



«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт электронного обучения

Специальность 280202.65 «Инженерная защита окружающей среды»

Кафедра: Экологии и безопасности жизнедеятельности

ДИПЛОМНЫЙ РАБОТА

**Повышение энергоэффективности вентиляции жилых помещений с учетом
физиологических потребностей человека**

УДК 395.098.104.10

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9601	Мандрик Андрей Михайлович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой «ЭиБЖД»	Романенко Сергей Владимирович	док.хим.наук, профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст.преп.	Кузьмина Н.Г.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин А.А.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭБЖ ИНК ТПУ	Романенко Сергей Владимирович	д.х.н. профессор		

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт электронного обучения
Специальность 280202.65 «Инженерная защита окружающей среды»
Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ЭБЖ
С.В. Романенко

(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломной работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-9601	Мандрик А.М.

Тема работы:

Оценка воздействия производственной деятельности теплогенерирующего предприятия на атмосферный воздух	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	14.04.2016 г., №2870/с
Срок сдачи студентом выполненной работы:	

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Нормативная документация; СанПиНы; СНиПы; практические данные полученные при прохождении преддипломной практики на ООО «Современные технологии», проекты ИЖС.
---------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Объект и методы исследования; 2. Изучение нормативной документации; 3. Расчеты системы вентиляции; 4. Результаты проведенного исследования; 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 6. Социальная ответственность;
Перечень графического материала	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	старший преподаватель Кузьмина Н.Г.
Социальная ответственность	к.т.н., доцент Сечин А. А.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
-------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой ЭБЖ	Романенко С.В.	Профессор, д.х.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9601	Мандрик А.М.		

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт электронного обучения
Специальность 280202.65 «Инженерная защита окружающей среды»
Уровень образования специалитет
Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности
Период выполнения (осенний/весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

Дипломная работа
КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН

Выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполняемой работы:		
Дата контроля	Название раздела модуля/ вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.02.2016	Получение заданий	5
29.02.2016	Подбор и изучение литературы источников	10
09.03.2016	Постановка и оформление цели и задач работы	5
18.04.2016	Изучение нормативной документации	20
22.04.2016	Проектирование системы вентиляции	15
16.05.2016	Расчет системы вентиляции	15
24.05.2016	Оформление раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	5
24.05.2016	Оформление раздела «Социальная ответственность»	5
31.05.2016	оформление дипломной работы	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой ЭБЖ	Романенко С.В	Профессор, д.х.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭБЖ ИНК ТПУ	Романенко С.В	д.х.н.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-9601	Мандрик А.М.

Институт	ИнэО	Кафедра	ЭБЖ
Уровень образования	Специалитет	Направление/специальность	Инженерная защита ОС

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Зарботная плата инженера Зарботная плата научного руководителя</i>
<i>2. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Социальные отчисления 30%; Районный коэффициент 30%;</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Составление бюджета инженерного проекта (ИП)</i>	<i>Смета проекта</i>
<i>2. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИП и потенциальных рисков</i>	<i>Экономический эффект от использования передовых разработок в системе вентиляции</i>

Перечень графического материала

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
------------------------------------------------------	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Кузьмина Н.Г			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-9601	Мандрик А.М.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-9601	Мандрик А.М.

Институт	ИнЭО	Кафедра	ЭБЖ
Уровень образования	Специалитет	Направление/специальность	инженерная защита ОС

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:
1. Характеристика объекта исследования является кабинет инженера эколога в административном здании с компьютерной техникой
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:
<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты).
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); <p>разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – пожаробезопасность
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
-------------------------------------------------------------	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Сечин А. А.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-6901	Мандрик А.М.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 69 страниц, 4 таблиц, 67 источников.

Ключевые слова: энергоэффективность зданий, вентиляция жилых помещений, физиологические потребности человека

Объектом исследования являются методы повышения энергоэффективности жилых помещений путем использования оптимальных систем вентиляции в процессе планирования, строительства и эксплуатации.

Цель работы: обоснование и выбор на основе комплексных исследований оптимальных планировочных и конструктивных решений, а также инженерных систем и оборудования для повышения энергоэффективности вентиляции жилых помещений с учетом физиологических потребностей человека

В процессе исследования проводилось изучение нормативной документации, основных принципов и подходов к проектированию систем вентиляции жилых помещений в России и за рубежом, рассмотрены реальные проекты жилых домов стандартной постройки и с использованием передовых ресурсосберегающих технологий, проведено сравнение различных методов повышения энергоэффективности систем вентиляции с точки зрения технических решений и экономического эффекта.

Результаты работы заключаются в следующем:

- выявлены основные тенденции повышения уровня экологичности зданий, определены наиболее приемлемые для регионов Сибири варианты систем вентиляции;
- предложен анализ существующих систем вентиляции с точки зрения технических решений и экономического эффекта;
- рассмотрены примеры реальных проектов жилых домов, приведены расчеты эффективности применения предложенных инженерных решений.
- предложенные принципы апробированы в ряде рабочих и экспериментальных проектов жилых домов для Томской области.

В будущем планируется расширить изучение зарубежного опыта проектирования ресурсосберегающих систем вентиляции (в основном северных стран) с целью его использования при строительстве жилых домов в регионах Сибири.

Содержание

	Стр.
Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	
Введение	
Глава 1. Нормативно-правовая база по вопросам повышения энергоэффективности жилых помещений	
1.1. Стандарты параметров микроклимата в помещении	
1.2. Нормы воздушного объема и воздухообмена	
1.3. Микроклимат жилых помещений	
1.4. Тепловой комфорт в помещении	
1.5. Нормативы влажности воздуха в жилых помещениях	
1.6. Параметры теплового состояния и их оценка	
1.7. Нормативные требования по содержанию кислорода и углекислого газа в воздухе жилых помещений	
Глава 2. Подбор оборудования для проектирования системы вентиляции жилых домов повышенной энергоэффективности	
2.1. Приточно-вытяжная система вентиляции с рекуперацией	
2.2. Адаптивные системы вентиляции с переменным расходом воздуха	
2.3. Вентилируемые окна и стены	
Глава 3. Проведение практических расчетов для конкретного жилого здания	
3.1. Изучение естественной вентиляции стандартного жилого здания	28
3.2. Практический расчеты естественного воздухообмена стандартного жилого здания	30
3.3. Практический расчеты принудительной вентиляции стандартного жилого здания	32
Глава 4. Социальная ответственность	
4.1. Физические вредные факторы	37
4.2. Микроклимат	37
4.3. Шум и вибрация	38
4.4. Опасное поражение в электрической сети	39
4.5. Психофизические факторы	39
4.6. Экологическая безопасность	40
4.7. Безопасность при чрезвычайных ситуациях	41
4.8. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	41
Глава 5. Экономическая часть	41
5.1. Расчет экономии энергии при применении ресурсосберегающих систем вентиляции на примере отдельного проекта	41
5.2. Расчет экономии энергии при применении	43

ресурсосберегающих систем вентиляции на примере того же проекта	
5.3. Расчет экономии энергии при комплексном применении ресурсосберегающих систем вентиляции на примере того же проекта индивидуального дома на газовом отоплении	
Заключение	
Выводы и основные практические результаты	
Источники	

Введение

Насущной проблемой современности является повышение эффективности использования энергетических ресурсов. Во всех ведущих государствах принимаются программы, нацеленные на решение этой проблемы. В России также принимаются соответствующие законодательные акты, примером которых является Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 13.07.2015) "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации". Этот закон регламентирует правовое регулирование в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

В большинстве стран мира также разработаны национальные энергетические программы и созданы специальные органы для активного проведения их в жизнь.

Важной причиной общемировой тенденции повышения нормативной и реальной теплоизоляционной способности ограждений зданий является не только повсеместное удорожание энергоносителей, но и стремительное истощение запасов органического топлива, потепление климата земли.

Цель работы: обоснование и выбор оптимальных систем вентиляции для энергоэффективного дома.

Задачи работы:

- обосновать выбор типов вентиляции с точки зрения как инженерных решений, так и экономического эффекта;
 - изучить влияние выбранных типов вентиляции на обеспечение физиологических потребностей человека;
 - провести сравнение реальных проектов с различными видами вентиляции;
- **Объект исследования:** ресурсосберегающие системы вентиляции как инструмент повышения энергетической эффективности здания с учетом физиологических потребностей человека.

Предмет исследования: рекуперативные и адаптивные системы вентиляции с переменным расходом воздуха.

I. НОРМАТИВНО-ПРАВОВАЯ БАЗА ПО ВОПРОСАМ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

В 2010 году произошли большие изменения в нормативных требованиях к энергоэффективности зданий. 27 ноября 2009 года вступил в силу Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности», за дачей которого является снижение к 2020 году энергоемкости валового внутреннего продукта РФ не менее чем на 40% по сравнению с 2007 годом. 30 декабря 2009 года был принят и с 1 июля 2010 года вступил в силу Федеральный закон № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», устанавливающий минимально необходимые требования, предъявляемые к зданиям и сооружениям при их проектировании, строительстве, эксплуатации и утилизации. Закон обязал проектировать и строить здания таким образом, чтобы в процессе их эксплуатации обеспечивалось эффективное использование энергетических ресурсов и исключался их нерациональный расход. В связи с этим стало обязательным выполнение требований СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий», которые до 2010 года носили рекомендательный характер. В развитие двух вышеназванных законов Постановлением Правительства РФ № 235 от 13.04.2010 года утверждены изменения Положения о составе разделов проектной документации, в которое внесено требование о включении в состав проектной документации нового раздела «Мероприятия по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности и требований оснащенности зданий, строений и сооружений приборами учета используемых энергетических ресурсов». Постановлением установлены требования к составу текстовой и графической части указанного раздела. Еще одним Постановлением Правительства РФ № 18 от 25.01.2011 года утверждены Правила установления энергетической эффективности к зданиям и сооружениям и Требования к порядку определения класса энергоэффективности многоквартирных жилых домов. Этим же постановлением правительства Министерству регионального развития РФ поручено раз работать и утвердить

конкретные требования к зданиям, которые позволят обеспечить их максимальную энергоэффективность. В соответствии с классификацией, приведенной в табл. 3 СНиП 23 02.2003 «Тепловая защита зданий» для новых и реконструируемых объектов, было определено 3 класса энергоэффективности: «А» (очень высокой), «В» (высокой) и «С» (нормальной энергоэффективности). Закон «Об энергосбережении» вводит обязательное требование, согласно которому класс энергетической эффективности отныне будет присваиваться всем многоквартирным домам, вводимым в эксплуатацию после осуществления строительства, реконструкции, капитального ремонта. Законом поставлена задача до 2020 года повысить энергоэффективность зданий на 40% по сравнению с базовым показателем (за базовый показатель принимается уровень 2007 года (класс энергоэффективности «С»). При этом застройщик обязан разместить на фасаде вводимого в эксплуатацию дома указатель класса энергоэффективности, а собственники помещений должны следить за его состоянием и при изменении класса обеспечивать замену указателя. Во исполнение Закона об энергоэффективности и Постановления Правительства РФ Приказом Минрегиона развития РФ № 262 от 28.05.2010 года установлено требование для зданий, которые будут строиться с 2011 года, указывать класс энергоэффективности «В», что потребует увеличения сопротивления теплопередаче наружных стен и окон всех проектируемых зданий. До настоящего времени нормативы строительного проектирования жилых и общественных зданий требования СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» не относились к числу обязательных, поэтому обычно заказывали проектирование зданий с минимально допустимыми требованиями к энергоэффективности класса «С». С 1 июня 2010 года с введением Закона об энергоэффективности ситуация кардинально изменилась. Приказом Минрегиона развития РФ Энергоэффективность при проектировании установлены новые нормативные показатели удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий, которые должны быть снижены на 15% с 2011 года и в перспективе, с 2016 по 2020 год, — еще на 15%. Поэтому те технические решения, которые

закладывались в проекты до 2010 года, уже не смогут обеспечить установленный новыми требованиями класс энергоэффективности «В». Для достижения требуемого эффекта в приказе Минрегионразвития установлен перечень конкретных требований к конструкциям и инженерным системам, которые проектировщик должен учитывать при разработке проектной документации, а именно: 1. В задании на проектирование следует указывать класс энергоэффективности «В» и процент снижения нормируемого удельного расхода энергии на цели отопления и вентиляции на 15% по отношению к базовому уровню (базовый уровень — это ранее действующий уровень по СНиП 23-02 2003 «Тепловая защита зданий»). 2. Уровень энергоэффективности зданий с 2011 года по классу «В» достигается за счет оснащения систем отопления автоматизированными узлами управления, увеличения сопротивления теплопередаче наружных стен зданий по отношению к базовому уровню и применением окон с приведенным сопротивлением теплопередаче на 20% выше, чем действующее до 2010 года. Также становится обязательным требование СНиП о нормируемом коэффициенте остекленности фасадов (в жилых зданиях — не более 18%, в общественных — не более 25%). 3. Проектируемое здание должно быть оборудовано: — устройствами автоматического регулирования подачи теплоты на отопление, установленными на вводе в здание; — измерителями расхода теплоносителя в горизонтальных поквартирных системах отопления в квартирах общей отапливаемой площадью до 100 кв. м. либо теплосчетчиками в квартирах большей площади; — теплообменниками для нагрева воды на горячее водоснабжение с устройством автоматического регулирования ее температуры, установленными на вводе в здание или часть здания; — приборами учета энергетических и водных ресурсов, установленными на вводе в здание, в квартирах, помещениях общего пользования и сдаваемых в аренду; — устройствами, оптимизирующими работу вентсистем, включающую в себя утилизаторы теплоты вытяжного воздуха, используемые для подогрева свежего приточного воздуха в холодное время года; Реализация принципов теплозащиты зданий в качестве основной

задачи предусматривает достижение необходимых параметров тепловой среды в помещениях, необходимых для пребывания людей. Поэтому регулирующую функцию здания можно определить как обеспечение разности между совокупностью требуемых условий внутри помещений, называемых обычно микроклиматом или микроклиматом помещений, и наружными климатическими условиями для заданной местности.

Формирование тепловой среды помещения опирается в общем случае на учет температурно-влажностных характеристик, таких как температура воздуха, влажность, излучение поверхностей, направление и скорость движения воздуха. Они согласуются, в свою очередь, с необходимостью поддержания человеком постоянства температуры своего тела независимо от температуры окружающей среды. При оценке реакции человека на температуру и другие параметры принимаются во внимание связанные с физиологией, сохранением работоспособности и эмоциональным состоянием факторы.

1.1. Стандарты параметров микроклимата в помещении

Установление регламентов, относящихся к параметрам микроклимата помещений, опирается на несколько действующих в настоящее время документов типа строительных норм и правил (СниП), санитарных правил и норм(СанПиН), государственных стандартов(ГОСТ):

СНиП41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»;

СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»;

СанПиН 2.1.2.1002-00 «Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям»;

ГОСТ 30494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».

Последний документ известен также как межгосударственный стандарт, принятый постановлением Госстроя России от 6 января 1999 г. №1, ГОСТ 30494-961.

Стандарт устанавливает параметры микроклимата обслуживаемой зоны помещений жилых, общественных, административных и бытовых зданий, общие требования к оптимальным и допустимым показателям микроклимата и методы контроля. Стандарт не распространяется на показатели микроклимата рабочей зоны производственных помещений.

1.2. Нормы воздушного объема и воздухообмена

Одним из главных показателей, определяющим уровень комфорта и безопасности для здоровья жильцов, является достаточный воздушный объем, т.е. объем пространства в помещении, так называемый «воздушный куб».

Человек проводит в помещении примерно 80 % процентов своего времени. Качество воздуха в помещении в десятки раз хуже, чем на улице, к этому добавляются влажность, выделение веществ из строительных конструкций и отделочных материалов, антропоксисы токсичные вещества жизнедеятельности человека. Это диметиламины, сероводород, аммиак, оксиды азота, фенол, бензол, метилстирол и другие всего около 400 наименований. Антропоксисы ухудшают самочувствие человека, снижают общую работоспособность и умственную деятельность, ускоряют старение организма. На долю антропоксисов приходится 2/3 вредностей в жилом помещении. Удаление антропоксисов центральная проблема достижения гигиенической комфортности жилья. Антропоксисы в отличие от пара имеют в помещении пониженное давление, поэтому для их удаления необходим только полный воздухообмен. В норме на одного человека удельная жилплощадь равна 17.5 метров, а высота потолка не менее 3 метров. В России эти показатели меньше и составляют 9-12 м² на человека при высоте потолка от 2.5 м. Отечественные гигиенисты провели исследование (в частности профессор А.И. Шафир) и установили, что толщина «отработанного» воздуха (высокая температура, повышенное количество влаги, пыли, углекислого газа, микроорганизмов и т.д.) составляет 0.75 метра. Поэтому минимально допустимая высота помещения должна составлять: 1.7 м (средний рост человека) + 0.75м (толщина «отработанного» воздуха) + 0.5 м=2.95 метра.

В российской практике проектирования и строительства пространственные параметры жилья занижены, а вентиляция предусмотрена только на кухне и в санузлах, что приводит к скоплению в помещениях антропоксинов и вредных веществ.

Системы вентиляции в современных домах обеспечивают воздухообмен около 40-60 кубов в час при нормативе 140-160. При увеличении удельного объема воздуха на одного человека в жилом доме может быть снижена кратность воздухообмена, что для климатических условий России весьма важно, так как при вынужденном из гигиенических соображений усилении вентиляции помещений, существенно возрастает расход энергии на подогрев свежего воздуха. Для климатических условий России это солидная экономия не менее 20 процентов. Согласно исследованиям гигиенистов, необходимой является кубатура воздуха 50-60 м³ на человека, минимальной 25-30 м³ при двукратной смене воздуха в час. Такой минимальный воздушный куб обеспечивается при норме жилой площади на одного человека не ниже 9 м² и высоте жилых помещений 2.8 м. [39]. Увеличение высоты помещений приводит к следующим положительным моментам:

- увеличивается воздушная кубатура в помещении, что при закрытом режиме эксплуатации (зимний период), уменьшает концентрацию углекислоты в зоне дыхания человека.

- улучшаются условия для обеспечения естественной вентиляции.

Таким образом, при определении оптимальной высоты помещений необходимо, кроме экономических факторов, учитывать физиологические, влияющие на тепловой комфорт. Оптимальной высотой помещений, по мнению ряда исследователей, является 3-3,3 м.

На сегодня решить проблему улучшения микроклимата можно добавляя к достаточному объему воздуха в помещении устройство стены “идеальной комфортности” имитирующие по своим анизотропным свойствам деревянные бревна.

В фильтрующих стенах для разделения теплового и материального потоков достаточно организовать один разрыв сплошности, т.е. воздушную щель для отсоса воздуха со всеми нежелательными компонентами. Таким образом, значительно сокращается концентрация вредных веществ и увеличивается качество и экологичность внутренней среды жилища.

Требования к расходам воздуха в жилых зданиях в европейских странах

Многие страны используют европейский стандарт EN 15251 (Франция, Германия, Венгрия, Норвегия) в качестве руководства по вентиляции, хотя это не обязательно. Приведем примеры требований к расходам воздуха:

- Норвегия: минимум 0,5 л/ч и 7 л/с на каждого человека в спальнях;
- Словения: минимум 0,6 л/ч в период использования помещения и 0,2 л/ч в качестве базового расхода круглосуточно;
- Дания: каждая жилая комната и жилище в целом должны обеспечиваться наружным воздухом с интенсивностью не менее 0,35 л/с/м²;
- Финляндия: минимальный расход наружного воздуха 6 л/с на человека для всех типов зданий (включая школы) и минимум 0,35 л/с/м² в периоды использования и 0,15 л/с/м² в отсутствие людей; жилые дома – минимум 0,5 л/ч + требования к расходу вытяжного воздуха;
- Нидерланды: 0,9 л/с/м² полезной площади для новых жилых зданий и 0,7 л/с/м² для новых жилых зданий;
- Великобритания: 0,3 л/с/м²;
- Швеция: обязательно наличие необходимого притока наружного воздуха, но минимум 0,35 л/с/м² в периоды использования и минимум 0,10 л/с/м² в отсутствие людей;
- Германия и Италия: требования по расходам воздуха для жилых зданий отсутствуют.

1.3. Микроклимат жилых помещений

Обслуживаемая зона помещения (зона обитания) – пространство в помещении, ограниченное плоскостями, параллельными полу и стенам: на высоте 0.1 и 2.0 м над уровнем пола (но не ближе чем 1 м от потолка при потолочном отоплении), на расстоянии 0.5 м от внутренних поверхностей наружных и внутренних стен, окон и отопительных приборов. Помещение с постоянным пребыванием людей – помещение, в котором люди находятся не менее 2 ч непрерывно или 6 ч суммарно в течение суток.

Оптимальные параметры микроклимата – сочетание значений показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают нормальное тепловое состояние организма при минимальном напряжении механизмов терморегуляции и ощущение комфорта не менее чем у 80 % людей, находящихся в помещении.

Допустимые параметры микроклимата – сочетания значений показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать общее и локальное ощущение дискомфорта, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности при усиленном напряжении механизмов терморегуляции и не вызывают повреждений или ухудшения состояния здоровья.

Холодный период года – период года, характеризующийся среднесуточной температурой наружного воздуха, равной 8 °С и ниже.

Теплый период года – период года, характеризующийся среднесуточной температурой наружного воздуха выше 8 °С.

Радиационная температура помещения – осредненная по площади температура внутренних поверхностей ограждений помещения и отопительных приборов.

Классификация помещений в стандарте следующая:

- 1 категория – помещения, в которых люди в положении лежа или сидя находятся в состоянии покоя и отдыха;
- 2 категория – помещения, в которых люди заняты умственным трудом, учебной;

- 3а категория – помещения с массовым пребыванием людей, в которых люди находятся преимущественно в положении сидя без уличной одежды;
- 3б категория – помещения с массовым пребыванием людей, в которых люди находятся преимущественно в положении сидя в уличной одежде;
- 3в категория – помещения с массовым пребыванием людей, в которых люди находятся преимущественно в положении стоя без уличной одежды;
- 4 категория– помещения для занятий подвижными видами спорта;
- 5 категория– помещения, в которых люди находятся в полураздетом виде (раздевалки, процедурные кабинеты, кабинеты врачей и т. п.);
- 6 категория– помещения с временным пребыванием людей (вестибюли, гардеробные, коридоры, лестницы, санузлы, курительные, кладовые).

Параметры микроклимата в помещениях жилых и общественных зданий следует обеспечивать в пределах оптимальных или допустимых норм в обслуживаемой зоне.

Требуемые параметры микроклимата: оптимальные, допустимые или их сочетания устанавливаются в нормативных документах в зависимости от назначения помещения и периода года.

К параметрам, характеризующим микроклимат помещений относятся: температура воздуха, скорость движения воздуха и относительная влажность воздуха. На ощущения находящегося в помещении человека существенное влияние оказывает радиационная температура, определяемая усредненной температурой всех поверхностей, окружающих человека. Лицо стоящего в холодное время у окна человека может испытывать лучистое охлаждение, а голова человека под панелью потолочного отопления может испытывать лучистый нагрев. Для общей оценки радиационной тепловой обстановки в помещении рассчитывают радиационную температуру, которая находится

относительно человека, стоящего в центре комнаты. При этом ее можно считать равной усредненной по площадям температуре внутренних поверхностей ограждения и отопительных приборов. Стандарт регламентирует учет радиационной тепловой обстановки с помощью комплексного показателя, называемого результирующей температурой помещения и определяемого по радиационной температуре помещения и температуре воздуха. Так при скорости движения воздуха до 0.2 м/с результирующая температура равна средней между температурами воздуха и радиационной, а при скорости движения воздуха в пределах 0.2-0.6 м/с следует учитывать доминирующее воздействие на человека конвективной составляющей теплообмена:

1.4. Тепловой комфорт в помещении

Тепловой комфорт подразумевает согласование физических и физиологических факторов, которые его формируют – температуру воздуха и окружающих поверхностей, влажность и скорость воздуха и их распределение в пространстве и во времени, а также в организме и одежде.

Определения комфортности тепловой обстановки, базирующиеся на анализе деятельности человека и сочетаниях параметров микроклимата помещений. Комфортными называются условия в помещении, при которых в пределах обслуживаемой зоны человек не испытывает чувства перегрева или охлаждения. Температурная обстановка в помещении характеризуется двумя условиями комфортности, связанным с температурным комфортом в помещении в целом и с температурным комфортом на границе обслуживаемой зоны в непосредственной близости от нагретых или охлажденных поверхностей.

Первое условие комфортности температурной обстановки определяет такую область сочетаний температуры внутреннего воздуха и радиационной температуры помещения, при которых человек, находясь в центре рабочей зоны будет отдавать все явное тепло, не испытывает ни перегрева, ни переохлаждения. Второе условие комфортности накладывает ограничения на интенсивность лучистого теплообмена: радиационный баланс на части

поверхности тела человека, наименее подверженной воздействию излучения, и на наиболее чувствительной к излучению части. К радиационному перегреву особенно чувствительна голова человека, поэтому радиационные условия в помещении должны быть такими, чтобы любая элементарная площадка на поверхности головы отдавала излучение окружающим поверхностям не менее 11.6 Вт/м^2 , но не более 35 Вт/м^2 .

При обеспечении показателей микроклимата в различных точках обслуживаемой зоны допускается:

- перепад температуры воздуха не более $2 \text{ }^\circ\text{C}$ для оптимальных показателей и $3 \text{ }^\circ\text{C}$ – для допустимых;
- перепад результирующей температуры помещения по высоте обслуживаемой зоны – не более $2 \text{ }^\circ\text{C}$;
- изменение скорости движения воздуха – не более 0.07 м/с для оптимальных показателей и 0.1 м/с – для допустимых;
- изменение относительной влажности воздуха – не более 7% для оптимальных показателей и 15% – для допустимых.

Следует отметить, что население холодных районов предпочитает зимой более высокую температуру воздуха в помещении в связи с тем, что человек подвергается резкому охлаждению на открытом воздухе и для восстановления нормального функционирования терморегуляторной системы в помещении человеку требуется более высокая температура. Кроме того, это объясняется и радиационным режимом помещений, так как низкая наружная температура, ветер и малая инсоляции зимой обуславливают более низкую, чем в умеренном климате и на юге, температуру ограждений.

1.5. Нормативы влажности воздуха в жилых помещениях

В отапливаемых помещениях оптимальной относительной влажностью воздуха является интервал $30\text{--}45\%$, при влажности ниже 25% начинают отмечаться явления пересыхания слизистой оболочки дыхательных путей и, кроме того, резко возрастает накопление зарядов статического электричества на

поверхностях. Так, при относительной влажности 30% комфортной является эффективная температура 20–29.5°C, при 50% – 18.9–27.8°C, при 90% – 17.8 – 24.5°C. При более высоких значениях температуры окружающей среды рекомендуется ограничение времени пребывания человека в этих условиях.

В холодный период года в жилых помещениях отапливаемых зданий, когда они не используются, можно принимать температуру воздуха ниже нормируемой, но не ниже 15°C, при этом относительная влажность воздуха при отсутствии специальных требований не нормируется. Также в теплый период года метеорологические условия не нормируются в помещениях жилых зданий.

1.6. Параметры теплового состояния и их оценка

С точки зрения теплового состояния человек является гомойотермом, он должен поддерживать постоянную температуру своего тела независимо от температуры окружающей среды. По известным оценкам, человек около 95% времени проводит в помещении. Если не считать сравнительно небольшой части населения земного шара, которая работает в очень жарких или очень холодных условиях, люди живут и работают в комфортном и не вызывающем тепловых стрессов климате помещения.

При оценке влияния температуры или какого-либо другого параметра окружающей среды на человека используются критерии трех типов: физиология (здоровье), сохранение работоспособности (включая технику безопасности), эмоциональное состояние (комфорт, удобство, приемлемость).

Физиологические критерии, например, температура тела, потеря или прирост веса, а также частота пульса, дыхания и интенсивность потоотделения, довольно полно стандартизованы. В меньшей степени стандартизованы критерии сохранения работоспособности. Они изменяются в зависимости от того, где работает человек: на производстве или в лаборатории, способности решать задачи или производить простые арифметические действия, ловкость пальцев, время реакции, координация движений рук и глаз.

Влияние жары и холода на сохранение работоспособности является предметом многочисленных исследований. Однако исследователи сталкиваются с затруднениями при определении мотивации в наблюдениях. В сущности, работоспособность зависит от индивидуального умения и уровня побуждения или мотивации. Следовательно, если при данной температуре наблюдается снижение работоспособности, трудно решить, чем оно обусловлено: температурой или мотивацией или обоими факторами. Это необходимо иметь в виду при анализе результатов всех исследований, касающихся связи температуры и работоспособности.

Еще сложнее измерить настроение или эмоциональное состояние.

Обычно применяют определенную шкалу оценки. Современные исследования, в которых используется подобная шкала, направлены на то, чтобы выразить количественно субъективную оценку эмоционального состояния.

Количественное описание характеристик теплового воздействия окружающей человека среды обычно включает несколько общепринятых параметров и приводится с использованием международной терминологии.

Интенсивность метаболического тепловыделения (Metabolic rate).

Определяет интенсивность производства энергии телом. Метаболизм выражается в меттах: $1 \text{ Met} = 58.2 \text{ Вт/м}^2$. Это энергия на единицу поверхности тела, производимая спокойно сидящим человеком в единицу времени при средней площади поверхности тела 1.8 Вт/м^2 .

Кло (Clo value). От английского слова clothes, одежда, числовое выражение теплоизоляционной способности или термического сопротивления одежды. Теплоизоляционную способность, равную 1 Кло, имеет одежда, необходимая для комфорта спокойно сидящего человека при температуре воздуха 21°C при относительной влажности воздуха менее 50 % , скорости воздуха порядка 0.1 м/с и теплопродукции величиной 1 Met, $1 \text{ Кло} = 0.155 \text{ (м}^2\text{C)/Вт}$.

Относительная влажность (Relative humidity). Отношение мольной доли водяного пара, содержащегося в воздухе, к мольной доле насыщенного водяного пара в воздухе при той же температуре и атмосферном давлении, оно приблизительно равно отношению парциального давления или плотности водяного пара в воздухе к давлению или плотности насыщения.

Приведенная температура по сухому термометру (Adjusted dry-bulb temperature). Среднеарифметическое значение температуры воздуха и средней температуры излучения среды в данной точке. В случае, если скорость воздуха менее 0.4 м/с и значение температуры излучения менее 50°C приведенная температура по сухому термометру приблизительно равна рабочей температуре.

Точка росы (Dew-point temperatute). Температура, при которой водяной пар, находящийся во влажном воздухе, становится насыщенным, относительная влажность 100%, если его охладить при постоянном давлении.

Реакция человека на тепловое воздействие определяется семью основными параметрами:

1. Температура воздуха или приведенная температура по сухому термометру.

2. Относительная и абсолютная влажность воздуха или давление водяного пара. Для описания содержания влаги в воздухе предпочтительнее вторая характеристика, поскольку она не зависит от температуры воздуха в отличие от относительной влажности. Для описания содержания влаги в воздухе применяется понятие точки росы, температуры, при которой водяной пар становится насыщенным. Простейшим прибором для измерения температуры и относительной влажности является психрометр.

3. Средняя температура излучения среды, определяемая излучением горячих и холодных поверхностей, например, наружных стен, окон, отопительных элементов. Измерения средней температуры излучения обычно проводится с использованием шарового термометра, представляющего собой зачерненную медную сферу диаметром 152 мм, внутри которой находится термопара.

4. Средняя скорость движения воздуха в помещении, не должна превышать 0.15 м/с, такая скорость почти не ощущается и воздух считается спокойным. При большей величине может ощущаться дискомфорт от сквозняка.

5. Рабочая температура, определяемая средневзвешенным значением температуры воздуха и температуры излучения поверхностей с учетом соответствующих коэффициентов теплоотдачи.

6. Физическая активность, выражаемая в Метах, определяемая интенсивностью выделения тепла в процессе метаболизма в зависимости от уровня физических нагрузок и состояния покоя или сна.

7. Время или период сохранения постоянства теплового воздействия, отклонения от которого приводят к выделению интервалов для трех типов неустановившихся условий: ступенчатых, однонаправленных плавных и периодических.

По степени влияния на самочувствие человека, его работоспособность и эмоциональное состояние микроклиматические условия подразделяются на оптимальные, допустимые, вредные и опасные.

Показатели теплового состояния человека, соответствующие пределу переносимости внешней термической нагрузки, зависят от степени адаптации, скорости охлаждения или перегревания, тепловой устойчивости организма, возраста, пола, состояния здоровья и т.д.

Оптимальные микроклиматические условия характеризуются такими параметрами показателей микроклимата, которые при их совместном воздействии на человека обеспечивают сохранение теплового состояния организма. В этих условиях напряжение терморегуляции минимально, общие и локальные дискомфортные теплоощущения отсутствуют, что является предпосылкой сохранения высокой работоспособности, здоровья и хорошего эмоционального состояния.

Допустимые микроклиматические условия характеризуются такими параметрами показателей микроклимата, которые при их совместном воздействии на человека могут вызывать такое изменение теплового состояния, при котором наблюдается умеренное напряжение механизмов терморегуляции.

При этом может возникать незначительный дискомфорт общий и по локальным теплоощущениям. При этом сохраняется относительная термостабильность, может иметь место временное снижение работоспособности, но не нарушается

здоровье. Допустимы такие параметры микроклимата, при которых тепловое состояние организма можно признать удовлетворительным.

Вредные микроклиматические условия – параметры микроклимата, которые при их совместном действии на человека вызывают изменения

теплового состояния организма выраженные общие и локальные дискомфортные теплоощущения, значительное напряжение механизмов терморегуляции, снижение работоспособности. При этом не гарантируется термостабильность организма человека и сохранение его здоровья. Степень вредности микроклимата определяется как величинами его составляющих, так и продолжительностью их воздействия.

Экстремальные опасные микроклиматические условия – параметры микроклимата, которые при их воздействии на человека даже в течение непродолжительного времени (менее 1 ч) вызывают изменение теплового состояния, характеризующееся чрезмерным напряжением механизмов терморегуляции, что может привести к нарушению состояния здоровья и возникновению риска смерти. Кроме того, к экстремальным показателям можно отнести тепловой удар.

1.7. Нормативные требования по содержанию кислорода и углекислого газа в воздухе жилых помещений

В новый технический регламент «О безопасности зданий и сооружений», имеющий статус Федерального закона (№ 384-ФЗ от 30.12.2009 г.), включено обязательное для выполнения требование обеспечения безопасных для здоровья условий проживания и пребывания человека, а именно: в помещениях зданий, предназначенных для пребывания людей, должно быть обеспечено надлежащее качество воздуха (статья 10, п. 2.6). Статья 20, п. 2.2 конкретизирует это требование: «В проектной документации здания с помещениями для пребывания людей должны быть предусмотрены меры по обеспечению воздухообмена, достаточного для своевременного удаления вредных веществ из воздуха и поддержания химического состава воздуха в пропорциях, благо приятных для жизнедеятельности чело До настоящего времени нормативами строительного проектирования жилых и общественных зданий требования СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» не от носились к числу обязательных, поэтому обычно заказывали проектирование зданий с

минимально допустимыми требованиями к энергоэффективности класса «С». С 1 июня 2010 года с введением Закона об энергоэффективности ситуация кардинально изменилась. Проектирование и инженерные изыскания. специальный выпуск 2011/12 17 века». В составе воздуха для нормальной жизнедеятельности человека в идеале должен быть 21% кислорода. Используя воздух для дыхания, человек снижает концентрацию кислорода до 16,4%, при этом повышается доля углекислого газа CO₂ в воздухе до 4%. Этот газ не является ядовитым, однако при возрастании содержания его в воздухе человек начинает чувствовать себя дискомфортно, может впасть в дремотное состояние, возникают чувство удушья, головная боль и даже тошнота. На рабочих местах это приводит к снижению производительности труда, ухудшению состояния здоровья. Особенно тяжело переносится недостаток кислорода в квартирах, где человек вынужден находиться и выполнять какую-то работу длительное время. Поэтому санитарные требования, включенные в действующий СНиП «Здания жилые многоквартирные», требуют предусматривать однократный часовой воздухообмен для жилых комнат, то есть каждый час мы должны выпустить из комнат весь нагретый воздух и заменить его на свежий с улицы.

До настоящего времени российскими нормами не было установлено требование обязательного уровня предельных концентраций углекислого газа в воздухе помещений, тогда как в некоторых европейских странах этот показатель нормируется, так как он является индикатором содержания еще очень большого количества вредных веществ, которые вместе с CO₂ выделяются в процессе жизнедеятельности человека.

II. ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ ЖИЛОЙ ДОМ ПОВЫШЕННОЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

Максимальная теплоизоляция дома приводит к необходимости устройства хорошей системы вентиляции. Но при наличии традиционных элементов вентиляции жилой дом теряет 30-35% тепла. Дабы избежать теплопотерь из жилого объема, следует использовать системы, позволяющие совершать теплообмен между наружным воздухом и внутренним.

Наиболее распространенным явлением служит рекуперация тепла.

2.1. Приточно-вытяжная система вентиляции с рекуперацией

Рекуперация тепла или обратное получение тепла — это процесс теплообмена, при котором тепло забирается от удаляемого воздуха и передается свежему входящему. Рекуперация применяется с использованием приточно-вытяжных установок и центральных кондиционеров с наличием в них рекуперационного теплообменника. Процесс проходит таким образом, что выбрасываемый и свежий воздух абсолютно отделены друг от друга, чтобы не произошло их смешивание. В охлажденных помещениях можно использовать рекуперационные теплообменники также обратным способом, т.е. для рекуперации холода.

Рекуперацией тепла можно достичь значительной экономии энергии на обогрев или охлаждение входящего в здание воздуха, например, при применении рекуперации для обогрева дома площадью 200 м². в наиболее холодный период достаточно 4,5 кВт тепла.

Требования к энергопотреблению систем вентиляции в европейских странах

Некоторые конструктивные особенности вентиляционных систем существенно влияют на энергопотребление: наличие рекуперации тепловой энергии, герметичность и теплоизоляция воздуховодов и т. п.

Наиболее популярно установление минимальных требований к рекуперации тепловой энергии, которые можно обеспечивать несколькими способами, исходя из производительности при расчетных условиях или сезонного энергопотребления.

В большинстве стран эффективность рекуперации тепловой энергии основывается на температуре и составляет от 65–75 % (Словения) до 90 % (Нидерланды). В Финляндии требования основаны на общей годовой рекуперации тепла из вентиляционного воздуха всего здания (необходимо забирать минимум 45 % тепловой энергии).

Мощность системы вентиляции регулируется по удельной мощности вентиляторов, включая конструкцию воздуховодов (падение давления) и эффективность вентилятора в кВт на м³/с расхода воздуха. Также устанавливаются требования для электродвигателей вентиляторов.

Во многих странах установлены требования к герметичности и теплоизоляции воздуховодов.

В России используются различные системы рекуперации: пластинчатые, роторные и другие рекуператоры.

2.1.1. Пластинчатые рекуператоры. Приточный и удаляемый воздух проходят с обеих сторон ряда пластин. Здесь практически исключается контакт приточного и удаляемого воздуха. Такие рекуператоры должны быть оснащены отводами конденсата, так как есть вероятность его образования на пластинах. Выпадения конденсата может привести к образованию льда, следовательно, необходима система размораживания. Рекуперация тепла может регулироваться посредством перепускного клапана, контролирующего расход проходящего через рекуператор воздуха. Пластинчатый рекуператор не имеет подвижных частей [5].

2.1.2. Роторные рекуператоры. В них происходит полный обмен температур двух потоков воздуха. Теплообмен происходит с помощью непрерывно вращающегося между удаляемым и приточным каналами ротором. Такие рекуператоры имеют существенный недостаток присутствует вероятность того, что запахи и загрязнители, выделяемые людьми, мебелью, строительными материалами, могут перемещаться из удаляемого воздуха в приточный. Правильное расположение вентиляторов устраняет этот недостаток. Уровень рекуперации тепла регулируется скоростью вращения ротора. В роторных рекуператорах присутствуют подвижные части [5].

2.1.3. Камерные рекуператоры. Заслонка разделяет камеру на 2 части. Удаляемый воздух нагревает одну часть камеры, затем заслонка изменяет направление воздушного потока таким образом, что приточный воздух нагревается от нагретых стенок камеры. Недостаток загрязнения и запахи, содержащиеся в удаляемом воздухе могут передаваться в приточный.

2.1.4. Рекуператоры с промежуточным теплоносителем. Обычно используются в системах, где недопустимо смешение потоков воздуха, а также в случаях большого расстояния между приточной и вытяжной установками. Теплоноситель получает тепло удаляемого воздуха с помощью теплообменника, установленного в вытяжной части и передает его подаваемому воздуху с помощью теплообменника, установленного в приточной части установки, который выполняет функцию начального нагревателя. В качестве промежуточного теплоносителя в зависимости от климата используется вода или незамерзающая жидкость, чаще всего 40%-ный раствор этиленгликоля в дистиллированной воде.

2.1.5. Тепловые трубы. Данный рекуператор состоит из закрытой системы трубок, заполненных фреоном, который испаряется за счет тепла, отдаваемого вытяжным воздухом. Фреон поступает в теплообменник

(конденсатор), находящийся в приточной части установки и конденсируется, отдавая тепло приточному воздуху.

2.2. Адаптивные системы вентиляции с переменным расходом воздуха

Системы обеспечивают поддержание заданных параметров воздуха в зонах обслуживания с различными требованиями к микроклимату при сравнительно низкой стоимости и экономичном энергопотреблении вентилятора. Энергоэффективность достигается за счет принципа, по которому работают такие системы, а именно вентиляция, там, где и когда это необходимо. Элементы системы вентиляции работают в зависимости от потребности каждого помещения, количества людей и вида деятельности. Существует 3 основных типа адаптивных систем: регулируемые вручную, с датчиками движения, датчиками, фиксирующими изменение влажности и концентрацию углекислого газа.

В помещении всегда присутствует некоторое количество внутренних загрязнителей, наличие которых связано с человеческой активностью, обменом веществ. Кроме того, их выделяют строительные материалы, предметы быта.

2.2.1. Адаптивные системы, регулируемые вручную.

Данные системы при их дешевизне крайне неудобны в использовании, непрактичны, требуют постоянного присутствия человека, к тому же при ручном управлении возможны ошибки в управлении, связанные с человеческим фактором.

2.2.1. Адаптивные системы с датчиками, фиксирующими изменение влажности и концентрацию углекислого газа.

Наиболее приемлемыми для жилых помещений являются системы вентиляции с датчиками влажности. Влажность — это также относительный

показатель состояния загрязненности помещения. Количество влаги напрямую зависит от деятельности человека. Семья из четырех человек в виде испарений выделяет в день около 10–15 л влаги (ванна, душ, кухня, дыхание и физическая деятельность). Эта влага должна быть удалена из помещения. В противном случае она сконденсируется на стенах, за шкафами и в углах помещения, разовьется грибок. В основе систем вентиляции с компонентами, реагирующими на повышение/понижение влажности, лежит способность некоторых материалов расширяться при повышении влажности воздуха и сжиматься при снижении влажности воздуха. Поток воздуха настраивается в зависимости от влажности внутри помещения, чем она больше, тем шире открываются заслонки, регулирующие количество поступающего в помещение воздуха. Датчики влажности полностью изолированы от приточного воздуха и фиксируют только изменения внутренней влажности. Технология чувствительности к влажности используется в приточных устройствах, вытяжных решетках в комнатах, где состояние влажности отражает уровень внутренней загрязненности (гостиные комнаты, спальни, кухни, ваннные комнаты) При использовании адаптивных систем вентиляции жилые помещения с большими потребностями получают больший поток воздуха, чем пустые помещения.

2.2.2. Системы вентиляции с датчиками движения

Такая систем чаще используются в общественных помещениях. Например, они удобны в фитнес клубах.

Экономически целесообразным способом повышения энергоэффективности является применение комплекса мер: повышение теплозащиты ограждающих конструкций, внедрение инженерных и конструктивных мероприятий, современных энергосберегающих методов и технологий. Уже сейчас многие объекты не соответствуют принятым не так давно теплотехническим требованиям. Через 5, 10 лет их станет значительно больше. Необходимо искать новые способы повышения энергоэффективности, создавать и внедрять высокие технологии в строительстве. Делать это нужно с учетом уже известных структурных, оптических, теплофизических и акустических недостатков. В дальнейшем они должны адаптироваться к разнообразным требованиям обеспечения жизнедеятельности человека.

2.3. Вентилируемые окна и стены

2.3.1. Вентилируемые окна

Еще одним эффективным способом сохранения энергии на обогрев и охлаждение помещений является использование вентилируемых окон. В отличие от окон традиционной конструкции, имеющих замкнутую воздушную прослойку между стеклами, вентилируемые окна имеют сверху и снизу щели, через которые движется (вентилируется) внутренний воздух. В холодное время года теплый внутренний воздух, проходя между стеклами, обогревает их, а в теплое время года охлажденный внутренний воздух, проходя между ними, охлаждает их. В холодное время года теплотери через конструкцию вентилируемого окна примерно в три шесть раз меньше, чем через конструкцию традиционного окна. Кроме того, вентилируемые окна обеспечивают превосходную тепло и шумоизоляцию. За счет ликвидации холодных ниспадающих потоков пространство рядом с окнами используется более эффективно.

2.3.2. Вентилируемые стены

Данная система является экологичной за счет того, что теплоаккумуляторами выступают конструкции дома: стены, перекрытия, перегородки. Они имеют внутри отверстия для прохождения теплого воздуха из дома, который передает им тепло. Таким образом, отпадает необходимость в дорогостоящих массивных теплоаккумуляторах.

III. ПРОВЕДЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ДЛЯ КОНКРЕТНОГО ЖИЛОГО ЗДАНИЯ

От эффективности работы вентиляции зависит качество воздуха, которым мы дышим. Недооценка влияния воздухообмена на состояние воздушной среды в жилых домах приводит к существенному ухудшению самочувствия проживающих в них людей.

СНиП 2.08.01-89 "Жилые здания" рекомендует следующую схему воздухообмена жилых помещений: наружный воздух поступает через открытые форточки жилых комнат и удаляется через вытяжные решетки, установленные в кухнях, ванных комнатах и туалетах. Воздухообмен должен быть не менее одной из двух величин: суммарной нормы вытяжки из туалетов, ванных комнат и кухни, которая в зависимости от типа кухонной плиты составляет 110-140 м³/ч, или нормы притока, равной 3 м³/ч на каждый м² жилой площади. В типовых домах, как правило, первый вариант нормы оказывается решающим, в индивидуальном второй. Так как этот вариант нормы для больших квартир приводит к неоправданно завышенным расходам вентиляционного воздуха, в региональных нормах (например, в московских МГСН 3.01-96 "Жилые здания") предусматривается воздухообмен жилых комнат с расходом 30 м³/ч на одного человека. В большинстве случаев проектными организациями эта норма трактуется как 30 м³/ч на одну комнату. В результате в типовых домах воздухообмен может быть занижен.

3.1. Изучение естественной вентиляции стандартного жилого здания

Для изучения стандартно применяемых сегодня систем вентиляции был взят для изучения индивидуальный кирпичный дом, построенный в 2006 г. Дом 2-х этажный, с большой мансардой, общая площадь дома – 500 м². Отопление местное на твердом топливе.

В жилых зданиях подобной массовой застройки традиционно выполняется естественная вытяжная вентиляция. В начале массового жилищного строительства применялась вентиляция с индивидуальными

каналами от каждой вытяжной решетки, которые соединялись с вытяжной шахтой. В зданиях до четырех этажей эта схема применяется до сих пор. В зданиях, строящихся по индивидуальным проектам, вытяжные воздуховоды чаще всего выполняются в металле.

Вентблок включает в себя участок магистрального канала одного или нескольких боковых ответвлений, а также отверстие, соединяющее вентблок с обслуживаемым помещением. Сейчас боковые ответвления подключаются к магистральному каналу через 1 этаж, тогда как более ранние решения предусматривали подключение через 2 или 3 этаж. Междуэтажный стык вентблоков является одним из самых ненадежных мест системы вытяжной вентиляции. Для его герметизации до сих пор иногда используется цементный раствор, укладываемый на месте по верхнему торцу нижележащего блока. При установке следующего блока раствор выдавливается и частично перекрывает сечение вентиляционных каналов, вследствие чего меняется их характеристика сопротивления. Кроме того, отмечались случаи негерметичной заделки стыка между блоками. Все это приводит не только к нежелательному перераспределению воздушных потоков, но и к перетеканию воздуха через вентиляционную сеть из одних помещений дома в другие. Использование специальных герметиков все же приводит к желаемому результату в условиях трудоемкости операции заделки при труднодоступности шва.

Расчетным для естественной вентиляции является режим открытых форточек при температуре наружного воздуха $+5^{\circ}\text{C}$ и безветренной погоде. При понижении температуры наружного воздуха тяга увеличивается, и считается, что проветривание квартир только улучшается. Рассчитывается система изолированно от здания. В то же время расход удаляемого системой воздуха является всего лишь одной составляющей воздушного баланса дома, в котором кроме него значимую роль могут играть расходы воздуха, инфильтрующегося или эксфильтрующегося через окна и поступающего или выходящего из дома через двери и окна. При разных погодных условиях и направлениях ветра,

открытых или закрытых форточках составляющие этого баланса перераспределяются.

Кроме конструктивных решений самой системы и погодных условий температуры и ветра на работу естественной вентиляции оказывают влияние высота здания, планировка дома, ее связь с лестничным узлом, размеры и воздухопроницаемость окон и входных дверей. Поэтому нормы плотности и размеров этих ограждений тоже следует считать имеющими отношение к вентиляции, как и рекомендации по планировке.

Воздушная среда в доме будет лучше, если он обеспечен сквозным или угловым проветриванием. Обязательной эта норма по СНиП "Жилые здания" является только для зданий, проектируемых для III и IV климатических районов.

Воздухопроницаемость окон жилых зданий по СНиП "Строительная теплотехника" не должна превышать 5 кг/ч·м² для пластиковых и алюминиевых окон, 6 кг/ч·м² для деревянных. Их размеры, исходя из норм освещенности, определяются СНиП "Жилые здания", ограничивая отношение площади световых проемов всех жилых комнат и кухонь дома к площади пола этих помещений величиной не более 1:5,5.

При естественной вытяжной вентиляции окна играют роль приточных устройств. С одной стороны, малая воздухопроницаемость окон приводит к нежелательному сокращению воздухообмена, а с другой к экономии теплоты на подогрев инфильтрационного воздуха. При недостаточной инфильтрации вентиляция осуществляется через открытые форточки. Невозможность отрегулировать положение створок форточек вынуждает жильцов иногда использовать их только для кратковременного проветривания помещений даже при ощутимой духоте в доме.

Альтернативным вариантом неорганизованного притока являются приточные устройства различных конструкций, установленные непосредственно в наружных ограждениях. Рациональное размещение

приточных устройств в сочетании с возможностью регулировать расход приточного воздуха позволяет считать их установку достаточно перспективной.

Результаты исследования вентиляции дома с традиционной системой вентиляции

Натурные исследования и расчеты воздушного режима здания позволили выявить общие тенденции изменения составляющих воздушного баланса при изменении погодных условий для различных зданий.

Возрастание скорости ветра не сказывается на расходе воздуха, удаляемого из квартиры заветренного фасада, однако при плохих входных дверях приток в них уменьшается через окна и увеличивается через входные двери. В связи с установкой в здании плотных окон устройство только вытяжной системы оказывается неэффективным. Поэтому для подачи притока в дом используются как различные устройства (специальные аэроматы в окнах, имеющие довольно большое аэродинамическое сопротивление и не пропускающие шум с улицы, приточные клапаны в наружных стенах, так и проектируется механическая приточная вентиляция.

За рубежом получили распространение в жилищном строительстве механические системы вытяжной вентиляции. Эти системы отличает устойчивая работа во все периоды года. Наличие малошумных и надежных в работе крышных вентиляторов (аналогичными вентиляторами оборудуются и шахты мусоропровода) сделало такие системы достаточно массовыми. Для притока воздуха в оконных переплетах устанавливаются, как правило, аэроматы.

3.2. Практический расчеты естественного воздухообмена стандартного жилого здания

Для исследования было выбрано 2-этажное здание, в котором все помещения имеют угловое проветривание. Площади окон и их воздухопроницаемость в здании соответствуют нормам так же как и

воздухопроницаемость дверей (воздухопроницаемость окон 1-го этажа равнялась $6 \text{ кг/ч}\cdot\text{м}^2$, а дверей $1,5 \text{ кг/ч}\cdot\text{м}^2$). В доме расположено два "ствола" систем естественной вытяжной вентиляции, выполненной в металле. Все системы вентиляции были приняты такими, как они рассчитаны проектной организацией. Магистральные каналы предусмотрены одного диаметра по высоте. Диаметры боковых ответвлений также выполнены одинаковыми. Для боковых ответвлений подобраны диафрагмы, выравнивающие расходы вытяжного воздуха по этажам.

Расчетом определялись расходы воздуха, составляющие воздушный баланс каждого помещения дома при различных наружных температурах, скорости ветра и при открытых и закрытых форточках.

Кроме основного вышеописанного варианта, были рассмотрены варианты с дверями, соответствующими воздухопроницаемости $15 \text{ кг/ч}\cdot\text{м}^2$ при разности давлений в 10 Па и с окнами, обеспечивающими воздухопроницаемость $10 \text{ кг/ч}\cdot\text{м}^2$ на первом этаже при наружной температуре -26°C .

Результаты расчета для дома с требуемым расходом вытяжки $120 \text{ м}^3/\text{ч}\cdot\text{м}^2$ свидетельствуют о том, что при нормативных окнах и дверях и закрытых форточках расходы удаляемого через вытяжную вентиляцию воздуха практически равны расходам инфильтрационного воздуха в течение всего отопительного сезона при ветре и при безветрии. Через двери практически нет движения воздуха (все двери работают на приток с расходом $0,5 \text{ м}^3/\text{ч}\cdot\text{м}^2$). Через окна наветренного и заветренного фасадов наблюдается инфильтрация. Видно, что вентиляция работает достаточно равномерно, но при закрытых окнах нормы воздухообмена не выполняются даже при температуре наружного воздуха -26°C и лобовом ветре 4 м/с на один из фасадов дома.

Далее измерялось изменение расходов воздуха того же варианта ограждений в здании, но при открытых форточках. При $+5^\circ\text{C}$ и безветрии воздухообмен дома близок к нормативному с небольшим перерасходом на первом этаже. При температуре наружного воздуха -26°C и ветре 4 м/с воздухообмен превышает нормативный в $2,5$ – $2,9$ раза. Причем форточки

наветренного фасада (кривая 1н) работают на приток, а бокового на вытяжку (кривая 1б). Система вентиляции удаляет воздух с большим перерасходом. Разность между температурами наружного и внутреннего воздуха 3°C. При ветре 3 м/с через окна одного фасада воздух поступает (кривая 5н), через окна другого удаляется (кривая 5б). Воздухообмен достаточен. При безветрии (или при заветренном фасаде) все окна компенсируют вытяжку, которая составляет от 35 до 50% нормы (кривые 4).

При дверях с увеличенной воздухопроницаемостью вентиляция работает по-прежнему устойчиво. При закрытых форточках перетекание воздуха через двери незначительно, при открытых в нижнем этаже воздух уходит через двери наружу, в верхнем поступает в помещения.

При закрытых форточках расчеты показывают, что при воздухопроницаемых окнах инфильтрация обеспечивает вентиляционную норму воздуха только в самый холодный период года.

Заключение по практическому расчету естественной вентиляции стандартного жилого здания

В помещениях дома с двухсторонней ориентацией естественная вентиляция может работать хорошо большую часть года, если она правильно рассчитана и смонтирована. В жаркую погоду только воздействие ветра может обеспечить требуемый воздухообмен.

Современные нормы воздухопроницания окон заставляют задуматься о специальных мероприятиях по обеспечению притока наружного воздуха в дом.

Значительного улучшения воздушного режима жилых зданий можно добиться, если воздухопроницаемость входных дверей приблизить к нормативной. С одной стороны, норму воздухопроницаемости можно было бы даже несколько повысить, а с другой, необходимо дать подход к расчету требуемого сопротивления воздухопроницанию входных дверей. Сейчас невозможно подобрать двери, соответствующие норме, для зданий различной этажности и планировки с учетом климатических факторов.

3.3. Практический расчеты принудительной вентиляции стандартного жилого здания

Перед выполнением расчетов были проведены измерения исходных параметров микроклимата здания:

Температура воздуха 28°C

Барометрическое давление, мм. рт.ст., 752

Относительная влажность, %, 42

Скорость движения воздуха, м/с, 1,5

Естественная освещенность, %, 1,1

Уровень звука, ДБА, 62

Искусственная освещенность, лк, 150

Концентрация пыли, мг/м³, 8

Площадь помещений $S = 260$ м², площадь остекления $S_0 = 35$ м².

Высота помещения 3,6 м

Расчет необходимого количества тепла в летний период года, определение кратности для общеобменной вентиляции

В помещениях должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата (температура воздуха 22 – 24 °С, относительная влажность 40 – 60 %, скорость движения воздуха 0,1 м/с).

1. Определим теплоприток Q_1 , возникающий за счёт разности температур внутри помещения и наружного воздуха, а также за счёт солнечной радиации. Принимая удельную тепловую нагрузку $q_{уд} = 40$ Вт/м³ (при наличии большого остекления с солнечной стороны), получим $Q_1 = Vq_{уд} = AVHq_{уд} = 10 \cdot 6 \cdot 3,6 \cdot 40 = 8640$ (Вт) = 8,64 кВт.

Определим теплоприток Q_2 , возникающий от находящегося в помещении оборудования выделяющего тепло (электропечи, камины, полотенцесушители, лампы электроосвещения, работающие двигатели вентиляторов, насосов и др.).

Принимаем его равным 30 % от суммарной мощности установленного оборудования: $Q_2 = 1,17$ (кВт).

Определим теплоприток Q_3 , возникающий от людей, находящихся в помещении. Принимаем количество людей равным $n = 4$ чел., а поступление тепла от одного человека равным $q = 100$ Вт/чел. Тогда $Q_3 = nq = 4 \cdot 100 = 400$ (Вт) = 0,4 кВт.

Определим общий приток тепла Q как сумму найденных выше теплопритоков, умноженную на 1,2 – коэффициент, учитывающий различные неучтённые теплопритоки. Получим $Q = 1,2 \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3) = 1,2 \cdot (8,64 + 1,17 + 0,4) \approx 12$ (кВт).

2. Считая, что рассматриваемое помещение – с нормальным микроклиматом и при отсутствии вредных веществ или при содержании их в пределах норм, определим воздухообмен L путём умножения количества n работающих в помещении на нормируемую величину расхода воздуха L' на одного работающего

Объём помещения составляет $V = ABH = 10 \cdot 6 \cdot 3,6 = 800$ (м³). На одного работающего приходится $800/4 = 200$ (м³/чел.) объёма помещения. Тогда $L'_{\min} = 20$ м³/(чел./ч) и $L_{\min} = nL'_{\min} = 4 \cdot 20 = 80$ (м³/ч).

Кратность K воздухообмена определится как отношение $K = L/V = 80/216 \approx 0,1$ (ч⁻¹).

Однако минимальные нормы на вентиляцию устанавливаются исходя из эмпирических закономерностей, согласно которым при уменьшении кратности вентиляции растёт число легочных и других заболеваний. При кратности 0,1—0,2 об/час фиксируется высокая заболеваемость, при кратностях, больших 0,6—0,8, влияние воздухообмена на заболеваемость перестаёт явно сказываться. Это и определяет вентиляционные нормы, которые устанавливаются на этом уровне или несколько выше, с запасом». Поэтому принимаем $K = 0,6$. Тогда $L = KV = 0,6 \cdot 216 \approx 480$ (м³/ч).

Результаты расчёта:

1) $Q = 12$ кВт (общий приток тепла);

2) $L = 130$ м³/ч (воздухообмен),

$K = 0,6$ (оптимальная кратность воздухообмена).

IV. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Социальная ответственность определяется рядом объективных и субъективных предпосылок. С объективной стороны социальная ответственность отражает общественную природу человека и урегулированность общественных отношений социальными нормами. Деяние, противоречащее этим нормам, влечет ответственность нарушителя. Ее возникновение возможно при условии предварительного предъявления к поведению людей определенных требований, сформулированных устно или письменно в соответствующих правилах.

В разделе даются рекомендации по мерам защиты от вредных воздействий, которые были выявлены в процессе исследования проекта жилого дома, рассмотрено влияние используемой системы вентиляции на здоровье проживающих в доме людей, изучены меры по пожарной профилактике, охране окружающей среды. Также определены возможные чрезвычайные ситуации на объекте и разработаны меры защиты.

Социальная ответственность — это концепция, согласно которой компании должны активно заботиться о благосостоянии общества в целом.

Экологическое сознание — это форма общественного сознания, находящаяся в стадии формирования, включающая в себя совокупность идей, теорий, взглядов, мотивации, отражающих экологическую сторону общественного бытия, а именно — реальную практику отношений между человеком и средой его жизни, между обществом и природой, включая регулятивные принципы и нормы поведения, направленные на достижение оптимального состояния системы «общество — природа».

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 опасные и вредные факторы подразделяются по природе действия на следующие группы:

- физические;
- химические;
- биологические;
- психофизиологические.

Таблица – опасных и вредных факторов

Ф а к т о р ы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ)		Нормативные документы
Вредные	Опасные	
1. Физические: -повышенный уровень шума на рабочем месте;		ГОСТ 2.1.003-83[3] СНиП П-12-77[4]
-повышенный уровень электромагнитных излучений; -повышенная напряженность электрического поля; -повышенная напряженность магнитного поля;		ГОСТ 12.1.006–84.ССБТ[5] СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03[6] СанПиН 2.2.4.1191-03[7]
-повышенный уровень ионизирующих излучений;		Р 2.2.2006-05[8]
недостаточная освещенность рабочей зоны;		СанПиН 2.2.1/2.1. 1.1278-03[9]
-повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; -повышенная или пониженная влажность воздуха; -повышенная или пониженная подвижность воздуха;		СанПиН 2.2.4.548-96[10]
2. Психофизиологические. -физические перегрузки; -нервно-психические перегрузки		ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ[11] ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ[12]
	1. Физические повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой	ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ[11] ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ[12]

Ф а к т о р ы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ)	Нормативные документы
	может произойти через тело человека;

4.1. Физические вредные факторы

Конструкция электрической бытовой техники и оборудования, используемого для обслуживания дома, должна обеспечивать напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см от оборудования по электрической составляющей:

- в диапазоне частот 5 Гц-2кГц – 25В/м;
- в диапазоне частот 2-400 кГц – 2,5 В/м;

Плотность магнитного потока должна быть не более:

- в диапазоне частот 5 Гц-2кГц – 250 нТл;
- в диапазоне частот 2-400 кГц – 25 нТл;

4.2. Микроклимат

Состояние здоровья человека, его работоспособность в значительной степени зависят от микроклимата жилой зоны. Не имея возможности эффективно влиять на протекающие в атмосфере климатообразующие процессы, люди располагают качественными системами управления факторами воздушной среды внутри помещений.

Микроклимат помещений — это климат внутренней среды данных помещений, который определяется совместно действующими на организм человека температурой, относительной влажностью и скоростью движения воздуха, а также температурой окружающих поверхностей (СанПиН 2.1.2.1002-00 «Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям»; ГОСТ 30494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».).

При длительном и систематическом пребывании человека в оптимальных микроклиматических условиях сохраняется нормальное функциональное и тепловое состояние организма без напряжения механизмов терморегуляции. При этом ощущается тепловой комфорт (состояние удовлетворения внешней средой), обеспечивается высокий уровень работоспособности.

Допустимые микроклиматические условия при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать преходящие и быстро нормализующиеся изменения функционального и теплового состояния организма и напряжение механизмов терморегуляции, не выходящие за пределы физиологических приспособительных возможностей. При этом не нарушается состояние здоровья, но возможны дискомфортные теплоощущения, ухудшение самочувствия и снижение работоспособности.

В соответствии с оптимальные и допустимые величины показателей, характеризующие микроклимат в жилых помещениях

Таблица 2

Параметры микроклимата для жилых помещений,

Период года	категория работ	температура воздуха не более, °С	Относительная влажность не более, %	Скорость движения воздуха, м/с
холодный	легкая – 1а	22-24	40-60	0,1
	легкая – 1б	21-23	40-60	0,1
теплый	легкая – 1а	23-25	40-60	0,1
	легкая – 1б	22-24	40-60	0,2

Таблица 3

Нормы подачи свежего воздуха в помещения

Характеристика помещения	Объемный доход подаваемого в помещение свежего воздуха, м ³ /на одного человека в час
Объем до 20 м ³ на человека	Не менее 30
20..40м ³ на человека	Не менее 20
Более 40м ³ на	Естественная вентиляция

человека	
----------	--

4.3. Шум и вибрация

В жилых помещениях возможно возникновение шума и вибрации от бытовой техники или от оборудования, используемого для обслуживания здания (насосы водопровода и отопления, вентиляционные двигатели и др.). Уровни шума и вибрации не должны превышать предельно допустимых значений, установленных в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами. (СП 51.13330.2011. Защита от шума. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.)

4.4 Опасное поражение в электрической сети

Повышенную опасность для человека представляют помещения, в которых много электрооборудования, в частности компьютеров и другой оргтехники.

В соответствии с ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ. Защитное заземление, зануление.

30.ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов., помещения, где размещаются бытовая техника и обслуживающее оборудование, должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации электроустановок.

4.5. Психофизические факторы

Жилая среда, являющаяся предметным окружением человека, должна сочетать в себе рациональное архитектурно-планировочное решение, оптимальные санитарно-гигиенические условия.

Исследования в области физиологии и психологии показали, что следует учитывать психофизиологическое влияние температуры воздуха, скорости его движения и свежести, наличия или отсутствия неприятных запахов на человека.

Проектирование вентиляционных систем должно учитывать влияние этих факторов на условия жизни человека.

4.6. Экологическая безопасность

Для защиты окружающей среды от вредного воздействия отходов жизнедеятельности человека можно применять следующие меры:

полный переход к безотходным и малоотходным технологиям и производствам;

совершенствование технологических процессов и разработка нового оборудования с меньшим уровнем выбросов отходов в окружающую среду;

экологическая экспертиза всех видов продукции;

замена токсичных отходов на нетоксичные;

замена не утилизируемых отходов на утилизируемые.

4.7 Безопасность при чрезвычайных ситуациях

Для жилых помещений основная опасность составляют пожары. Поэтому необходимо предусмотреть меры пожарной профилактики: соблюдение противопожарных требований при проектировании и эксплуатации систем вентиляции согласно СНиП 41-03-2003; соблюдение условий пожарной безопасности электроустановок согласно ПУЭ — 2002; наличие средств оповещения:

- пожарные извещатели (линейные, тепловые, дымовые и т.д.);
- автоматические установки пожаротушения (газовые централизованного и модульного типа, углекислотные);
- инструкции по мерам противопожарной безопасности;
- план эвакуации людей и технических средств.

4.8. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Проектируемая система вентиляции должна основываться на соблюдении всех действующих государственных нормативных актах как федерального, так и регионального уровней.

К организационным вопросам в отношении проектной деятельности относятся следующие вопросы:

- ремонтпригодность проектируемой системы вентиляции, простота обслуживания;
- доступность запасных частей, наличие в регионе специализированных сервисных центров и дилеров поставщиков оборудования, комплектующих и расходных материалов;

V. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

5.1. Расчет экономии энергии при применении ресурсосберегающих систем вентиляции на примере отдельного проекта

Исходные данные.

На примере выше рассмотренного индивидуального дома можно проследить, каков вклад каждого энергосберегающего решения в повышение тепловой (на отопление и вентиляцию) энергоэффективности дома.

Дом построен в 2006, кирпичный, 2-х этажный с мансардой, дом подключен к системе центрального отопления. Общая площадь 500 м². Рассчитан на проживание одной семьи (4 человека). Приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений: стен – 3,3 м²•°C/Вт, окон – 0,6 м²•°C/Вт, глухой части балконных дверей и входных дверей – 0,8 м²•°C/Вт, покрытия ЛЛУ– 1,04 м²•°C/Вт, перекрытий под эркерами – 2,8 м²•°C/Вт, чердачных перекрытий – 0,3 м²•°C/Вт при расчетной температуре воздуха в «теплом» чердаке $t_b = 17$ °C и цокольных перекрытий – 0,57 м²•°C/Вт при $t_b = 15$ °C, имеет удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период – 101,7 кВт•ч/(м²•год).

Система отопления вертикально-однотрубная с термостатами на отопительных приборах, подключена к тепловым сетям от ЦТП через неавтоматизированный узел управления.

Вентиляция – с естественным побуждением, приток неорганизованный через приоткрытые фрамуги окон с нагревом наружного воздуха от системы отопления в объеме 30 м³/ч на одного жителя.

Удельные бытовые тепловыделения приняты 17 Вт/м² площади пола жилых комнат.

Достигнутая экономия.

Увеличение приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен до 3,7 м²•°C/Вт по всему фасаду, за исключением оконных и дверных проемов, в год дает экономию 2,8 кВт•ч/м² площади дома вместе с полезной площадью

нежилых помещений первого этажа или 2,7 % от базовой величины (действующей до 01 октября 2010 года).

Увеличение сопротивления теплопередаче окон и светопрозрачной части балконных дверей квартир до $0,9 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, а глухой части балконных дверей до $1,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ дает экономию $14,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ или 14,3 %, в том числе за счет применения в стеклопакете К-стекла вместо И-стекла в предыдущей конструкции – 3,3 % (за счет большего пропускания солнечной радиации через К-стекло).

Таким образом, стены и окна позволяют увеличить энергоэффективность на 17 %. Окна ЛЛУ остаются прежней конструкции, как и чердачные, и цокольные перекрытия, которые с учетом расчетной температуры воздуха в «теплом» чердаке и техподполье имеют эквивалентное сопротивление теплопередаче не ниже требуемого $8 - 4,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Кроме того, 9,3 % экономии создается за счет повышения среднегодовой температуры⁹ на $1,7 \text{ °C}$ за последнее десятилетие по сравнению с периодом 1961–1990 годов, с тенденцией сохранения такого повышения в будущем, в том числе за период октябрь–апрель 2000–2010 годов – на $1,6 \text{ °C}$. Таким образом, средняя температура воздуха за отопительный период составит $-3,1 + 1,6 = -1,5 \text{ °C}$. Расчетное число градусо-суток отопительного периода для жилых и общественных зданий с расчетной температурой внутреннего воздуха 20 °C получаем следующим образом¹⁰: $(20+1,5) \cdot 214 = 4\,600 \text{ °C} \cdot \text{сут}$. Это и принято в расчетах энергопотребления при составлении Энергетического паспорта.

Еще $12 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ или 11,7 % экономится за счет оптимизации автоматического регулирования и учета потребления тепловой энергии на отопление – установки автоматизированных узлов управления систем отопления с переходом на ИТП и осуществления поквартирного учета тепловой энергии на отопление в соответствии с требованиями закона № 261-ФЗ.

С учетом изложенного достигается значение удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период $63,1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ при требуемом – не более $71 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$, а общая экономия теплопотребления на

отопление и вентиляцию дома составила 38 % по сравнению с базовой величиной 101,7 кВт•ч/м². Проекту этого дома может быть присвоен высокий класс энергоэффективности «В+».

5.2. Расчет экономии энергии при применении ресурсосберегающих систем вентиляции на примере того же проекта

Были выполнены расчеты, оценивающие, а каким образом можно добиться 40 % экономии энергии по сравнению с базовым значением, т. е. при выходе на уровень 2020 года по требованиям Постановления № 18.

В качестве примера принят проект аналогичного дома с добавлением системы рекуперации вентилируемого воздуха.

Устанавливаем целевые показатели повышения теплозащиты наружных ограждающих конструкций многоквартирных домов с 2016 года до приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен не менее $4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, совмещенных покрытий – $6,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, чердачных и цокольных перекрытий – $5,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, окон и балконных дверей квартир – $1,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Принимаем подключение системы отопления к тепловым сетям через автоматизированный узел управления (АУУ), тогда эффективность авторегулирования отопления на вводе ζ будет равна 1,0. Система отопления запроектирована с учетом тепла ($\xi = 0,15$). Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление здания за отопительный период составит $q_h^{\text{des}} = 55,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$. Следовательно, проект здания удовлетворяет требованиям энергосбережения в строительстве и ему может быть присвоен класс энергоэффективности «В++»: $(55,2 - 95) \cdot 100/95 = -42 \%$.

Общее удельное энергопотребление на отопление и вентиляцию ($55,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$), горячее водоснабжение ($64,1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$) и эксплуатацию инженерного оборудования ($8,27 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$): $q = 55,2 + 64,1 + 8,27 \cdot 2,5 = 140 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$, что выше целевого показателя – не более $130 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$.

Чтобы добиться целевого показателя энергоэффективности здания дополнительно применяем такое энергосберегающее мероприятие, как утилизация тепла вытяжного воздуха для нагрева приточного. Сейчас в общих теплопотерях

$$(K_m^{\text{hy}} = K_m^{\text{tr}} + K_m^{\text{inf.hy}} = 0,37 + 0,51 = 0,88 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}))$$

составляющая на нагрев воздуха для вентиляции равна $0,51 \cdot 100/0,88 = 58 \%$.

При применении центральной системы утилизации тепла вытяжного воздуха роторного типа с коэффициентом эффективности 0,8 и использовании притока только в 40 % квартир, условный инфильтрационный коэффициент теплопередачи для определения годового теплопотребления на отопление составит:

$$K_{m}^{inf.hy} = 0,456 \cdot (1 - 0,8 \cdot 0,4) + 0,029 + 0,025 = 0,365 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}),$$

где 0,456 – доля жилой части дома, 0,029 – помещений ЛЛУ, 0,025 – нежилой части дома, в сумме – 0,51 Вт/(м²·°C). Тогда составляющая на нагрев воздуха для вентиляции в общих теплопотерях уменьшится до $0,365 \cdot 100 / (0,37 + 0,365) = 50 \%$, а расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление здания за отопительный период q_{hdes} будет равен 44,5 кВт·ч/м².

В результате общее удельное энергопотребление снизится до $q = 44,5 + 64,1 + 8,27 \cdot 2,5 = 129,3$ кВт·ч/м², что удовлетворяет целевому показателю¹¹ на 2020 год.

Таким образом, достигнуть 40 %-ной экономии энергии по сравнению с базовым значением можно за счет дальнейшего повышения теплозащиты здания до приведенного сопротивления теплопередаче стен до 4 м²·°C/Вт и окон 1,0 м²·°C/Вт, а также за счет применения утилизации тепла вытяжного воздуха для нагрева приточного дополнительно к тем мероприятиям, которые были использованы в предыдущем примере домов типовых серий.

5.3. Расчет экономии энергии при комплексном применении ресурсосберегающих систем вентиляции на примере того же проекта индивидуального дома на газовом отоплении

Рассмотрим вариант индивидуального дома в котором будут применены все возможные на сегодня способы повышения энергоэффективности в области вентиляции, в частности:

- приточно-вытяжная система вентиляции с рекуперацией;
- адаптивные системы вентиляции с переменным расходом воздуха;
- вентилируемые окна и стены.

Общие расходы на проектные работы, оборудование, монтажные и пуско-наладочные работы составит в ценах мая 2016 г. 357 тыс. руб.

Средняя теплотворная способность природного газа - 36,4 МДж/м³, или 10.1кВт*ч, что при среднем КПД газового котла в 91% равняется 9.20кВт*ч. Объем воздухообмена – 1500 м³. Площадь жилых помещений по паспорту - 220м².

Цена газа составляет 13000 руб. за 1000м3 газа.

Таблица 4

Расчет срока окупаемости

	Принудительная вентиляция без рекуператора	С рекуператором		пояснения	
1	Воздухообмен в час	1500	1500	м3	
2	Плотность воздуха	1,3	1,3	кг/м3	
3	Масса обновляемого воздуха в час	1950	1950	кг	стр1 * стр2
4	Отопительный сезон, согласно ГСОП	186	186	дней	
5	Средняя температура на улице согласно ГСОП	-0,5	-0,5	градусов Цельсия	
6	Средняя температура в помещении	22	22	градусов Цельсия	
7	КПД рекуператора	0	70	%	
8	Необходимость в подогреве воздуха на	22,5	6,75	градусов Цельсия	(стр6 - стр5)*(100-стр7)/100
9	Теплоемкость воздуха	1005	1005	Дж/(кг*С)	
10	Энергия для подогрева 1 кг приточного воздуха	22613	6784	Дж	стр8 * стр 9
11	Коэффициент для перевода Дж в кВт*ч	3600000	3600000		
12	Энергия для подогрева 1 кг воздуха	0,0063	0,0019	кВт*ч	стр10 / стр11
13	Годовой расход энергии	54677	16403	кВт*ч	стр3 * 24 * стр4 * стр12*0,7*0,7
14	Коэффициент 1	1	1		
15	Коэффициент 2	1	1		
16	Выход энергии от сжигания 1 м3 газа	9,2	9,2	кВт*ч	
17	Годовой расход газа	5943	1783	м3	стр13 / стр16
18	Цена газа за 1000 м3	230	230	US\$	
19	Годовые затраты на прогрев воздуха	1367	410	USD	стр17 * стр18
20	Стоимость оборудования	4040	8180	USD	
21	Срок окупаемость системы вентиляции с рекупирацией		4,33		дельта стр.20/ дельта стр.19

Результат расчета: срок окупаемости то 4,5 года

Заключение

Стремление к созданию зданий с малыми теплопотерями привело к увеличению требований к теплозащитным свойствам ограждающих конструкций (в Европе в 70-х годах прошлого столетия, в России с 2000 года). Применительно к стенам и покрытиям требования к сопротивлению теплопередаче возросли на 150-200%, к окнам на 20-30%, при этом требования к сокращению затрат энергии на вентиляцию были проигнорированы. Требуемый воздухообмен в помещениях, обеспечивающий оптимальный уровень микроклимата в помещении важный параметр. При вентиляции происходит удаление внутренних загрязнений, бактерий, излишней влажности, поддерживается оптимальное соотношение концентраций кислорода и углекислого газа. В летний и зимний период энергия также затрачивается на охлаждение и подогрев вентилируемого воздуха. При составлении энергетических паспортов затраты на вентиляцию в современных зданиях оцениваются в 40-50% всех затрат на отопление. И как бы не утеплялось здание, экономии на вентиляции, без внедрения специальных инженерных мероприятий не достигнуть. Наоборот, чем больше теплозащита здания, тем большая энергии тратится на поддержание требуемых параметров микроклимата. Далее рассматриваются два основных способа повышения энергоэффективности в жилых зданиях при помощи различных систем вентиляции:

В работе рассматриваются два основных способа повышения энергоэффективности в жилых зданиях при помощи различных систем вентиляции:

Первый способ: применение приточно-вытяжной системы вентиляции с рекуперацией.

Именно эти системы чаще всего рассматриваются как метод энергосбережения, при котором удаляемый из здания воздух используется в теплый период года для предварительного охлаждения, а в холодный период – для подогрева приточного воздуха с уменьшением затрат энергии на подогрев

приточного воздуха. Для рекуперации используются пластинчатые, роторные и другие рекуператоры. Пластинчатые рекуператоры. Приточный и удаляемый воздух проходят с обеих сторон ряда пластин. Здесь практически исключается контакт приточного и удаляемого воздуха. Такие рекуператоры должны быть оснащены отводами конденсата, так как есть вероятность его образования на пластинах. Выпадения конденсата может привести к образованию льда, следовательно, необходима система размораживания. Рекуперация тепла может регулироваться посредством перепускного клапана, контролирующего расход проходящего через рекуператор воздуха. Пластинчатый рекуператор не имеет подвижных частей. Роторные рекуператоры. В них происходит полный обмен температур двух потоков воздуха. Теплообмен происходит с помощью непрерывно вращающегося между удаляемым и приточным каналами ротором. Такие рекуператоры имеют существенный недостаток присутствует вероятность того, что запахи и загрязнители, выделяемые людьми, мебелью, строительными материалами, могут перемещаться из удаляемого воздуха в приточный. Правильное расположение вентиляторов устраняет этот недостаток. Уровень рекуперации тепла регулируется скоростью вращения ротора. В роторных рекуператорах присутствуют подвижные части. Камерные рекуператоры. Заслонка разделяет камеру на 2 части. Удаляемый воздух нагревает одну часть камеры, затем заслонка изменяет направление воздушного потока таким образом, что приточный воздух нагревается от нагретых стенок камеры. Недостаток загрязнения и запахи, содержащиеся в удаляемом воздухе могут передаваться в приточный. Рекуператоры с промежуточным теплоносителем. Обычно используются в системах, где недопустимо смешение потоков воздуха, а также в случаях большого расстояния между приточной и вытяжной установками. Теплоноситель получает тепло удаляемого воздуха с помощью теплообменника, установленного в вытяжной части и передает его подаваемому воздуху с помощью теплообменника, установленного в приточной части установки, который выполняет функцию начального нагревателя. В качестве промежуточного теплоносителя в зависимости от климата

используется вода или незамерзающая жидкость, чаще всего 40%-ный раствор этиленгликоля в дистиллированной воде. Тепловые трубы. Данный рекуператор состоит из закрытой системы трубок, заполненных фреоном, который испаряется за счет тепла, отдаваемого вытяжным воздухом. Фреон поступает в теплообменник (конденсатор), находящийся в приточной части установки и конденсируется, отдавая тепло приточному воздуху.

Второй способ повышения энергоэффективности в жилых зданиях – это использование адаптивных систем вентиляции с переменным расходом воздуха. Данные системы обеспечивают поддержание заданных параметров воздуха в зонах обслуживания с различными требованиями к микроклимату при сравнительно низкой стоимости и экономичном энергопотреблении вентилятора. Энергоэффективность достигается за счет принципа, по которому работают такие системы, а именно вентиляция, там, где и когда это необходимо. Элементы системы вентиляции работают в зависимости от потребности каждого помещения, количества людей и вида деятельности. Существует 3 основных типа адаптивных систем: регулируемые вручную, с датчиками движения, датчиками, фиксирующими изменение влажности и концентрацию углекислого газа. В помещении всегда присутствует некоторое количество внутренних загрязнителей, наличие которых связано с человеческой активностью, обменом веществ. Кроме того их выделяют строительные материалы, предметы быта. Наиболее приемлемыми для жилых помещений являются системы вентиляции с датчиками влажности. Влажность это также относительный показатель состояния загрязненности помещения. Количество влаги напрямую зависит от деятельности человека. Семья из четырех человек в виде испарений выделяет в день около 10–15 л влаги (ванна, душ, кухня, дыхание и физическая деятельность). Эта влага должна быть удалена из помещения. В противном случае она сконденсируется на стенах, за шкафами и в углах помещения, разовьется грибок. В основе систем вентиляции с компонентами, реагирующими на повышение/понижение влажности, лежит способность некоторых материалов расширяться при повышении влажности

воздуха и сжиматься при снижении влажности воздуха. Поток воздуха настраивается в зависимости от влажности внутри помещения, чем она больше, тем шире открываются заслонки, регулирующие количество поступающего в помещение воздуха. Датчики влажности полностью изолированы от приточного воздуха и фиксируют только изменения внутренней влажности. Технология чувствительности к влажности используется в приточных устройствах, вытяжных решетках в комнатах, где состояние влажности отражает уровень внутренней загрязненности (гостиные комнаты, спальни, кухни, ванные комнаты) При использовании адаптивных систем вентиляции жилые помещения с большими потребностями получают больший поток воздуха, чем пустые помещения. Системы вентиляции с датчиками движения чаще используются в общественных помещениях. Например, они удобны в фитнес клубах. Экономически целесообразным способом повышения энергоэффективности является применение комплекса мер: повышение теплозащиты ограждающих конструкций, внедрение инженерных и конструктивных мероприятий, современных энергосберегающих методов и технологий. Уже сейчас многие объекты не соответствуют принятым не так давно теплотехническим требованиям. Через 5, 10 лет их станет значительно больше. Необходимо искать новые способы повышения энергоэффективности, создавать и внедрять высокие технологии в строительстве. Делать это нужно с учетом уже известных структурных, оптических, теплофизических и акустических недостатков. В дальнейшем они должны адаптироваться к разнообразным требованиям обеспечения жизнедеятельности человека.

Рассмотренные в работе приточно-вытяжная вентиляция с рекуперацией и адаптивная система вентиляции с переменным расходом воздуха являются перспективными способами повышения энергоэффективности жилых зданий.

Проводимые исследования в области эксплуатационных возможностей современного жилища показали, что около 50% тепла, расходуемого на

отопление, выбрасывается в атмосферу с удаляемым вентиляционным воздухом, увеличивая тем самым общие энергозатраты инженерных систем.

Рекомендуется использовать двойную систему вентиляции естественную и принудительную. Принудительная система вентиляции изготавливается с теплообменником для подогрева входящего воздуха сбросным воздухом из помещения. Для эффективного теплообмена используются рекуператоры щелевые теплообменники. В системе вентиляции обязательно предусматриваются устройства для сбора конденсата и устанавливаются кварцевые лампы с ультрафиолетовым излучением для обеззараживания воздуха и вентиляционной системы (для предотвращения образования грибка и плесени).

Рекуперация тепла снижает тепловые потери в отапливаемом жилом объеме и экономит энергию на обогрев жилища. Такие системы позволяют сохранить 50-70 % тепла.

В качестве теплообменных устройств могут также использоваться конструктивные элементы жилого дома (стены, перекрытия), выполненные с каналами для приточного и отработанного воздуха, что позволяет за счет утилизации тепла удаляемого воздуха, конструкциями материалом стен и перекрытий осуществлять частичный подогрев приточного воздуха и, тем самым, сокращать общие теплотери здания. Размещают теплообменные устройства, как правило, в «Тепловом ядре» здания, где имеются повышенные теплопоступления(печь, камин, ванная, кухня).

ВЫВОДЫ И ОСНОВНЫЕ ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Основные практические результаты работы заключаются в следующем:

1. Изучение мирового и отечественного опыта проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных домов позволяет выявить основные тенденции повышения уровня экологичности зданий, определить наиболее приемлемые для регионов Сибири варианты систем вентиляции.

2. Определение современных требований к экологически чистому микроклимату жилых помещений:

3. Предложен анализ существующих систем вентиляции с точки зрения повышения энергоэффективности жилых домов.

4. Рассмотрены примеры реальных проектов жилых домов с использованием различных систем вентиляции. Приведены расчеты, демонстрирующие экономическую эффективность применения предложенных инженерных решений систем вентиляции.

5. Сформулированы основные принципы оптимизации микроклимата жилой застройки, влияющего на развитие экопозитивной жилой среды, выполнено ранжирование принципов по уровню их значимости в формировании экопозитивного жилища и предложены приемы их реализации.

6. Предложенные принципы апробированы в ряде рабочих и экспериментальных проектов жилых домов для Томской области.

Реализация выявленных принципов и приемов проектирования систем вентиляции позволит повысить экологичность жилой среды, существенно сократить энергозатраты и ресурсопотребление, повысить качество жизни человека.

Список использованной литературы и источников

1. Бакланова Э.И. Экологические основы проектирования малоэтажных жилых зданий для городов западной Сибири : Диссертации на соискание ученой степени канд.архитектуры:18.00.02. -М., 1994.-214с.ил.
2. Табунщиков Ю.А., Бродач М. М. Шилкин Н. В. Энергоэффективные здания. М.:АВОК-ПРЕСС, 2003-200с.
3. Ю.Н. Лапин. Автономные экологические дома. – М.: Алгоритм, 2005 – 416 с.
4. 66. [Электронный ресурс] <http://www.ecodom.ru/Pasiv-houses/ventilyacia-copy/Comfortableventilation/> (дата обращения 15.02.2008)
19. <http://null-dom.ru/null-dom/proektirovanie/>
- <http://barlette.ru/journal/article/450.html>
30. Green Homes. Towards energy-efficient housing in the United Nations Economic Commission for Europe region. 2009/
 1. http://www.dissland.com/catalog/modelirovanie_teplovih_rezhimov_i_itsledovanie_sistemi_optimizatsii_teplopotrebleniya_zdaniya_tehnic.html
 2. СанПиН 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» актуализ.редакция СП50.13330,2012.
 3. <http://bibliotekar.ru/spravochnik-138-otoplenie/9.htm>
 4. <https://ru.wikipedia.org/wiki>
 5. Строительные нормы и правила 23-03-2003/ актуализированная редакция/: Тепловая защита зданий. Свод правил СП 50.13330.2012
 6. Губин В.Е., Косяков С.А. Малоотходные и ресурсосберегающие технологии в энергетике. – Томск: Изд-во НТЛ, 2002. 252 с.
 7. Габриель И., Ладенер Х. Реконструкция зданий по стандартам энергоэффективного дома С.: БХВ-Петербург, 2011. — С. 478.
 8.
 - 4 Балкевич В. Л., Беляков А. В., Менькова Е. Р. О муллите и уллитоподобных соединениях // Огнеупоры. 1984. N 1. С.23-27.
 - 5 Комбинированные аналитические системы // Приборы, средства автоматизации и системы управления. ТС-4. Аналитические приборы. Обзорная информация/ ЦНИИИТЭИприборостроения. М.,1985. Вып.3: Современное состояние и тенденции развития жидкостной хроматографии. С.25-32.
 - 6 Программно управляемый индуктивный делитель / Бамелевич О. З., Волохач И. А.,Обозавский И. С. и др. // Тезисы докладов Всесоюзной конференции по информационным системам. Львов, 1981. С.15-20
 - 7 Измерения и техника измерения: Сб. статей / Под ред. М. С. Ройтмана, Томский политехнический институт. Томск, 1983. 103 с.
 3. Богословский В. Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха). – М.: Высшая школа, 1982. – 415 с.
 5. Богуславский Л. Д. Снижение расхода энергии при работе систем

отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. – М.: Стройиздат, 1982.

– 162 с.

26. Малявина Е. Г. Теплотери здания. Справочное пособие. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2007. – 219 с.

44. Фокин В. М. Основы энергосбережения и энергоаудита. – М.: Изд. Машиностроение-1, 2006. – 256 с.

Шефер Ю.В. Ордобаев С.Б., Романенко С.В. Концепция малоэтажного сейсмоустойчивого энергоэффективного строительства. Вестник науки Сибири. 2012. № 5. Стр. 76-81.

Пат. 2503781 (РФ). Быстровозводимое энергоэффективное каркасное здание / Шефер Ю.В. Действует с 24.07.12, зарегистрирован 10.01.14. Бюл. № 1.

Пат. 97147 (РФ). Многослойная наружная стена с облицовкой / Шефер Ю.В. Действует с 30.04.10, зарегистрирован 27.08.10. Бюл. № 24.

1. Белов, Сергей Викторович. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность), [Электронный ресурс] : учебник для бакалавров / С. В. Белов. — 4-е, изд. — Мультимедиа ресурсы (10 директорий; 100 файлов; 740МВ). — Москва: Юрайт, 2013. — 1 Мультимедиа CD-ROM. — Бакалавр. Базовый курс. — Бакалавр. Углубленный курс. — Электронные учебники издательства Юрайт. — Электронная копия печатного издания. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. —Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2013/FN/fn-2440.pdf>.

19. Панин В.Ф., Сечин А.И., Федосова В.Д. Экология для инженера // под ред. проф. В.Ф. Панина. – М.: Изд. Дом «Ноосфера», 2000. – 284 с.

Нормативная документация

1. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий // Госстрой России. – М.: ФГУП ЦПП, 2004.

2. СНиП23-01-99*. Строительная климатология// Госстрой России– М: ФГУП ЦПП, 2003.

3. СНиП 2.04.05-91* Отопление, вентиляция и кондиционирование // Госстрой России– М: ФГУП ЦПП, 2000.

4. СП23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий// Госстрой России. – М.: ФГУП ЦПП, 2004.

5. СП31-106-2002. Проектирование и строительство инженерных систем многоквартирных жилых домов// Госстрой России. – М.: ФГУП ЦПП, 2002.

6. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях// Госстрой России– М: ФГУП ЦПП, 1999.

7. ГОСТ 26254-84. Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций // Госстрой

СССР –

М: 1985.

8. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Физические факторы производственной среды

// Госкомсанэпиднадзор России. – М: 1996.

9. СТО17532043-001-2005 РНТО строителей. Нормы теплотехнического проектирования ограждающих конструкций и оценки эффективности зданий//

РНТО строителей– М.: 2006.

1. ГОСТ Р 51263 – 2012. Полистиролбетон. Технические условия.

Нормативная документация по разделу «Социальная ответственность»

По разделу 1

21.ГОСТ 12.1.003–83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

22.ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

24.ГОСТ 12.1.007–76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

25.ГОСТ 12.1.008-76 ССБТ. Биологическая безопасность. Общие требования

28.ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация

29.ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ. Защитное заземление, зануление.

30.ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

44.СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.

45.СН 2.2.4/2.1.8.566. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. – М.: Минздрав России, 1997.

46.СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.

47.СП 51.13330.2011. Защита от шума.

По разделу 2

52.ГН 2.2.5.1313–03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы.

59.ГН 2.1.6.1338 – 03. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест

60.ГН 2.2.5.2309 – 07. Ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест

По разделу 3

64.ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в ЧС. Основные положения.

65.ГОСТ Р 22.3.03-94. Безопасность в ЧС. Защита населения. Основные положения.

66.ГОСТ Р 22.0.07-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров.

67. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

1. Горшков А. С. Энергоэффективность в строительстве: вопросы нормирования и меры по снижению энергопотребления зданий // Инженерно-строительный журнал. 2010. №1. С. 9-13.

2. Губернский Ю.Д., Шилькрот Е.О. Сколько воздуха нужно человеку для комфорта // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2008. № 4. С. 4-12.

3. Таурогинский В.И. Опыт строительства энергосберегающих зданий в Белоруссии // Энергосбережение. 2008. № 1. С. 74-78.

4. John Dieckmann Improving humidity control with energy recovery // ASHRAE Journal, August. 2008. Pp. 38 45

5. Иванов О.П., Тихомиров С.А. Анализ сроков окупаемости пластинчатого и роторного теплоутилизаторов // Холодильная техника и кондиционирование. 2007. № 1. С. 1-5.

6. Dennis Stanke Ventilation Where It's Needed // ASHRAE Journal, Oct. 1998. Pp. 39-47.

7. Гошка Л.Л. Климатические системы: переход от санитарно-гигиенических к физиологическим нормам // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 2. С. 12-15.

8. Алексеева И. Ю. Регулируемая система вентиляции жилых помещений // АВОК. 2001. №5. С. 50-58.

9. Гошка Л.Л. К вопросу о необходимости внедрения эффективных систем климатизации зданий // Инженерно-строительный журнал. 2009. № 7. С. 33-37.

10. Кологривова Л.Б., Молодкин С.А. Комплекс энергосберегающих решений при проектировании многоэтажных жилых зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2006. № 10. С. 51-53.

11. Гошка Л.Л. К вопросу об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности в зданиях // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 5. С. 38-42.

12. Сизенко О.А., Прохоренко А.П. Предложения по повышению эффективности естественных систем вентиляции с теплыми чердаками // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2009. № 4. С. 46-51.

13. Малахов М.А., Савенков А.Е. Усовершенствование вентиляции жилых зданий // АВОК №4. 2009. С. 7 11.

14. Горшков А.С., Попов Д.Ю., Глумов А.В. Конструктивное исполнение вентилируемого фасада повышенной надежности // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 8. С. 5-8.