Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНЖЕНЕРНО–СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ
Кафедра «Проектирование зданий и экспертиза недвижимости»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Р.А. Назиров
«____» _____ 2020г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ МИКРОКЛИМАТА ЗДАНИЙ

Направление 08.04.01 Строительство
Магистерская программа 08.04.01.04 Проектирование зданий.
Энерго– и ресурсосбережение

Научный руководитель _____ доц., канд. биол. наук Е.Г. Жуль
подпись, дата

Выпускник _____ Е.В. Поторочина
подпись, дата

Рецензент _____
подпись, дата

Красноярск 2020

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Энергосбережение при проектировании систем микроклимата зданий» содержит 62 страницы текстового документа, 17 иллюстрации, 2 таблицы, 12 формул, 40 использованных источников.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ, МИКРОКЛИМАТ ЗДАНИЙ, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

Объект исследования – внутренние инженерные системы зданий.

Цель работы: обоснование и выбор на основе научных исследований оптимальных энергосберегающих мероприятий при проектировании систем микроклимата зданий.

Для достижения цели, поставленной в данной работе, были решены такие задачи как:

– анализ мирового и отечественного опыта применения энергосберегающих инженерных систем микроклимата зданий;

– выявлены современные проблемы и непроработанные энергосберегающие решения;

– провести расчетное обоснование более целесообразного варианта реализации энергосберегающих мероприятий с энергетической точки зрения на примере пятиэтажного жилого дома в г. Красноярске;

– выбор инженерных систем микроклимата пятиэтажного жилого дома в г. Красноярске и энергосберегающих мероприятий при оптимальном их сочетании.

Актуальность работы связана с выбором наилучшего способа повышения энергетической эффективности вновь возводимых и эксплуатируемых зданий и сооружений, а также с разработкой новых принципов и систем жизнеобеспечения и их внедрением (создания и поддержания микроклимата).

Научная новизна работы заключается в расчете оптимальных показателей энергопотребления и энергоэффективности пятиэтажного жилого дома в г. Красноярске, выборе наиболее подходящих энергосберегающих инженерных систем микроклимата жилого дома для заданной территории, обосновании

оптимальных технологических решений, позволяющих реализовать энергосберегающие мероприятия при проектировании инженерных систем микроклимата в пятиэтажном жилом доме г. Красноярска.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение..... 6
1. Анализ современных энергосберегающих инженерных систем микроклимата зданий.....8
1.1. Нормативная база по повышению энергетической эффективности и энергосберегающих мероприятий в жилых и общественных зданиях..... 8
1.2. Энергосберегающие решения в системах обеспечения микроклимата зданий..... 13
1.3. Энергосберегающее оборудование инженерных систем микроклимата зданий..... 22
1.3.1. Приточно–вытяжная система вентиляции с рекуперацией..... 22
1.3.2. Альтернативные системы по использованию солнечной энергии 26
1.3.3. Адаптивные системы вентиляции с переменным расходом воздуха..... 28
1.3.4. Вентилируемые ограждающие конструкции..... 30
1.3.5. Автоматизированные энергосберегающие инженерные системы микроклимата зданий 31
1.4. Выводы ……. 35
2. Оценка энергетической эффективности систем обеспечения микроклимата 36
2.1. Выбор параметров внутреннего и наружного климата 36
2.2. Определение годового теплопотребления системами отопления..... 37
2.3. Определение годового теплопотребления системами вентиляции и кондиционирования воздуха..... 41
2.4. Определение годового теплопотребления системами ГВС ……..... 42
2.5. Определение годового электропотребления системами электроснабжения

здания 43
2.6. Расчет показателей энергоэффективности и энергопотребления здания и выбор наиболее эффективного проектного решения..... 44
2.7. Выводы..... 46
3. Подбор оборудования систем микроклимата пятиэтажного жилого дома в г. Красноярске и энергосберегающих мероприятий при оптимальном их сочетании..... 46
3.1. Программные комплексы для подбора энергосберегающих инженерных систем микроклимата зданий..... 46
3.1.1. Описание программного комплекса "ПОТОК"..... 46
3.1.2. Описание программного комплекса "ВЕЗА"..... 48
3.2. Выбор энергосберегающих мероприятий и инженерных систем микроклимата при их оптимальном сочетании для пятиэтажного жилого дома в г. Красноярске..... 49
3.2.1. Системы отопления..... 49
3.2.2. Системы вентиляции..... 51
3.2.3. Системы ГВС..... 54
3.3. Выводы..... 55
Заключение..... 56
Список сокращений..... 59
Список использованных источников..... 60

ВВЕДЕНИЕ

Последние десять лет в центре внимания в отрасли в области строительства находятся две проблемы. Первая проблема связана с повышением энергетической эффективности вновь возводимых и эксплуатируемых зданий и сооружений, а вторая проблема связана с разработкой и внедрением новых систем и принципов жизнеобеспечения, т.е. создания микроклимата и его поддержания. В наше время современный дом – это сложная техническая система, которая должна учитывать и взаимоувязовать не только требования по энергоэффективности инженерных систем, но и обеспечение внутреннего климата помещений.

С вступлением в силу Федерального Закона 23.11.2009 N261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», целью которого является создать правовые, организационные и экономические основы, в результате чего возникла необходимость для стимулирования мероприятий направленных на энергосбережение и повышение энергетической эффективности. В связи с этим программы для повышения энергоэффективности зданий и сооружений получили активное развитие.

При разработке проектной документации и строительстве объектов проще решать вопросы повышения эффективности использования энергии, когда есть возможность обосновать и выбрать оптимальные варианты проектных решений. Эксплуатация зданий связана с потреблением какого либо количества топливноэнергетических ресурсов. И поэтому все государства формируют и проводят свою политику энергосбережения, в которую включают различный комплекс научно–технических мер, которые направленны на снижение потребления энергии в вновь строящихся и эксплуатируемых зданиях.

Снизить энергопотребления и повысить энергоэффективность в зданиях возможно путем выполнением различных энергосберегающих мероприятий,

которые направлены на эффективное использование энергии в зданиях и инженерных системах этих зданий.

Цель работы: обоснование и выбор на основе научных исследований оптимальных энергосберегающих мероприятий при проектировании систем микроклимата зданий.

Актуальность работы связана с выбором наиболее оптимальных путей повышения энергетической эффективности вновь возводимых и эксплуатируемых зданий и сооружений, в том числе с разработкой новых принципов и систем жизнеобеспечения и их внедрением (создания и поддержания микроклимата).

Научная новизна работы заключается в расчете оптимальных показателей энергопотребления и энергоэффективности пятиэтажного жилого дома в г. Красноярске, выборе наиболее подходящих энергосберегающих инженерных систем микроклимата жилого дома для заданной территории, обосновании оптимальных технологических решений, позволяющих реализовать энергосберегающие мероприятия при проектировании инженерных систем микроклимата в пятиэтажном жилом доме г. Красноярска.

1. Анализ современных энергосберегающих инженерных систем микроклимата зданий.

1.1. Нормативная база по вопросу повышения энергетической эффективности и энергосберегающих мероприятий зданиях (жилых и общественных).

В нормативных требованиях к энергоэффективности зданий в 2010 году произошли значительные изменения. С 2009 году вступил в силу Федеральный закон 23.11.2009 г. № 261–ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Одной из цели данного закона явилось создание организацционных, экономических и правовых основ для того, чтобы повысить энергетическую эффективность и простимулировать повышение энергосбережения [3].

Федеральный закон 30.12.2009 г. №384–ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [4], принят с целью защиты жизни и здоровья граждан, имущества юридических или физических лиц, муниципального или государственного имущества; обеспечения энергетической эффективности зданий и сооружений. В связи с принятием указанного федерального закона выполнение требований СНиП 23–02–2003 «Тепловая защита зданий» (СП 50.13330.2012) становится обязательным. Вышеуказанные строительные нормы и правила устанавливают требования к тепловой защите зданий, чтобы экономить энергию при обеспечении санитарно–гигиенических и оптимальных параметров микроклимата помещений и долговечности ограждающих конструкций зданий и сооружений. До 2010 года данные нормы не были обязательными и носили рекомендательный характер.

В развитие вышеуказанных законов было принято Постановление Правительства РФ № 235 от 13.04.2010 года, которым утверждены прилагаемые

изменения «О внесении изменений в Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию». В Постановлении внесено требование о включении в состав проектной документации следующего раздела: Мероприятия по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности и требований оснащенности зданий, строений и сооружений приборами учета используемых энергетических ресурсов. [5].

Также было принято Постановление Правительства Российской Федерации № 18 от 25 января 2011 года «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов» [6], которым было поручено Минрегиону России разработать и утвердить новые требования по энергетической эффективности для зданий, строений и сооружений, которые в свою очередь позволят обеспечить их максимально-возможную энергоэффективность.

Согласно классификации, которая приведенна в таблице 3 СНиП 23–02–2003 «Тепловая защита зданий» было определено 3 класса энергетической эффективности (для новых зданий, реконструируемых зданий):

– «А» очень высокой (экономическое стимулирование);

– «В» высокой (экономическое стимулирование);

– «С» нормальный.

Для существующих зданий было определено 2 класса энергетической эффективности:

– «D» низкий (рекомендуется реконструкция здания);

– «Е» очень низкий (обязательно необходимо произвести утепление здания в ближайшее время).

В Федеральном законе 23.11.2009 г. № 261–ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности…» вводится обязательное требование по присвоению класса энергетической эффективности все многоквартирным домам, которые вводятся в эксплуатацию после строительства или реконструкции или капитального ремонта. Данным законом устанавливается

задача, чтобы до 2020 года увеличить энергоэффективность зданий на 40% по отношению к базовому показателю (базовым показателем является уровень 2007 г. (класс энергоэффективности «С»). При этом застройщик обязывают размещать на фасаде здания, которое вводится в эксплуатацию, указатель класса энергоэффективности. Собственники помещений, в свою очередь, должны следить за его состоянием и в случае изменения класса энергоэффективности обеспечивать замену данного указателя.

Для исполнения требований Закона «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности…», требований Постановления, Приказом Минрегионразвития № 262 от 28 мая 2010 года «О требованиях энергетической эффективности зданий, строений, сооружений» [7] устанавливается требование, согласно которому для зданий, строений и сооружений, которые планируют строиться с 2011 года, необходимо указывать класс энергоэффективности «В», следовательно это требует увеличения сопротивления теплопередаче и наружных стен и окон зданий, которые вновь проектируются. Требования, указанные в СНиП 23–02–2003 «Тепловая защита зданий» [8] до настоящего времени не относились к числу обязательных нормативами строительного проектирования жилых и общественных зданий, поэтому достаточно было заказать проектирование зданий с минимально допустимыми требованиями к классу энергоэффективности «С».

С введением Закона «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности…» ситуация кардинально изменилась с 01.06.2010 г. С 1 июня 2010 г. для новых жилых и общественных зданий, чья высота до 75 м включительно (25 этажей), необходимо выполнять следующее снижение по годам нормируемого удельного энергопотребления на цели отопления и вентиляции по классу энергоэффективности В ("высокий") по отношению к базовому уровню:

– с 2011 года для вновь возводимых зданий на 15%, с 2016 по 2020 год, – на 15%, и в перспективе с 2020 года – на 10%;

– для жилья экономического класса, для зданий, которые подлежат реконструкции на 15% с 2016 года и дополнительно на 15% с 2020 года.

Технические решения, закладываемые в проекты до 2010 года, не смогут обеспечить новые требованиям класса энергоэффективности «В».

Для того, чтобы достичь требуемого эффекта приказом Минрегионразвития был установлен перечень конкретных требований, предъявляемым к инженерным системам и конструкциям, которые должны учитываться специалистами при разработке проектов:

1. В задании на разработку проекта необходимо указывать класс энергоэффективности «В», а также процент снижения нормируемого удельного расхода энергии на цели отопления и вентиляции по отношению к базовому уровню (по СНиП 23–02 2003 «Тепловая защита зданий» ранее действовал уровень – базовый уровень).

2. С 2011 года уровень энергоэффективности зданий по классу «В» можно достигать только путем установки автоматизированных узлов управления систем отопления или если увеличивать сопротивления теплопередаче наружных стен зданий по отношению к базовому уровню, а также если применять окна с приведенным сопротивлением теплопередаче, чем тому, которое действовало до 2010 года. Также требование о нормируемом коэффициенте остекленности фасадов становится обязательным (в общественных – не более 25%, в жилых зданиях – не более 18%).

3. Вновь проектируемое здание необходимо оборудовать следующим:

– устройства автоматического регулирования подачи теплоты на отопление, которые должны быть установлены на вводе в здание;

– приборы учета водных и энергетических ресурсов, которые установлены на вводе в зданиях, квартирах или помещениях общего пользования или сдаваемых в аренду;

– измерители расхода теплоносителя (горизонтальные поквартирные системы отопления, квартиры общей отапливаемой площадью до 100 кв. м.) или теплосчетчиками (в квартирах большей площади);

– теплообменники для нагрева воды на ГВС с установкой автоматического регулирования ее температуры, которые устанавливаются на вводе в здание или части здания;

– устройства, которые оптимизируют работу вентиляционных систем и включают в себя утилизаторы теплоты вытяжного воздуха, которые используются для того, чтобы подогреть свежий приточный воздух в холодное время года.

Расчет энергетической эффективности вариантов энергосберегающих мероприятий в зданиях может осуществляться на стадии предпроектных проработок, на стадии проекта при установлении уровня теплозащитных показателей ограждающих конструкций здания и разработке энергосберегающих мероприятий для инженерных систем, которые обслуживают здание. Расчет энергетической эффективности необходимо производить в соответствии с ГОСТ Р 56502–2015 от 01.09.2015 г. «Системы обеспечения микроклимата новых зданий. Оценка энергетической эффективности при проектировании» [9]. При этом также нужно учитывать затраты тепловой и электрической энергии и воды, которая требуется для обеспечения жизнедеятельности здания системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, холодного водоснабжения и горячего водоснабжения (ГВС), на электроосвещение, работу электробытовых приборов и оргтехники, мусороудаление. Возможно принимать во внимание всех технологических потребителей энергии в качестве источников теплопоступлений в здание. Результаты расчета могут использоваться для выбора наиболее целесообразного варианта проектного решения при его технико–экономическом обосновании.

Требования настоящего стандарта ГОСТ Р ИСО 23045–2013 от 01.07.2015г "Проектирование систем обеспечения микроклимата здания" [10] распространяются на новые здания, а также на оборудование систем обеспечения микроклимата помещений в новых зданиях. Предполагается, что условия во внутренних помещениях соответствуют условиям комфортности по таким

показателям, как: температура, относительная влажность, состав воздуха, качество освещения, акустические параметры, или обеспечивают защиту от замерзания трубопроводных коммуникаций и хранящихся в помещении материалов. Энергоэффективность можно оценить с помощью контрольных показателей работы следующих систем здания: отопление, охлаждение, освещение, автономное и централизованное теплоснабжение, горячее водоснабжение, вентиляция и кондиционирование воздуха.

В качестве основной задачи ля реализации принципов теплозащиты зданий необходимо предусматривать достижение необходимых параметров тепловой среды в помещениях, необходимых для пребывания людей. Исходя из этого регулирующая функция здания определяться как обеспечение разности между совокупностью требуемых условий внутри помещений микроклимат или микроклимат помещений), и наружными климатическими условиями для заданной местности. Формирование тепловой среды помещения в основном должно опираться на учет температурно–влажностных характеристик, таких как температура воздуха, влажность, излучение поверхностей, направление и скорость движения воздуха. Также, их можно согласовать с необходимостью поддерживать человеком постоянство температуры своего тела независимо от температуры окружающей среды. При оценке реакции человека на температуру и другие параметры принимаются во внимание те, которые связаны с физиологией, а также с эмоциональным состоянием факторы и сохранением работоспособности.

1.2. Энергосберегающие решения в системах обеспечения микроклимата зданий

Многие зарубежные и российские ученые занимались изучением различных мероприятий, направленных на повышение энергосбережения жилых, общественных, промышленных и иных зданий. Вопросам повышения энергоэффективности и развития энергосбережения, а также разработкой и созданием энергоэффективных зданий посвящены работы таких ученых как

Богословского В.Н, Аверьянова В.К., Богуславского Л.Д., Береговой А.М., Васильева Г.П., Бутовского И.Н., Гершкович В. Ф., Шкаровского А.Л. Табунщикова Ю.А., Дмитриева А.Н., Гагарина В.Г., Матросова Ю.А., Подолян Л.А., Фокина К.Ф., Чистовича С.А. Шаврина В.И., [15–29] и другие.

В ряде многих крупнейших городов России с 2009 года согласно [3] были начаты работы по санации и капремонту многоэтажных жилых зданий, которые были построены в 1970–х – 1980–х годах.

Государственная Корпорация – Фонд Содействия реформирования Жилищно–Коммунальному Хозяйству была назначена ответственным за эту работу, которая абсолютно необходима в условиях России. В рамках вышеуказанной программы были проведены следующие работы:

- замена окон;
- дополнительное утепление стен;
- модернизация инженерных систем.

По ряду многих причин (использование самых дешевых вариантов реконструкции или нет возможности коренным образом улучшить систему отопления в домах, старых серий, нет возможности установки системы учета, отсутствует возможность организовать систему вентиляции) эффект от вышеуказанных работ был очень незначительным – удалось только снизить удельные затраты на отопление не более, чем на 10 –15%. Такого эффекта от реализации мероприятий явно было недостаточно. Подобные результат значительно отличаются от результатов санации аналогичных зданий в других странах со сходными климатическими условиями (например, Германия). Можно сделать выводы, что скорей всего различие в эффективности возможно связано с более комплексным подходом европейских партнеров к решению проблемы и в том числе более продуманными решениями по реконструкции старых зданий и строительства новых зданий.

Энергосберегающие мероприятия в системах обеспечения микроклимата имеют своей целью при минимальном расходе энергии обеспечить заданные (необходимые) значения энергетических показателей микроклимата помещения.

При проектировании систем климатизации следует прежде всего отдавать предпочтение рациональным видам систем, затем предусматривать комплекс мероприятий по снижению нагрузки на системы и снижению энергопотребления в процессе эксплуатации. Последнее может быть достигнуто в результате применения эффективных методов регулирования.

Большое влияние на энергопотребление имеют архитектурно–планировочные решения и параметры теплозащиты, которые определяют тепловую нагрузку на системы отопления, вентиляции и кондиционирования. Помимо теплозащиты здания повысить энергетическую эффективность обеспечения микроклимата может экономическая оптимизация конструктивных элементов здания. Теплопоступления от солнечной радиации зависят от степени остекления фасадов, наличия солнцезащитных устройств, а также соотношения сторон здания и ориентации фасадов здания. К возрастанию расхода теплоты на отопление–охлаждение здания приводит увеличение степени остекления.

На энергопотребление влияет форма зданий. Для зданий, имеющих вытянутую форму, можно выбрать такую ориентацию, при которой расход теплоты на отопление будет наименьшим.

От соотношения высоты здания и сторон здания зависит площадь S наружных ограждений и, следовательно, величина теплопотерь.

Эффективным средством снижения тепловых нагрузок на системы климатизации служит совмещение функций ограждений и систем. Это, например, вентилируемые окна, в которых в холодное время утилизируется тепло вытяжного воздуха, а в теплое время удаляется поглощенное в окне тепло от солнечной радиации.

Существенно снизить тепловую нагрузку на системы вентиляции и кондиционирования в теплый период года может ночное проветривание, при котором воздухообмен может быть снижен почти в 2 раза. Дополнительно воздухообмен может быть уменьшен при использовании для ночного проветривания каналы междуэтажных перекрытий.

Одним из наиболее используемых средств повышения энергоэффективности является утилизация теплоты выбросного воздуха. В теплообменнике теплота удаляемого вытяжными системами воздуха передается приточному воздуху, что снижает теплопотребление воздухонагревателей систем вентиляции и кондиционирования.

Для того, чтобы повысить потенциал вторичных возобновляемых источников энергии необходимо использовать тепловые насосы, которые представляют собой обращенную холодильную машину, с помощью которой можно извлечь тепло из среды с относительно низкой температурой, т.е. низкопотенциальное тепло.

Одним из неисчерпаемых источников тепла является солнечная энергия, которая используется в гелиоустановках.

Снизить энергопотребление системами обеспечения микроклимата могут энергоэффективные режимы работы. Это периодическая работа систем отопления, при которой в период, когда помещение не эксплуатируется, в нем поддерживается более низкая температура, периодическое вентилирование.

Таким образом ясно, что в целом снизить энергопотребление системами обеспечения микроклимата можно, объединив в комплексе все устройства и технологии по снижению энергопотребления до уровня, при котором сохраняются требуемые параметры микроклимата в помещении. Это возможно при наличии системы автоматизированного управления.

Также были изучены работы (исследования), которые были проведены калифорнийскими учеными. Калифорнийские ученые проанализировали результаты исследования, которые были профинансированны в рамках Общественной программы энергетических исследований Калифорнийской энергетической комиссии (США) и охватили 215 модулей ОВиК в 75 различных зданиях [27]. Анализ исследований показал, что проблема, которая была упомянута в работе, а именно перерасход энергии, возникает по причине слабой системной интеграции при проектировании. Предлагаемая стратегия интегрированного проектирования основывается также на том факте, что

системы отопления, вентиляции и кондиционирования не могут функционировать независимо друг от друга, а являются частью взаимодействующего комплекса, то есть здания, инженерного оборудования здания, а также внутренних санитарно–технических систем.

Стратегия уменьшения тепловой нагрузки за счет использования экономичного освещения, усиленной тепловой изоляции, высококачественного остекления крыш с отражающей поверхностью, и т.п. являются главными элементами стратегии.

Меры, которые предпринимаются еще на стадии разработки проекта, окупаются за счет того, что уменьшается необходимая мощность и, вместе с тем, уменьшается стоимость оборудования ОВиК, а также соответствующих распределительных систем.

Сравнение того эффекта, который достигается от внедрения энергосберегающих мероприятий и на основании полученных данных [27] было произведено для трех калифорнийских городов. Диаграмма по снижению мощности систем ОВиК представлена на рисунке 1.

Результаты показали, что теплоизоляция крыши дает самый наибольший эффект среди энергосберегающих мероприятий (около 25 %). Хотя при этом общую мощность систем ОВиК удалось снизить всего лишь на 35…45 % в зависимости от географического расположения объекта.

Также было рассмотрено исследование профессора Карла Гертиса [30]. Карл Гертис рассматривает на примере Германии возможность резкого снижения энергии здания, которое необходимо для отопления, которое достигается за счет улучшения теплоизоляции здания, а также использования энергоэффективных отопительных систем.

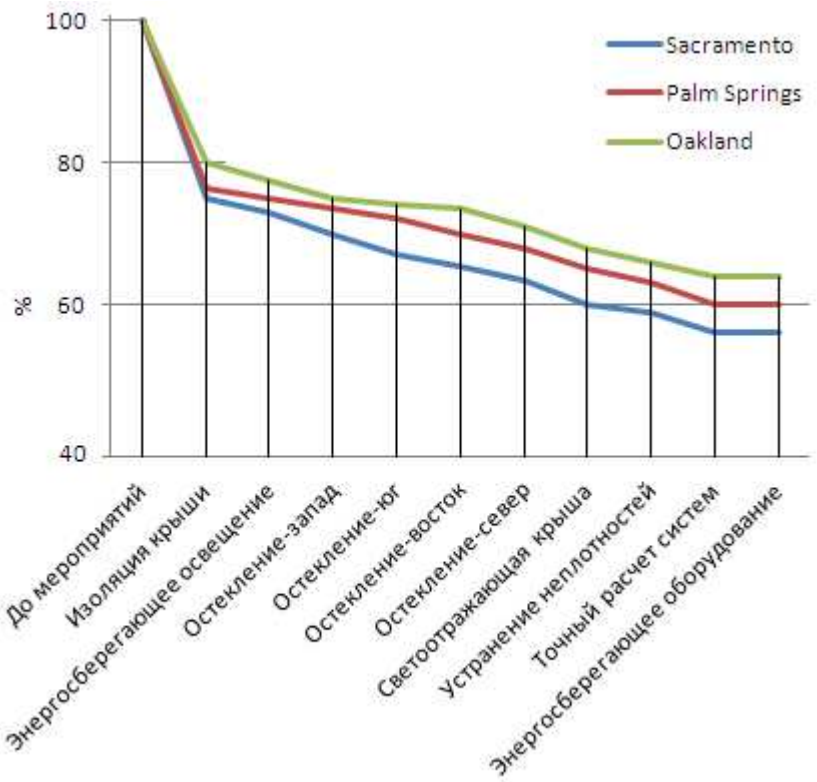


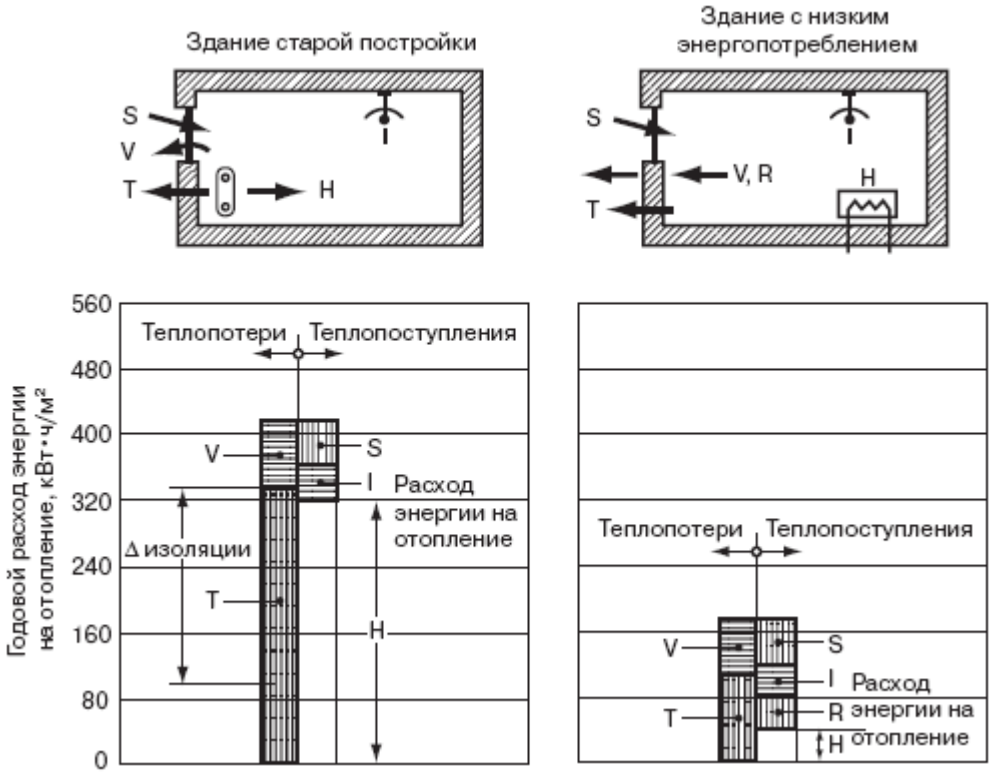
Рисунок 1 – Снижение мощности систем ОВиК в результате внедрения энергосберегающих мероприятий

Исходя из этого можно сказать, что путь перехода от зданий старой постройки (группа 1), с удельным расходом энергии на отопление 300–400 кВт•ч/м2, к зданиям с низким энергопотреблением (группа 2), которое используется на отопление от 40 до 80 кВт·ч/м2, четко обозначен, то есть для того, чтобы снизить энергопотребления всего здания или зданий достаточно учесть следующие элементы, которые поставлены в порядке их значимости:

1) теплоизоляция зданий с высокой эффективностью;
2) современные системы отопления с регулировкой, которые соответствуют высокому уровню теплоизоляции с высоким КПД;
3) большие стеклянные поверхности (окна), которые предназначены для пассивного использования солнечной энергии, и которые устанавливаются с южной стороны здания;
4) рекуперация тепла в системах вентиляции;

5) осмысленное отношение жильцов к зданиям, у которых низкое энергопотребление.

Эффективность каждого отдельно взятого элемента можно увидеть непосредственно из теплового баланса здания. Так, на рисунке 2 представлен пример теплового баланса здания группы 1 (здание старой постройки) в сравнении с тепловым балансом здания группы 2 (здание с низким энергопотреблением) . В левой колонке рисунка представлены тепловые потери, а в правой – теплопоступления. Каждая отдельная составляющая баланса (V, T, S, I, R, H) графически сложена с остальными.



T – теплопотери через наружные ограждающие конструкции; V – теплопотери за счёт вентиляции; H – расход энергии на отопление; S – теплопоступления с солнечной радиацией; I – бытовые теплопоступления; R – утилизация тепла вентиляционного воздуха.

Рисунок 2 – Годовой тепловой баланс зданий

Из рисунка 2 можно сделать следующие выводы:

1) экономия большого количества энергии возможно достичь путем увеличения эффективности тепловой изоляции наружных ограждающих конструкций здания, и благодаря этому возможно существенно снизить коэффициент теплопередачи T;

2) при вентиляции V практически не изменяются потери тепловой энергии, потому что зданию необходима качественная вентиляция и не только в гигиенических целях, но и чтобы предотвратить проблемы с конденсацией влаги и предотвратить развитие плесени. Можно использовать часть энергии R в случае установки современной системы рекуперации тепла;
3) количество тепловой энергии, которая получается за счет солнечной энергии S, останется примерно на том же уровне в здании группы 2 в здании старой постройки;
4) в обоих группах зданий величина энергии бытовых теплопоступлений I останется практически без изменений.

Под показателем энергоэффективности в нормативных документах ЕС принято «отношение энергопотребления к кондиционируемой (отапливаемой) площади здания». Тенденция сближения требований ЕС и СНГ в части оценки энергосберегающих мероприятий в направлении единой европейской методики расчета, также диктует принятие следующего определения. Общее удельное потребление энергии идущей на отопление, вентиляцию, кондиционирование, горячее водоснабжение, освещение и эксплуатацию инженерной инфраструктуры за определенный промежуток времени является показателем энергоэффективности здания. Определение эффективности выполняется для здания в целом, а также для отдельных его систем. К примеру, в Финляндии ориентирование происходит на показатели энергоэффективности зданий, которые дифференцированы по принципу ограничения энергозатрат. Нормативные величины указаны в таблице №1.

Таблица 1 – Типы зданий и потребление энергии для пассивных домов, низкоэнергозатратных домов, обычных зданий.

Тип здания	Расход энергии на отопление, кВтч/год					
	Обычное здание (современное)		Низкоэнергозатратное здание		Пассивный дом	
	на 1 м^2	на 1 м^3	на 1 м^2	на 1 м^3	на 1 м^2	на 1 м^3
Жилой сектор	100	32	50	16	20	7
Офисные помещения	90	29	45	14	15	5
Общий расход энергии, кВтч/год						
Тип здания	Обычное здание (современное)		Низкоэнергозатратное здание		Пассивный дом	
	на 1 м^2	на 1 м^3	на 1 м^2	на 1 м^3	на 1 м^2	на 1 м^3
Жилой сектор	200	64	140	45	80	26
Офисные помещения	140	45	85	27	45	15

Попытка решить отдельные задачи отдельно друг от друга, обычно, не дают должного эффекта. Так например, на термовлажностный режим здания существенно влияет повышение термического сопротивления ограждающих конструкций зданий и требует изменения системы отопления и вентиляции. И если не повышать термическое сопротивление оконных блоков, то становится невозможным повышение теплового сопротивления стеновых ограждений и это не приводит к необходимым результатам и прочее. Исследования, которые были проведены у нас и в ряде зарубежных развитых стран, позволяют утверждать, что эффективная политика энергосбережения в строительстве возможно только в случае комплексного подхода: а это достигается при рассмотрении жилого здания как системы, которая обеспечивает в помещениях необходимый комфорт и качественный микроклимат для проживания человека. Причем такой подход необходимо реализовать как и для вновь строящегося жилья, так и для существующего, а это возможно сделать только при кардинальном изменении системы проектирования, которая основана на интеграции всех инженерных систем здания и конструктивных элементов.

1.3. Энергосберегающее оборудование инженерных систем микроклимата зданий

1.3.1. Приточно–вытяжная система вентиляции с рекуперацией

Рекуперацией тепла (обратное получение тепла) называется процесс теплообмена, во время которого тепло забирается от удаляемого воздуха и передается свежему входящему воздуху. Рекуперация возможна с применением приточно–вытяжных установок и центральных кондиционеров с наличием в них рекуперационного теплообменника. Процесс происходит так, что в результате выбрасываемый воздух и свежий воздух отделены друг от друга, так чтобы не происходило их смешивание. В охлажденных помещениях используются рекуперационные теплообменники с обратным способом, то есть для рекуперации холода. За счет рекуперациии тепла можно достичь немалой экономии энергии, которая идет на обогрев или на охлаждение входящего в здание воздуха, например, при использовании рекуперации для обогрева дома площадью 200 м^2. в наиболее холодный период достаточно 4,5 кВт тепла.

Ниже приведены требования к энергопотреблению систем вентиляции для европейских стран.

На энергопотребление существенно влияют некоторые конструктивные особенности вентиляционных систем: герметичность и теплоизоляция воздуховодов, наличие рекуперации тепловой энергии, и т. п. Наиболее часто устанавливаются минимальные требования к рекуперации тепловой энергии, обеспечивающиеся несколькими способами, например, исходя из производительности при расчетных условиях или сезонного энергопотребления. Эффективность рекуперации тепловой энергии в большинстве стран основывается на температуре и составляет от 65–75 % (в Словении) до 90 % (в Нидерландах). Так в Финляндии требования основываются на общей годовой рекуперации тепла из вентиляционного воздуха всего здания (необходимо забирать минимум 45 % тепловой энергии). Мощность системы вентиляции также регулируется по удельной мощности вентиляторов, которая включает конструкцию воздуховодов (падение давления) и эффективность вентилятора в

кВт на м^3/с расхода воздуха. Для электродвигателей вентиляторов также устанавливаются требования. Во многих странах, например, устанавливается требования к воздуховодам в части герметичности и теплоизоляции.

Пластинчатые рекуператоры. Приточный и удаляемый воздух проходят с обеих сторон ряда пластин (рисунок 3). Таким образом практически исключается контакт приточного и удаляемого воздуха. Пластинчатые рекуператоры оснащаются отводами конденсата, потому что есть вероятность того, что он может образовываться на пластинах. Выпадения конденсата приводит к образованию льда, из этого следует, что есть необходимость в системе размораживания. Рекуперация тепла также может регулироваться с помощью перепускного клапана, который контролирует расход воздуха, который проходит через рекуператор воздуха. Пластинчатый рекуператор не имеет подвижных частей.

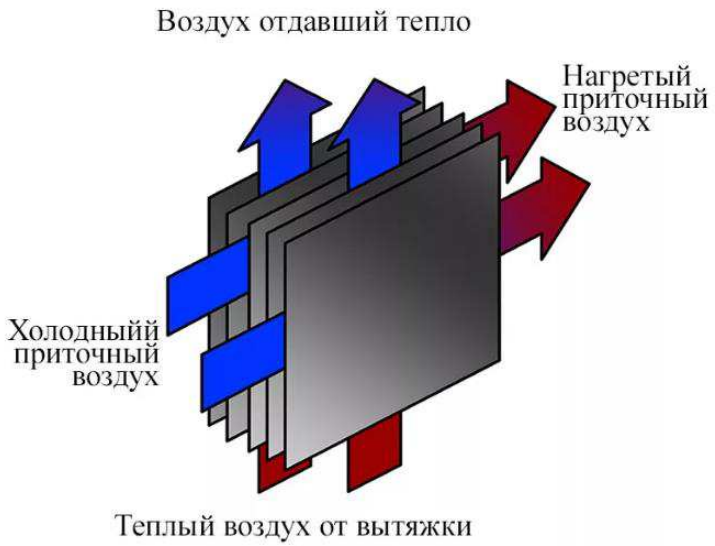


Рисунок 3 – Принцип работы пластинчатого рекуператора

Роторные рекуператоры. В роторных рекуператорах происходит обмен (полный) температур двух потоков воздуха (рисунок 4). Теплообмен происходит за счет того, что ротор непрерывно вращающается между удаляемым и приточным каналами. Роторные рекуператоры имеют существенный недостаток, а именно есть вероятность, что запахи и загрязнители, выделяемые людьми, строительными материалами, мебелью, могут перемещаться из удаляемого

воздуха в приточный. Данный недостаток возможно решить за счет правильного расположения вентиляторов. Скорость вращения ротора регулирует уровень рекуперации тепла. В таких рекуператорах есть наличие подвижных частей.

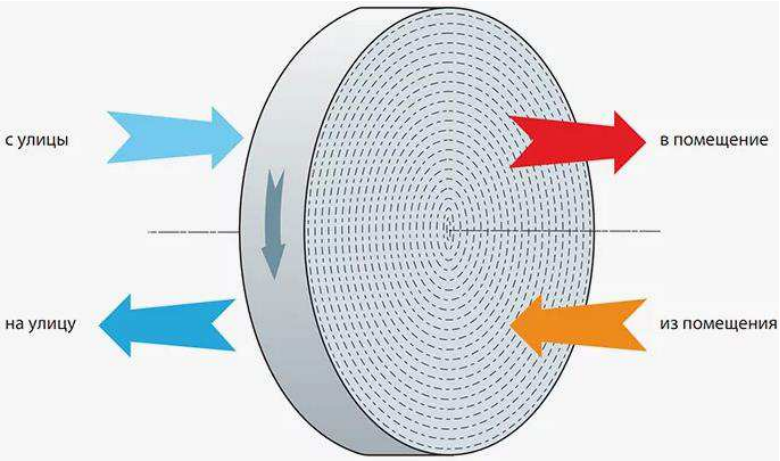


Рисунок 4 – Принцип работы роторного рекуператора

Камерные рекуператоры. Камерный рекуператор представлен на рисунке 5, на котором видно, что заслонка разделят камеру на две части. Одна часть камеры нагревается удаляемым воздухом, далее заслонка меняет направление воздушного потока таким образом, что приточный воздух уже нагревается от нагретых стенок камеры. Также у камерных рекуператоров существует недостаток, который заключается в том, что загрязнения и запахи, которые содержатся в удаляемом воздухе могут передаваться в приточный.

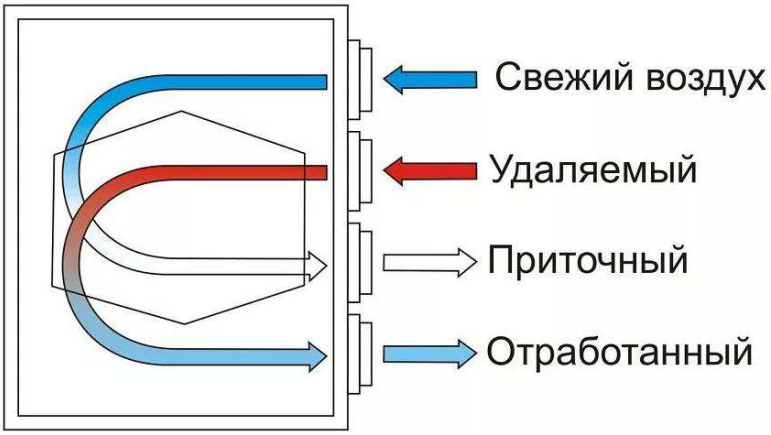


Рисунок 5 – Принцип работы камерного рекуператора

Рекуператоры с промежуточным теплоносителем. Такие рекуператоры обычно используются в системах, где недопустимо смешение потоков воздуха, а также в тех случаях, когда существует большое расстояние между установками (приточной и вытяжной). С помощью теплообменника, который установлен в вытяжной части установки, теплоноситель получает тепло от удаляемого воздуха и затем передает его подаваемому воздуху с помощью теплообменника, который установлен в приточной части установки и выполняет функцию начального нагревателя (рисунок 6). В зависимости от климата в качестве промежуточного теплоносителя может использоваться незамерзающая жидкость (фреон) или вода.

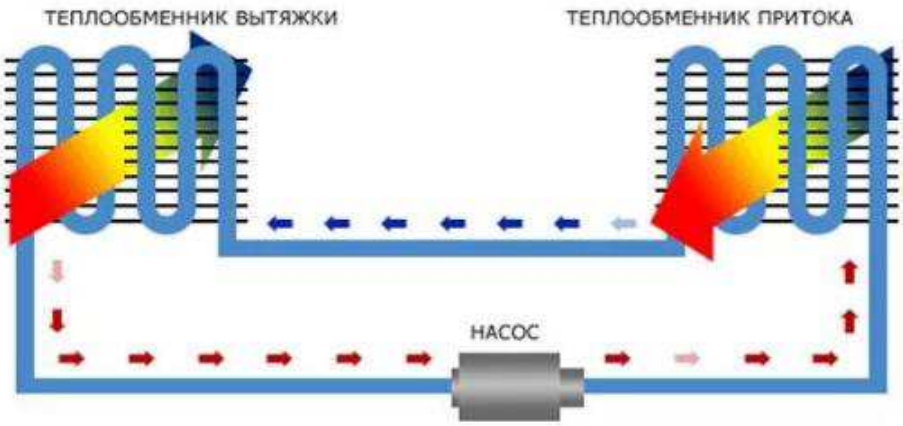


Рисунок 6 – Принцип работы рекуператора с промежуточным теплоносителем

Тепловые трубы. Тепловые трубы состоят из закрытой системы трубок, которые заполнены фреоном, испаряемым за счет тепла, которое отдается вытяжным воздухом (рисунок 7). Фреон поступает в теплообменник (конденсатор), который находится в приточной части установки и конденсируется, тем самым отдавая тепло приточному воздуху.

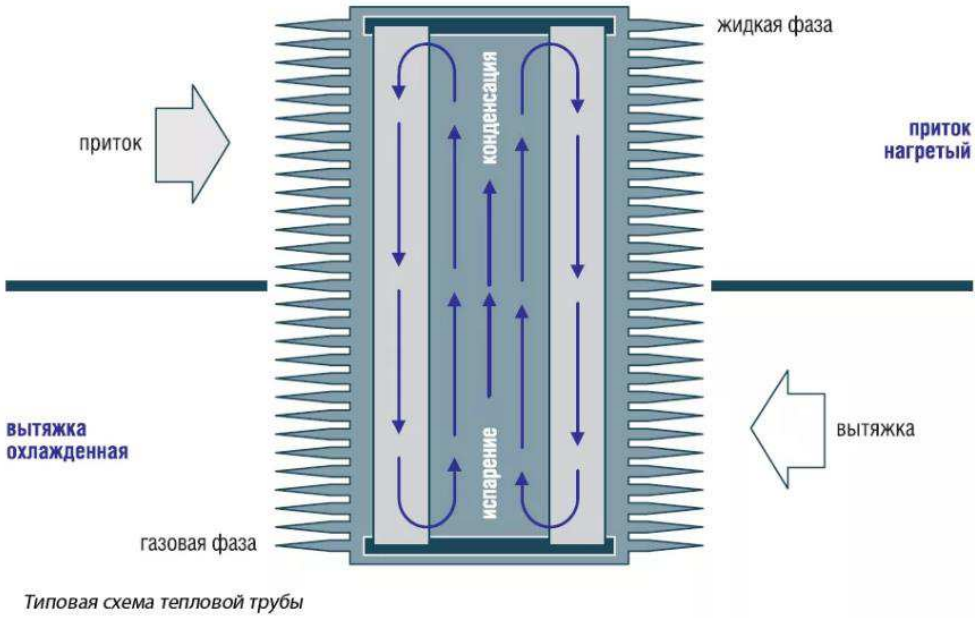


Рисунок 7 – Принцип работы рекуператора с тепловыми трубами

1.3.2. Альтернативные системы по использованию солнечной энергии

Вакуумный коллектор с термотрубками. В настоящее время активно ведутся работы по разработке фотоэлектрических систем, которые представляют собой системы, преобразующие солнечную радиацию непосредственно в электричество. Коллектор поглощает световую энергию Солнца, которую затем преобразует в тепло, которое передается далее теплоносителю (жидкости или воздуху) и затем используется для нагрева воды, обогрева зданий, производства электричества. Наиболее эффективными коллекторами, которые используются в круглогодичных водонагревательных установках, являются вакуумными солнечными коллекторами (рисунок 8).

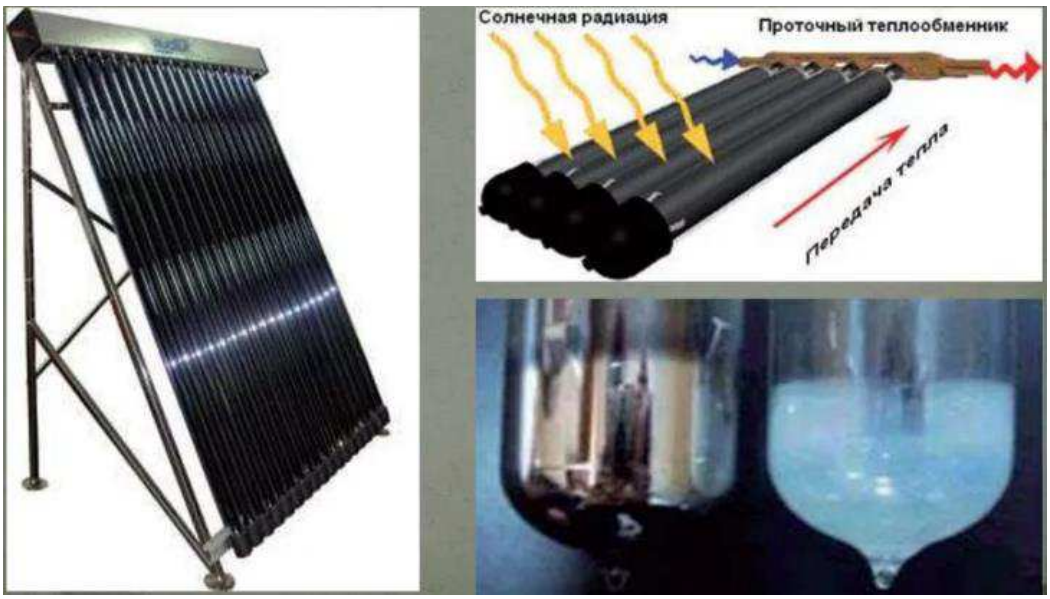


Рисунок 8 – Вакуумный коллектор с термотрубками

Термотрубка представляет собой закрытую медную труба с небольшим содержанием легкокипящей жидкости. Жидкость испаряется под воздействием тепла и забирает тепло вакуумной трубки. Пары поднимаются в верхнюю часть – головку, где конденсируются и передают тепло незамерзающей жидкости отопительного контура или теплоносителю основного контура водопотребления. Далее конденсат стекает вниз, и все повторяется сначала. Приемник солнечного коллектора (медный с полиуретановой изоляцией), закрывается нержавеющим листом. Передача тепла происходит через медную "гильзу", которая установлена в приемнике. Благодаря этому отопительный контур отделен от трубок, при повреждении одной трубки коллектор может продолжать работать. Процедура замены трубок очень проста и при этом нет необходимости сливать незамерзающую смесь из контура теплообменника.

Другим важным преимуществом коллекторов с тепловыми трубками является их способность работать при температурах до –35°С (полностью стеклянные коллекторы с тепловыми трубками) или даже до –50°С (коллекторы с металлическими тепловыми трубками).

Обычно испарение начинается при температуре трубки более 30°С, таким образом при низких температурах трубка как бы «запирается» и не происходит

потерь тепла через коллектор (к примеру, ночью или в пасмурную погоду). При этом коллектор помещается снаружи помещения, а все остальное оборудование – внутри дома. Это все способствует минимизации теплопотерь.

1.3.3 Адаптивные системы вентиляции с переменным расходом воздуха

Такими системами являются системы, обеспечивающие поддержание заданных параметров воздуха в зонах обслуживания с различными требованиями к микроклимату. Такие системы сравнительно низкой стоимости и довольно экономичном энергопотреблении вентилятора. Энергоэффективность достигается за счет принципа работы такой системы, то есть вентиляция работает там и где и когда это необходимо. В зависимости от потребности каждого помещения, а также от количества людей и вида деятельности работают элементы системы вентиляции. Существует три основных типа адаптивных систем:

1) регулируемые вручную;
2) с датчиками движения;
3) с датчиками, которые фиксируют изменения влажности и концентрацию углекислого газа.

Адаптивные системы, регулируемые вручную. Эти системы экономически выгодны, но они крайне неудобны в использовании, а также непрактичны и требуют постоянного присутствия человека, да к тому же при ручном управлении могут возникать ошибки в управлении, которые связанны с человеческим фактором.

Адаптивные системы с датчиками, фиксирующими изменение влажности и концентрацию углекислого газа. Системы вентиляции с датчиками влажности являются более приемлемыми для жилых помещений (рисунок 9). Влажность также является относительным показателем состояния загрязненности помещения. В основе таких систем вентиляций с компонентами, которые реагируют на повышение или на понижение влажности, лежит

способность некоторых материалов расширяться при повышении влажности воздуха и сжиматься при снижении влажности воздуха.

Рисунок 9 – Общий вид датчика температуры и влажности

В зависимости от влажности внутри помещения настраивается поток воздуха, чем влажность выше, тем шире открываются заслонки, которые регулируют количество воздуха, которое поступает в помещение. Датчики влажности полностью изолированы от приточного воздуха. Датчики фиксируют только изменения внутренней влажности. Технология чувствительности к влажности также используется в вытяжных решетках в комнатах, приточных устройствах, где состояние влажности отражает уровень внутренней загрязненности (кухни, гостиные комнаты, спальни, ванные комнаты) При использовании адаптивных систем вентиляции жилые помещения с большими потребностями получают больший поток воздуха, чем пустые помещения.

Системы вентиляции с датчиками движения. Такие системы чаще всего используются в общественных помещениях. Наиболее экономически целесообразным способом повышения энергоэффективности является применение следующего комплекса мер: повышение теплозащиты ограждающих конструкций, современных энергосберегающих методов и технологий, внедрение инженерных и конструктивных мероприятий.

1.3.4 Вентилируемые ограждающие конструкции

Вентилируемые окна. Использование вентилируемых окон с клапаном является еще одним эффективным способом для сохранения энергии на обогрев и охлаждение помещений (рисунок 10). В отличие от традиционных окон, которые имеют замкнутую воздушную прослойку между стеклами, вентилируемые окна имеют вверху щели (клапан), через которые движется (вентилируется) внутренний воздух. Также, вентилируемые окна могут обеспечивать превосходное тепло и шумоизоляцию. За счет ликвидации холодных ниспадающих потоков пространство рядом с окнами используется более эффективно.

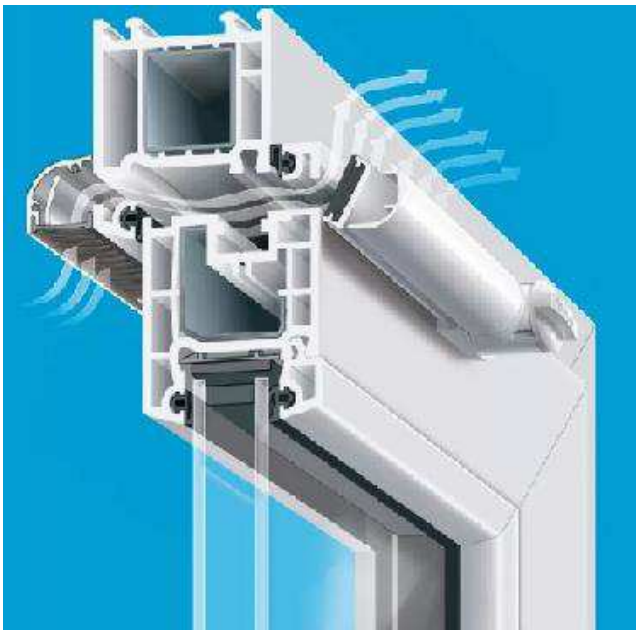


Рисунок 10 – Пластиковое окно с приточным клапаном

Вентилируемые стены. Вентилируемые стены являются более экологичной системой за счет того, что конструкции дома (перегородки, стены, перекрытия) выступают в роли теплоаккумуляторов (рисунок 11). Внутри конструкций имеются отверстия для прохождения теплого воздуха из дома, передающий им тепло. Таким образом, отпадает необходимость в дорогостоящих массивных теплоаккумуляторах.

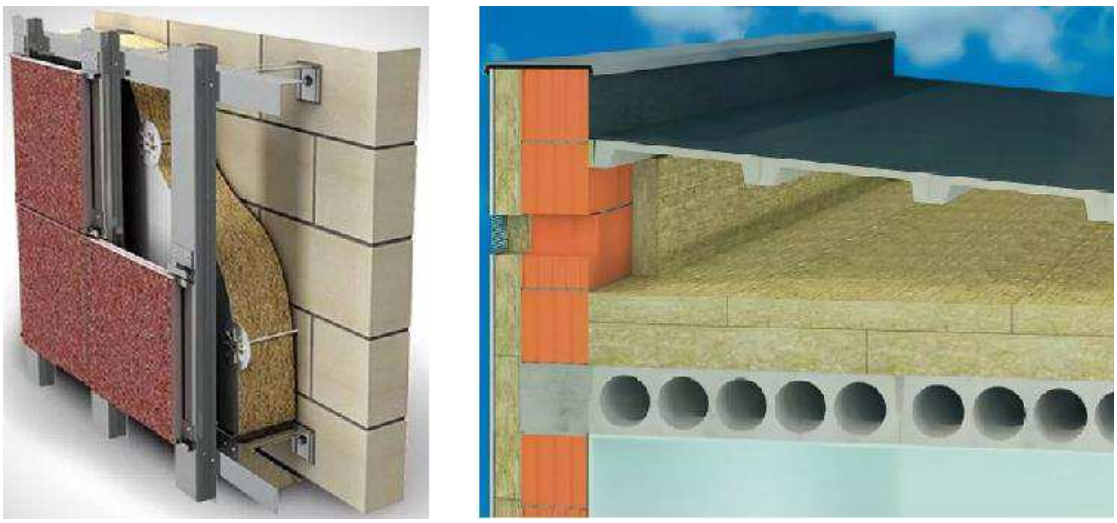


Рисунок 11 – Вентилируемые стена и перекрытие

1.3.5 Автоматизированные энергосберегающие инженерные системы микроклимата зданий

В энергоэффективном здании используется полный набор приборов, средств и систем автоматизации центральных систем ОВК (отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха). Специальные отдельные системы предназначены для индивидуального комнатного регулирования температуры в режиме обогрева или охлаждения, индивидуального комнатного воздухообмена, а также для освещения и затенения помещения с помощью жалюзи (рисунок 12).

Рисунок 12 – Системы автоматизации здания

Центральная станция предназначена для диспетчеризации и представляет собой интегрированную систему управления зданием для поддержания микроклимата и энергосбережения. Она также интегрирует системы пожарной безопасности, контроль несанкционированного проникновения в помещения, контроль доступа, видеонаблюдение и оповещение при нештатных ситуациях. Специальные веб–приложения позволяют осуществлять управление с удаленного компьютера, а мобильные приложения – с помощью смартфона или планшета (рисунок 13).

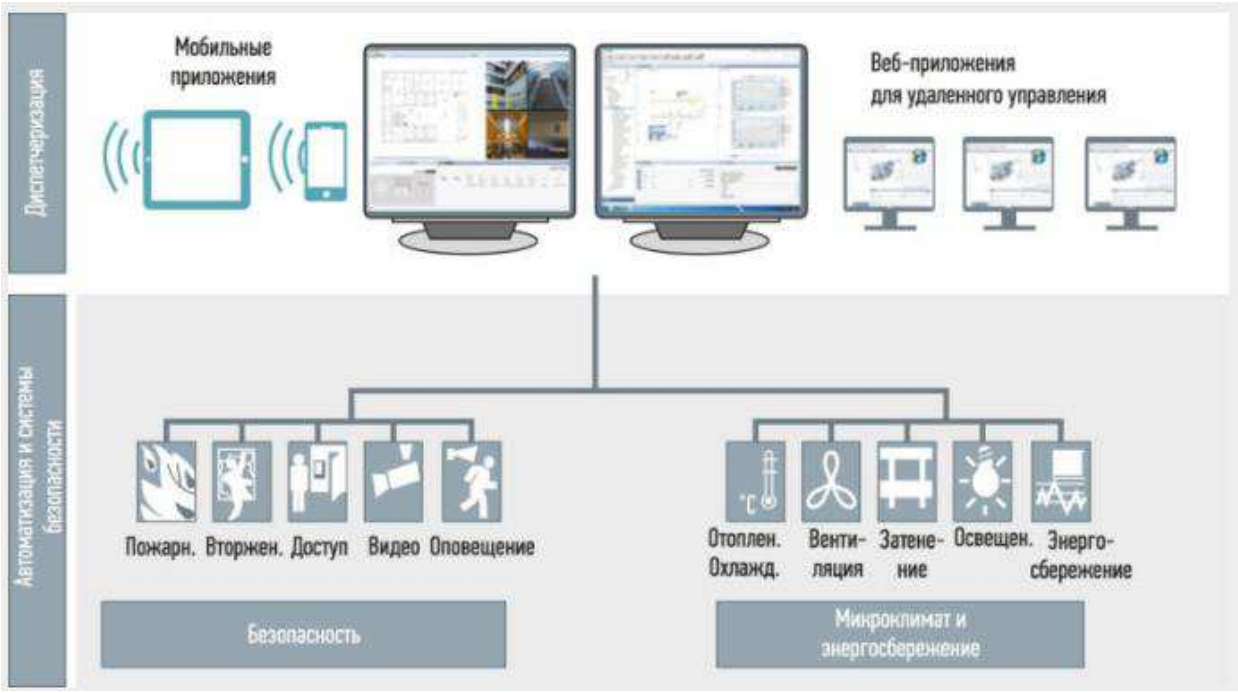


Рисунок 13 – Система диспетчеризации здания

В соответствии с европейской нормой EN 15232 и российским стандартом РФ – ГОСТ Р 54862–2011, системы автоматизации зданий и методы управления инженерными системами условно разделены на четыре класса энергоэффективности: A, B, C и D (рисунок 14).

Рисунок 14 – Классы энергетических характеристик систем автоматизации

Класс D включает в себя неэнергоэффективные системы автоматизации зданий и методы управления инженерными системами, которые не должны закладываться в проектные решения. Класс C называется стандартным, или сравнительным. Энергопотребление в инженерных системах, автоматизированных и управляемых по классу C, условно принимается за единицу для сравнения. К классу B относятся системы с повышенной энергоэффективностью, а к классу A – с высокой. Если, например, в офисном здании системы автоматизации и методы управления инженерными системами, соответствующие классу C, модернизировать и довести до класса A, то можно начать экономить до 30% тепловой энергии и до 13% электрической энергии. Метод определения потенциала экономии основан на коэффициентах. Он оправдал себя за много лет эксплуатации инженерных систем зданий, начиная с 2003 г. Отличие систем автоматизации различных классов на практике показано на примере автоматизации системы отопления здания (таблица 2).

Таблица 2 – Системы автоматизации отопления различных классов

		D	C	B	A
Автоматизация системы отопления					
Комфортные условия в помещениях					
Поддержание температуры в помещениях					
0	Автоматическое регулирование температуры в ЦТП				
1	Автоматическое регулирование температуры в ИТП				
2	Покомнатное регулирование температуры (радиаторными вентилями, термостатами и т. д.)				
3	Покомнатное регулирование с коммуникацией между контроллерами и центральной станцией				
4	Покомнатное регулирование с коммуникацией и учетом потребности в присутствии человека				

Если автоматическое регулирование температуры отопления ограничивается ЦТП (центральным тепловым пунктом), то система соответствует неэффективному классу D, поскольку теплоноситель одной температуры подается в разные здания с разными тепловыми характеристиками и разной потребностью в отоплении. Если автоматическое регулирование температуры отопления ограничивается ИТП (индивидуальным тепловым пунктом), то система тоже соответствует классу D, поскольку теплоноситель подает одинаковую температуру в разные помещения здания с разной потребностью в отоплении. Для того чтобы соответствовать хотя бы стандартному классу C, необходимо обеспечить покомнатное регулирование температуры хотя бы одним из перечисленных способов: радиаторными вентилями, термостатами, комнатными контроллерами и т. д. Для класса B необходимо организовывать покомнатное регулирование температуры с коммуникацией между контроллерами и центральной станцией. Коммуникация в виде обратной связи позволяет извлечь дополнительный потенциал экономии в системе отопления. И наконец, чтобы соответствовать классу A, необходимо обеспечить покомнатное регулирование температуры с коммуникацией между контроллерами и центральной станцией плюс контроль присутствия человека в помещении. Таким образом, чем выше уровень автоматизации, тем больше возможностей для извлечения потенциала экономии в инженерных системах.

1.4. Выводы

1. В России за последние десятилетия произошли изменения в нормативных требованиях к энергоэффективности и энергосбережению зданий. Принято ряд нормативных документов связанных с увеличением энергетической эффективности не только вновь возводимых зданий и сооружений, но и эксплуатируемых, а также и с разработкой и с внедрением новых принципов и систем жизнеобеспечения, то есть создания и поддержания микроклимата.

2. Из анализа мирового и отечественного опыта следует, что в настоящее время происходит активное развитие энергосберегающих инженерных систем микроклимата зданий. Закладываются в проекты энергосберегающие мероприятия в системах обеспечения микроклимата, обеспечивающие заданные значения энергетических показателей микроклимата помещения при минимальном расходе энергии. Однако по внедрению энергосберегающих решений, энергосберегающих устройств и оборудования инженерных систем в строительство зданий и сооружений наша страна отстает от зарубежных показателей.

3. Из изложенного вытекает актуальность вопроса, что в целом снизить энергопотребление системами обеспечения микроклимата можно, объединив в комплексе все инженерные устройства и технологии по снижению энергопотребления до уровня, при котором сохраняются требуемые параметры микроклимата в помещении. Это возможно при оценке энергетической эффективности систем обеспечения микроклимата и наличии системы автоматизированного управления.

2. Оценка энергетической эффективности систем обеспечения микроклимата

2.1 Выбор параметров внутреннего и наружного климата

Параметры внутреннего микроклимата в здании принимают по имеющимся санитарно–гигиеническим нормам в зависимости от категории основных функциональных помещений или их групп и требований заказчика к качеству обеспечения микроклимата при выполнении условий санитарно–гигиенической безопасности. При оценке уже принятого проектного решения данные параметры принимаются по рабочему проекту, при расчете энергоэффективности на стадии проекта и (или) при предварительных многовариантных расчетах допускается выбирать единые значения по характерному (представительному) помещению. Объектом для расчета является пятиэтажный жилой дом в г. Красноярске.

В отопительный период устанавливают следующие параметры по [12]:

$t_{в}$ – расчетная температура внутреннего воздуха в рабочее время, °С (принимаем равной 21°С);

$t_{в.нраб}$ – минимально–допустимая температура внутреннего воздуха в нерабочее время, °С (принимаем равной 20 °С);

$\varphi_{в}$ – относительная влажность внутреннего воздуха в рабочее время, % (принимаем равной 45 %).

В охладительный период устанавливают следующие параметры по [12]:

$t_{в.охл}$ – расчетная температура внутреннего воздуха в рабочее время, °С (принимаем равной 21 °С);

$\varphi_{в.охл}$ – относительная влажность внутреннего воздуха в рабочее время, % (принимаем равной 45 %).

Расчетные параметры наружного климата принимают по [11] в зависимости от района строительства и требований заказчика к качеству обеспечения микроклимата.

В отопительный период используют следующие параметры:

$t_{н.р}$– расчетная температура наружного воздуха, °С, для проектирования наружных ограждений, систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (принимаем равной –37 °С);

$\varphi_н$ – относительная влажность наружного воздуха, % (принимаем равной 75 %);

$t_{о.п}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С (принимаем равной –6,7 °С);

$z_{о.п}$ – продолжительность отопительного периода, сут (принимаем равной 233 сут).

В охладительный период используют следующие параметры:

$t_{н \cdot охл}$ – расчетная температура наружного воздуха, °С, для проектирования систем кондиционирования воздуха (принимаем равной 27 °С);

$I_{н \cdot охл}$ – расчетная энтальпия наружного воздуха, кДж/кг, для проектирования систем кондиционирования воздуха (принимаем равной 56,8 кДж/кг).

2.2 Определение годового теплопотребления системами отопления

При предварительных многовариантных расчетах годовое теплопотребление, МВт·ч/г, оценивают по формуле

$$Q^{г}_{от} = \beta M \Sigma\left(n_i A_i I R_i\right) \cdot 10^{-3} + 0{,}33 M V_{от} K p_{нраб} к \cdot 10^{-3} - Q^{г}_{пост}, \qquad (2.1)$$

где β – коэффициент запаса на добавочные потери теплоты и округление поверхности отопительных приборов, рекомендуются принимать в пределах 1,1 – 1,13;

М=0,024·ГСОП – характеристика отопительного периода, тыс. К·ч (^{0}С·ч), где ГСОП – $(t_в – t_{о.п}) \cdot Z_{о.п.}$ – градусо–сутки отопительного периода, К·сут (^{0}С·сут).

В зданиях, где поддерживают пониженную температуру в нерабочее время, вместо $t_в$ при расчете M для формулы (2.1) следует принимать условную внутреннюю температуру по формуле

$$t_{в.усл} = \left| t_в \left(168 - z_{деж} \right) k_{нат} + t_{в.нраб} z_{деж} \right| / 168 , \qquad (2.2)$$

где 168 – число часов в неделе;

$z_{деж}$ – продолжительность функционирования системы отопления в дежурном режиме, часов в неделю;

$k_{нат} > 1$ – коэффициент натопа, учитывающий повышенную теплоотдачу отопительных приборов в период натопа;

n_i – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху по таблице 1 [9];

A_i и R_i – площадь, м^2, и сопротивление теплопередаче, м^2·К/Вт, соответственно ограждающих конструкций оболочки здания: наружных стен, окон, балконных дверей, перекрытия над неотапливаемым подвалом или техническим подпольем, пола по грунту, чердачного перекрытия или покрытия и др. Значения A_i и R_i принимают по проекту с учетом требований СП 50.13330 [8].

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

$Кр_{нраб}$ – средняя по зданию кратность воздухообмена для неорганизованного притока, ч$^{-1}$. При расчете по укрупненным показателям допускается принимать величину для жилых зданий и дошкольных учреждений по таблице 2 [9]; а для нежилых зданий – в диапазоне 0,2 – 0,5.

k – коэффициент учета встречного теплового потока при естественном воздухообмене здания; принимается равным 0,7 для стыков панелей стен и окон с тройными переплетами, 0,8 – для окон и балконных дверей с раздельными переплетами и 1,0 – для одинарных окон, окон и балконных дверей со спаренными переплетами и открытых проемов;

$Q^{г}_{пост}$, МВт·ч/г – теплопоступления в здание за отопительный период, учитываемые только при установке автоматических терморегуляторов у отопительных приборов или иных решениях по автоматическому регулированию поддержания заданной температуры помещения в зависимости от отклонения величины $t_в$ от принятого уровня.

Величину $Q^{г}_{пост}$, МВт·ч/г, вычисляем по следующей формуле

$$Q^{г}_{пост} = \left(Q^{г}_{ч} + Q^{г}_{с} + Ez_{оп}/365 \right) \cdot k_{пост} \quad , \qquad (2.3)$$

где $Q^{г}_{ч}$ и $Q^{г}_{с}$ – теплопоступления от людей и солнечной радиации соответственно в течение отопительного периода, МВт·ч/г, определяемые по формулам

$$Q^{г}_{ч} = q_{ч.я} n_{ч} \Sigma z_{ч} \left(z_{оп}/7 \right) \cdot 10^{-6}, \qquad (2.4)$$

$$Q^{Г}_{Ч} = \frac{90 \cdot 60 \cdot 168 \cdot 233 \cdot 10^{-6}}{7} = 30 \text{ МВт·ч/г,}$$

$$Q^{г}_{с} = \Sigma \left(\tau_{окi} k_{отнi} A_{окi} \cdot I_i / 3600 \right), \qquad (2.5)$$

$$Q^{Г}_{С} = \frac{8 \cdot 0,65 \cdot 0,85 \cdot 2,25 \cdot 4336}{3600} + \frac{6 \cdot 0,65 \cdot 0,85 \cdot 2,25 \cdot 200}{3600} = 12,4 \text{ МВт·ч/г.}$$

где $q_{ч.я}$ – удельные поступления явной теплоты от людей, Вт/чел., принимаемые в зависимости от параметров внутреннего микроклимата в здании и уровня физической нагрузки, указанного в приложении А; при расчете по укрупненным показателям допускается принимать удельные поступления явной теплоты от людей равной 90 Вт/чел.;

$n_ч$ – среднее число людей в здании в течение рабочего времени;

$\sum Z_ч$ – средняя продолжительность пребывания людей в здании, часов в неделю; как правило, $\sum Z_ч = \sum Z_{раб}$, где $\sum Z_{раб}$ – продолжительность рабочего времени в здании, часов в неделю. В жилых и подобных им непрерывно функционирующих зданиях средняя продолжительность пребывания людей в здании равна 168 часов в неделю;

7 – число дней недели;

$\tau_{окi}$ – коэффициент затенения i–го светового проема окон непрозрачными элементами принятого заполнения;

$k_{отнi}$ – коэффициент относительного проникания солнечной радиации для i–го заполнения светопроемов;

$A_{окi}$ – площадь i–го светопрозрачного ограждения, м^2;

I_i – интенсивность солнечной радиации за отопительный период через i–е светопрозрачное ограждение, МДж/м^2, с учетом его ориентации по сторонам горизонта и средних условий облачности, по СП 131.13330 [11]. Для учета облачности значения, принятые по СП 131.13330 [11] и соответствующие безоблачному небу, необходимо брать с понижающим коэффициентом 0,6;

E – годовое электропотребление систем электроснабжения здания, МВт·ч/г, определяемое по формуле 2.9;

$k_{пост}$ – коэффициент учета теплопоступлений, связанный с вероятностью их превышения над теплопотерями и невозможностью вследствие этого их полного использования. Допускается принимать $k_{пост}$ = 0,8 – 0,85. При ориентировочных расчетах допускается величину $Q^{г}_{пост}$, МВт·ч/г, определять по формуле

$$Q^{г}_{пост} = q_{пост} A_{от} \Sigma z_{раб} \left(z_{оп} / 7 \right) \cdot 10^{-6} \qquad (2.6)$$

где $q_{пост}$ – удельные теплопоступления, Вт/м^2, на 1 м^2 отапливаемой площади $A_{от}$, принимаемые в зависимости от категории основных функциональных помещений или их групп и требований заказчика к качеству обеспечения микроклимата методом экспертной оценки.

$E = 0,719 \cdot 60 = 43,14$ МВт·ч/г,

$Q^{Г}_{ПОСТ} = (30 + 12,4 + \frac{43,14 \cdot 233}{365}) \cdot 0,85 = 59,5$ МВт·ч/г,

$Q^{Г}_{ОТ} = 1,13 \cdot 155 \cdot (\frac{1 \cdot 1311}{3,66} + \frac{1 \cdot 157,5}{0,7} + \frac{1 \cdot 466}{5,43}) \cdot 10^{-3} + 0,33 \cdot 155 \cdot 7925,4 \cdot 0,67 \cdot$

$\cdot 0,8 \cdot 10^{-3} - 59,5 = 394 МВт \cdot ч / г.$

2.3 Определение годового теплопотребления системами вентиляции и (или) кондиционирования воздуха

При предварительных многовариантных расчетах годовое теплопотребление, МВт·ч/г, оценивают по формуле

$$Q^{г}_{вент(кв)} = 0{,}33 M V_{от} Кр_{мех} \left(1 - k_{эф}\right)\left(\Sigma z_{раб.вент} / 168\right) \cdot 10^{-3}, \qquad (2.7)$$

где $\sum Z_{раб.вент}$ – продолжительность работы механической системы приточной вентиляции и (или) кондиционирования воздуха, часов в неделю; как правило, $\sum Z_{раб.вент} = \sum Z_{раб.}$;

0,33 = $\rho c/3600$ = 1,2·1005/3600 – коэффициент (ρ – плотность, c – удельная теплоемкость воздуха);

$Kp_{мех}$ – средняя по зданию кратность воздухообмена приточной механической вентиляции и (или) центрального кондиционирования воздуха, $ч^{-1}$. При расчете по укрупненным показателям при предварительных многовариантных расчетах допускается принимать величину $Kp_{мех}$ по таблице 2 [9];

$k_{эф}$ – коэффициент температурной эффективности устройств утилизации теплоты и (или) рециркуляции при наличии механической вентиляции, принимаемый равным 0 в случае отсутствия рециркуляции и утилизации теплоты вытяжного воздуха. При наличии утилизации коэффициент принимают по проектным данным, а при их отсутствии – в размере 0,4 – 0,5 при использовании утилизаторов с промежуточным теплоносителем; 0,5 – 0,55 при использовании рекуперативных утилизаторов; 0,6 – 0,85 при использовании вращающихся регенераторов; при использовании теплонасосных установок (ТНУ) – до 1. При использовании рециркуляции $k_{эф}$ считается равным доле рециркуляционного воздуха в смеси, при совместном использовании рециркуляции и утилизации $k_{эф}$ определяют по расчету;

M и $V_{от}$ – то же, что и в формуле 2.1 для $Q^{г}_{от}$, однако здесь параметр M для любых зданий, в том числе и там, где проводят снижение температуры в нерабочее время, рассчитывают с использованием величины $t_{в}$.

$$Q^{Г}_{Вент(кв)} = 0,33 \cdot 155 \cdot 7925,4 \cdot 0,67 \cdot (1-0) \cdot (168/168) \cdot 10^{-3} = 272 \text{ МВт • ч/г.}$$

2.4 Определение годового теплопотребления системами горячего водоснабжения (ГВС)

При предварительных многовариантных расчетах годовое энергопотребление, $\text{МВт} \cdot \text{ч/г}$, оценивают по формуле

$$Q^{г}_{гв} = g^{h}_{u,m} U \left[z_{оп} + k_1 k_2 \left(365 - z_{оп} - n \right) \right] \cdot 1,163 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta t \cdot k_h \,, \qquad (2.8)$$

где $g^{h}_{u,m}$ – норма расхода горячей воды в средние сутки, л/сут на водопотребителя (в зависимости от назначения здания – на одного жителя, работающего, койку, посетителя, блюдо и т.п.), принимают по [31];

U – количество потребителей горячей воды в здании, ед.;

k_1 – коэффициент снижения расхода горячей воды в теплый период года, принимают в размере 0,8, кроме городов Южного федерального округа РФ и курортов, для которых $k_1 = 1$;

k_2 – коэффициент снижения разности температур в системе ГВС в теплый период года при отсутствии использования вторичных энергоресурсов (ВЭР) для подогрева воды, принимают равным 0,82. При использовании ВЭР $k_2 = 1$;

n – продолжительность отключения ГВС для профилактических работ, сут/год;

$1,163 \cdot 10^{-6} = (4,19/3,6) \cdot 10^{-6}$ МВт·ч/(кг·К) – удельная теплоемкость воды;

Δt – разность температур, К, холодной и нагретой воды в системе ГВС, при отсутствии использования ВЭР для подогрева воды принимают равной 55; при использовании ВЭР принимают равной 60 – $t_{ВЭР}$, где $t_{ВЭР}$ – температура нагреваемой воды после устройства, использующего ВЭР (ТНУ и др.);

k_h – коэффициент снижения расхода горячей воды за счет применения мероприятий по снижению водопотребления. При отсутствии данных его допускается принимать равным 1 – $\Delta k_{h,i}$: где $\Delta k_{h,i}$ – относительное снижение расхода воды за счет того или иного мероприятия, в том числе: 0,05 при установке поквартирных водосчетчиков; 0,03 – при использовании смесителей с

левым расположением крана горячей воды или кранов с регулируемым напором воды. При отсутствии специальных мероприятий k_h принимают равным 1.

$$Q_{ГВ}^{Г} = 72,3 \cdot 60 \cdot \left[233 + 0,8 \cdot 0,82 \cdot (365 - 233 - 14)\right] \cdot 1,163 \cdot 10^{-6} \cdot 55 \cdot (1 - 0,05) = 81,8$$

МВт·ч/г.

2.5 Определение годового электропотребления системами электроснабжения здания

Установленная мощность N_y, кВт, и годовое энергопотребление E, МВт·ч/г, систем электроснабжения здания, в том числе для освещения, электробытовых приборов и оргтехники, а также для приводов инженерных систем здания, определяют по данным проекта. При оценке энергоэффективности при предварительных многовариантных расчетах для технико–экономического обоснования значение E может быть вычислено по формуле

$$E = \Sigma\left(N_{yi} k_{спi} \Sigma z_{pi}\right) \cdot 52 \cdot 10^{-3}, \qquad (2.9)$$

где $N_{y,i}$ – максимальная установленная мощность соответствующего потребителя, кВт, принимаемая по проектным данным или, при их отсутствии, по укрупненным измерителям (приложения Б, В) [9];

$k_{спi}$<1 – коэффициент спроса на электроэнергию (приложение В) [9];

$\sum Z_{pi}$ – продолжительность работы i–го потребителя, часов в неделю;

52 – число недель в году. Для электроприводов систем отопления вместо 52 нужно принимать $Z_{о.п}/7$.

В жилых зданиях величину E можно определить по удельному годовому энергопотреблению на одного человека $E_{уд}$ (приложение В) [9].

$E = 0,719 \cdot 60 = 43,14$ МВт·ч/г.

2.6 Расчет показателей энергопотребления и энергоэффективности здания и выбор варианта проектного решения

После определения годового энергопотребления инженерными системами здания вычисляют суммарное удельное годовое энергопотребление здания на 1 м^3 отапливаемого объема $V_{от}$, кВт·ч/(м^3·г) по формуле

$$q^{р}_{общ} = \left(Q^{г}_{от} + Q^{г}_{вент(кв)} + Q^{г}_{гв} + E \right) \cdot 10^3 / V_{от}$$

$$q^{Р}_{ОБЩ} = \frac{(394 + 272 + 81{,}8 + 43{,}14) \cdot 10^3}{7925{,}4} = 99{,}8 \quad \text{кВт·ч/(м}^3\text{·г).} \qquad (2.10)$$

Далее вычисляют коэффициент полезного использования энергии зданием по формуле

$$\eta_{зд} = \left[Q^{г}_{от} + Q^{г}_{пост} + Q_{вент(кв)} / \left(1 - k_{эф} \right) + Q_{\Sigma.гв} \cdot 55 / \Delta t + E \right] / Q_{перв}, \qquad (2.11)$$

где $Q_{перв} = \left(Q^{г}_{от} + Q^{г}_{вент(кв)} + Q^{г}_{гв} \right) / \eta_{тепл} + E / \eta_{эл}$ – расход энергии зданием за год в пересчете на первичное топливо, МВт·ч/г.

$$Q_{ПЕРВ} = \frac{(394 + 272 + 81{,}8)}{0{,}9} + \frac{43{,}14}{0{,}9} = 879 \quad \text{МВт • ч/г.}$$

Где $\eta_{тепл}$ и $\eta_{эл}$ – коэффициенты полезного действия источников соответственно тепловой и электрической энергии, обслуживающих здание, при принятых способах производства данных видов энергии. При подключении к источникам, не использующим первичное органическое топливо (гидро– и атомные электростанции, солнечные, ветровые и другие установки) соответствующее слагаемое в скобках формулы (2.11) игнорируют.

$\eta_{зд}$ =[394+59,5+272/(1–0)+81,8·55/55+43,14]/879 = 0,88

Результаты вычисления годового энергопотребления допускается применять при технико–экономическом сравнении вариантов проектного решения и выборе оптимального варианта.

Для определения фактического энергопотребления здания и проверки выполнения проектных показателей через 1 – 2 года после введения его в эксплуатацию проводится освидетельствование по показаниям счетчиков

тепловой и электрической энергии на вводах в здание. Показания счетчика тепловой энергии Q', МВт·ч/г, сравнивают с суммой $Q^{г}_{от} + Q^{г}_{вент(кв)} + Q^{г}_{гв}$ для окончательного варианта проекта, приведенной к фактическому значению температуры наружного воздуха пересчетом по формуле

$$\left(Q^{г}_{от} + Q^{г}_{вент(кв)} + Q^{г}_{гв}\right) = \left(Q^{г}_{от} + Q^{г}_{вент(кв)}\right) \cdot \left(\frac{t_{в} - t'_{о.п}}{t_{в} - t_{о.п}}\right) + Q^{г}_{гв}, \qquad (2.12)$$

где $t'_{о.п}$ – фактическая средняя температура наружного воздуха за рассматриваемый отопительный период, °С, принимаемая по данным метеорологической станции. В зданиях, где поддерживается пониженная температура в нерабочее время, вместо $t_{в}$ следует принимать условную внутреннюю температуру $t_{в.усл}$ [см. пояснения к формуле (2.1) для $Q^{г}_{от}$].

Показания счетчика электрической энергии E' сравнивают с величиной E, МВт·ч/г , для окончательного варианта. В случае превышения фактических значений Q' и E' над проектными разрабатывают рекомендации по дополнительному снижению энергопотребления.

2.7 Выводы

1. В результате расчета оценки энергетической эффективности систем обеспечения микроклимата пятиэтажного жилого дома в г. Красноярске определено: годовое теплопотребление системами отопления; годовое теплопотребление системами вентиляции и (или) кондиционирования воздуха; годовое теплопотребление системами горячего водоснабжения (ГВС); годовое электропотребление системами электроснабжения здания.

2. Произведен расчет показателей энергопотребления и энергоэффективности пятиэтажного жилого дома в г. Красноярске в результате которого выявлено:

– суммарное удельное годовое энергопотребление здания на 1 м^3 отапливаемого объема $q^{р}_{общ}$ = 99,8, кВт·ч/(м^3·г);

– коэффициент полезного использования энергии зданием $\eta_{зд}$ = 0,88.

3. Представленные расчеты являются обоснованием более целесообразного с энергетической точки зрения варианта реализации энергосберегающих мероприятий в пятиэтажном жилом доме г. Красноярска и выбора их оптимального сочетания.

3 Подбор оборудования систем микроклимата пятиэтажного жилого дома в г. Красноярске и энергосберегающих мероприятий при оптимальном их сочетании

3.1 Программные комплексы для подбора энергосберегающих инженерных систем микроклимата зданий

В магистерской диссертации для подбора энергосберегающих инженерных систем микроклимата пятиэтажного жилого дома в г. Красноярске применялись следующие общедоступные программные комплексы: "ПОТОК" – состав пакета Teploov, ВЕЗА, описание и характеристика которых приведены ниже.

3.1.1 Описание программного комплекса "ПОТОК"

Программа ПОТОК [32] предназначается для выполнения теплогидравлического расчета 1–2 трубных, центрального водяного отопления теплоносителем или коллекторных (плинтусных, лучевых) систем теплохолодоснабжения – вода или раствор, с постоянным или скользящим перепадом температур (в случаи присоединения потребителей по однотрубной системе) в зданиях любого назначения с централизованным или раздельным теплоучётом. Тёпло/холод передаётся в помещения местными нагревательными приборами, калориферами, фэнкойлами, с организованным и не организованным учётом тепла в системе. Сложные по конфигурации системы (однотрубные, бифилярные и двухтрубные стояки и пр.) можно разделять на отдельные расчётные блоки с последующим автоматическим объединением с целью гидравлической увязки и получения общей спецификации оборудования в формате MS Word и AutoCAD

Программа дает возможность рассчитывать системы отопления последовательно – соединенные по теплоносителю, системы с предвключенными нагревательными приборами.

Проектируемые системы могут быть: отопления; теплые полы; холодоснабжения; теплоснабжения (калориферов, технологического

оборудования); с ручным и автоматическим регулированием расхода тепла и гидравлической устойчивости; с установкой балансовых клапанов, термостатических вентилей; отопление местными приборами совмещённое элементами с теплоснабжением, теплыми полами; внутриплощадочные теплосети.

По способу учёта затрат на отопление: не организованный учёт тепла; поквартирная – каждая квартира (офис, магазин и т.п.) имеет свой источник тепла и гидравлически системы отопления между собой не связаны – считать отдельно без объединения; системы с раздельным учётом тепла по владельцам (квартир, офисов, магазинов и т.п.) – считать отдельно и объединить.

По присоединению нагревательных приборов при формировании стояков: однотрубные; двухтрубные; бифилярные.

По расположению магистралей: с верхней разводкой; с нижней разводкой с обычными и П – Т– образными стояками; с "опрокинутой циркуляцией"; с единой нижней магистралью с последовательным присоединением П. – образных стояков.

По направлению движения воды: вертикальные или горизонтальные; с тупиковым движением в магистралях; с попутным движением в магистралях; лучевые; коллекторные; с бифилярным движением в приборах;

По приборным (односторонним или двухсторонним) узлам: проточные; регулируемые; с термостатами Danfoss, HERZ, Far, Watts, Comap, IMI (*Heimeier, Tour Andersson*) Oventrop и др.; с подмешивающими модулями для тёплых полов Far, Watts, Oventrop; проточно–регулируемые; с редукционными вставками.

По теплоносителю: сетевая перегретая вода от ТЭЦ (с подбором элеватора); местный источник тепла; незамерзающие растворы.

По источнику, побуждающему циркуляцию: насосные; гравитационные.

В системе отопления могут быть использованы нагревательные приборы прошлых лет, выпускаемые промышленностью СНГ или поставляемые фирмами Италии, Германии, Чехии и др.

Кроме того, система отопления местными нагревательными приборами

может быть совмещена с теплоснабжением калориферов и/или электрических калориферов типа FC–205C – FC–805C, теплоснабжением технологического оборудования. При этом осуществляется совместный расчёт системы, готовятся необходимые проектные материалы. Рекомендуется при конструировании новых систем в обязательном порядке у приборов устанавливать термостаты, на стояках – автоматические балансовые клапаны. Это позволит избежать установки дроссель–шайб, устранить огрехи конструирования, расчёта и монтажа, обеспечить экономию тепла за весь отопительный период, что очень быстро перекроет некоторое увеличение капитальных затрат. Использование двухтрубной разводки также приводит к значительному сокращению эксплуатационных затрат.

3.1.2 Описание программного комплекса "ВЕЗА"

Программное обеспечение ВЕЗА–КЦКП

ВЕЗА–КЦКП – современная специальная инжиниринговая программа для расчета и подбора кондиционеров центральных каркасно–панельных (КЦКП) [33]. Технология программы ВЕЗА–КЦКП дает возможность расчета центральных установок для кондиционирования помещения по заданным параметрам в проектном решении. Также использование программы способствует быстрому подбору каждого отдельного блока системы кондиционирования. Нельзя обойти вниманием тот факт, что программа позволяет мгновенно увидеть полученные параметры воздуха в зависимости от изменения входных параметров.

Программное обеспечение ВЕЗА–CUAL

ВЕЗА – CUAL является специализированной программой для точного расчета теплообменного оборудования. Возможности программы позволяют провести расчет необходимой поверхности теплопередачи, рядности и шага пластин теплообменников, а также расчет стандартных нагревателей для блоков КЦКП, системы Канал и нестандартного (специального) исполнения. Прямая задача, которую решает программа ВЕЗА–CUAL , сводится к расчету перечня

соответствующего оборудования по входным параметрам, предоставляет возможность свободного выбора необходимого размера и типа оборудования. Также программа позволяет провести расчет выходных параметров воздуха для заданного теплообменника.

3.2 Выбор энергосберегающих мероприятий и инженерных систем микроклимата при их оптимальном сочетании для пятиэтажного жилого дома в г. Красноярске

3.2.1 Системы отопления

Отопление решено инновационным способом. Водяная система отопления с принудительной циркуляцией, с нижней разводкой и закрытым расширительным баком. Отопительные приборы соединены двухтрубной системой трубопроводов. Система рассчитана на температуру подающего трубопровода 90 °С, обратного – 70 °С. Эксплуатация происходит без пропусков, но со снижением температуры в ночные часы с помощью контроллера управления котлом, который получает сигналы от наружного датчика температуры.

Низкотемпературная часть системы отопления жилого дома включает в себя греющие контуры, находящиеся в стенах и в полах. Условное размещение теплых полов и теплых стен в жилом доме показано на (рисунок 15). Питание отдельных контуров осуществляется через коллекторы, размещенные под штукатуркой, а регулирование – при помощи позонных регуляторов.

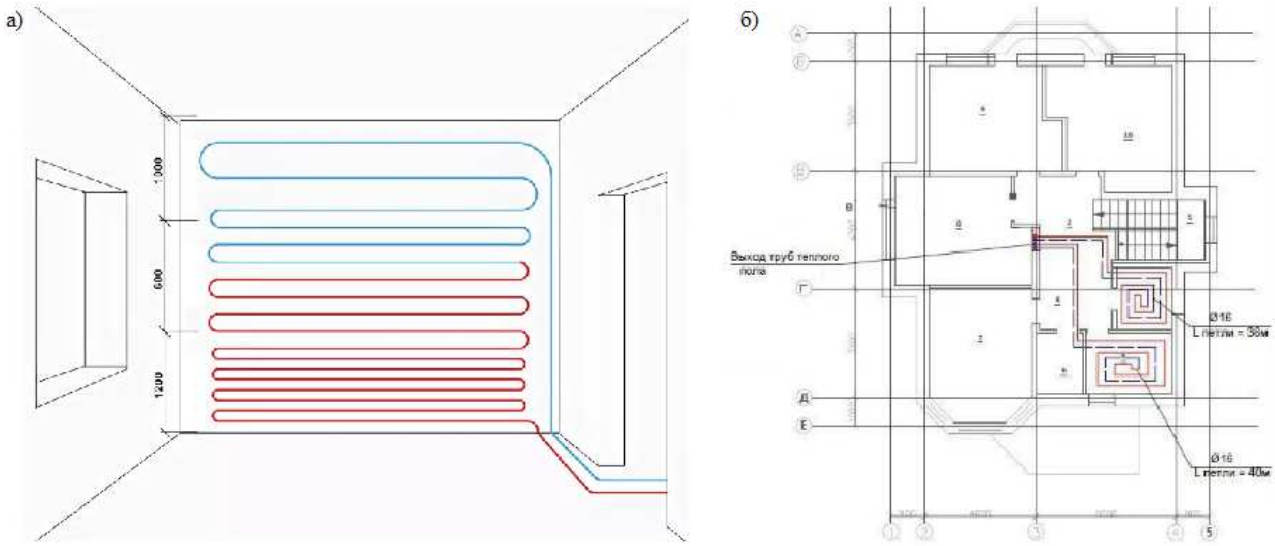


Рисунок 15 – Условное размещение теплых стен (а) и теплых полов (б) в жилом доме

Теплыми полами оборудованы ванные комнаты и кухни, а жилые комнаты оборудованы теплыми стенами. Оригинальным решением является система стенового отопления, состоящая из модулей, прикрепляемых к конструкции стены, а затем покрытых штукатуркой (рисунок 16).

Рисунок 16 – Водяная система стенового отопления

Идея такого решения опирается на следующие положения:

– отсутствие нагревательных приборов и устранение эффекта местного нагрева стен;

– улучшение теплового комфорта, создание здорового микроклимата в помещениях;

– экономия энергии, благодаря высокой доле лучистого теплообмена;

– оптимальное решение для конденсационного котла, благодаря пониженной температуре питания (45–55°С);

– возможность использования системы для охлаждения в летнее время.

Соответствующим образом подобранные по мощности и габаритам греющие модули, соединенные по системе Тихельмана, в первую очередь были размещены в простенках между окнами, а остальная их часть – на внутренних стенах.

Высокотемпературная часть системы состоит из полотенцесушителей ванных комнат. Этот же контур питает отопительные приборы лестничной клетки. Все приборы оборудованы вентилями с термостатическими головками и воздуховыпускными клапанами.

Задача регулирования температуры решена путем установки в каждой квартире недельного комнатного программатора, управляющего позонными регуляторами нагревательных контуров в стенах и полах данного помещения.

3.2.2 Системы вентиляции

Научные 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 жилой дом

применены вентилируемые окна с клапаном, имеющие довольно большое аэродинамическое сопротивление и не пропускающие шум с улицы, и приточные клапаны в наружных стенах, а также предусмотрена механическая рекуперативная вентиляция. Условное размещение вентиляционных клапанов в окнах и стенах жилого дома показано на (рисунок 17).

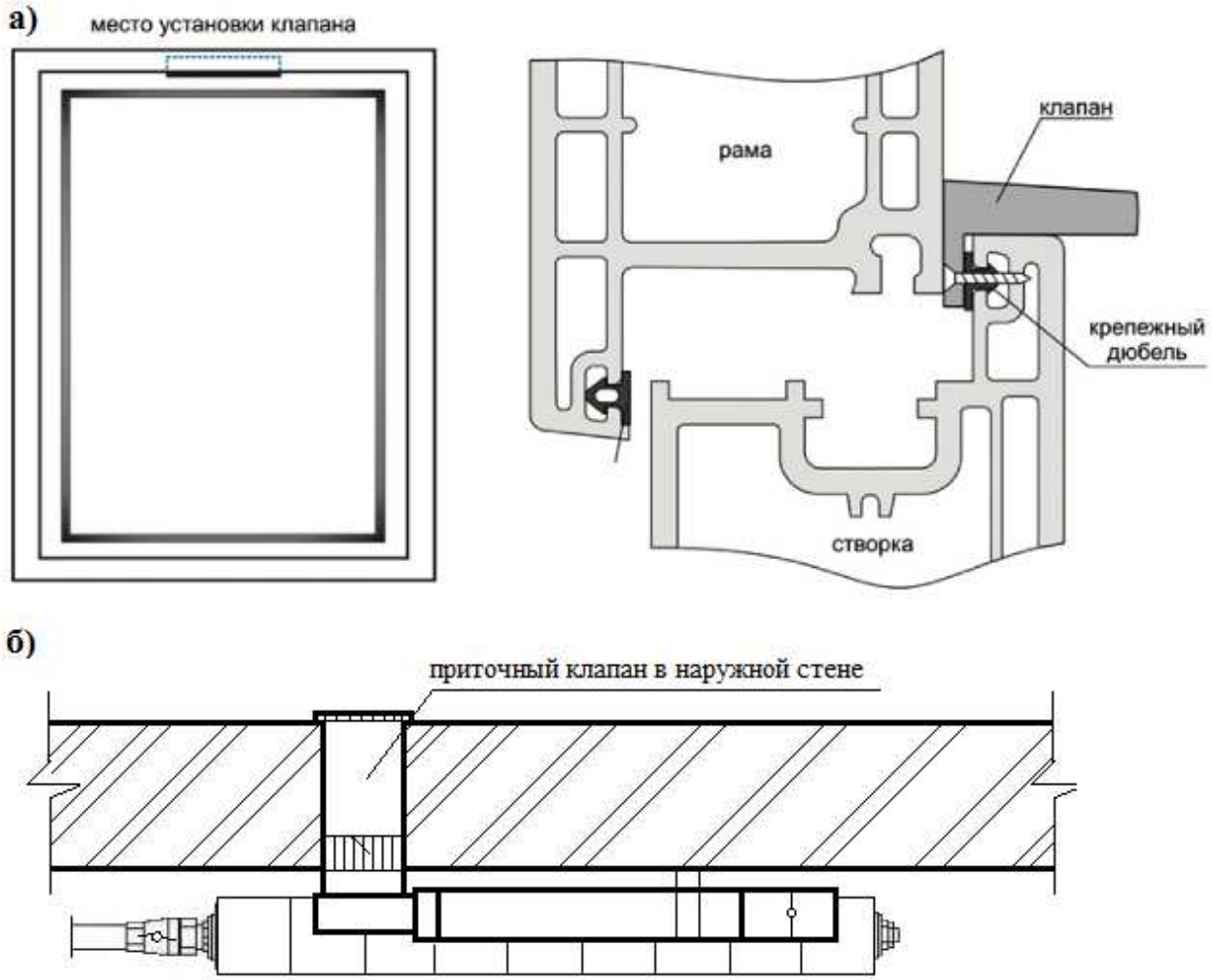


Рисунок 17 – Условное размещение вентиляционных клапанов в окнах (а) и стенах (б) жилого дома

Площади окон и их воздухопроницаемость в здании соответствуют нормам так же как и воздухопроницаемость дверей (воздухопроницаемость окон 1–го этажа равнялась 6 кг/ч·м2, а дверей 1,5 кг/ч·м2). Магистральные каналы предусмотрены одного диаметра по высоте, выполненные в металле. Диаметры боковых ответвлений также выполнены одинаковыми. Для боковых ответвлений подобраны дроссель – клапаны, выравнивающие расходы вытяжного воздуха по

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

Кроме регулируемой естественной системы вентиляции, применена механическая рекуперация теплоты вытяжного воздуха. Точки притока свежего подогретого воздуха находятся в помещения длительного пребывания: в спальнях, личных комнатах. Точки вытяжки использованного теплого воздуха размещены на кухне (независимо от местной вытяжки над электрической плитой). Диффузоры размещены в потолочных конструкциях. Спиральный рекуператор вместе с вентиляторами, коллектором и системой регулирующих заслонок смонтирован на чердаке. Приточная шахта проходит в одной из торцевых стен, а в качестве вытяжной шахты использован свободный вертикальный вентиляционный канал.

С целью обеспечения общего воздухообмена между помещениями квартиры жилого здания между полотном дверей и полом оставлены щели высотой 7 мм.

В соответствии с предназначением и параметрами вентиляционно–рекуперативной системы были подобраны следующие ее элементы:

– рекуператор со спиральным теплообменником производительностью 1000 м3/ч, с эффективностью 85–92%;

– один приточный и один вытяжной вентилятор;

– регулятор числа оборотов электродвигателей вентиляторов;

– гибкие изолированные воздуховоды;

– поворотно–отклоняемые заслонки по количеству приточных каналов;

– диффузоры приточные и вытяжные.

Управление вентиляционно–рекуперативной системы предусматривает оборудование системы использования вторичной теплоты вытяжного воздуха штатным регулятором числа оборотов, управляющим производительностью вытяжного и приточного вентиляторов. Предусмотрен программируемый

регулятор температуры с целью дополнительной оптимизации процесса вентилирования жилого дома.

3.2.3 Системы ГВС

Управление всей системой теплоснабжения жилого дома разработано исходя из простоты его эксплуатации. В качестве элементов управления применены широко доступные микропроцессорные регуляторы температуры и программируемые по времени контроллеры.

Управление системой выработки и аккумуляции теплоты опирается на штатную систему автоматики котла, которая регулирует температуру теплоносителя и управляет подогревом воды для ГВС. С этой главной системой успешно взаимодействуют микропроцессорные регуляторы температуры.

Автоматика системы питания контуров теплопотребления является комбинированной. Подогрев воды в водонагревателе ГВС управляется установленным на нем термостатом и программируемым контроллером. Контур циркуляции горячей воды оборудован пороговым регулятором температуры и программируемым контроллером. Контур отопления с нагревательными приборами получает теплоноситель непосредственно из аккумулятора теплоты и управляется программируемым контроллером. Распределение теплоты между отдельными помещениями регулируется установленными на приборах вентилями с термостатическими головками. Контур стенового отопления и теплые полы, с учетом технологического ограничения температуры до 55 °С, оборудованы насосной группой с узлом подмешивания, которым управляет регулятор температуры.

3.3 Выводы

Выполнен выбор инженерных систем микроклимата пятиэтажного жилого дома в г. Красноярске и энергосберегающих мероприятий при оптимальном их сочетании. В работе приняты следующие технологические решения:

– стеновое отопление и теплые полы, которые, кроме экономии энергии, создают здоровый микроклимат в помещениях и комфортное ощущение лучистого тепла;

– использование системы стенового отопления и теплых полов для охлаждения помещений в теплое время года;

– применение в каждом жилом помещении индивидуальных регуляторов температуры нагревательных контуров;

– применение программируемых контроллеров, повышающее экономичность системы, благодаря возможности регулирования времени работы систем (пропусками);

– для подачи естественного притока в жилой дом применены вентилируемые окна с клапаном и приточные клапаны в наружных стенах;

– система рекуперации, которая, помимо экономии энергии, позволяет в летнее время доставлять прохладный свежий воздух через находящуюся в тени приточную шахту;

– подогрев воды в водонагревателе ГВС управляется установленным на нем термостатом и программируемым контроллером;

– контур циркуляции горячей воды оборудован пороговым регулятором температуры и программируемым контроллером.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В России за последние десятилетия произошли изменения в нормативных требованиях к энергоэффективности и энергосбережению зданий. Принято ряд нормативных документов связанных с повышением энергетической эффективности эксплуатируемых и вновь возводимых зданий и сооружений, а также с разработкой и внедрением новых принципов и систем жизнеобеспечения, т.е. создания и поддержания микроклимата.

Из анализа мирового и отечественного опыта следует, что в настоящее время происходит активное развитие энергосберегающих инженерных систем микроклимата зданий. Закладываются в проекты энергосберегающие мероприятия в системах обеспечения микроклимата, обеспечивающие заданные значения энергетических показателей микроклимата помещения при минимальном расходе энергии. Однако по внедрению энергосберегающих решений, энергосберегающих устройств и оборудования инженерных систем в строительство зданий и сооружений наша страна отстает от зарубежных показателей.

Из изложенного вытекает актуальность вопроса, что в целом снизить энергопотребление системами обеспечения микроклимата можно, объединив в комплексе все инженерные устройства и технологии по снижению энергопотребления до уровня, при котором сохраняются требуемые параметры микроклимата в помещении. Это возможно при оценке энергетической эффективности систем обеспечения микроклимата и наличии системы автоматизированного управления.

В результате расчета оценки энергетической эффективности систем обеспечения микроклимата пятиэтажного жилого дома в г. Красноярске определено: годовое теплопотребление системами отопления; годовое теплопотребление системами вентиляции и (или) кондиционирования воздуха; годовое теплопотребление системами горячего водоснабжения (ГВС); годовое электропотребление системами электроснабжения здания.

Произведен расчет показателей энергопотребления и энергоэффективности пятиэтажного жилого дома в г. Красноярске в результате которого выявлено:

– суммарное удельное годовое энергопотребление здания на 1 м^3 отапливаемого объема $q^{р}_{общ}$ = 99,8, кВт·ч/(м^3·г);

– коэффициент полезного использования энергии зданием $\eta_{зд}$ = 0,88.

Выполненные расчеты являются обоснованием наиболее целесообразного с энергетической точки зрения варианта реализации энергосберегающих мероприятий в пятиэтажном жилом доме г. Красноярска и выбора их оптимального сочетания.

Выполнен выбор инженерных систем микроклимата пятиэтажного жилого дома в г. Красноярске и энергосберегающих мероприятий при оптимальном их сочетании. В работе приняты следующие технологические решения:

– использование стенового отопления и теплых полов, которые дают значительную экономию энергии, а также позволяют создать здоровый микроклимат в помещениях и комфортное ощущение лучистого тепла;

– использование системы стенового отопления и теплых полов для охлаждения помещений в теплое время года;

– применение в каждом жилом помещении индивидуальных регуляторов температуры нагревательных контуров;

– применение программируемых контроллеров, повышающее экономичность системы, благодаря возможности регулирования времени работы систем (пропусками);

– для подачи естественного притока в жилой дом применены вентилируемые окна с клапаном и приточные клапаны в наружных стенах;

– система рекуперации, которая, помимо экономии энергии, позволяет в летнее время доставлять прохладный свежий воздух через находящуюся в тени приточную шахту;

– подогрев воды в водонагревателе ГВС управляется установленным на нем термостатом и программируемым контроллером;

– контур циркуляции горячей воды оборудован пороговым регулятором температуры и программируемым контроллером.

Теоретическая и практическая значимость полученных результатов предназначена для научных, инженерно–технических работников, аспирантов и магистрантов, занимающихся разработкой и созданием энергосберегающих мероприятий. Подводя итоги можно сказать, что полученные результаты научных исследований диссертационной работы способствуют расширению знаний и их применению в проектировании энергосберегающих систем микроклимата зданий, выраженные на примере пятиэтажного жилого дома в г. Красноярске.

Современные требования к энергоэффективности и энергосбережению зданий создают предпосылки, которые необходимы для проведения дополнительных научных исследований, чтобы найти новые технологические решения.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ФЗ – федеральный закон;

СНиП – строительные нормы и правила;

СП – свод правил;

ГОСТ Р – государственный стандарт России;

ОВиК – отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха;

ГВС – горячее водоснабжение;

ЕС – европейский союз;

СНГ – содружество независимых государств;

САЗ – системы автоматизации зданий;

УИС – управление инженерными системами;

ЦТП – центральный тепловой пункт;

ИТП – индивидуальный тепловой пункт;

ГСОП – градусо–сутки отопительного периода;

ВЭР – вторичные энергоресурсы;

ТНУ – теплонасосные установки;

ТЭЦ – теплоэлектроцентраль;

КЦКП – кондиционер центральный каркасно–панельный.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Министерство энергетики Российской Федерации [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://minenergo.gov.ru/.

2 Министерство энергетики Российской Федерации [Электронный ресурс]: Проект энергостратегии российской федерации на период до 2035 года (редакция от 01.02.2017). Режим доступа: http://minenergo.gov.ru/.

3 Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: федер. закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261–ФЗ.

4 Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: федер. закон Российской Федерации от 30 декабря 2009 г. № 384–ФЗ.

5 О внесении изменений в Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию: постановление Правительства РФ от 13.04.2010 г № 235.

6 Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов: постановление Правительства РФ от 25.01.2011 г № 18.

7 О требованиях энергетической эффективности зданий, строений, сооружений: Приказ Министерства регионального развития РФ от 28.05.2010 г № 262.

8 СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23–02–2003. – Введ. 1.01.2012. – Москва: ОАО «НИЦ «Строительство», 2012. – 96 с.

9 ГОСТ Р 56502–2015 Системы обеспечения микроклимата новых зданий. Оценка энергетической эффективности при проектировании. – Введ. 01.09.2015. – Москва: ФГБОУ ВПО "МГСУ", 2015. – 25 с.

10 ГОСТ Р ИСО 23045–2013 Проектирование систем обеспечения микроклимата здания. – Введ. 01.07.2015. – Москва: ФГУП "ВНИИНМАШ", 2015. – 25 с.

11 СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23–01–99*. – Введ. 01.01.2013. – Москва: Минстрой России, 2015. – 120 с.

12 ГОСТ 30494–2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – Введ. 01.01.2013. – Москва: Стандартинформ, 2013. – 20 с.

13 ГОСТ 31168–2014 Здания жилые. Метод определения удельного потребления тепловой энергии на отопление. – Взамен ГОСТ 31168–2003. – Введ. 01.01.2015. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 19 с.

14 СП 23–101–2004 Проектирование тепловой защиты зданий. – Введ. 01.06.2004. – М.: ФГУП ЦПП, 2004. – 140 с.

15 Богословский, В.Н., Эминов, В.С. Особенности теплообмена и оценка комфортности условий в помещении при совмещении отопления и охлаждения // АВОК. 2011. № 6. С. 85.

16 Богуславский, Л. Д. Ливчак, В.И. Титов, В.П. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха // М.: Стройиздат, 1990. 624 с.

17 Васильев, Г.П. Наумов, А.Л. Евстратова, Н.Д. Повышение энергоэффективности инженерного оборудования зданий. Стимулы и барьеры // Энергосбережение. 2012 . № 2. С. 15–20.

18 Гагарин, В.Г., Козлов В.В. О комплексном показателе тепловой защиты оболочки здания // АВОК. 2010. № 4. С. 52–66.

19 Дмитриев, А. Н., Ковалев, И. Н., Табунщиков, Ю. А., Шилкин, Н. В. Руководство по оценке экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие ме–роприятия. – М.: АВОК–ПРЕСС. 2005.

20 Матросов, Ю., Бутовский, И., Гольдштейн, Д. Новая концепция нормирования теплозащиты зданий. Энергетическая эффективность // Бюллетень ЦЭНЭФ. М.: 1994. Октябрь–декабрь.

21 Подолян, Л.А. Энергоэффективность жилых зданий нового поколения: дис…. к.т.н. 26 центральный научно–исследовательский институт министерства обороны Российской Федерации. М., 2005. 185 с.

22 Табунщиков, Ю.А., Бродач М.М. Научные основы проетирования энергоэффективныз зданий / АВОК. 1998. № 1. С. 5–14.

23 Табунщиков, Ю.А., Бродач М.М., Шилкин Н.В. Энергоэффективные здания. М.: АВОКПРЕСС, 2003. 100 с.

24 Фокин, К.Ф. К вопросу о снижении расходов тепла на отопление жилых домов / АВОК. 2012. № 8. С. 83.

25 Чистович, С. А. Технологические схемы систем теплофикации, тепло–снабжения и отопления / АВОК. – 2007. – № 7.

26 Шкаровский, А.Л. Теплоснабжение. Основы расчетов и проектирования. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2012. 395 с.

27 Vavra Bob. Integrated design produces big savings for small HVAC / Plant engeneering. July 1, 2005. pp. 29–30.

28 Szkarowski, A., Iwanow A. Analiza inwestycyjna w budownictwie i in–żynierii środowiska. Monografia. Wyd. Politechniki Koszalińskiej. Koszalin. 2011. 242 pp.

29 Szkarowski, A., Latowski L. Ciepłownictwo. Wydanie II poprawione. Warszawa: Wydawnictwo WNT, 2012. 360 pp.

30 Гертис, К., Здания XXI века – здания с нулевым потреблением энергии // Энергосбережение. 2007. № 3. С. 34–38.

31 СП 30.13330.2016 Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01–85* – Введ. 17.06.2017. – Москва: Минстрой России, 2017. – 94 с.

32 ПОТОК – Разработка программного обеспечения [Электронный ресурс]: программы для расчета систем отопления, холодоснабжения, вентиляции / MS Partner. – Режим доступа: http://www.potok.ru

33 ВЕЗА – Вентиляционное оборудование и климатическая техника [Электронный ресурс]: программы для расчета КЦКП, CUAL. – Москва. – Режим доступа: http://www.veza.ru/about/

34 Корниенко С. В. Расчет теплопоступлений от солнечной радиации за отопительный период // Жилищное строительство. 2010. № 6. С. 40–41.

35 Прохоров В. И. Облик энергосбережения // Актуальные проблемы строительной теплофизики: сб. докл. 7–й науч. практ. конф. Академические чтения /под ред. В. Г. Гагарина / НИИСФ РААСН. М., 2002. С. 73–93.

36 Рудолф С. Е., Диекманн Д., Бродрик Д. Энергосберегающие технологии в производстве «умных» окон // Энергосбережение. 2009. № 7. С. 60–63.

37 Захаров В. М., Смирнов Н. Н., Яблоков А. А, Колосова Ю. С., Лапатеев Д. А. Двойной энергетический эффект в системах теплоснабжения зданий от использования автоматизированных энергосберегающих окон для различных регионов России // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. 2014. № 3. С. 15–21.

38 Хаванов, П.А. Источники теплоты автономных систем теплоснабжения / АВОК. 2002. № 1.

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

40 Пат. 193659, Российская Федерация, МПК F24F 7/00. Вентиляционное устройство / А.С. Климов, Г.П. Кузема и др.; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВПО СФУ. – №2019124219; заявл. 25.07.2019; опубл. 11.11.2019, Бюл. № 32.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНЖЕНЕРНО–СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ
Кафедра «Проектирование зданий и экспертиза недвижимости»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Р.А. Назиров
«____» _____ 2020г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ МИКРОКЛИМАТА ЗДАНИЙ

Направление 08.04.01 Строительство
Магистерская программа 08.04.01.04 Проектирование зданий.
Энерго– и ресурсосбережение

Научный руководитель _____ доц., канд. биол. наук Е.Г. Жуль
подпись, дата

Выпускник _____ 25.06.2020г. Е.В. Поторочина
подпись, дата

Рецензент _____ к.т.н. Е.Г. Плесунов
подпись, дата

Красноярск 2020