рекуператора в приточный канал, далее контролируют разность температур на входе вытяжного и выходе приточного каналов рекуператора, при достижении разности температур (гидравлического сопротивления) установленного исходного значения открывают поступление холодного воздуха в приточный канал и вытяжного воздуха наружу. Схема устройства, реализующего предложенный способ работы теплообменника, представлена на рисунке 5.1.2.

**5.1.7.** В устройстве, состоящем из корпуса 1, рекуператора тепла 2, приточного 3-4 и вытяжного 5-6 каналов, вытяжной воздух из квартиры, побуждаемый вытяжным вентилятором 17, поступает в нижнюю часть рекуператора через вход вытяжного канала 5, проходит через рекуператор 2, где охлаждается в процессе теплообмена приточным воздухом, и уходит из рекуператора через выход канала 6, расположенный в верхней части рекуператора.



- 1 – корпус рекуператора; 2 – теплообменник рекуператора; 3,4 – каналы приточного воздуха;  
 5,6 – каналы удаляемого воздуха; 7 – регулировочный клапан приточного канала;  
 9 – регулировочный клапан в байпасном канале; 10-13 – датчики давления; 14 – конденсатоприемник;  
 15 – конденсатоотводчик; 16 – приточный вентилятор; 17 – вытяжной вентилятор; 18 – блок управления;  
 19 – регулировочный клапан вытяжного канала; 20 – область сухого теплообмена без конденсации влаги;  
 21 – область теплообмена с конденсацией влаги из вытяжного воздуха;  
 22 – область теплообмена, где температура вытяжного воздуха опускается ниже точки замерзания воды.

**Рисунок 5.2 – Схема теплообменника с размораживанием**

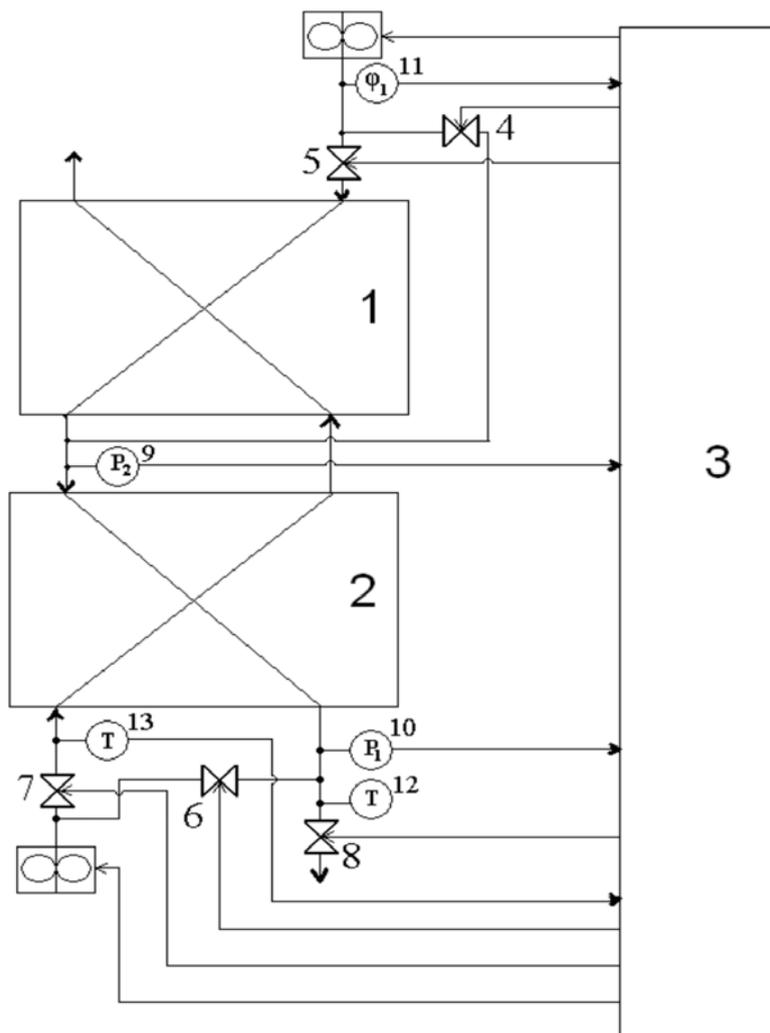
Холодный приточный воздух поступает в рекуператор через вход приточного канала 3, расположенный в верхней части рекуператора, проходит через рекуператор 2, где нагревается в процессе теплообмена вытяжным воздухом и уходит из рекуператора через выход канала 4, расположенный в нижней части рекуператора. Условно рекуператор можно разделить на три области, обозначенные на рисунке 5.2, область 20, где происходит сухой теплообмен без конденсации влаги, 21 – область теплообмена, где температура вытяжного воздуха опускается ниже точки росы и на стенках каналов рекуператора конденсируется вода из вытяжного воздуха и 22 – область теплообмена, где температура вытяжного воздуха опускается ниже точки замерзания воды и на стенках каналов рекуператора конденсируется вода из вытяжного воздуха и тут же замерзает. Влага из области рекуператора 21 стекает по его каналам, нагревается удаляемым воздухом и попадает в конденсатоприемник 14, откуда через конденсатоотводчик 15 уходит из рекуператора. При такой схеме движения конденсата, навстречу вентиляционным выбросам, исключается возможность его замерзания в рекуператоре и в конденсатоотводчике при удалении конденсата. Влага, которая конденсируется в области 22, тут же замерзает на стенках каналов рекуператора. Процесс обмерзания пластин постепенный и на начальной стадии не представляет опасности для рекуператора. Однако, постоянное нарастание льда приводит к уменьшению пропускной способ-

ности вытяжного канала и к разрушению рекуператора. Датчики 10-13 позволяют следить за изменением гидравлического сопротивления вытяжного канала рекуператора. При увеличении гидравлического сопротивления выше установленного порогового значения блок управления 18 направляет управляющий сигнал на выключение приточного вентилятора 16 и закрытие клапана 7 в приточном канале и 19 в вытяжном канале. Одновременно подается управляющий сигнал на открытие клапана 9 в байпасном канале. В этом случае вентиляционные выбросы через приточный канал поступают обратно в жилые помещения. Энергия вентиляционных выбросов растапливает лед в вытяжных каналах рекуператора и удаляет из каналов лишнюю влагу, повышая влажность воздуха в жилых помещениях. При восстановлении гидравлического сопротивления вытяжного канала включается нормальная схема работы рекуператора: включается приточный вентилятор 16, открываются клапаны 7 и 19 и закрывается клапан 9 в байпасном канале. Это техническое решение позволяет наиболее полно использовать энергию удаляемого из рекуператора воздуха.

**5.1.8.** Проблему замерзания конденсата следует решать в комплексе с обеспечением комфортных условий в помещениях. Влажность воздуха в жилых помещениях связана в современных зданиях с влажностью наружного воздуха. При существующей, довольно низкой, заселенности квартир источники влаги внутри помещений дают не более  $2 \text{ г/м}^3$  при необходимых  $5 \text{ г/м}^3$  воздуха. Следовательно, перенос влаги в рекуператоре необходим при температуре наружного воздуха ниже минус  $3^\circ\text{C}$ . Перенос влаги снижает температуру замерзания конденсата, т. е. решает дополнительную задачу. При повышении температуры наружного воздуха его абсолютная влажность, как правило, повышается, что исключает необходимость в дополнительном переносе влаги в приточный канал. Более того, перенос влаги может повысить влажность в помещениях выше оптимальных значений. Таким образом, перенос влаги между каналами должен быть управляемым.

**5.1.9.** Для решения задач управляемого переноса влаги и предотвращения замерзания конденсирующейся влаги предлагается конструкция автоматизированной системы теплообмена с переносом влаги, представленная на рисунке 5.3.

**5.1.10** В данной системе имеется два независимо работающих блока: блок переноса влаги между каналами 1 и теплообменник 2. Блок переноса влаги может быть выполнен в виде канального массообменного аппарата с воздухо непроницаемыми перегородками с возможностью переноса пара из канала в канал или другой конструкции. Управление потоками воздуха в блоке переноса влаги выполняется по показаниям датчика влажности воздуха в помещении 11. Пока влажность ниже порогового значения, удаляемый из помещений воздух проходит через блок переноса влаги, где часть пара переносится в приточный канал и дальше воздух направляется в теплообменник. В противном случае, удаляемый из помещений воздух по байпасному каналу поступает непосредственно в вытяжной канал теплообменника. Одновременно работает система предотвращения разрушения теплообменника из-за замерзания конденсата. С этой целью с помощью датчиков давления 9 и 10 (или дифференциальным манометром) измеряется разность давлений между входом и выходом вытяжного канала теплообменника. Одновременно измеряется датчиком температуры 12 температура приточного воздуха на входе в теплообменник. При отрицательной температуре приточного воздуха и разности давлений, превысившей пороговое значение, выключается приточный вентилятор, закрываются клапаны 7 и 8 и открывается клапан 6, так что удаляемый воздух возвращается в помещение через рекуператор, разогревая при этом пластины и размораживая его. При превышении температуры на входе в приточный канал порогового значения, клапаны 7 и 8 закрываются, клапан 6 закрывается и теплообменник работает в обычном режиме.



1 – блок переноса влаги между каналами; 2 – теплообменник рекуператора; 3 – блок управления;  
 4-8 – регулировочные клапаны; 9, 10 – датчики давления; 11 – датчик влажности воздуха в помещении;  
 12 – датчик температуры приточного воздуха; 13 – датчик температуры удаляемого воздуха.

**Рисунок 5.1 – Система утилизации тепла с управляемым переносом влаги и предотвращением разрушения теплообменника при замерзании конденсата**

**5.1.11.** Предлагаемая система теплообмена обеспечивает оптимальную влажность воздуха в помещениях и предохраняет теплообменник от разрушения при замерзании влаги.

**5.1.12.** Наружный воздух, попадающий на вход вентиляционной системы, необходимо нагреть до оптимальной температуры. Поэтому следует говорить не об эффективности теплообменника, а об эффективности системы теплообмена, которую можно определить следующим образом:

$$\zeta = \frac{Q_v}{Q_{max}}, \quad (5.1)$$

где  $Q_v$  – количество энергии, возвращаемое теплообменником из удаляемого воздуха, кВтч/м<sup>2</sup> в год;  $Q_{max}$  – количество энергии, необходимое для нагрева наружного воздуха до оптимальной температуры, кВтч/м<sup>2</sup> в год.

**5.1.13.** Отопительный сезон можно разбить на три периода: период с сухим теплообменом, с конденсацией влаги и период, когда конденсат может замерзнуть.

Потенциальное значение теплового потока  $Q(\theta)$ , который может отдавать удаляемый из помещения воздух при температуре наружного воздуха  $\theta$ , определяется по формулам:

– если  $\theta$  удовлетворяет условию  $T_0 \geq \theta \geq T_{tr}$ ,

$$Q(T_{tr}) = (c \cdot \rho + c_1 \cdot \rho_0) \cdot V_1 \cdot (T_0 - \theta), \quad (5.2)$$

– если  $\theta$  удовлетворяет условию  $0 \leq \theta \leq T_{tr}$ ,

$$Q(0) = Q(T_{tr}) + c_1 \cdot \rho \cdot (T_{tr} - \theta) \cdot V_1 + (\rho_0 - \rho_{нас}(\theta)) \cdot c_2 \cdot V_1, \quad (5.3)$$

– если  $\theta$  удовлетворяет условию  $\theta \leq 0$ ,

$$Q(\theta) = Q(0) + c_3 \cdot \rho \cdot (\theta - \theta) \cdot V_1 + (\rho - \rho_{нас}(\theta)) \cdot (c_2 + c_3) \cdot V_1, \quad (5.4)$$

$\rho$  – плотность сухого воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $V_1$  – объем воздуха, м<sup>3</sup>/с;  $c$  – теплоемкость воздуха, Дж/(кг·К);  $c_1$  – теплоемкость пара, Дж/(кг·К);  $c_2$  – удельная теплота парообразования, Дж/кг;  $c_3$  – скрытая теплота плавления льда, Дж/кг;  $\rho_{нас}(\theta)$  – плотность насыщенного пара при температуре  $\theta$ , кг/м<sup>3</sup>,  $T_0$  – температура воздуха в помещении, °С;  $T_{tr}$  – температура точки росы в удаляемом воздухе.

**5.1.14.** На рисунке 5.4 приведен график потенциального значения теплового потока  $Q(\theta)$  для температуры наружного воздуха, изменяющейся в диапазоне от минус 30 °С до 20 °С (кривая 1). Если энергетическая эффективность рекуператора равна  $k$ , то от удаляемого воздуха передается приточному тепловой поток  $Q_{пол}(\theta)$ , равный:

$$Q_{пол}(\theta) = k \cdot Q(\theta), \quad (5.5)$$

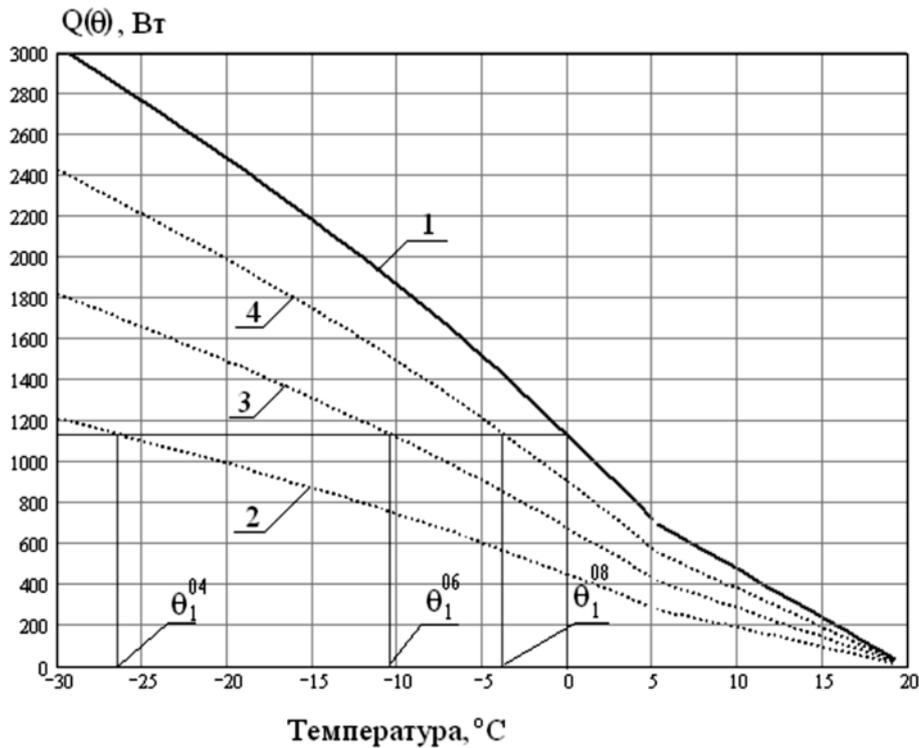
**5.1.15.** Графики значений теплового потока, передаваемого приточному воздуху при различных значениях энергетической эффективности рекуператора, показаны на рисунке 5.4 (кривые 2 - 4). Исходные данные для расчета приведены в таблице 2.

**Таблица 2 – Исходные данные для расчета**

$V_1=V_2$ м <sup>3</sup> /ч	$T_0$ °С	$\phi_1$ , %	$\phi_2$ , %
140	20	40	80

**5.1.16.** Из графиков рисунка 5.4 следует, что замерзание конденсата в рекуператоре будет происходить, в зависимости от эффективности рекуператора, при условии, что температура наружного воздуха ниже температуры  $\theta_{пр}$ , определяемой из уравнения (5.6).

$$Q(0) = k \cdot Q(\theta_{пр}) \quad (5.6)$$



1 – потенциальное значение теплового потока; 2 – значение теплового потока при  $k=0,4$ ; 3 –  $k=0,6$ ; 4 –  $k=0,8$ .

**Рисунок 5.4 – Потенциальное значение теплового потока и значения теплового потока для различной эффективности рекуператора**

**5.1.17.** В таблице 3 приведены значения температуры приточного воздуха на входе рекуператора, при которой наступает замерзание конденсата в вытяжном канале, для различных значений энергетической эффективности рекуператора.

**Таблица 3 – Значения температуры приточного воздуха на входе рекуператора, при которой наступает замерзание конденсата**

Эффективность, %	40	50	60	70	80	90
$\theta_{пр}, ^\circ\text{C}$	-30,2	-18,7	-11,8	-7,2	-4,1	-1,8

**5.1.18.** Используя справочные данные о повторяемости температур наружного воздуха для конкретного населенного пункта [17] с учетом приведенных выше формул, становится возможным рассчитать количество теплоты,  $E_{om}$ , кВтч, отданной в рекуператоре с известным значением эффективности удаляемым воздухом приточному за отопительный период без угрозы замерзания конденсата.

$$E_{om} = 10^{-3} \cdot k \cdot \sum_{\theta_{н\bar{p}}=\theta}^{\theta_{max}} Q(\theta_i) \cdot D(\theta_i), \quad (5.7)$$

где  $\theta_{пр}$  – минимальная температура приточного воздуха, при которой не наступает замерзание конденсата,  $^\circ\text{C}$ ;

$\theta_{max}$  – максимальная температура отопительного периода,  $^\circ\text{C}$ ;

$D(\theta_i)$  – повторяемость наружной температуры  $\theta_i$ , ч.

**5.1.19.** Значение  $E_{om}$  позволяет определить дополнительное количество тепловой энергии, необходимое для подогрева приточного воздуха до температуры воздуха помещений.

**5.1.20.** Очевидно, количество тепловой энергии, необходимое для нагревания приточного воздуха от наружной температуры до температуры воздуха помещений, может быть найдено по формуле:

$$E_{np} = (c_g \cdot \rho_{c\theta 2} + c_n \cdot \rho_{n2}) \cdot V_2 \cdot \sum_{\theta_i=\theta_{min} пр}^{\theta_{max}} (T_1 - \theta_i) \cdot D(\theta_i), \quad (5.8)$$

$T_i$  – температура воздуха в помещении на  $i$ -м интервале, °С.

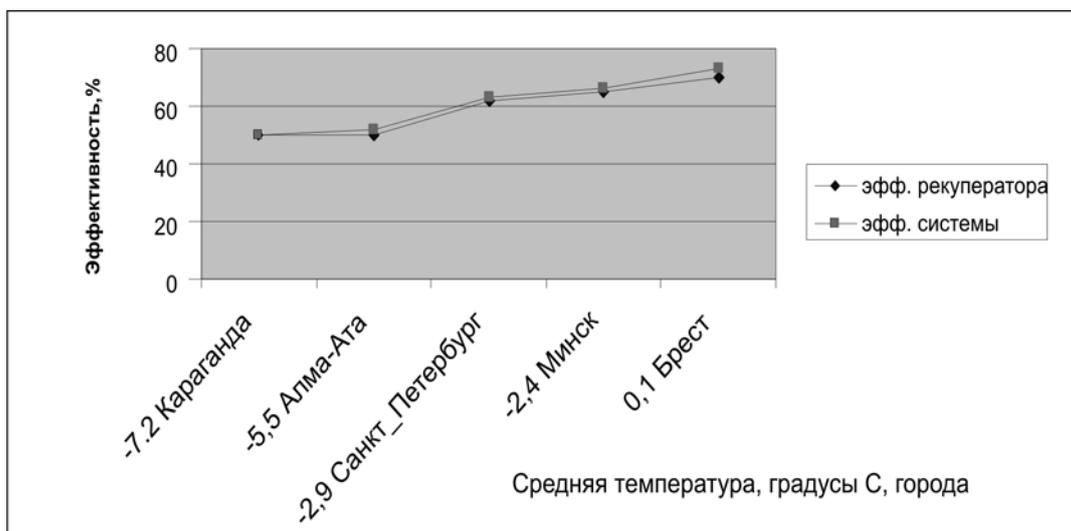
**5.1.21.** Дополнительное количество тепловой энергии, необходимое для подогрева приточного воздуха до температуры воздуха помещений определяется по формуле:

$$\Delta E = E_{np} - E_{om} \quad (5.9)$$

**5.1.22.** Расчеты эффективности системы рекуперации тепла по формуле (5.1) показывают, что при использовании методов защиты теплообменника от размораживания, ограничивающих снижение температуры удаляемого из помещений воздуха на выходе рекуператора величиной 0°С, оптимальное значение эффективности рекуператора уменьшается при снижении средней температуры наружного воздуха. Повышение эффективности рекуператора приводит к увеличению значения предельной температуры наружного воздуха и, в итоге, к снижению общей эффективности системы теплообмена.

**5.1.23.** На рисунке 5.5 приведены оптимальные значения энергетической эффективности рекуператора и значения эффективности системы теплообмена, полученные для различных климатических условий. На графике используются значения средней температуры наружного воздуха холодного периода, рассчитанные по таблице повторяемости температур из [17], не превышающих 8°С. При понижении среднего значения температуры воздуха оптимальное значение энергетической эффективности рекуператора также снижается. Обращает на себя внимание тот факт, что значения эффективности системы теплообмена,  $\zeta$ , приблизительно равны оптимальным значениям энергетической эффективности рекуператора для тех же климатических условий.

**5.1.24.** Из приведенных результатов можно сделать вывод, что в суровых климатических условиях следует использовать технические решения из [15,16], допускающие замерзание льда в теплообменнике с последующим оттаиванием. В этом случае эффективность системы теплообмена практически равна энергетической эффективности рекуператора и останется постоянной независимо от климатических условий.



**Рисунок 5.5 – Зависимость оптимального значения эффективности рекуператора и эффективности системы теплообмена от климатических условий**

## 5.2. Расчет необходимого количества теплоты для подогрева приточного воздуха до комнатной температуры при различных схемах рекуперации

### 5.2.1. Обычная схема рекуперации тепла воздуха помещений

**5.2.1.1.** Количество теплоты, отдаваемой в единицу времени в теплообменнике рекуператора удаляемым воздухом приточному при объемном расходе приточного воздуха  $V_1$ , складывается из теплоты остывания сухого воздуха от температуры  $T_1$  до температуры  $0^\circ\text{C}$ , теплоты остывания водяного пара от температуры  $T_1$  до температуры точки росы  $T_{т.р.}$ , скрытой теплоты парообразования  $L$ , выделяющейся при конденсации пара при изменении его плотности от значения плотности пара в воздухе помещения  $\rho_1$  до значения  $\rho_{нас}(0)$ , где  $\rho_{нас}(0)$  – плотность насыщенного пара при температуре  $0^\circ\text{C}$ . Теплотой остывания конденсата от температуры точки росы до  $0^\circ\text{C}$  пренебрегаем, считая, что конденсат по мере его образования выводится из рекуператора. Численное значение этого количества теплоты может быть определено по формуле (5.10):

$$Q_1 = c_b \cdot \rho_{св1} \cdot V_1 \cdot (T_1 - 0) + c_n \cdot \rho_{п1} \cdot V_1 \cdot (T_1 - T_{т.р.}) + [\rho_{п1} - \rho_{нас}(0)] \cdot V_1 \cdot L, \quad (5.10)$$

где  $V_1$  – объемный расход удаляемого воздуха,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$T_1$  – температура воздуха в помещении,  $^\circ\text{C}$ ;

$T_{т.р.}$  – температура точки росы,  $^\circ\text{C}$ ;

$c_b$  – теплоемкость сухого воздуха,  $\text{Дж}/(\text{кг } ^\circ\text{C})$ ;

$c_n$  – теплоемкость водяного пара,  $\text{Дж}/(\text{кг } ^\circ\text{C})$ ;

$\rho_{св1}$  – плотность сухого воздуха при температуре  $T_1$ ,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$\rho_{п1}$  – плотность водяного пара при температуре  $T_1$ ;  $\text{кг}/\text{м}^3$

$\rho_{нас}(T)$  – плотность насыщенного пара при температуре  $T$   $^\circ\text{C}$ ,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$L$  – скрытая теплота парообразования,  $\text{Дж}/\text{кг}$ .

**5.2.1.2.** Плотность водяного пара в удаляемом воздухе при температуре  $T_b$  определяется по формуле (5.11).

$$\rho_{п1} = \varphi_1 \cdot \rho_{нас}(T_1)/100, \quad (5.11)$$

где  $\varphi_1$  – относительная влажность воздуха помещений, %.

**5.2.1.3.** Зависимость плотности насыщенного пара от температуры дается уравнением Клапейрона-Менделеева состояния идеального газа:

$$\rho_{нас}(T) = \frac{p_{нас}(T)}{461 \cdot (273 + T)}, \quad (5.12)$$

где  $p_{нас}(T)$  – давление насыщенного водяного пара при температуре  $T$ , Па.

**5.2.1.4.** В свою очередь, значение давления насыщенного водяного пара  $p_{нас}(T)$  при температуре  $T$  может быть найдено по формуле Магнуса:

$$p_{нас}(T) = p_{нас}(0) \cdot \exp\left(\frac{17,5043 \cdot T}{241,2 + T}\right), \quad (5.13)$$

где  $p_{нас}(0)$  – давление насыщенного водяного пара при температуре  $0^\circ\text{C}$ , Па.

**5.2.1.5.** Плотность сухого воздуха в удаляемом воздухе при температуре  $T_1$  с учетом закона Дальтона о давлении смеси газов определяется по формуле (5.14):

$$\rho_{св1} = \frac{353}{273 + T_1} \cdot \left[ 1 - 0,01 \cdot \phi_1 \cdot \frac{P_{нас}(T_1)}{101325} \right], \quad (5.14)$$

где  $P_{нас}(T_1)$  – давление насыщенных паров при температуре  $T_1$ .

Определим постоянные, входящие в формулу (1):

$$\begin{aligned} c_{св} &= 1,009 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг } ^\circ\text{C)}; \\ c_{п} &= 1,81 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг } ^\circ\text{C)}; \\ L &= 2256 \text{ кДж/кг.} \end{aligned}$$

**5.2.1.6.** Значение температуры точки росы удаляемого воздуха находится из соотношения (5.15).

$$\rho_{п1} = \rho_{нас}(T_{м.р.}), \quad (5.15)$$

или с учетом формул (5.11-5.13) как корень уравнения (5.16).

$$\frac{17.5043 \cdot 241.2 \cdot (T_{м.р.} - T_1)}{(241.2 + T_{м.р.}) \cdot (241.2 + T_1)} = \ln \left[ \frac{\phi_1}{100} \cdot \frac{273 + T_{м.р.}}{273 + T_1} \right], \quad (5.16)$$

**5.2.1.7.** Количество теплоты  $Q_2$ , необходимое для нагревания приточного воздуха от температуры  $\theta_1$  до температуры воздуха помещений  $T_1$ , может быть определено по формуле (5.17).

$$Q_2 = (c_{св} \cdot \rho_{св2} + c_{п} \cdot \rho_{п2}) V_2 \cdot (T_1 - \theta_1), \quad (5.17)$$

где  $\rho_{св2}$  – плотность сухого воздуха в приточном воздухе при температуре  $\theta_1$ , кг/м<sup>3</sup>;  
 $\rho_{п2}$  – плотность водяного пара в приточном воздухе при температуре  $\theta_1$ , кг/м<sup>3</sup>;  
 $V_2$  – объемный расход воздуха в приточном канале рекуператора, м<sup>3</sup>/с;  
 $\theta_1$  – температура воздуха на входе приточного канала.

**5.2.1.8.** Плотность водяного пара в приточном воздухе при температуре  $\theta_1$  определяется по формуле (5.18).

$$\rho_{п2} = \phi_2 \cdot \rho_{нас}(\theta_1) / 100, \quad (5.18)$$

где  $\phi_2$  – относительная влажность воздуха на входе приточного канала, %.

**5.2.1.9.** Плотность насыщенного пара при температуре  $\theta_1$  определяется аналогично (3) и дается уравнением (5.19).

$$\rho_{нас}(\theta_1) = \frac{P_{нас}(\theta_1)}{461 \cdot (273 + \theta_1)}, \quad (5.19)$$

где  $P_{нас}(\theta_1)$  – давление насыщенного водяного пара при температуре  $\theta_1$ , Па.

**5.2.1.10.** Аналогично (5.14) определяется плотность сухого воздуха в приточном воздухе при температуре  $\theta_1$ , формула (5.20)

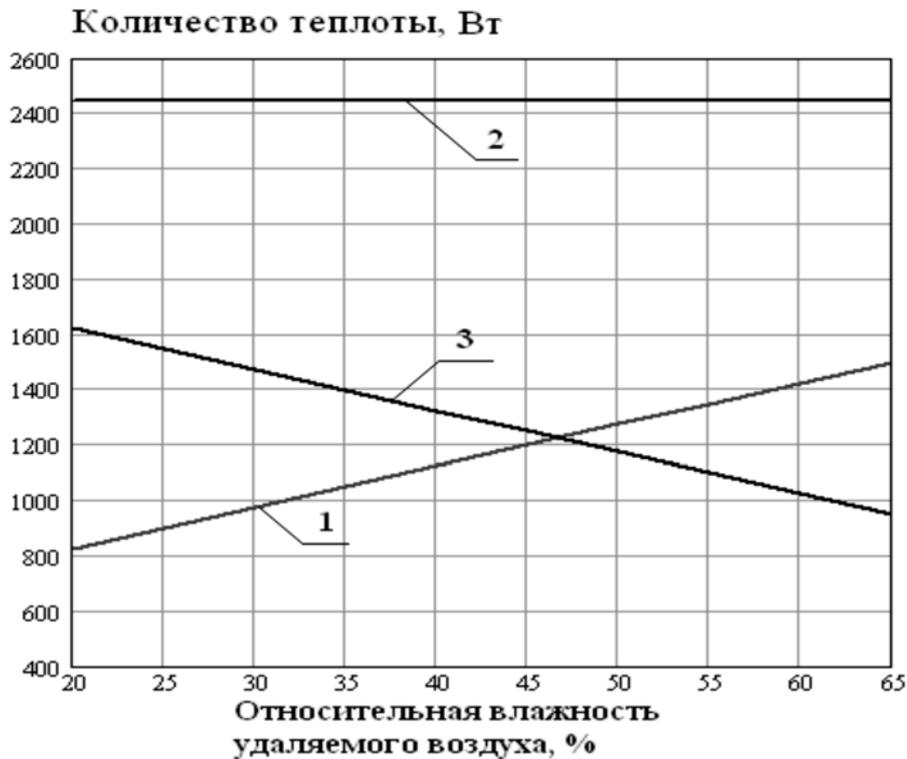
$$\rho_{св2} = \frac{353}{273 + \theta_1} \cdot \left[ 1 - 0,01 \cdot \phi_2 \cdot \frac{P_{нас}(\theta_1)}{101325} \right], \quad (5.20)$$

**5.2.1.11.** Приведенные выше формулы при заданных значениях температуры воздуха помещения  $T_1$ , температуры приточного воздуха  $\theta_1$ , относительной влажности удаляемого и приточного воздуха  $\phi_1$  и  $\phi_2$  позволяют рассчитать необходимое дополнительное количество теплоты  $\Delta Q_1$  для доведения температуры приточного воздуха до нормативного значения по формуле (5.21).

$$\Delta Q_1 = Q_2 - Q_1, \quad (5.21)$$

**5.2.1.12.** На рисунке 5.6 приведены графики количества теплоты, необходимой для нагревания приточного воздуха от наружной температуры до температуры воздуха помещений (кривая 1), количества теплоты, отдаваемой в рекуператоре удаляемым воздухом при его остывании от температуры воздуха помещений до  $0^\circ\text{C}$  (кривая 2) и дополнительное количество теплоты, необходимое для доведения температуры приточного воздуха до температуры воздуха помещений (кривая 3), в зависимости от относительной влажности воздуха помещений. Графики получены при следующих значениях исходных параметров:

- объемный расход удаляемого и приточного воздуха  $V_1 = V_2 = 140 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;
- температура воздуха помещений  $T_1 = 20^\circ\text{C}$ ;
- температура наружного воздуха  $\theta_1 = -24^\circ\text{C}$ ;
- относительная влажность наружного воздуха  $\phi_2 = 80\%$ .



- 1 – количество теплоты, отдаваемой удаляемым воздухом в рекуператоре;
- 2 – количество теплоты, необходимое для нагревания приточного воздуха до температуры  $20^\circ\text{C}$ ;
- 3 – количество дополнительной теплоты, необходимое для догрева приточного воздуха до температуры  $20^\circ\text{C}$

**Рисунок 5.6 – Зависимость мощности источника теплоты для подогрева приточного воздуха до температуры воздуха помещений от относительной влажности удаляемого воздуха**

## 5.2.2. Схема с подмесом удаляемого воздуха

5.2.2.1. Пусть воздухообмен в помещении с рекуперацией тепла организован по схеме, показанной на рисунке 5.7.

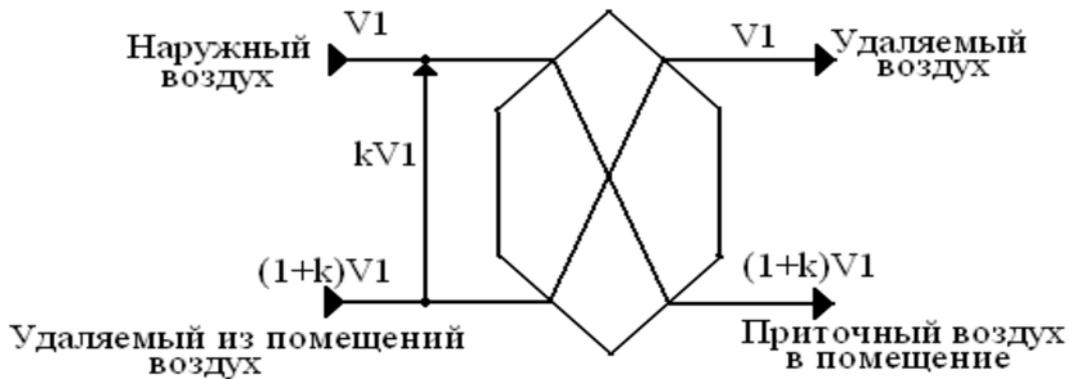


Рисунок 5.7 – Схема воздухообмена воздуха в помещении с подмесом части удаляемого воздуха к приточному

5.2.2.2. При использовании данной схемы воздухообмена количество наружного воздуха  $V_1$ , подаваемого в помещение, соответствует нормативному уровню воздухообмена. Подмешивание к приточному воздуху части воздуха помещения ( $kV_1$ ) приводит к тому, что в помещение после рекуператора поступает избыточное количество воздуха ( $(1+k)V_1$ ). Такое же количество воздуха должно забираться из помещения. Часть удаляемого воздуха ( $kV_1$ ) подмешивается к приточному, а другая часть ( $V_1$ ) проходит через теплообменник рекуператора, подогревая смесь приточного и удаляемого воздуха.

5.2.2.3. Определим плотность сухого воздуха  $\rho_{св0}$  и плотность пара  $\rho_{п0}$  смеси приточного и удаляемого воздуха. Очевидно, что плотность сухого воздуха  $\rho_{св0}$  и плотность пара  $\rho_{п0}$  смеси приточного и удаляемого воздуха определяются по формулам (5.22), (5.23).

$$\rho_{св0} = \frac{k \cdot \rho_{св1} + \rho_{св2}}{1 + k}, \quad (5.22)$$

$$\rho_{п0} = \frac{k \cdot \rho_{п1} + \rho_{п2}}{1 + k}, \quad (5.23)$$

5.2.2.4. Определим температуру смешанного воздуха из условия, что количество теплоты, отданной удаляемым воздухом при его остывании до общей температуры  $T_0$ , равно количеству теплоты, необходимой для нагревания приточного воздуха до общей температуры. Таким образом, общая температура смешанного воздуха определится как корень уравнения (5.24):

$$\begin{aligned} (c_в \cdot \rho_{св1} \cdot (T_1 - T_0) + c_n \cdot \rho_{п1} \cdot (T_1 - T_{м.п.})) + (\rho_{п1} - \rho_{нас}(T_0)) \cdot L \cdot k \cdot V_1 = \\ = (c_в \cdot \rho_{св2} + c_n \cdot \rho_{п2}) \cdot (T_0 - \theta_1) \cdot V_1 \end{aligned}, \quad (5.24)$$

где  $\rho_{нас}(T_0)$  определяется по формулам (5.12) и (5.13).

**5.2.2.5.** Если оказывается, что  $\rho_{\text{нас}}(T_0) \leq \rho_{\text{п0}}$ , то для смешанного воздуха плотность пара принимается равной согласно равенству (5.25)

$$\rho_{\text{п0}} = \rho_{\text{нас}}(T_0), \quad (5.25)$$

так как избыточный пар выпадет в виде конденсата.

**5.2.2.6.** Если  $\rho_{\text{нас}}(T_0) \leq \rho_{\text{п0}}$ , то температура точки росы смеси приточного и удаляемого воздуха определяется из равенства (5.26).

$$\rho_{\text{п0}} = \rho_{\text{нас}}(T_{\text{м.р.0}}), \quad (5.26)$$

или с учетом формул (5.12, 5.13) как корень уравнения (5.27).

$$\frac{17.5043 \cdot T_{\text{м.р.0}}}{241.2 + T_{\text{м.р.0}}} = \ln \left[ \frac{461}{611} \cdot (273 + T_{\text{м.р.0}}) \right], \quad (5.27)$$

**5.2.2.7.** В этом случае количество теплоты  $Q_3$ , необходимое для нагревания смеси приточного и удаляемого воздуха до температуры помещения  $T_1$ , определяется по формуле (5.28).

$$Q_3 = (c_g \cdot \rho_{\text{св0}} \cdot (T_1 - T_0) + c_n \cdot \rho_{\text{п0}} \cdot (T_1 - T_{\text{м.р.0}}) + (\rho_{\text{н1}} - \rho_{\text{нас}}(T_0)) \cdot L) \cdot k \cdot V_1, \quad (5.28)$$

**5.2.2.8.** Если  $\rho_{\text{нас}}(T_0) \geq \rho_{\text{п0}}$ , то количество теплоты  $Q_3$ , необходимое для нагревания смеси приточного и удаляемого воздуха до температуры помещения  $T_1$ , определяется по формуле (5.29).

$$Q_3 = (c_g \cdot \rho_{\text{св0}} \cdot (T_1 - T_0) + c_n \cdot \rho_{\text{п0}}) \cdot (T_1 - T_0) \cdot k \cdot V_1, \quad (5.29)$$

**5.2.2.9.** Количество теплоты, отдаваемой в единицу времени в теплообменнике рекуператора удаляемым воздухом смеси приточного и удаляемого воздуха при остывании удаляемого воздуха в рекуператоре до  $0^\circ\text{C}$ , определяется по формуле (5.30).

$$Q_4 = c_g \cdot \rho_{\text{св1}} \cdot V_1 \cdot (T_1 - 0) + c_n \cdot \rho_{\text{н1}} \cdot V_1 \cdot (T_1 - T_{\text{м.р.}}) + [\rho_{\text{н1}} - \rho_{\text{нас}}(0)] \cdot V_1 \cdot L, \quad (5.30)$$

**5.2.2.10.** Таким образом, необходимое дополнительное количество теплоты  $\Delta Q_2$  для доведения температуры смеси приточного и удаляемого воздуха, поступающей в помещение, до нормативного значения определяется по формуле (5.31).

$$\Delta Q_2 = Q_3 - Q_4, \quad (5.31)$$

**5.2.2.11.** На рисунке 5.8 приведены графики количества теплоты, необходимой для нагревания смеси приточного и удаляемого воздуха от температуры смеси на входе рекуператора до температуры воздуха помещений (кривая 1), количества теплоты, отдаваемой в рекуператоре удаляемым воздухом при его остывании от температуры воздуха помещений до  $0^\circ\text{C}$  (кривая 2) и дополнительное количество теплоты, необходимое для доведения температуры смеси приточного и удаляемого воздуха до температуры воздуха помещений (кривая 3), в зависимости от относительной влажности воздуха помещений и для различных коэффициентов подмеса. Графики получены при значениях исходных параметров, принятых для случая 1.



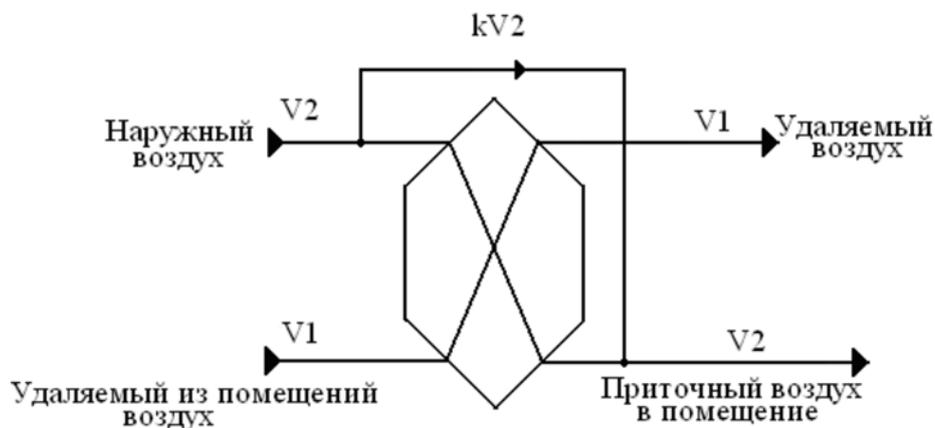
- 1 – количество теплоты, отдаваемой удаляемым воздухом в рекуператоре;
- 2 – количество теплоты, необходимое для нагревания смеси приточного и удаляемого воздуха до температуры 20 °С;
- 3 – количество дополнительной теплоты, необходимое для догрева смеси приточного и удаляемого воздуха до температуры 20 °С

а –  $\kappa=0,5$ ; б –  $\kappa=0,7$ ; в –  $\kappa=0,9$

**Рисунок 5.8 – Зависимость мощности источника теплоты для подогрева смеси приточного и удаляемого воздуха до температуры воздуха помещений от относительной влажности удаляемого воздуха**

### 5.2.3. Схема с байпасным поступлением приточного воздуха

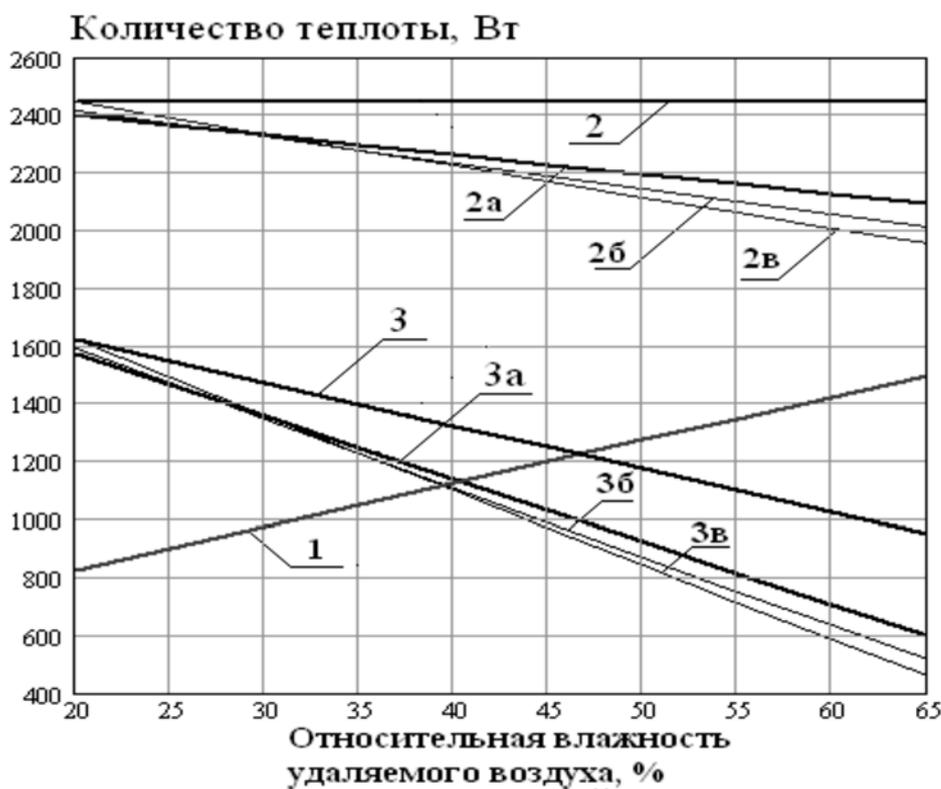
5.2.3.1. При низкой отрицательной температуре наружного воздуха часть приточного воздуха направляется в обход рекуператора (рисунок 5.9).



**Рисунок 5.9 – Схема подключения рекуператора с байпасным каналом по приточному воздуху**

**5.2.3.2.** Если объемный расход приточного воздуха равен  $V_2$  м<sup>3</sup>/ч, а через байпас направляется объем  $kV_2$ , то для предотвращения замерзания рекуператора значение коэффициента  $k$  выбирается таким образом, чтобы температура удаляемого воздуха на выходе теплообменника не опускалась ниже 0°C. Так как объем приточного воздуха, забираемого с улицы, в данном случае равен объему воздуха, поступающего в помещение, то дополнительное количество теплоты, необходимое для нагревания приточного воздуха до температуры воздуха помещения, очевидно равно количеству теплоты, необходимой для нагревания приточного воздуха от наружной температуры до температуры воздуха помещения за вычетом количества теплоты, отданной в рекуператоре уходящим из помещения воздухом при его остывании от температуры воздуха в помещении до 0°C. Таким образом, данная схема энергетически полностью эквивалентна схеме, рассмотренной в пункте 5.2.1.

**5.2.3.3.** На рисунке 5.10 приведено сравнение значений необходимого дополнительного количества теплоты для доведения температуры приточного воздуха до температуры воздуха помещения для обычной схемы рекуперации тепла (то же для схемы с байпасом) и для схемы с подмесом удаляемого воздуха к приточному на входе рекуператора.



- 1 – количество теплоты, отдаваемой удаляемым воздухом в рекуператоре;
- 2 – количество теплоты, необходимое для нагревания приточного воздуха до температуры 20 °С;
- 2а, 2б, 2в – количество теплоты, необходимое для нагревания смеси приточного и удаляемого воздуха
- 3 – количество дополнительной теплоты, необходимое для догрева приточного воздуха до температуры 20 °С
- 3а, 3б, 3в – количество дополнительной теплоты, необходимое для догрева смеси приточного и удаляемого воздуха до температуры 20 °С

**Рисунок 5.10 – Сравнение значений необходимого дополнительного количества теплоты для доведения температуры приточного воздуха до температуры воздуха помещения для обычной схемы рекуперации тепла (то же для схемы с байпасом) и для схемы с подмесом удаляемого воздуха к приточному на входе рекуператора**

**5.2.3.4.** Из рисунка 5.10 очевидно следует, что схема с подмесом удаляемого воздуха к приточному на входе теплообменника энергетически более выгодна, чем обычная схема рекуперации, или схема с байпасом. Следует, однако, отметить, что для всех рассмотренных схем для предотвращения замерзания вытяжного канала следует предусматривать подогрев приточного воздуха, или смеси приточного воздуха с удаляемым воздухом, на входе теплообменника рекуператора. Для схемы с подмесом удаляемого воздуха к приточному и для схемы с байпасом степень подогрева должна определяться на основе минимизации необходимой теплоты догрева приточного воздуха до температуры воздуха помещений в зависимости от коэффициента подмеса или коэффициента пропускания байпаса при условии, что температура воздуха на выходе вытяжного канала рекуператора не опускается ниже 0°C.

## 6. Методика определения мощности источника теплоты на отопление и вентиляцию помещений жилых зданий

**6.1.** Теплотери помещений жилого здания определяют в соответствии со СНиП РК 4.02.42 для расчетных условий согласно ГОСТ 30494, СН РК 2.04-21 и СНиП РК 3.02-43 с учетом:

- потерь теплоты (основные и добавочные) через ограждающие конструкции помещений;
- расхода теплоты на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха через ограждающие конструкции помещений при естественной вентиляции или расхода теплоты на нагревание приточного воздуха, подаваемого механической системой вентиляции;
- теплового потока, поступающего в комнаты и кухни от бытовых электроприборов, освещения, людей и других источников.

В случае применения в здании системы механической системы вентиляции с утилизацией тепла вытяжного воздуха учитывается расход теплоты на догрев приточного воздуха до температуры, рассчитываемой в зависимости от коэффициента эффективности теплоутилизационной установки и расчетной температуры наружного воздуха.

**6.2.** Расчетные суммарные значения мощности потери теплоты отапливаемого помещения  $Q$ , Вт, определяют по формуле:

$$Q = Q_T + Q_i - Q_{int} \quad (6.1)$$

где  $Q_T$  – мощность основных и добавочных потерь теплоты через ограждающие конструкции помещения, Вт, определяемые по формуле (6.2);

$Q_i$  – суммарная мощность источника теплоты на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха через ограждающие конструкции помещения и приточного воздуха, поступающего из приточно-вытяжной теплоутилизационной установки (рекуператора), Вт;

$Q_{int}$  – суммарный тепловой поток, регулярно поступающий в помещение здания от электрических приборов, освещения, технологического оборудования, коммуникаций, материалов, людей и других источников, Вт (согласно СНиП РК 4.02-42 принимается 10 Вт на м<sup>2</sup> пола жилых помещений и кухонь).

**6.3.** Основные и добавочные потери теплоты через ограждающие конструкции помещения,  $Q_T$ , Вт, определяют согласно СНиП РК 4.02.42 с округлением до 10 Вт по формуле (6.2):

$$Q_T = \sum_j \frac{A_j}{R_j} \cdot (1 + \Sigma \beta_j) \cdot n_j \cdot (t_{int} - t_{ext}), \quad (6.2)$$

где  $A_j$  – площадь  $j$ -й ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>;

$R_j$  – приведенное сопротивление теплопередаче  $j$ -й ограждающей конструкции, м<sup>2</sup> · °С/Вт, определяемое по СН РК 2.04-21 (кроме полов на грунте); для полов на грунте – в соответствии со СНиП РК 4.02.42;

$\beta_j$  – добавочные потери теплоты в долях от основных потерь  $j$ -й ограждающей конструкции, определяемые в соответствии со СНиП РК 4.02.42;

$n_j$  – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности  $j$ -й ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху в соответствии с СН РК 2.04-21;

$t_{int}$  – расчетная температура воздуха, °С, в помещении в холодный период года, определяемая в соответствии с СНиП 4-02-42, ГОСТ 30494 и СНиП РК 3.02.43; в угловых помещениях квартир расчетную температуру воздуха согласно СНиП РК 3.02.43 следует принимать на 2°С выше, но не выше 22°С;

$t_{ext}$  – расчетная температура наружного воздуха для холодного периода года при расчете потерь теплоты через наружные ограждения, определяемая СН РК 2.04-21.

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций помещений рекомендуется определять по результатам расчета температурных полей и тепловых потоков участков (фрагментов) ограждающих конструкций с учетом углов, примыканий смежных конструкций и теплопроводных элементов конструкций.

Правила определения площади ограждающей конструкции при расчете потерь теплоты должны быть такими же, что и при расчете значений приведенного сопротивления теплопередаче.

**6.4.** Для чердачных перекрытий теплых чердаков и цокольных перекрытий над подвалами с температурой воздуха в них  $t_c$  большей  $t_{ext}$ , но меньшей  $t_{int}$ , а также для внутренних стен и перегородок между эксплуатируемыми помещениями с расчетной температурой воздуха  $t_{int}$  и помещениями с более низкой температурой воздуха  $t_{int1}$ , коэффициент  $n$  следует определять по формулам (6.3-6.4) соответственно.

$$n = (t_{int} - t_c) / (t_{int} - t_{ext}) \quad (6.3)$$

$$n = (t_{int} - t_{int1}) / (t_{int} - t_{ext}) \quad (6.4)$$

Потери теплоты через внутренние ограждающие конструкции учитывают при разнице температуры воздуха в смежных помещениях более 3°C. В жилых многоквартирных зданиях учитывают потери теплоты между помещениями квартиры и помещениями общего пользования – лестнично-лифтовыми узлами, тамбурами, мусорокамерами. Потери теплоты между помещениями квартиры при разнице температуры воздуха в них 3°C и менее не учитывают.

**6.5.** Пример расчета мощности потерь теплоты через ограждающие конструкции приведен в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Расчет мощности трансмиссионных теплопотерь помещений трехкомнатной квартиры при температуре наружного воздуха -32°C

Наименование помещения	Температура в помещении, $t_e$ , °C	Параметры ограждения						Разность температур, $(t_{int} - t_{ext}) \cdot \eta$ , °C	Основные теплопотери, $Q_{осп}$ , Вт	Фактор добавочных теплопотерь, $(1 + \Sigma \beta)$	Основные и добавочные теплопотери через ограждения, $Q_{оп}$ , Вт
		наименование	ориентация	площадь, А, м <sup>2</sup>	сопротивление передаче, R, (м <sup>2</sup> )/Вт	коэффициент теплопередачи, 1/R, Вт/(м <sup>2</sup> °C)	коэффициент положения, $\eta$				
Комната К1 угловая	22	НС на под- жили	СЗ	10,52	2,273	0,44	1,0	54	250	1,15	287
		НС	СВ	17,04	2,273	0,44	1,0	54	405	1,15	466
Итого	22	Окно на под- жили	СЗ	3,99	1,00	1,00	0,76	41,0	164	1,15	188
		Окно	СВ	2,10	1,00	1,00	1,0	54	113	1,15	130
		Перекрытие подвала		20,04	1,89	0,53	1,0	20	212	1,0	212
Комната К2 угловая	22	НС	СВ	17,04	2,005	0,50	1,0	54	459	1,15	528
		НС	ЮВ	8,92	2,005	0,50	1,0	54	240	1,10	264
		Окно	СВ	2,10	1,00	1,00	1,0	54,0	113	1,15	130
		Окно	ЮВ	2,10	1,00	1,00	1,0	54	113	1,10	125
		Перекрытие подвала		19,06	1,90	0,53	1,0	20	201	1	201
Итого	22	НС	ЮВ	8,95	2,190	0,46	1,0	53	217	1,05	227
		Окно	ЮВ	2,10	1,00	1,00	1,0	53	111	1,05	117
		Перекрытие подвала		19,12	2,21	0,45	1,0	19	164	1	164
Итого	21	НС	СЗ	8,00	2,177	0,46	1,0	48	176	1,10	194
		Окно	СЗ	2,10	1,00	1,00	1,0	48	101	1,10	111
		Перекрытие подвала		11,77	2,13	0,47	1,00	14	77	1	77
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС									510
		Окно									
Итого	16	НС		</							

Продолжение таблицы 6.1

Наименование помещения	Температура в помещении, $t_{в}$ , °С	Параметры ограждения						Разность температур, $(t_{int} - t_{ext}) \cdot n$ , °С	Основные теплопотери, $Q_{осн}$ , Вт	Фактор добавочных теплопотерь, $(1 + \Sigma \beta)$	Основные и добавочные теплопотери через ограждения, $Q_{отп}$ , Вт
		наименование	ориентация	площадь, $A$ , м <sup>2</sup>	сопротивление теплопередаче, $R$ , (м <sup>2</sup> ·°С)/Вт	коэффициент теплопередачи, $1/R$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)	коэффициент положения, $n$				
Коридор	18	НС	СЗ	2,86	2,046	0,49	1,0	50	70	1,10	77
		Перекрытые подвала		19,40	2,40	0,42	1,0	16	129	1	129
Итого											206
Ванная	25	ВС к мусорокамере		5,54	2,83	0,35	0,35	20	39	1,00	39
		НС	СЗ	5,46	2,046	0,49	1,0	57	152	1,10	167
Туалет	18	Перекрытые подвала		5,27	2,01	0,50	1,0	23	60	1	60
		Перекрытые подвала		2,05	2,40	0,42	1	16	14	1	14
Итого											280

**6.6.** В случае естественной вентиляции расход теплоты на нагревание инфильтрующегося в помещение наружного воздуха  $Q_i$ , Вт, определяют по формуле (6.5):

$$Q_i = 0,28 \cdot L_n \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{int} - t_{ext}) \cdot k \quad (6.5)$$

где  $L_n$  – расход удаляемого воздуха, м<sup>3</sup>/ч, не компенсируемый подогретым приточным воздухом;

$\rho$  – плотность воздуха в помещении, кг/м<sup>3</sup>, определяемая по формуле (6.6):

$$\rho = \frac{3463}{9,8 \cdot (273 + t_{int})} \quad (6.6)$$

$c$  – удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг · °С);

$t_{int}$ ,  $t_{ext}$  – то же, что в формуле (6.2);

$k$  – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в конструкциях, принимаемый согласно СНиП 4-02-42; для окон и балконных дверей с заполнением из стеклопакетов в одинарных переплетах  $k = 1$ .

Нормируемый приток наружного воздуха  $L_n$  в помещения жилого здания при естественной вентиляции определяют согласно СНиП 4-02-42, СН РК 2.04-21, СН РК 2.04-01 за счет неорганизованного притока инфильтрующегося воздуха, исходя из удельного нормативного расхода воздуха 3 м<sup>3</sup>/ч на 1 м<sup>2</sup> жилых помещений и кухонь.

Таким образом, мощность системы отопления при естественной вентиляции должна обеспечить нагрев всего приточного воздуха от наружной температуры до нормируемой температуры в помещении.

**6.7.** При наличии механической системы вентиляции с утилизацией тепла удаляемого воздуха расход теплоты  $Q_i$ , Вт, на нагревание поступающего в помещение наружного воздуха определяют по формуле (6.7).

$$Q_i = Q_L + Q_H \quad (6.7)$$

где  $Q_L$  – расход теплоты, Вт, на догревание подаваемого в помещение приточного воздуха с температурой ( $t_{пек}$ ) до температуры помещения  $t_{int}$ , который рассчитывается по формуле (6.8);

$Q_H$  – расход теплоты на нагревание неорганизованного притока наружного воздуха в помещение  $Q_H$ , Вт, который рассчитывается по формуле (6.9):

$$Q_L = 0,28 \cdot L_V \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{int} - t_{пек}) \quad (6.8)$$

$$Q_H = 0,28 \cdot L_{VH} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{int} - t_{ext}) \quad (6.9)$$

где  $\rho$ ,  $c$ ,  $t_{int}$ ,  $t_{ext}$  – то же, что в формуле (6.5);

$L_V$  – нормируемое количество наружного воздуха, подаваемого механической системой вентиляции в помещение, м<sup>3</sup>/ч;

$t_{пек}$  – температура воздуха на выходе агрегата механической системы вентиляции с утилизацией тепла удаляемого воздуха, обеспечивающая нормативную температуру в рабочей зоне жилых помещений;

$L_{VH}$  – значение неорганизованного притока наружного воздуха в помещение, м<sup>3</sup>/ч, за счет открывания форточек, балконных дверей, неплотностей ограждающих конструкций, которое определяют по формуле (6.11).

**6.8.** Для определения схемы раздачи приточного воздуха по помещениям квартиры необходимо определить нормируемый приток наружного воздуха в квартиру.

**6.9.** Нормируемый приток наружного воздуха при механической системе вентиляции определяют в соответствии со СНиП РК 4.02.42 по каждой квартире, равный большей из двух величин: нормируемого расхода приточного воздуха на 1 м<sup>2</sup> жилых помещений либо по норме вытяжной вентиляции для кухни и санитарных узлов.

Нормируемый приток наружного воздуха в квартиру  $L_{кв}$ , м<sup>3</sup>/ч, жилого дома при механической вентиляции определяют по формуле (6.10):

$$L_{кв} = \max(3 \cdot A_j, L_{выт}) \quad (6.10)$$

где  $A_j$  – жилая площадь квартиры, м<sup>2</sup>;

3 – минимальный расход воздуха на 1 м<sup>2</sup> площади жилых помещений в соответствии с требованиями СНиП РК 4.02-42, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>;

$L_{выт}$  – расход удаляемого воздуха, м<sup>3</sup>/ч, по норме вытяжной вентиляции для кухни и санитарных узлов (сумма) по СНиП РК 3.02.43.

Если приток воздуха в квартиру  $L_{кв}$  определен по норме вытяжной вентиляции для кухни и санитарных узлов, то подача наружного воздуха осуществляется из расчета по 3 м<sup>3</sup>/ч на 1 м<sup>2</sup> в жилые помещения, а остаток – на кухню (но не более  $3 \cdot A_k$  м<sup>3</sup>/ч,  $A_k$  – площадь кухни) и в коридор.

Если приток воздуха в квартиру  $L_{кв}$  определен по нормируемому расходу приточного воздуха на 1 м<sup>2</sup> жилых помещений, то подача наружного воздуха осуществляется в жилые помещения из условия 3 м<sup>3</sup>/ч на 1 м<sup>2</sup>.

В этом случае для притока воздуха на кухню и санузел предусматривают специальные отверстия в перегородках, вентиляционные решетки в дверях или щели между полом и дверью.

**6.10.** Неорганизованный приток наружного воздуха в помещение  $L_{вн}$ , м<sup>3</sup>/ч, определяется по формуле (6.11):

$$L_{вн} = n_{a,inf} \cdot V_L \quad (6.11)$$

где  $n_{a,inf}$  – кратность инфильтрующегося наружного воздуха в помещение через неплотности ограждающих конструкций, ч<sup>-1</sup>, которая принимается по результатам испытаний на герметичность помещений здания согласно ГОСТ 25891 (при отсутствии данных испытаний принимается равным 0,1 ч<sup>-1</sup>);

$V_L$  – объем помещения, м<sup>3</sup>.

**6.11.** Расход теплоты на неорганизованный приток наружного воздуха в помещение учитывают для жилых помещений и кухонь, независимо от подачи приточного воздуха механической системой вентиляции.

**6.12.** В случае недостаточной эффективности теплоутилизатора при больших отрицательных температурах наружного воздуха применяется догрев приточного воздуха до значения  $t_{рек}$  при помощи электрического либо водяного нагревателя, расположенного на выходе вентиляционного агрегата.

**6.13.** Расход теплоты на догревание приточного воздуха нагревателем,  $Q_{ym}$ , Вт, до температуры  $t_{рек}$  для подачи в помещение определяют по формуле (6.12). В случае использования водяного калорифера для подогрева наружного воздуха эту теплоту необходимо учитывать при расчете мощности системы отопления здания. В случае применения электрического нагревателя эту теплоту необходимо учитывать при расчете установленной мощности электроснабжения здания.

Расход теплоты на нагревание наружного воздуха за счет использования теплоты вытяжного воздуха  $Q_{рек}$ , Вт, (утилизируемое тепло) определяют по формуле (6.13).

$$Q_{ym} = 0,28 \cdot L_V \cdot \rho \cdot c (t_{рек} - t_y) \quad (6.12)$$

$$Q_{рек} = 0,28 \cdot L_V \cdot \rho \cdot c (t_y - t_{ext}) \quad (6.13)$$

где  $\rho, c, t_{int}, t_{ext}$  – то же, что в формуле (6.5);

$L_V, t_{рек}$  – то же, что в формуле (6.8);

$t_y$  – температура, до которой нагревается приточный воздух в утилизаторе за счет теплоты вытяжного воздуха, °С, определяемая эффективностью теплоутилизатора.

**6.14.** При применении пластинчатых теплообменников с целью недопущения замерзания конденсата в теплообменнике требуется предварительный догрев наружного воздуха до температуры  $t_{нк}$ , при которой замерзание конденсата в выходном канале теплообменника невозможно.

Расход теплоты на предварительный нагрев наружного воздуха  $Q_{дог}$ , Вт, определяют по формуле (6.14).

$$Q_{ym} = 0,28 \cdot L_V \cdot \rho \cdot c (t_{нк} - t_{ext}) \quad (6.14)$$

В случае применения электрического нагревателя эту теплоту необходимо учитывать при расчете установленной мощности электроснабжения здания.

Значение  $t_{нк}$  определяется коэффициентом эффективности утилизации теплоты теплообменника.

Расход теплоты на нагревание наружного воздуха за счет использования теплоты вытяжного воздуха  $Q_{рек}$ , Вт, (утилизируемое тепло) определяют по формуле (6.15).

$$Q_{рек} = 0,28 \cdot L_V \cdot \rho \cdot c (t_{рек} - t_{нк}) \quad (6.15)$$

Таким образом, мощность системы отопления помещения может быть уменьшена на величину  $Q_{рек}$  по отношению к системе отопления здания с естественной вентиляцией.

**6.15.** Однако практика эксплуатации построенных энергоэффективных зданий с системой утилизации тепла удаляемого воздуха показывает следующее.

Известно, что процесс заселения любого нового жилого здания является длительным процессом. На начальном этапе эксплуатации здания суммарные бытовые тепловыделения в здании не соответствуют расчетным значениям, в незаселенных квартирах жильцы устанавливают пониженное значение внутренней температуры, а то и полностью отключают систему отопления. Поэтому на систему отопления незаселенных квартир ложится дополнительная нагрузка.

В связи с вышесказанным, рекомендуется проектировать систему отопления квартир энергоэффективных зданий исходя из тепловых потерь для варианта с естественной вентиляцией. Наличие автоматических регуляторов воздухообмена и теплоснабжения квартир не допустит перерасхода тепловой энергии.

**6.16.** В приложении А приведен пример расчета расхода теплоты на отопление и вентиляцию комнаты многоквартирного жилого здания, оборудованного децентрализованными приточно-вытяжными установками с утилизацией тепла удаляемого воздуха.

**6.16.** В приложении Б приведен пример расчета расхода теплоты на отопление и вентиляцию комнаты многоквартирного жилого здания, оборудованного централизованной приточно-вытяжной установкой с утилизацией тепла удаляемого воздуха.

## Приложение А

**Пример расчета расхода теплоты на отопление и вентиляцию комнаты многоквартирного жилого здания, оборудованного децентрализованными приточно-вытяжными установками с утилизацией тепла удаляемого воздуха**

### Общие положения

В качестве механической приточно-вытяжной системы вентиляции используется индивидуальная приточно-вытяжная установка с утилизацией тепла вытяжного воздуха типа АВТУ-250-П-АС с пластинчатым теплообменником-утилизатором с эффективностью 82%.

Тепловой поток, поступающий в комнаты и кухни от бытовых электроприборов, освещения, людей и других источников, согласно СНиП РК 4.02-42 принят равным 10 Вт на 1 м<sup>2</sup> пола жилых помещений и кухонь.

### Исходные данные

- вид помещения: жилое, в однокомнатной квартире;
- вид системы механической вентиляции с утилизацией теплоты вытяжного воздуха – децентрализованная поквартирная;
- коэффициент эффективности утилизации теплоты вытяжного воздуха механической системы вентиляции 0,82;
- площадь помещения 14,55 м<sup>2</sup>;
- температура воздуха помещения 20<sup>0</sup>С;
- нормативный объем приточного воздуха, расход воздуха равен

$$L_v = 3 \cdot A_i = 3 \cdot 14,55 = 44 \text{ м}^3/\text{ч};$$

- температура наружного воздуха минус 24<sup>0</sup>С;
- расчетное значение температуры  $t_{\text{нк}}$  минус 3,3<sup>0</sup>С;
- расчетное значение температуры  $t_{\text{рек}}$  14,6<sup>0</sup>С;
- окна – двухкамерные стеклопакеты в одинарном переплете ( $k = 1$ );
- трансмиссионные теплопотери помещения через ограждения (см таблицу 6.2) составляют  $Q_t = 440$  Вт;
- расчет теплоты на нагрев приточного воздуха осуществляется из условия нормативного притока на 1 м<sup>2</sup> жилой площади.

### Порядок расчета

**1.** Расход теплоты на нагревание инфильтрующегося в помещение наружного воздуха при естественной вентиляции и  $L_n = 3 \cdot A_i = 3 \cdot 14,55 = 44 \text{ м}^3/\text{ч}$  составит:

$$Q_i = 0,28 \cdot L_n \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}) \cdot k = 0,28 \cdot 44 \cdot 1,21 \cdot 1 \cdot (20 - (-24)) \cdot 1 = 650 \text{ Вт}$$

**2.** Расход теплоты на нагревание приточного воздуха при использовании поквартирной механической системы вентиляции с утилизацией теплоты вытяжного воздуха (с коэффициентом эффективности 0,82).

**2.1.** Расход теплоты на нагревание подаваемого приточного воздуха в помещение от температуры  $t_{\text{рек}} = 14,6^{\circ}\text{C}$  до температуры помещения  $t_{\text{int}} = 20^{\circ}\text{C}$ :

$$Q_L = 0,28 \cdot L_V \cdot \rho \cdot c (t_{\text{int}} - t_{\text{рек}}) = 0,28 \cdot 44 \cdot 1,21 \cdot 1 \cdot (20 - 14,6) = 81 \text{ Вт}$$

**2.2.** Расход теплоты на нагревание неорганизованного притока наружного воздуха в помещение при объеме притока  $L_{VН} = 14,55 \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 3,64 \text{ м}^3/\text{ч}$

$$Q_H = 0,28 \cdot L_{VН} \cdot \rho \cdot c (t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}) = 0,28 \cdot 3,64 \cdot 1,21 \cdot 1 \cdot (20 - (-24)) = 55 \text{ Вт.}$$

**2.3.** Общий расход теплоты составит  $Q_i = Q_L + Q_H = 81 + 55 = 136 \text{ Вт}$ .

**2.4.** Расход теплоты при нагревании наружного воздуха электронагревателем, входящим в состав вентиляционного агрегата от температуры  $t_{\text{int}} = -24^{\circ}\text{C}$  до  $t_{\text{нк}} = -3,3^{\circ}\text{C}$

$$Q_{\text{ут}} = 0,28 \cdot L_V \cdot \rho \cdot c (t_{\text{нк}} - t_{\text{ext}}) = 0,28 \cdot 44 \cdot 1,21 \cdot 1 \cdot ((-3,3) - (-24,0)) = 309 \text{ Вт.}$$

**2.5.** Расход теплоты на нагревание наружного воздуха за счет использования теплоты вытяжного воздуха  $Q_{\text{рек}}$ :

$$Q_{\text{рек}} = 0,28 \cdot L_V \cdot \rho \cdot c (t_{\text{рек}} - t_{\text{нк}}) = 0,28 \cdot 44 \cdot 1,21 \cdot 1 \cdot ((14,6) - (-3,3)) = 267 \text{ Вт.}$$

**3.** Суммарный тепловой поток, поступающий в помещение здания от электрических приборов, освещения, технологического оборудования, коммуникаций, материалов, людей и других источников, составит:  $Q_{\text{int}} = 10 \cdot 14,55 = 146 \text{ Вт}$

**4.** Расчетные суммарные потери теплоты отапливаемого помещения составят:

– при естественной вентиляции  $Q_{\text{ie}} = 440 + 650 - 146 = 950 \text{ Вт}$ ;

– при механической вентиляции с утилизацией теплоты вытяжного воздуха:

$$Q_{\text{им}} = 440 + 136 - 146 = 430 \text{ Вт.}$$

**5.** Экономия теплоты за счет применения теплоутилизационной установки составит:

$$\Delta Q = 950 - 430 = 520 \text{ Вт.}$$

**6.** Дополнительная нагрузка на систему электроснабжения здания за счет подогрева приточного воздуха в теплоутилизаторе составит  $Q_{\text{ym}} = 309 \text{ Вт}$ .

**7.** Экономия теплоты за счет применения теплоутилизационной установки при использовании поквартирной механической системы вентиляции с утилизацией теплоты вытяжного воздуха можно определить двумя способами:

– первый способ:  $\Delta Q = Q_{\text{ie}} - Q_{\text{м}} = 950 - 430 = 520 \text{ Вт}$ ;

– второй способ:  $\Delta Q = Q_{\text{им}} - Q_H + Q_{\text{ym}} = (267 - 55) + 309 = 520 \text{ Вт}$ .

## Приложение Б

### Пример расчета расхода теплоты на отопление и вентиляцию комнаты многоквартирного жилого здания, оборудованного централизованной приточно-вытяжной установкой с утилизацией тепла удаляемого воздуха

#### Общие положения

В качестве механической приточно-вытяжной системы вентиляции используется вентиляционно-отопительная установка с утилизацией тепла вытяжного воздуха типа УТ-1,6 с теплообменником-утилизатором на тепловых трубах, коэффициент эффективности утилизации теплоты вытяжного воздуха составляет 60%.

Тепловой поток, поступающий в комнаты и кухни от бытовых электроприборов, освещения, людей и других источников, согласно СНиП РК 4.02-42 принят равным 10 Вт на 1 м<sup>2</sup> пола жилых помещений и кухонь.

#### Исходные данные

- вид помещения: жилое, в трехкомнатной квартире;
- вид системы механической вентиляции с утилизацией теплоты вытяжного воздуха – централизованная поэтажная;
- коэффициент эффективности утилизации теплоты вытяжного воздуха механической системы вентиляции 0,6;
- площадь помещения 18,9 м<sup>2</sup>;
- температура воздуха помещения 22°С;
- нормативный объем приточного воздуха расход воздуха равен  $L_v = 3 \cdot A_1 = 3 \cdot 18,9 = 57$  м<sup>3</sup>/ч;
- температура наружного воздуха минус 32°С;
- расчетное значение температуры  $t_y$  для условий Караганды минус 10,9°С;
- расчетное значение температуры  $t_{пек}$  16°С;
- остекление помещения – двухкамерные стеклопакеты в одинарном переплете ( $k = 1$ );
- трансмиссионные теплотери помещения (см таблицу 6.1) составляют  $Q_T = 1290$  Вт;
- расчет теплоты на нагрев приточного воздуха осуществляется из условия нормативного притока на 1 м<sup>2</sup> жилой площади.

#### Порядок расчета

1. Расход теплоты на нагревание инфильтрующегося в помещение наружного воздуха при естественной вентиляции и  $L_n = 3 \cdot A_1 = 3 \cdot 18,9 = 57$  м<sup>3</sup>/ч составит:

$$Q_i = 0,28 \cdot L_n \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{int} - t_{ext}) \cdot k = 0,28 \cdot 57 \cdot 1,198 \cdot 1 \cdot (22 - (-32)) \cdot 1 = 1027 \text{ Вт}$$

2. Расход теплоты на нагревание приточного воздуха при механической системе вентиляции с утилизацией вытяжного воздуха.

2.1. Расход теплоты на нагревание подаваемого приточного воздуха в помещение от температуры  $t_{пек} = 16$ °С до температуры помещения  $t_{int} = 22$ °С:

$$Q_L = 0,28 \cdot L_v \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{int} - 16) = 0,28 \cdot 57 \cdot 1,198 \cdot 1 \cdot (22 - 16) = 115 \text{ Вт}$$

2.2. Расход теплоты на нагревание неорганизованного притока наружного воздуха в помещение при объеме притока  $L_{vн} = 18,9 \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 4,7$  м<sup>3</sup>/ч

$$Q_u = 0,28 \cdot L_{vн} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{int} - t_{ext}) = 0,28 \cdot 4,7 \cdot 1,198 \cdot 1 \cdot (22 - (-32)) = 86 \text{ Вт}$$

**2.3.** Общий расход теплоты составит  $Q_i = Q_L + Q_n = 115 + 86 = 201$  Вт.

**2.4.** Расход теплоты при нагревании наружного воздуха водяным водонагревателем, входящим в состав вентиляционного агрегата от температуры  $t_y = -10,9^\circ\text{C}$  до  $t_{\text{рек}} = 16^\circ\text{C}$ :

$$Q_{ym} = 0,28 \cdot L_v \cdot \rho \cdot c \cdot (16 - t_y) = 0,28 \cdot 57 \cdot 1,198 \cdot 1 \cdot (16 - (-10,9)) = 514 \text{ Вт}$$

Эта тепловая энергия используется при расчете мощности нагревательных устройств. В случае использования водяных калориферов она входит в общие теплопотери здания.

**2.5.** Расход теплоты на нагревание наружного воздуха за счет использования теплоты вытяжного воздуха  $Q_{\text{рек}}$ :

$$Q_{\text{рек}} = 0,28 \cdot L_v \cdot \rho \cdot c \cdot (t_y - t_{\text{эк}}) = 0,28 \cdot 57 \cdot 1,198 \cdot 1 \cdot (-10,9 - (-32,0)) = 403 \text{ Вт}$$

**3.** Суммарный тепловой поток, поступающий в помещение здания от электрических приборов, освещения, технологического оборудования, коммуникаций, материалов, людей и других источников, составит:  $Q_{\text{int}} = 10 \cdot 18,9 = 189$  Вт

**4.** Расчетные суммарные потери теплоты отапливаемого помещения составят:

– при естественной вентиляции  $Q_{ie} = 1290 + 1027 - 189 = 2130$  Вт;

– при механической вентиляции с утилизацией теплоты вытяжного воздуха:

$$Q_{im} = 1290 + 201 - 189 = 1300 \text{ Вт.}$$

При этом дополнительная нагрузка на систему отопления за счет применения водяного калорифера составит  $Q_{ym} = 514$  Вт.

**5.** Экономия теплоты за счет применения теплоутилизационной установки можно определить двумя способами:

– первый способ:  $\Delta Q = Q_{ie} - Q_{im} - Q_{ym} = 2130 - 1300 - 514 = 316 \approx 320$  Вт;

– второй способ:  $\Delta Q = Q_{ie} - Q_n = 403 - 86 = 317 \approx 320$  Вт.

## Заключение

Естественная вентиляция жилых зданий является наиболее простой системой обеспечения воздухообмена помещений, требующей минимальных затрат на ее организацию. Однако, при современных герметичных окнах естественная вентиляция принципиально не может обеспечить нормативный воздухообмен помещений. Кроме того, естественная вентиляция является энергонеэффективной: в холодный период года отработанный воздух выбрасывается в атмосферу, унося с собой тепло, затраченное на его подогрев до нормативной комнатной температуры. Различные мероприятия, направленные на улучшение работы естественной вентиляции, не решают кардинально задачи нормативного воздухообмена помещений. Очевидным выходом в данной ситуации является переход к приточно-вытяжной вентиляции с механическим побуждением и утилизацией тепла вытяжного воздуха.

Рассмотренные в Методическом пособии различные конструктивные схемы организованного воздухообмена жилых зданий позволяют при проектировании систем приточно-вытяжной вентиляции с механическим побуждением и утилизацией тепла вытяжного воздуха выбрать систему, наиболее удовлетворяющую как условиям эксплуатации здания, так и затратам на ее создание.

Примеры проектных решений различных систем приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепла удаляемого воздуха приведены в [18].

Основную опасность при работе систем приточно-вытяжной вентиляции с механическим побуждением и утилизацией тепла вытяжного воздуха представляет возможность заморзания конденсирующейся влаги из удаляемого воздуха в теплообменнике рекуператора при его работе в условиях отрицательных температур наружного воздуха.

Предложенные в Методическом пособии методы повышения эффективности рекуперативных установок в условиях работы системы при низких отрицательных температурах наружного воздуха позволяют добиться эффективности системы теплообмена практически на уровне энергетической эффективности рекуператора, которая останется постоянной независимо от климатических условий.

## Список использованных источников

1. Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь «Об утверждении нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и ориентировочно безопасных уровней воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов и мест массового отдыха населения» от 30.06.2009 № 75.
2. Данилевский, Л.Н. К вопросу о снижении уровня теплопотерь здания / Л.Н. Данилевский // Опыт Белорусско-Германского сотрудничества в строительстве. – Минск: НПООО Стринко, 2000. – с. 76-77.
3. Feist, W. Gestaltungsgrundlagen Passivhäuser / W. Feist - Verlag das Beispiel, 2001.
4. Данилевский, Л.Н. Основные требования к конструкции и инженерным системам энергоэффективных зданий. / Л.Н. Данилевский // Строительные материалы, оборудование и технологии XXI века. – 2006. – №7 (90) – С.66-67.
5. Данилевский, Л.Н. Перераспределение световых потоков для оптимизации освещения помещения. Перспективы использования осветительных систем на основе не изображающие оптики. / Л.Н. Данилевский // Материалы научно-технической конференции. – Минск, 1997. – с. 3-19.
6. Данилевский, Л.Н. Статистические характеристики энергетических параметров зданий и проектирование тепловой защиты / Л.Н. Данилевский // Энергоэффективность. – 2011. – №7(185) – с. 9 – 13.
7. Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-2.04-43-2006. – Минск: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. Гос. Ин-т стандартизации и сертификации, 2006. – 35 с.
8. Reinmuth, Friedrich Raumluftechnik(Kamprath-Reie), 1. Auflage. Würzburg: Vogel Buchverlag, 1996 s. 215.
9. Каталог Salda – Системы вентиляции и кондиционирования воздуха – 2003 г.
10. Bestellformular für WRG-Geräte atmos 175 DC Bauform 1, 2 und 3 : [бланк заказа] / Paul Wärmerückgewinnung. – Mülsen St. Jacob, 2004. – 2 s.
11. VDI 2071 Heat recovery in heating, ventilation and air-conditioning plants, 1996.
12. Осипов, С. Н., Саука У.О. Сравнение способов предотвращения инееобразования на теплообменной поверхности рекуперативных теплоутилизаторов животноводческих помещений. / С. Н.Осипов, У.О.Саука // Известия академии наук Латвийской ССР, серия физических и технических наук. 1988. – №2. – с.77-84.
13. Р. Фейнман, Р.Лейтон, М.Сэндс. Фейнмановские лекции по физике. Т.4 / Р. Фейнман, Р.Лейтон, М.Сэндс. – М.: Мир, 1965.
14. Schnieders, J. R. Energetische Bewertung von Wohnungsluftunggeräten mit Feuchterückgewinnung / J. R. Schnieders // Abschlußbericht. Darmschadt, Passivhausinstitut, 2008. – S.35.
15. Данилевский, Л.Н., Таурогинский, Б. И. Устройство и способ предотвращения замерзания сконденсированной влаги в рекуперационном теплообменнике / Л.Н. Данилевский, Б.И. Таурогинский // Патент РБ №15736, 2011 г. Заявка от 27.03.2009 г. № а20090456 МПК8 F28F 17/00 и Евразийская 25.11.09.
16. Данилевский, Л.Н. Способ определения теплоэнергетических характеристик здания / Л.Н. Данилевский // Заявка на получение патента на изобретение от 20.12.2010 г. № а20101504 МПК(2009) F16L 59/00? F24D 10/00.
17. Справочное пособие к СНиП 2.01.01-82 Строительная климатология.
18. Каталог технических решений по проектированию энергоэффективных жилых зданий. Том 2. Инженерное оборудование // Проект ПРООН/ГЭФ «Энергоэффективное проектирование и строительство жилых зданий».



**Практические рекомендации  
по проектированию энергоэффективных жилых зданий  
в 2-х томах:  
Том 1. Тепловая защита жилых зданий.  
Том 2. Системы вентиляции зданий.**

Практические рекомендации подготовлены в рамках проекта  
ПРООН/ГЭФ и Правительства РК  
«Энергоэффективное проектирование  
и строительство жилых зданий»

г. Астана, ул. Иманова, 11, офис 212  
тел./факс +7-7172-47 61 04  
[www.eep.kz](http://www.eep.kz)

Гарнитура "Arial". Формат 60x84 1/8  
Объем-9,75 п. л. Тираж-500 экз. Заказ №14  
Отпечатано ИП "DA VINCI"

ISBN 978-601-80397-6-8



9