**Министерство строительства
и жилищно-коммунального хозяйства
Российской Федерации**

**Федеральное автономное учреждение
«Федеральный центр нормирования, стандартизации
и оценки соответствия в строительстве»**

Методическое пособие

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ТЕПЛОПОСТУПЛЕНИЯХ

Москва 2017 г.

gost.e-ecolog.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3
1 Область применения 4
2 Нормативные ссылки 5
3 Термины и определения 7
4 Общие положения 9
5 Энергетическая эффективность систем кондиционирования в расчетном режиме 14
5.1 Типы систем кондиционирования 14
5.2 Определение энергетической эффективности систем кондиционирования в расчетном режиме 32
6 Энергетическая эффективность систем кондиционирования при нестационарных теплопоступлениях 52
7 Примеры расчета энергетической эффективности систем кондиционирования 58
7.1 Пример расчета энергетической эффективности местно-центральной системы кондиционирования воздуха 58
7.2 Пример расчета энергетической эффективности местно-центральной системы кондиционирования воздуха со свободным охлаждением 62
Приложение А. Особенности определения показателей энергетической эффективности систем кондиционирования воздуха в зарубежных практиках 67
Приложение Б. Особенности определения показателей энергетической эффективности систем кондиционирования воздуха в зарубежных практиках 73
Заключение 104
Список использованной литературы 106

Введение

Настоящее методическое пособие разработано в развитие Сводов правил СП 50.13330 «Тепловая защита зданий» и СП 60.13330 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».

Настоящие методические указания разработаны в развитие СП 50.13330 и СП 60.13330 в целях корректного определения показателей энергетической эффективности систем кондиционирования воздуха.

Методическое пособие разрабатывается в развитие требований СП 60.13330.2016 «СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» и СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» для реализации проектировщиками требований, заложенных в строительных нормах и правилах, и выполнения более грамотного и рационального проектирования в соответствии с положениями, заложенных в нормах проектирования тепловой защиты зданий.

Документ разработан авторским коллективом: федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (д. т. н. Гагарин В.Г., к. т. н. Козлов В.В., к. т. н. Неклюдов А.Ю., к. т. н. Пастушков П.П.).

1 Область применения

Настоящее методическое пособие разработано в развитие СП 50.13330 и СП 60.13330 в целях корректного определения показателей энергетической эффективности систем кондиционирования воздуха.

Настоящие методические указания применимы исключительно для систем кондиционирования воздуха жилых, общественных и административных зданий, которые направлены на поддержание оптимального микроклимата помещений в соответствии с принятым в настоящем методическом пособии классификатором.

2 Нормативные ссылки

В настоящем методическом пособии использованы нормативные ссылки на следующие документы:

СП 50.13330.2012. «СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий»

СП 52.13330.2016. «Естественное и искусственное освещение»

СП 54.13330.2016 «СНиП 31-01-2003 Здания жилые многоквартирные»

СП 60.13330.2016 «СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»

СП 118.13330.2012 «СНиП 31-06-2009 «Общественные здания и сооружения»

СП 131.13330.2012. «СНиП 23-01-99* «Строительная климатология»

СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия»

СП 230.1325800.2015. «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей»

ГОСТ 7076-99 «Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме»

ГОСТ 24816-2014 «Материалы строительные. Метод определения сорбционной влажности»

ГОСТ 25898-2012 «Материалы и изделия строительные. Методы определения паропроницаемости и сопротивления паропроницанию»

ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях»

ГОСТ 31167-2009 «Здания и сооружения Методы определения воздухопроницаемости ограждающих конструкций в натурных условиях»

ГОСТ Р 56733-2015 «Здания и сооружения. Метод определения удельных потерь теплоты через неоднородности ограждающей конструкции»

ГОСТ Р 55012-2012 Энергетическая эффективность. Кондиционеры бытовые и аналогичные. Показатели энергетической эффективности и методы определения

ГОСТ 32970-2014 (ISO 5151:2010) Кондиционеры и тепловые насосы без воздуховодов. Испытания и оценка рабочих характеристик

ГОСТ 32969-2014 (ISO 13253:2011) Кондиционеры и воздухо-воздушные тепловые насосы с воздуховодами. Испытания и оценка рабочих характеристик

3 Термины и определения

В настоящем методическом пособии применены термины с соответствующими определениями по СП 50.13330, СП 60.13330.

Наиболее важные термины и определения приведены ниже.

Тепловые поступления здания: количество тепловой энергии, поступающее в здание от внутренних источников, образующихся в результате жизнедеятельности человека, и от солнечной радиации с учетом возможности полезного использования для сокращения тепловых потребностей здания, в единицу времени (3.20 по СП 50.13330);

Тепловые потери здания: количество тепловой энергии, необходимое для компенсации теплопередачи через ограждающие конструкции здания в наружную окружающую среду и для нагрева наружного воздуха, поступающего в помещения здания, в единицу времени (3.21 по СП 50.13330);

Тепловые потребности здания: количество тепловой энергии, необходимое для компенсации теплопередачи через ограждающие конструкции здания в наружную окружающую среду и для нагрева наружного воздуха, поступающего в помещения здания, в единицу времени (3.21 по СП 50.13330);

Вентиляция: обмен воздуха в помещениях для удаления избытков теплоты, влаги, вредных и других веществ с целью обеспечения допустимого микроклимата и качества воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне при средней необеспеченности 400 ч/год – при круглосуточной работе и 300 ч/год – при односменной работе в дневное время (3.2 по СП 60.13330);

Кондиционирование воздуха: автоматическое поддержание в закрытых помещениях всех или отдельных параметров воздуха (температуры, относительной влажности, чистоты, скорости движения и качества) с целью обеспечения, как правило, оптимальных метеорологических условий, наиболее благоприятных для самочувствия людей, ведения технологического процесса, обеспечения сохранности ценностей (3.18 по СП 60.13330);

Отопление: искусственное нагревание помещения в холодный период года для компенсации тепловых потерь и поддержания нормируемой температуры со средней необеспеченностью 50 ч/год (3.22 по СП 60.13330);

Коэффициент полезного действия охлаждения (energy efficiency ratio, EER): отношение общей холодопроизводительности к полезной потребляемой мощности устройства при любых заданных номинальных условиях.

Примечание: там, где EER приведен без указания единиц (безразмерно), то следует понимать соотношение Вт/Вт (3.21 по ГОСТ 32970-2014);

Коэффициент полезного действия нагрева (coefficient of performance, COP): отношение теплопроизводительности к полезной потребляемой мощности устройства при любых заданных номинальных условиях.

Примечание: там, где COP приведен без указания единиц (безразмерно), следует понимать соотношение Вт/Вт (3.21 по ГОСТ 32970-2014);

Полезная потребляемая мощность (effective power input, P_E): средняя потребляемая электрическая мощность оборудования, Вт (3.24 по ГОСТ 32970-2014).

Примечание: полезная потребляемая мощность представляет собой сумму потребляемых мощностей:

– компрессора;

– электронагревательных приборов, используемых для размораживания;

– управляющих, контрольных и защитных устройств оборудования;

– используемой для работы всех вентиляторов.

Энергетическая эффективность: характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю (п. 4 ст. 2 по ФЗ-261 [1]).

4 Общие положения

4.1 Структурные взаимосвязи между системами отопления, вентиляции и кондиционирования следует понимать следующим образом.

Системы отопления в соответствии с определением термина 3.22 СП 60.13330 предназначены для поддержания нормируемой температуры и компенсации тепловых потерь в холодный период года. При этом под нормируемой температурой следует понимать температуру помещения – комплекс, который отражает совокупное воздействие температуры воздуха и температуры всех поверхностей, имеющихся в помещений.

Системы вентиляции в соответствии с определением термина 3.2 СП 60.13330 предназначены для создания и поддержания воздухообмена, который необходим для удаления избытков теплоты, влаги, вредных и других веществ, которое в свою очередь предназначено для обеспечения допустимого микроклимата и качества воздуха помещений (в обслуживаемой или рабочей зонах).

Системы кондиционирования воздуха в соответствии с определением термина 3.18 СП 60.13330 предназначены для автоматического поддержания всех или отдельных параметров воздуха, таких как: температура, относительная влажность, чистота, скорость движения и качество – для обеспечения, как правило, оптимальных метеорологических условий.

Таким образом, для исключения противоречий, обуславливаемых наложением европейской и американской научных отопительно-вентиляционных школ, а также для учета климатологических особенностей и собственных передовых разработок Российской Федерации предлагается следующий классификатор процессов тепло-влажностной обработки и соответствующих инженерных систем согласно таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Классификатор применения инженерных систем по воздействию на параметры микроклимата помещений

	Обеспечение допустимых параметров микроклимата	**Обеспечение оптимальных параметров микроклимата**
Нагревание воздуха помещения*	Системы отопления	Системы отопления
Охлаждение воздуха помещения	Системы вентиляции	Системы кондиционирования воздуха
Увлажнение воздуха помещения	– **	Системы кондиционирования воздуха
Осушение воздуха помещения	Системы вентиляции	Системы кондиционирования воздуха
Качество воздуха помещения	Системы вентиляции	Системы кондиционирования воздуха

Примечания:

* А также нагревание ограждающих помещение конструкций.

** Нижняя граница требований к относительной влажности воздуха согласно ГОСТ 30494-2011 отсутствует. Кроме того в зависимости от климатологических особенностей района строительства системы вентиляции могут полностью или частично обеспечивать и потребности помещений в увлажнении воздуха.

4.2 При определении энергетической эффективности систем отопления необходимо рассматривать затраты энергии, связанные со всеми базовыми элементами этих систем: теплогенераторами, теплопроводами, отопительными приборами (т.е. с учетом всех внутренних сопряженных потерь теплоты в системах,

связанных и с качеством выработки теплоты, и с переносом теплоносителя к опотительным приборам, и с теплопередачей теплоты к помещению).

При этом потребности тепловой энергии для нагревания приточного воздуха системами с искусственным побуждением движения воздуха также составляют вентиляционные тепловые потери и относят к нагрузке на систему отопления.

4.3 При определении энергетической эффективности систем вентиляции необходимо учитывать как энергетические затраты вентиляторов, так и особенности транспортировки наружного (и/или приточного) воздуха к помещению, а также удаление загрязненного воздуха – из помещения, т.е. те затраты энергии, которые относятся непосредственно к первой задаче систем вентиляции – созданию и поддержению состояния воздушной среды, благоприятной для пребывания в помещении человека и выполнения технологических процессов.

При наличии необходимости выполнения второй и третьей задач систем вентиляции образующиеся энергетические затраты также учитывать при определении энергетической эффективности систем вентиляции.

Воздействие на человека вредных веществ, содержащихся в воздухе помещения, может вызвать заболевания, называемые «профессиональными», т. к. их причиной являются неблагоприятные условия на рабочих местах. Это и обычные заболевания (бронхит, ревматизм, астма, цирроз печени), «профессиональное происхождение» которых подтверждается более частой наблюдаемостью у работников конкретного производства по сравнению с населением данного города, района города. Это могут быть и специфические заболевания, в природе не встречающиеся. К ним относится лучевая болезнь. Также распространены различыне пневмокониозы – следствие отложения и накопления пыли в легких. Пневмокониозы различают по видам вдыхаемой пыли.

Второй задачей вентиляции является борьба с профессиональными заболеваниями путем обеспечения требуемых нормами условий на рабочих местах.

Вредные вещества, выбрасываемые в атмосферу вытяжными вентиляционными установками, загрязняют ее и служат причиной серьезного ущерба человеческому здоровью, животному и растительному миру.

Третья задача вентиляции – защита атмосферного воздуха от загрязнения вредными веществами, содержащимися в вентиляционных выбросах.

4.4 В случае применения систем кондиционирования воздуха (при повышенных требованиях к комфорту в помещениях) для охлаждения воздуха помещений, а также при необходимости увлажнения, осушения и поддержания особенного качества воздуха помещений необходимо:

– во-первых, энергоэффективность систем отопления рассматривать применительно к системам отопления без искажения представленного классификатора (все тепловые потери, характерные для помещения, следует рассматривать совместно);

– во-вторых, проверять возможность максимального использования систем вентиляции для охлаждения, увлажнения, осущения воздуха, а также для поддержания особого состава воздуха кондиционируемого помещения во избежание образования дополнительного энергопотребления. Кроме того, при расчете нагрузок на системы кондиционирования воздуха для охлаждения необходимо учитывать в тепловом балансе полезный эффект, достигаемой системой вентиляции;

– в-третьих, сопряженные вопросы энергоэффективности, относящиеся к системам вентиляции (в т.ч. определение КПД вентиляторов, особенностей формирования воздухообмена в помещении, особенностей конструирования схем вентиляционных систем с определением оптимальных аэродинамических параметров воздуховодов), рассматривать применительно к системам вентиляции. Приточный воздух, обрабатываемый в центральных кондиционерах, прежде всего, обеспечивает воздушный режим помещений, поэтому вопросы определения расходов приточного воздуха центральных систем кондиционирования являются базовыми по отношению к энергетической эффективности систем вентиляции, а не систем кондиционирования воздуха. Энергетические затраты систем кондиционирования, образуемые необходимостью поддержания особенного качества воздуха связаны, в основном, с затратами энергии на преодоление аэродинамического сопротивления в фильтрах тонкой очистки (высокого класса).

Это означает, что соответствующие энергетические затраты следует рассматривать также при определении энергоэффективности систем вентиляции;

– в-четвертых, энергоэффективность систем кондиционирования оценивать по эффективности применяемого холодильного оборудования для охлаждения помещений.

Электрическая нагрузка на привод вентиляторов, необходимых для отвода теплоты от конденсатора, либо необходимых для непосредственно работы системы кондиционирования воздуха (например, все вентиляторы сплит-системы), также включается в состав потребляемой мощности холодильного оборудования.

Электрическая нагрузка на привод вентиляторов, необходимых для транспортировки требуемого объема наружного и/или приточного воздуха к помещению и от него, применяется при определении энергетической эффективности системы вентиляции.

Агрегаты систем увлажнения воздуха в составе систем кондиционирования следует рассматривать, прежде всего, с точки зрения водопотребления соответствующего оборудования и эффективности этого водопотребления отдельно от энергетической эффективности систем кондиционирования воздуха (т.е. при необходимости дополнительно).

5 Энергетическая эффективность систем кондиционирования в расчетном режиме

5.1 Типы систем кондиционирования воздуха

5.1.1 Системы кондиционирования воздуха подразделяются на комфортные, технологически-комфортные и технологические.

Комфортные системы кондиционирования воздуха характерны для жилых, административных и общественных зданий (офисов, торговых центров, кинотеатров, т.п.) в случаях, когда системы вентиляции не могут обеспечить оптимальные параметры микроклимата. Технологически-комфортные и технологические системы кондиционирования воздуха применяются, в основном, для различных производственных нужд, где имеет место взаимосвязи между выходящей продукцией (или ее качеством) и параметрами микроклимата.

Например, кондиционирование воздуха в музеях или в цехах текстильных производств – технологически-комфортное; кондиционирование воздуха в операционных больниц или в камерах сырных производств – технологическое.

Сложные системы кондиционирования воздуха для производств, для многих медицинских учреждений, как правило, – необходимость.

Дополнительные энергетические затраты, образуемые комфортными системами кондиционирования воздуха фактически появляются при переходе от поддержания допустимых к поддержанию оптималных параметров микроклимата. Т.е. системы кондиционирования воздуха для жилых и многих общественных зданий появляются при ужесточении требований к комфорту, предъявляемых к отдельным параметрами микроклимата помещений в теплый период года.

Таким образом, важнейшим инструментом энергосбережения, который может предупредить значительные расходы энергии, является строгая классификация систем кондиционирования воздуха по целесообразности поддержания повышенного комфорта в помещениях, а также возможное применение временного моратория на внедрение оптимальных параметров

микроклимата в практику проектирования жилых, административных и общественных здания, где поддержание особенных параметров микроклимата связанно только с вопросами комфорта.

При этом существующее отопительно-вентиляционное и холодильное оборудование позволяет для отдельных квартир поддерживать практически любые оптимальные параметры микроклимата по желанию собственника, что подтверждается, например, распространением сплит-систем.

5.1.2 Системы кондиционирования воздуха по применяемому холодильному оборудованию подразделяются на:

– системы с кондиционерами – сплит-системами;

– системы с канальными кондиционерами и кондиционерами – сплит-системами, совмещенными с приточной вентиляцией;

– системы с чиллерами и вентиляторными доводчиками (фанкойлами);

– системы с крышными кондиционерами;

– системы со шкафными кондиционерами;

– системы с прецизионными кондиционерами;

– системы с центральными кондиционерами.

5.1.3 Большинство кондиционеров оборудованы **компрессорными холодильными машинами**, основными конструктивными элементами которых являются: *компрессор* (рисунок 5.1), испаритель, конденсатор и регулятор потока, соединенные трубами замкнутого циркуляционного контура. Циркуляцию в таком контуре обеспечивает компрессор. Охлаждение воздуха происходит за счет поглощения теплоты при кипении хладоагента в виде жидкости (как правило, фреона).



Рисуное 5.1 – Компрессор поршневой

5.1.4 Для кондиционирования воздуха в жилых и общественных (офисных) помещениях наибольшее распространение получили кондиционеры **сплит-систем**.



Рисунок 5.2 – Настенный внутренний блок сплит-системы

Кондиционеры сплит-систем состоят из внутреннего блока (испарительного, рисунок 5.2) и внешнего блока (компрессорно-конденсаторного агрегата, рисунок 5.3). Во внешнем блоке размещается компрессор, конденсатор и вентилятор. Внешний блок может быть установлен на стене здания, на кровле или чердаке, в техническом помещении или на балконе, т.е. в таком месте, где нагреваемый конденсатор может продуваться атмосферным воздухом более низкой температуры. Внутренний блок устанавливается непосредственно в охлаждаемом помещении и предназначен для охлаждения воздуха, а также его нагревания воздуха, фильтрации его и создания необходимой подвижности воздуха в помещении. Блоки соединены между собой двумя медными трубками в теплоизоляции.

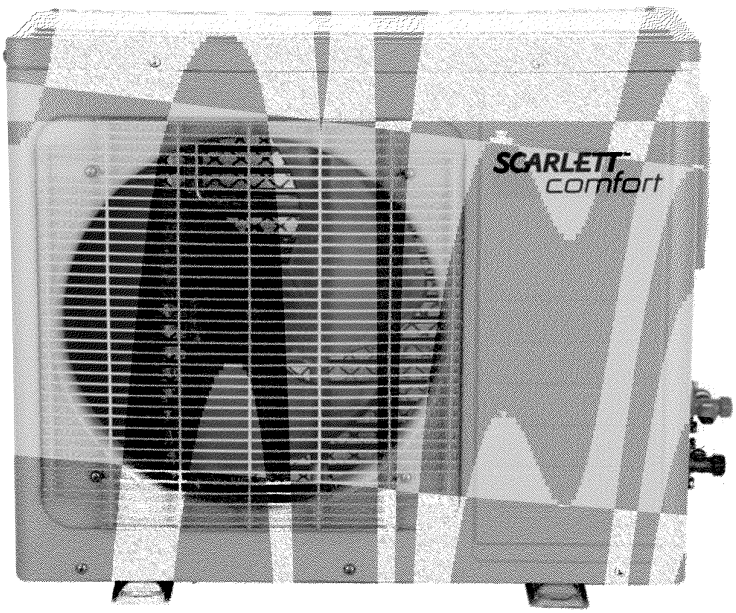

Рисунок 5.3 – Типичный наружный блок сплит-системы

Конструктивное исполнение внутренних блоков весьма разнообразно, что позволяет решать практически любые задачи по кондиционированию помещений от 15 до 150 м^2 с учетом интерьера помещений и индивидуальных требований потребителя. Внутренние блоки сплит-систем эффективно поддерживают заданную температуру, обеспечивают равномерное распределение воздуха в помещении и работают практически бесшумно. Важным преимуществом кондиционеров – сплит-систем является простота конструкции, позволяющая получить достаточно низкую стоимость кондиционера при быстрой и легкой его установке. Недостатком таких систем можно считать невозможность подачи в помещение свежего наружного воздуха. Только некоторые модели большой мощности и настенно-потолочного исполнения позволяют организовывать подмес небольшого количества свежего воздуха (приблизительно до 10%).

Наибольшее распространение получилинастенные кондиционеры, в которых к одному наружному блоку подключается один внутренний блок.

При кондиционировании нескольких соседних комнат могут использоваться модели, в которых к одному наружному блоку подключены два внутренних (или даже три-четыре), – мульти-сплит-системы.

Кондиционеры сплит-систем, которые предназначены для охлаждения одной комнаты или нескольких помещений от одного наружного блока. Поэтому установка большого количества сплит-систем в одном здании часто не допустима из-за большого количества внешних блоков и ухудшения эстетического восприятия внешнего вида здания. Кроме того, установка внешних блоков во дворе здания ограничивается допустимой длиной соединительных трубопроводов.

Для кондиционирования здания, имеющего большое количество помещений с разными тепловыми нагрузками, изменяющимися в течение суток, применяют **многозональные системы с изменяемым расходом хладоагента**. Такие системы позволяют к одному наружному блоку (см. рис. 5.4) присоединять, как правило, до 16 внутренних блоков не только различной мощности, но и различного конструктивного исполнения (настенные, касетные, канальные, т.д.). Кроме того, такие блоки

могут включаться и работать независимо друг от друга, причем часть их – на режиме охлаждения, а часть – на режиме обогрева.



Рисунок 5.4 – Характерные наружные блоки многозональных систем кондиционирования с изменяемым расходом хладоагента

Внутренние блоки, используемые в многозональной системе, имеют электронный терморегулирующий клапан, позволяющий регулировать расход хладагента через собственно блок и, таким образом, изменять мощность блока в зависимости от текущей нагрузки. В обычных блоках устанавливается пневматический терморегулирующий клапан. Компрессор внешнего блока такой системы оснащается инвертором, позволяющим регулировать обороты компрессора и, соответственно, в широком диапазоне менять производительность компрессора. Т.к. внутренние блоки устанавливаются в помещениях, расположенных в разных зонах здания, и невсегда работают на номинальную мощность одновременно, то

производительность наружного блока может быть меньше суммарной производительности внутренних блоков.

5.1.5 **Канальные кондиционеры** предназначены, как правило, для кондиционирования нескольких помещений одновременно. Такие кондиционеры (рисунок 5.5), прежде всего, рассчитаны на работу в режиме рециркуляции.



Рисунок 5.5 – Внутренний блок канального кондиционера с установленым четырехканальным пленумом

Внутренние блоки канальных кондиционеров устанавливаются за подшивным потолком, а воздух забирается и раздается воздуховодами по кондиционируемым помещениям. Воздух забирается из помещения через заборную решетку, проходит внутренний блок и системой воздуховодов снова подается в помещения через распределительные решетки.

Внутренний блок канального кондиционера имеет более простую конструкцию, т.к. к нему не предъявляется требований дизайна в отличие от кондиционеров сплит-систем. Блок имеет более мощный вентилятор, позволяющий преодолеть сопротивление распределительных воздуховодов и решеток.

Канальный кондиционер, также как и обычный кондиционер сплит-системы, состоит из двух блоков – компрессорно-конденсаторного (наружного блока) и испарительного (внутреннего блока).

Номенклатурный ряд таких кондиционеров по холодопроизводительности не превышает, как правило, 17 кВт. Кроме того, канальный кондиционер рассчитан в основном на работу только на рециркуляцию икак правило не может подавать в помещение свежий воздух.

Для обеспечения круглогодичной подачи свежего воздуха в дополнение к канальному кондиционеру необходимо устанавливать специальные электрические или водяные нагреватели, обеспечивающие необходимый подогрев подаваемого воздуха в холодное время года, или применять отдельные приточные вентиляционные установки со встроенными нагревателями, для компенсации вентиляционных тепловых потерь.

Также существуют **сплит-системы, совмещенные с приточной вентиляцией**. Кондиционеры сплит-системы с приточной вентиляцией позволяют эффективно решать одновременно задачи вентиляции и кондиционирования помещения в течение всего года. Сплит-системы с приточной вентиляцией предназначены для установки в квартирах и офисных помещениях большого объема, магазинах, ресторанах и других местах, когда одновременно с кондиционированием необходима подача свежего (наружного) воздуха.

Кондиционер сплит-системы с приточной вентиляцией состоит из двух блоков – компрессорно-конденсаторного (внешнего блока) и испарительного (внутреннего блока). Внутренний блок может забирать воздух из помещения и наружный воздух. Наружный воздух поступает через наружную решетку и по теплоизолированному воздуховоду подается в смесительную камеру, где смешивается с рециркуляционным воздухом из помещения. Рециркуляционный воздух забирается из помещения через решетки (потолочные, настенные и т.д.). Соотношение свежего и рециркуляционного воздуха регулируется смесительной камерой и определяется санитарно-техническими требованиями, а также условиями работы кондиционера. Смешанный воздух подается во внутренний блок, где он фильтруется, охлаждается или нагревается.

Кондиционеры сплит-систем с приточной вентиляцией комплектуются электрическими или водяными нагревателями с широким диапазоном мощности

(как правило, от 4 до 25 кВт). В зависимости от мощности внутреннего блока нагреватели выполняются либо отдельной секцией, либо встраиваются во внутренний блок.

Подготовленный воздух вентилятором внутреннего блока подается в кондиционируемые помещения по системе воздуховодов и распределительных решеток (настенных, потолочных и т.д.).

5.1.6 **Системы с чиллерами и фанкойлами** позволяют обеспечить независимое регулирование температуры одновременно в большом количестве помещений, например в гостиницах, офисах и т.д. Вентиляционные доводчики (фанкойлы) могут обособленно включаться и выключаться, а также изменять свою холодо- и теплопроизводительность. Кроме фанкойлов, в качестве потребителей таких систем могут выступать теплообменники центрального кондиционера, или какое-либо технологическое оборудование. Охлаждение производится жидкостью, циркулирующей по системе труб от источника холода к конечному потребителю. Источником холода является охладитель жидкости – чиллер.

Чиллер (рисунок 5.6) представляет собой цельную холодильную машину, предназначенную для охлаждения жидкости (вода, гликолиевые растворы). Вентиляционный доводчик (фанкойл) – это аппарат, устанавливаемый в помещении и состоящий из теплообменника с вентилятором, а также фильтра и пульта управления (рисунок 5.7). К одному чиллеру может подключаться большое количество фанкойлов, а также теплообменников.



Рисунок 5.6 – Чиллер с воздушным охлаждением конденсатора



Рисунок 5.7 – Кассетный вентиляционный доводчик (фанкойл)

Воздух из помещения подается вентилятором на теплообменник фанкойла, в котором он охлаждается или подогревается. В фанкойл может подаваться некоторое количество свежего воздуха от центрального кондиционера или приточной установки. В этом случае система с чиллерами и фанкойлами позволяет одновременно решать задачи вентиляции.

Циркуляция жидкости от чиллера к потребителю обеспечивается насосными станциями. Насосные станции представляют собой агрегаты, включающие циркуляционные насосы, расширительный бак, аккумулирующий бак, запорную арматуру, а также необходимую автоматику.

Компрессоры, которыми снабжены чиллеры, могут быть спиральными (типа «Scroll»), винтовыми или поршневыми. В некоторых чиллерах установливаются тандемные компрессоры, позволяющие регулировать холодопроизводительность, включая или отключая один из компрессоров. Фанкойлы могут устанавливаться на полу, на стене или потолке, встраиваться в воздуховоды за подшивным потолком.



Рисунок 5.8 – Компрессор спиральный



Рисунок 5.9 – Компрессор винтовой

5.1.7 **Крышные кондиционеры** представляют собой холодильную машину, конструктивно выполненную в виде единого блока (моноблока), предназначенного для установки на плоских кровлях зданий. Крышные кондиционеры (рисунок 5.10) позволяют одновременно осуществлять вентиляцию и регулировать температуру воздуха в помещении.

Обычно крышные кондиционеры применяются для кондиционирования и вентиляции больших супермаркетов, спортивных сооружений, конференц-залов, т.е. больших открытых залов с общим потолком.



Рисунок 5.10 – Крышный кондиционер

Схема работы крышного кондиционера может быть охарактеризована следующим. Свежий воздух забирается с улицы через заборную решетку кондиционера. Рециркуляционный воздух забирается из помещения по системе воздуховодов и подается в смесительную камеру, где смешивается со свежим воздухом. Необходимое соотношение свежего и рециркуляционного воздуха обеспечивается изменением положения заслонок. Затем воздух через фильтр подается к теплообменнику (испарителю или конденсатору) холодильной машины, где он охлаждается или нагревается (в кондиционерах с тепловым насосом). Для подогрева воздуха в кондиционер (частичной компенсации тепловых потребностей, связанных с вентиляцией) может встраиваться дополнительный электрический или водяной нагреватель. После теплообменников воздух с требуемой температурой подается центробежным вентилятором в систему распределительных воздуховодов.

Крышные кондиционеры характеризуются широким диапазоном мощностей – от 8 до 140 кВт по холоду и теплоте и значительными расходами воздуха, а также относительной компактностью, высокой надежностью и экономичностью в эксплуатации.

На всех моделях крышных кондиционеров, как правило, устанавливаются бесшумные герметичные поршневые компрессоры на резиновых виброизолирующих опорах.

5.1.8 **Шкафные кондиционеры** представляют собой, как правило, моноблок, предназначенный для установки в помещении, где необходимо круглосуточно и ежедневно регулировать температуру и чистоту воздуха.

Основным преимуществом шкафных кондиционеров (рисунок 5.11) является простота монтажа и обслуживания. Основные компоненты кондиционера расположены во внутреннем блоке, доступ к которым обеспечивается с лицевой стороны кондиционера. Шкафные кондиционеры выполняются как с воздушным, так и с водяным охлаждением конденсатора.

При использовании шкафных кондиционеров с воздушным охлаждением необходимо использовать системы оборотного водоснабжения (системы охлаждения воды, циркулирующей через горячий конденсатор).



Рисунок 5.11 – Шкафные кондиционеры

5.1.9 **Прецизионные кондиционеры** представляют собой разновидность шкафных кондиционеров. Они оборудованы различными типами систем микропроцессорного управления и способны поддерживать в помещении нетолько точные параметры по температуре, но и по влажности.



Рисунок 5.12 – Прецизионные кондиционеры

Такие кондиционеры (рисунок 5.12) применяются в помещениях, где, наряду с кондиционированием воздуха (охлаждение), необходимо регулировать влажность: в музеях, центрах обработки данных, в лаборатория медицинского назначения, в производственных и складских помещениях.

Прецизионные кондиционеры бывают с водяным или воздушным охлаждением. Прецизионные кондиционеры с воздушным охлаждением состоят из двух блоков: внутреннего блока (собственно кондиционера), в котором

расположены компрессор, испаритель, вентилятор и автоматика, и внешнего блока (выносного конденсатора). Кондиционеры с водяным охлаждением имеют только один внутренний блок, в котором дополнительно установлен водяной конденсатор.

5.1.10 **Центральные кондиционеры**, наиболее распространенные в комфортном и технологическом кондиционировании, представляют собой кондиционеры, снабжаемые холодом (подводом хладоагента в виде холодной воды или растворов гликолей), теплотой (подводом теплоносителя в виде горячей воды или пара) и электроэнергией для привода вентиляторов, насосов, запорно-регулирующих устройств от внешних источников. Центральные кондиционеры (рисунок 5.13) предназначены для обслуживания как нескольких помещений, так и одного большого помещения.



Рисунок 5.13 – Центральный кондиционер

Центральные кондиционеры выпускают в секционном исполнении и состоят из унифицированных типовых секций, предназначенных для смешивания, нагревания, охлаждения, очистки, осушки, увлажнения и перемещения воздуха.

Центральные системы кондиционирования требуют прокладки по зданию коммуникаций: воздуховодов и труб холодо- и теплоснабжения.

Различают:

– прямоточные центральные кондиционеры, которые оперируют только с наружным воздухом,

– кондиционеры с рециркуляцией, которые выполняют тепловлажностную обработку смеси наружного и рециркуляционного (вытяжного) воздуха.

Также различают 1-ю рециркуляцию и 2-ю рециркуляцию.

1-я рециркуляция представляет собой подмес рециркуляционного воздуха к наружному перед теплообменником 1-го подогрева, что значительно снижает потребление теплоты на 1-й подогрев.

2-я рециркуляция представляет собой подмешивание рециркуляционного воздуха к наружному воздуху, прошедшему обработку в воздухоохладителе или камере орошения перед вентилятором. При этом отпадает необходимость включения в работу теплообменника 2-го подогрева в теплый период года.

Также существуют кондиционеры с теплоутилизацией: это, как правило, – прямоточный кондиционер с центральным теплоутилизатором, в котором передача теплоты от удаляемого воздуха к наружному происходит в специальном теплообменнике.

Центральные кондиционеры, работающие с рециркуляцией, комплектуются смесительной камерой, позволяющей подавать переменные объемы наружного (свежего) и рециркуляционного воздуха.

Использование в центральном кондиционере рециркуляции и теплоутилизации при обеспечении воздушного отопления позволяет существенно сократить затраты тепловой энергии, связанные с обогревом воздуха в холодное время года.

5.1.11 Таким образом, системы кондиционирования воздуха по организации основных элементов можно классифицировать как: местные, местно-центральные и центральные.

Центральные системы кондиционирования воздуха представляют собой приточно-вытяжные установки, оборудованные воздухоохладителями. В центральных системах воздух обрабатывается в специальной установке (центарльном кондиционере, как правило, совмещающем в себе и функции системы

вентиляции). Традиционно центральные системы кондиционирования воздуха обеспечивают и компенсацию собственно вентиляционных тепловых потерь (частично обеспечивают функции системы отопления).

Центральные системы кондиционирования воздуха, как правило, неавтономные, т.е. имеют централизованные генераторы холода, от которых холодоноситель подводится к кондиционеру. При рассмотрении энергетической эффективности таких систем все сопряженные затраты энергии (потребляемого электричества) для получения холода (в т. ч. холодильными машинами) должны быть учтены.

Местные системы кондиционирования воздуха представляют собой кондиционеры, которые включают в себя все три основных элемента СКВ (установка тепловлажностной обработки, распределительная система холодоснабжения, источник холода: теплообменник или холодильная машина).

Местные системы кондиционирования воздуха, как правило, автономные, т.е. извне снабжаются только электроэнергией. В связи с этим оценка энергетической эффективности таких систем может быть получена по данным производителя оборудования, прошедшего испытания, установленные соответствующими ГОСТ, в т.ч. представленными в настоящем разделе пособия.

Местно-центральные системы кондиционирования воздуха представляют собой сложный случай: первичная или частичная обработка наружного воздуха, используемого в т. ч. для обеспечения воздушного режима, осуществляется в центральном кондиционере; окончательная «доводка» требуемых параметров воздуха осуществляется в местных кондиционерах-доводчиках (неавтономных). Для оценки энергетической эффективности местно-центральных систем кондиционирования необходимо корректно собрать данные о потребляемой энергии всеми компрессорами, вентиляторами и насосами системы, за исключением тех вентиляторов и насосов, которые выполняют приоритетные задачи систем отопления и вентиляции.

5.2 Определение энергетической эффективности систем кондиционирования в расчетном режиме

5.2.1 Оценка эффективности систем кондиционирования производится для режима охлаждения с помощью специфического коэффициента термодинамической эффективности, подобного традиционному холодильному коэффициенту или коэффициенту полезного действия охлаждения согласно ГОСТ Р 55012-2012, представляющего собой соотношение холодильной мощности и электрической мощности, потребляемой компрессором, вентиляторами и насосами, учавствующими в работе системы кондиционирования для охлаждения воздуха помещений.

Настоящий показатель не является показателем производительности холодильной машины, а представляет собой сравнительный параметр для оценки эффективности процесса передачи и переноса энергии.

Например, если холодильная машина имеет коэффициент термической эффективности, равный 2,5, то это означает, что на каждую единицу электроэнергии, потребляемой холодильной машиной, производится 2,5 единицы холода.

В таблицах 6, 7, 8 ГОСТ Р 55012-2012 обозначение КПД для режима нагрева использовано ошибочно.

5.2.2 Для выработки требуемого количества холода Q_x, кВт, от работы компрессорной холодильной машины затрачивается электроэнергия для работы следующих элементов систем:

– для работы электродвигателей компрессора $N_{ком}$, кВт;

– для работы электродвигателей вентилятора конденсатора (или градирни) $N_{вент.гр}$, кВт;

– для работы электродвигателей насоса конденсатора (или градирни) $N_{нас.гр}$, кВт;

– для работы электродвигателей насоса циркуляционного контура холодной воды через испаритель и аппараты системы кондиционирования воздуха (при наличии) $N_{нас.цирк}$, кВт;

– для работы электродвигателей других вентиляторов, учавствующих в охлаждении помещений (при наличии), за исключением тех вентиляторов, которые выполняют функцию собственно вентиляции $N_{в.цирк}$, кВт.

Учет дополнительной электроэнергии, затрачиваемой указанными вентиляторами и насосами, позволяет осуществлять корректный расчет коэффициента, отражающего энергетическую эффективность систем кондиционирования воздуха для всех основных типов кондиционеров.

5.2.3 Суммарные затраты электрической энергии на охлаждение воздуха $N_{\Sigma x}$, кВт, в системах кондиционирования воздуха в расчетном режиме можно охарактеризовать соотношением (5.1).

$$N_{\Sigma x} = \frac{Q_x}{\varepsilon_\Sigma}, \qquad (5.1)$$

где

Q_x – требуемое количество холода, кВт, соответствующее расчетной нагрузке на систему кондиционирования воздуха в теплый период года (потребности в холоде в расчетном режиме);

ε_Σ – коэффициент, отражающий энергетическую эффективность систем кондиционирования воздуха. Также этот коэффициент называется коэффициентом использования энергии. Этот коэффициент подобен коэффициенту полезного действия охлаждения или традиционному холодильному коэффициенту ε, определенному в ГОСТ Р 55012-2012, но не эквивалентен ему.

Традиционное выражение для холодильного коэффициента ε не учитывает энергетические затраты в холодильной установке на отведение теплоты конденсации рабочего хладагента из конденсатора и отведение холода от испарителя (за исключением сплит-систем и подобных местных систем кондиционирования воздуха).

Соответственно, коэффициент энергетической эффективности системы кондиционирования воздуха можно определить по соотношению расчетной нагрузки на систему кондиционирования воздуха и суммарной затрачиваемой электрической энергии.

Важно, что если для кондиционеров сплит-систем суммарная потребляемая электроэнергия на привод электродвигателей компрессора и всех вентиляторов фактически определяется по единому показателю: все электропотребляющие элементы размещены в одной электрической цепи, то для сложных местно-центральных систем кондиционирования (например, центральных систем кондиционирования воздуха с местными вентиляторными доводчиками) необходимо корректно собрать используемые электрические нагрузки от электродвигателей всех учавствующих в работе системы компрессоров, насосов и вентиляторов. Т.е. фактически для сплит-систем коэффициент ε_{Σ} эквивалентен холодильному коэффициенту ε, который также обозначается EEF (Energy Efficiency Ratio), при этом учитывается потребляемая электроэнергия как компрессора, так и всех учавствующих вентиляторов (и конденсатора, и испарителя).

Аналогичное соотношение используется при определении энергетических затрат систем отопления – соответствующих энергетических потребностей в теплоте, относимых к частичной энергетической эффективности систем отопления.

Собственная энергетическая эффективность систем вентиляции определяется, прежде всего, с учетом требуемых расходов приточного и вытяжного воздуха для помещений и оценивается отдельно.

5.2.4 Расчетная нагрузка на систему кондиционирования воздуха в теплый период года должна определяться с учетом требований СП 50.13330, СП 52.13330, СП 60.13330, СП 20.13330, обеспечивающих документ [2].

При определении составляющих тепловых потерь и поступлений следует учитывать требования ГОСТ 7076-99, ГОСТ 24816-2014, ГОСТ 25898-2012, ГОСТ 30494-2011, ГОСТ 31167-2009, ГОСТ Р 56733-2015, а также СП 230.1325800.

Следует также учитывать, что суточный максимум для различных составляющих теплового баланса, образующих потребности в холоде, может приходиться на разные часы [3, 4].

До разработки стандартной методики следует опираться на имеющиеся наработки, приведенные в [5–9].

5.2.5 Для работы парокомпрессионных холодильных машин затрачивается

энергия на привод компрессора $N_{ком}$, на электродвигатель вентилятора $N_{вент}$, используемого на перемещение воздуха через конденсатор или градирню, на электродвигатель насоса $N_{нас}$ при водяном охлаждении конденсатора, а также на привод прочих насосов и вентиляторов, обеспечивающих охлаждение воздуха в помещении (см. пункт 5.2.2 настоящего пособия).

С учетом этого энергетическая эффективность системы кондиционирования воздуха с парокомпрессионными холодильными машинами может быть охарактеризована по получению холода для охлаждения помещений с помощью коэффициента использования энергии (отражающего энергоэффективность СКВ) по формуле (5.2):

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{Q_x}{N_{\Sigma x}} = \frac{Q_x}{N_{ком} + N_{\Sigma вент} + N_{\Sigma нас}}. \qquad (5.2)$$

5.2.6 Для всего холодильного оборудования, обеспечивающего системы кондиционирования воздуха должны быть установлены значения коэффициента полезного действия охлаждения (аналог energy efficiency ratios – EERs), вычисленногое в условиях испытаний на охлаждение, при стандартных условиях испытаний согласно ГОСТ 32970-2014, ГОСТ 32969-2014 или аналогичных (см. табл. 5.1).

Для местных систем кондиционирования воздуха этот холодильный коэффициент (или коэффициент полезного действия охлаждения) будет эквивалентен коэффициенту использования энергии (или коэффициенту энергетической эффективности системы кондиционирования воздуха).

Таблица 5.1 – Стандартные условия испытаний для оценки холодопроизводительности

Параметр	Стандартные номинальные условия		
	«Т1»	«Т2»	«Т3»
Температура воздуха, подаваемого на внутреннюю сторону испытательной камеры, измеренная:			
- по сухому термометру, °С	27	21	29

- по влажному термометру, °С	19	15	19
Температура воздуха, подаваемого на наружную сторону испытательной камеры, измеренная:			
- по сухому термометру, °С	35	27	46
- по влажному термометру, °С	24	19	24
Температура воды в конденсаторе			
- на входе, °С	30	22	30
- на выходе, °С	35	27	35
Испытательная частота	Номинальная частота		
Испытательное напряжение	См. таблицу 5.2		

Условие температуры, измеренной по влажному термометру, применяется только при испытании конденсаторов с воздушным охлаждением, которые испаряют конденсат. Оборудование, рассчитанное на две номинальные частоты, испытывают на каждой частоте.

Стандартные условия классифицируются следующим образом:

– Т1 – стандартные номинальные условия для холодопроизводительности в умеренном климате;

– Т2 – стандартные номинальные условия для холодопроизводительности в холодном климате;

– Т3 – стандартные номинальные условия для холодопроизводительности в жарком климате;

Испытания при стандартных условиях должны быть проведены с использованием оборудования, работающего с полной нагрузкой. Согласно указанных ГОСТ во время испытаний необходимо определять как холодопроизводительность, так и потребляемую электроэнергию, используемую при проведении испытаний.

Таблица 5.2 – Напряжения для испытаний производительности холодильного

оборудования

Номинальное напряжение, В	Испытательное напряжение, В
90–109	100
110–127	115
180–207	200
208–253	230
254–341	265
342–420	400
421–506	460
507–633	575

Для холодильного оборудования с двумя номинальными напряжениями, например, 115/230 и 220/440, испытательными напряжениями являются 115 В и 230 В в первом случае и 220 В и 440 В во втором случае соответственно.

Для холодильного оборудования с диапазоном напряжений, например 110–120 В или 220–240 В, испытательным напряжением является 115 В или 230 В соответственно. Когда имеющийся диапазон напряжений охватывает два или более диапазона номинальных напряжений, используют среднее значение номинальных напряжений для определения испытательного напряжения из таблицы 5.2, аналогичной указанным выше ГОСТ. Например, для оборудования с диапазоном 200–220 В испытательным является напряжение 230 В на основе среднего напряжения 210 В.

Если производитель холодильного оборудования, имеющего компрессор с переменной скоростью, не предоставляет информацию о рабочей частоте вращения при полной нагрузке, а также о том, как она достигается во время проведения испытания на холодопроизводительность, то это оборудование должно управляться имеющимся в оборудовании термостатом или регулятором, настроенным на минимальное допустимое значение температуры.

Если оборудование предназначено для условий конкретного климата, то испытания следует проводить только для этих условий, в противном случае необходимо проводить испытания при всех трех типах стандартных условий.

Испытания проводят при нулевом значении статического давления, поддерживаемого на выходе из оборудования, и со средствами холодильной установки в рабочем состоянии.

Кроме того, существуют предписания для потока наружного воздуха при проведении испытаний. Так, если наружный воздушный поток является регулируемым, то все испытания проводят на наружной стороне с количеством воздуха или при настройке регулирования вентилятором, указанными производителем. В случае, когда вентилятор нерегулируемый, то все испытания проводят с объемным расходом воздуха наружной стороны, присущим оборудованию, когда оно работает с установленным набором элементов системы охлаждения. К таким элементам относятся все элементы сопротивления воздушному потоку, связанные с устройствами впуска, а также жалюзи, любые необходимые для системы воздуховоды и приспособления.

Схема циркуляции воздуха наружной стороны должна оставаться без изменения на протяжении всех испытаний.

Позиции решеток, заслонок, скорость вращения вентиляторов и т.д. должны быть установлены в соответствии с инструкциями изготовителя. При отсутствии инструкции, решетки, заслонки, скорость вращения вентиляторов и т.д. должны быть установлены для обеспечения максимальной холодо-производительности. Если испытания проводят при других настройках, эти параметры должны быть отмечены вместе со значением холодо-производительности.

Аппаратура испытательной камеры для предварительных условий и оборудование должны работать до тех пор, пока не будут достигнуты условия равновесия в соответствии с ГОСТ 32970-2014 и ГОСТ 32969-2014. Условия равновесия должны поддерживаться не менее чем в течение 1 ч до начала регистрации данных холодопроизводительности.

5.2.7 Испытания проводят для определения явной, скрытой и общей холодопроизводительностей на внутренней стороне камеры.

Данные следует регистрировать через равные промежутки времени в соответствии с требованиями ГОСТ 32970-2014, ГОСТ 32969-2014. Запись данных следует продолжать в течение не менее 30-минутного отрезка времени, в течение которого должны быть определены значения допусков, установленных в указанных ГОСТ.

5.2.8 Испытания характеристик холодильного оборудования в режиме максимального охлаждения происходят с учетом следующих особенностей.

Испытания следует проводить на оборудовании, функционирующем в режиме полной нагрузки, при стандартных условиях согласно таблице 5.3.

Напряжение при проведении испытаний следует поддерживать в заданных процентных отношениях для условий эксплуатации (см. таблицу 5.3).

Кроме того, напряжение следует регулировать так, чтобы оно составляло не менее 86% номинального напряжения в момент перезапуска оборудования после останова.

Определение холодопроизводительности и подводимой электрической мощности не требуется при проведении испытания данного режима работы.

Таблица 5.3 – Условия проведения испытаний в режиме максимального охлаждения

Параметр	Стандартные номинальные условия		
	T1	T2	T3
Температура воздуха, подаваемого на внутреннюю сторону испытательной камеры, измеренная:			
- по сухому термометру, °C	32	27	32
- по влажному термометру, °C	23	19	23
Температура воздуха, подаваемого на наружную сторону испытательной камеры			

измеренная: - по сухому термометру, °С - по влажному термометру, °С	 43 26	 35 24	 52 31
Испытательная частота	Номинальная частота		
Испытательное напряжение	а) 90% и 110% номинального напряжения, указанного на заводской табличке б) 90% нижнего номинального напряжения и 110% верхнего номинального напряжения для оборудования с двойным или расширенным паспортным значением напряжения		

Условие температуры по влажному термометру следует использовать только при испытании конденсаторов с воздушным охлаждением, которые испаряют конденсат. Оборудование, рассчитанное на две номинальные частоты, должно быть испытано на каждой частоте.

Испытание в режиме работы с максимальным охлаждением должно быть проведено с регулировкой скорости вентилятора на внутренней стороне.

При испытаниях для максимального режима органы управления оборудованием должны быть отрегулированы на максимальное охлаждение, а все воздушные и вытяжные заслонки должны быть закрыты.

В режиме максимального охлаждения оборудование должно работать непрерывно 1 ч после установления температур воздуха (см. таблицу 5.3). После чего все энергоснабжение оборудования отключают на 3 мин, а затем восстанавливают. Работа оборудования может быть повторно возобновлена либо автоматически, либо с использованием дистанционного управления или с помощью аналогичного устройства. Испытание должно продолжаться в течение 6-10 мин с момента перезапуска оборудования.

5.2.9 Кондиционеры и тепловые насосы при работе в условиях, указанных в таблице 5.3, должны удовлетворять следующим требованиям:

– на протяжении одного полного испытания оборудование должно работать без какого-либо сообщения (индикации) неисправности;

– двигатели оборудования должны работать непрерывно в течение первого часа испытания без отключения их защитными устройствами, предохраняющими от перегрузки;

– после перерыва в подаче энергоснабжения оборудование должно возобновлять работу в пределах 30 мин и работать непрерывно в течение 1 ч.

Предохранительное устройство может срабатывать на отключение только в течение первых пяти минут работы после периода отключения в три минуты. На протяжении оставшегося часового периода испытания не должно срабатывать на отключение никакое предохранительное устройство.

5.2.10 Испытания характеристик холодильного оборудования в режиме минимального охлаждения происходят с учетом следующих особенностей.

При испытании на минимальное охлаждение используют стандартные условия, указанные в таблице 5.4, а также выполняют проверку на блокировку воздуха вследствие обмерзания и образование капель после обмерзания. Управление (скоростью вращения вентиляторов, заслонками и воздухораспределительными решетками оборудования) должно быть настроено таким образом, чтобы обеспечить максимально возможные условия для обмерзания испарителя, при условии, что такие настройки не противоречат инструкциям по эксплуатации, предоставленным производителем.

Определение холодопроизводительности и подводимой электрической мощности не требуется при проведении испытаний данных режимов работы.

Оборудование должно быть включено и работать до стабилизации рабочих условий.

После стабилизации рабочих условий (см. таблицу 4) оборудование должно работать на протяжении 4 ч. Допускается остановка и запуск оборудования под

управлением автоматического ограничивающего устройства, если оно установлено.

Таблица 5.4 – Условия проведения испытаний при минимальном охлаждении

Параметр	Стандартные условия испытания	
	T1 и T3	T2
Температура воздуха, подаваемого на внутреннюю сторону испытательной камеры, измеренная:		
- по сухому термометру, °С	21	21
- по влажному термометру, °С	15	15
Температура воздуха, подаваемого на наружную сторону испытательной камеры, измеренная:		
- по сухому термометру, °С	21	10
- по влажному термометру, °С	-	-

За испытательную частоту принимают номинальную частоту оборудования. Значения испытательного напряжения принимают по таблице 5.2. Оборудование, рассчитанное на две номинальные частоты, должно быть испытано на каждой частоте.

5.2.11 В режиме минимального охлаждения оборудование должно работать в заданных условиях без какого-либо сообщения (индикации) неисправности.

В конце четырехчасового испытания слой льда или инея, образовавшийся на испарителе внутреннего блока, не должен превышать 50% площади лицевой поверхности или снижать скорость воздушного потока более чем на 25% от исходного значения.

На протяжении четырехчасового испытательного периода следует измерять температуру в средней точке каждого контура испарителя внутреннего блока или давление всасывания хладагента. Эти измерения следует проводить через равные интервалы времени с периодичностью в одну минуту или менее.

Измерения, сделанные через 10 мин после начала четырехчасового испытания, принимают в качестве исходных значений.

Если компрессор (компрессоры) при управлении в автоматическом режиме во время проведения испытания не выключается периодически, и если проводят замер температур испарителя, то значение температур в каждом контуре испарителя в течение более 20 мин подряд не должно понижаться более чем на 2 °С от соответствующего начального значения, или если измеряют давление всасывания, то температура насыщенного всасывания в течение более 20 мин подряд не должна понижаться более чем на 2 °С от начального значения.

Если компрессор при управлении в автоматическом режиме во время проведения испытания периодически включается и выключается, и если проводят замер температур испарителя, то при проведении испытания значение температуры в каждом контуре испарителя после любого цикла включения компрессора, измеренное спустя 10 мин, не должно понижаться более чем на 2 °С соответствующей начальной температуры контура, или если проводят замер давления всасывания, то при проведении испытания значение температуры насыщенного всасывания, измеренной спустя 10 мин после начала любого цикла включения компрессора, не должно понижаться более чем на 2 °С начальной температуры насыщенного всасывания.

5.2.12 Испытание на образование капель после обмерзания проводят сразу после завершения испытания минимального охлаждения и испытания на блокировку воздуха вследствие обмерзания при стандартных условиях, установленных в таблице 5.4. Определение холодопроизводительности и подводимой электрической мощности не требуется при проведении испытаний данных режимов работы.

5.2.13 Стандартные условия, которые должны быть использованы во время проведения испытания на запотевание корпуса и удаление конденсата, приведены в таблице 5.5.

Определение холодопроизводительности и подводимой электрической мощности не требуется при проведении испытания данного режима работы.

Условие температуры по влажному термометру следует использовать только при испытании конденсаторов с воздушным охлаждением, которые испаряют конденсат. Оборудование, рассчитанное на две номинальные частоты, должно быть испытано на каждой частоте.

Управление (скоростью вращения вентиляторов, заслонками и воздухораспределительными решетками оборудования) должно быть настроено таким образом, чтобы обеспечить максимально возможные условия для запотевания, при условии, что такие настройки не противоречат инструкциям по эксплуатации, предоставленным производителем.

После достижения заданных температурных условий оборудование должно быть запущено со штатным поддоном для сбора конденсата, заполненным до точки переполнения, и оборудование должно работать до тех пор, пока поток конденсата не станет равномерным.

Таблица 5.5 – Условия испытания на запотевание корпуса и удаление конденсата

Параметр	Стандартные условия испытания
Температура воздуха, подаваемого на внутреннюю сторону испытательной камеры, измеренная: - по сухому термометру, °С - по влажному термометру, °С	 27 24
Температура воздуха, подаваемого на наружную сторону испытательной камеры, измеренная: - по сухому термометру, °С - по влажному термометру, °С	 27 24
Испытательная частота	Номинальная частота
Испытательное напряжение	См. таблицу 5.2

Оборудование должно работать на протяжении 4 ч.

Во время работы оборудования при стандартных условиях испытаний (см. таблицу 5.5) конденсированная вода не должна капать или струиться из оборудования.

Оборудование, которое испаряет конденсат в атмосферу через конденсатор, должно отводить весь конденсат. Не допускается капание или разбрызгивание воды из оборудования, способное вызвать намокание здания или окружающих предметов.

5.2.13 Установленный по результатам испытаний холодильный коэффициент ε отражает собственную энергетическую эффективность только рассматриваемого оборудования для системы кондиционирования воздуха (холодильной машины, представленной компрессором, а также в некоторых случаях для местных систем – и со связанными вентиляторами).

Для определения энергетической эффективности системы кондиционирования воздуха при расчете коэффициента ε_{Σ} нужно учитывать энергопотребление всех аппаратов, обеспечивающих процессы охлаждения в системе кондиционирования воздуха (см. 5.2.2 и 5.2.5 настоящего пособия).

При этом относительно здания величина ε_{Σ} отражает только ту составляющую энергетической эффективности, которая выражает эксплуатационный этап жизненного цикла здания: т.к. этот параметр не учитывает инвестиционные энергетические затраты на производство необходимого холодильного оборудования и создание системы кондиционирования воздуха.

5.2.14 По величине холодильного коэффициента ε, коэффициента энергетической эффективности ε_{Σ} конкретного типа кондиционера и расчетной нагрузки на систему кондиционирования воздуха можно определить затраты электрической энергии на охлаждение помещений в расчетном режиме.

5.2.15 В случае, когда кондиционер может работать в режиме теплового насоса частичную эффективность его работы для режима отопления представляют с помощью отопительного коэффициента φ (коэффициента полезного действия нагрева – по ГОСТ 32970-2014).

Для наглядного представления разницы в величинах отопительного и

холодильного коэффициентов, можно выразить эти коэффициенты для некоторого идеального цикла с помощью формул (5.3) и (5.4) соответственно:

$$\varphi\,(COP\;) = COP_{от} = \frac{\left|Q_{от}\right|}{N_{\Sigma x}} = \frac{\left|Q_{x}\right| + N_{\Sigma x}}{N_{\Sigma x}} = \frac{Q_{от}}{Q_{от} - Q_{x}}; \tag{5.3}$$

$$\varepsilon\,(EEF\;) = COP_{x} = \frac{\left|Q_{x}\right|}{N_{\Sigma x}} = \frac{Q_{x}}{Q_{от} - Q_{x}}. \tag{5.4}$$

Отопительный коэффициент φ, так же COP (Coefficient of Performance), – коэффициент, характеризующий эффективность системы, является отношением выходной мощности системы к потребляемой мощности («входной»).

Во всех типах компрессорных кондиционеровх коэффициент φ всегда выше коэффициента ε, что объясняется тем, что при работе компрессор нагревается и передает часть теплоты хладоагенту, который циркулирует между испарителем и аппаратами системы кондиционирования воздуха

Кроме того, необходимо отметить, что отопительный и холодильный нельзя называть КПД, поскольку полезного действия в виде работы в обратных циклах нет: получение теплоты более высокого температурного потенциала происходит за счет преобразования работы в теплоту.

5.2.16 Также существуют абсорбционные холодильные машины, которые используют тепловую энергию для повышения концентрации растворов, служащих холодильным агентом.

В качестве рабочей среды в абсорбционных холодильных машинах используется раствор двух веществ. Вещества эти должны значительно отличаться по температуре кипения при одинаковом давлении, а одно из веществ должно обладать способностью поглощать и растворять пары второго вещества.

Вещество с более низкой температурой кипения является холодильным агентом, а вещество, поглощающее пары, – абсорбентом.

В качестве рабочих сред наибольшее распространение получили две бинарные смеси: аммиак – вода и вода – бромистый литий. Для систем кондиционирования воздуха обычно применяются бромистолитиевые абсорбционные машины, где вода играет роль холодильного агента, а бромистый

литий – абсорбента.

В абсорбционных холодильных машинах холодильный цикл осуществляется в следующем порядке. К змеевику в генераторе подводится теплота, которое обеспечивает нагревание раствора до состояния интенсивного выделения из него чистых водяных паров. Образовавшиеся водяные пары поступают в конденсатор, через змеевик которого проходит охлаждающая вода, поступающая после градирни. Отвод теплоты охлаждающей водой обеспечивает конденсацию чистых водяных паров. Конденсация протекает при давлении конденсации $P_к$, устанавливающемся в зависимости от температуры охлаждающей воды. Образовавшийся водяной конденсат поступает к регулирующему вентилю, где происходит дросселирование до давления испарения P_o, устанавливающегося в соответствии с требуемой температурой охлаждаемой воды t_{wx}. С давлением P_o водяной конденсат поступает в испаритель, через трубчатый змеевик которого проходит охлаждаемая вода. В межтрубном пространстве испарителя водяной конденсат испаряется. Через стенки трубок змеевика на испарение отводится теплота от охлаждаемой воды. Охлажденная вода с температурой t_{wx} после испарителя холодильной машины поступает в СКВ.

Образовавшиеся в испарителе чистые водяные пары проходят в абсорбер, где находится концентрированный раствор бромистого лития. Над поверхностью насыщенного раствора давление водяных паров ниже, чем давление чистых водяных паров, поступающих из испарителя. Вследствие перепада парциальных давлений происходит поглощение (абсорбция) водяных паров насыщенным раствором и, соответственно, понижение концентрации бромистого лития в растворе (ослабление раствора). В процессе абсорбции выделяется теплота, которая отводится из абсорбера с водой, проходящей по трубчатому змеевику.

В абсорбер непрерывно через второй регулирующий вентиль поступает насыщенный раствор из генератора. Ослабленный и насыщенный растворы смешиваются, и образующаяся смесь раствора перекачивается насосом в генератор, к которому подводится теплота.

В генераторе происходит непрерывное выпаривание водяных паров из

раствора, и образовавшийся насыщенный раствор бромистого лития по трубе подается в абсорбер, а чистые водяные пары поступают в конденсатор. Для нормальной работы бромистолитиевой холодильной машины необходимо удалять из ее аппаратов воздух, что достигается установкой вакуумного насоса.

В абсорбционной холодильной машине роль компрессора выполняют генератор и абсорбер. В абсорбер поступают чистые водяные пары из испарителя, что сходно с работой всасывающей стороны компрессора.

Насыщенный водой (ослабленный) раствор насосом подается в генератор, где засчет внешней теплоты происходит выпаривание из раствора водяных паров под давлением конденсации, что аналогично работе нагнетательной стороны компрессора. На работу абсорбционной холодильной машины затрачивается теплота в генераторе $Q_{ген}$, расходуется электроэнергия на привод насосов перекачивания раствора $N_{нас.аб}$ и охлаждающей воды $N_{нас.гр}$, на привод вакуумного насоса $N_{нас.вак}$ и на вентилятор градирни $N_{вент.гр}$.

С учетом этих величин энергетическая эффективность выработки количества холода в абсорбционной холодильной машине Q_x, кВт, равного количеству отводимой теплоты от охлаждаемой воды в испарителе, вычисляется по формуле:

$$\varepsilon = \frac{Q_x}{N_{\sum x.аб}} = \frac{Q_x}{Q_{ген} + N_{нас.аб} + N_{нас.гр} + N_{вент.гр} + N_{нас.вак}}. \qquad (5.5)$$

Тогда энергетический показатель системы кондиционирования воздуха с абсорбционными холодильными машинами, характеризующий энергетическую эффективность СКВ, может быть определен по формуле:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{Q_x}{N_{\sum x}} = \frac{Q_x}{N_{\sum x.аб} + N_{нас.скв}} = \frac{Q_x}{Q_{ген} + N_{нас.аб} + N_{нас.гр} + N_{вент.гр} + N_{нас.вак} + N_{нас.скв}}, \qquad (5.6)$$

где

$N_{\Sigma x}$ – суммарные затраты электрической энергии на охлаждение воздуха с помощью абсорбционной холодильной машины, кВт;

$Q_{ген}$ – теплота, подводимая в генераторе, для нагревания раствора в целях выпаривания водяных паров, кВт;

$N_{нас.аб}$ – затраты электроэнергии на работу насосов абсорбционной холодильной машины, кВт;

$N_{нас.гр}$ – затраты электроэнергии на работу насосов циркуляционного контура охлаждающей воды от градирни через конденсатор холодильной машины, кВт;

$N_{вент.гр}$ – затраты электроэнергии на работу вентиляторов градирни, кВт;

$N_{нас.скв}$ – затраты электроэнергии на работу насосов циркуляционного контура холодной воды через испаритель абсорбционной холодильной машины и аппараты системы кондиционирования воздуха, кВт;

$N_{нас.вак}$ – затраты электроэнергии на работу ваккумноно насоса, для удаления воздуха из аппаратов абсорбционной холодильной машины, кВт.

Коэффициент ε_{Σ} для абсорбционных холодильных машин принимает значения около 1,65 (при теплоносителе – горячей воде с температурой 150 °С.

Рационально использовать холодильные машины подобного типа при наличии сбросной теплоты, например от ТЭЦ в теплы период года.

5.2.17 Также существуют воздушные холодильные машины, которые потребляют энергию на привод компрессора для сжатия воздуха, который используется в качестве рабочего вещества, что позволяет направлять охлажденный воздух непосредственно в обслуживаемое помещение.

Используются следующие конструктивные решения для получения воздуха в качестве холодильного агента: вихревые трубы и турбодетандеры.

В вихревой трубе происходит вихревой эффект температурного разделения воздуха. Сжатый воздух с начальной температурой, близкой к окружающей, поступает через сопло и тангенциально входит в улитку. В трубе воздух совершает сложное вращательное движение, и у стенок трубы образуется зона повышенного давления, где воздух имеет более высокую температуру по сравнению с начальной. По оси трубы образуется зона пониженного давления с воздухом более низкой температуры, чем начальная. Нагретый воздух выходит через периферийное отверстие, открываемое дроссельным вентилем; холодный воздух выходит через центральное отверстие в диафрагме.

Полезно может использоваться как нагретый, так и охлажденный воздух,

поступающий после вихревой трубы.

В турбодетандерах используется принцип расширения сжатого воздуха и сопутствующего этому процессу его охлаждения.

Энергетическая эффективность получения холода в воздушных холодильных машинах значительно ниже, чем в парокомпрессионных и абсорбционных холодильных машинах, поэтому методы получения холода в воздушных холодильных машинах для СКВ применяются только в ограниченных случаях. Коэффициент ε_{Σ} принимает значения менее единицы.

5.2.18 Для организации охлаждения также используютс испарительное охлаждение. Различают прямое и косвенное испарительное охлаждение воздуха.

Энергетическая эффективность прямого испарительного охлаждения определяется количеством явной теплоты $Q_{x(я)}$, отводимого от воздуха на испарение воды, и затратами электроэнергии на работу насоса $N_{нас}$ на рециркуляцию орошающей воды. Показатель энергетической эффективности для системы с прямым испарительным охлаждением вычисляется по формуле:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{Q_{x}}{N_{\Sigma x.пио}} = \frac{Q_{x(я)}}{N_{нас}}. \qquad (5.7)$$

В условиях жаркого и сухого климата в аппаратах прямого испарительного охлаждения можно получить коэффициент ε_{Σ}, равный 15 единиц и более. В условиях Российско Федерации применение прямого испарительного охлаждения крайне ограничено из-за особенностей климата.

При определении показателя энергетической эффективности системы кондиционирования воздуха с прямым испарительным охлаждением допускается учитывать затраты электроэнергии на обеспечение перемещения воздушного потока вентилятором $N_{вент}$, если объем перемешаемого воздуха для такой системы превышает требуемый расход приточного воздуха для поддержания допустимого качества воздуха при обеспечении вентиляции.

Косвенное испарительное охлаждение характеризуется отводом теплоты от кондиционируемого воздуха через стенку к воде, охлаждаемой испарением во вспомогательном потоке воздуха. Различают методы раздельного и совмещенного

крсвенного испарительного охлаждения.

При раздельном косвенном испарительном охлаждении вода охлаждается в градирне и подается в поверхностный теплообменник. Со стороны оребрения теплообменника вентилятором подается кондиционируемый воздух, который отдает теплоту на нагревание воды. Испарительное охлаждение подогревшейся воды осуществляется в отдельной градирне, через которую обычно проходит наружный воздух.

Энергетическая эффективность системы косвенного испарительного охлаждения определяется количеством явного тепла $Q_{х(я)}$, отводимого от воздуха в поверхностном теплообменнике, и затратами электроэнергии на привод вентиляторов $N_{вент}$ во вспомогательном контуре, насосов $N_{нас}$ и на работу градирни $N_{вент.гр}$. Показатель энергетической эффективности для системы с косвенным испарительным охлаждением вычисляется по формуле:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{Q_{х}}{N_{\Sigma\, х.кмо}} = \frac{Q_{х(я)}}{N_{нас} + N_{вент} + N_{вент.гр}}. \qquad (5.8)$$

В климатических условиях средней полосы нашей страны косвенное испарительное охлаждение имеет коэффициент ε_{Σ}, равный 5–8 единиц.

Совмещенное (двухступенчатое) испарительное охлаждение осуществляется в аппаратах, в которых конструктивно объединены поверхностный теплообменник и градирня.

Эти аппараты называют теплообменниками косвенного испарительного охлаждения, и они могут быть представлены насосной и безнасосной подачей воды.

Энергетическая эффективность системы кондиционирования воздуха с совмещенным исправительным охлаждением оценивается по формуле (5.8). Коэффициент ε_{Σ} принимает значения 6–10 единиц.

6 Энергетическая эффективность систем кондиционирования при нестационарных теплопоступлениях

6.1 Особенностью теплого периода года является возможное несовпадение суточных максимумов тепловой нагрузки от различных факторов; например, от солнечной радиации, проникающей через светопрозрачные конструкций, с одной стороны, и от солнечной радиации, сообщающейся через несветопрозрачные конструкций за счет теплопередачи, а также из-за теплопередачи от наружного воздуха через такие конструкции и из-за непосредственно воздуха, поступающего в помещения, с другой.

Недостаток, либо избыток теплового потока (количества теплоты в единицу времени) Q, Вт, характеризующего тепловой комфорт помещения, может быть определен как алгебраическая сумма составляющих теплового баланса. В общем случае для здания (помещения здания, зоны помещения здания) эту алгебраическую сумму можно представить в виде (6.1).

$$Q = Q_{рад} \pm Q_{внутр} \pm Q_{тр} \pm Q_{вент} . \quad (6.1)$$

Величина $Q_{рад}$ всегда является источником теплоты.

Внутренние тепловые потоки можно классифицировать с использованием формул (6.2) – (6.4):

$$Q_{внутр} = Q_{люд} + Q_{электр} \pm Q_{поверхн} ; \quad (6.2)$$

$$Q_{электр} = Q_{освещ} + Q_{оборуд} ; \quad (6.3)$$

$$Q_{поверхн} = Q_{мат} + Q_{пт} + Q_{гв} + Q_{труб} \pm Q_{мтс} . \quad (6.4)$$

Внутренние тепловые потоки могут быть источниками теплоты: теплопоступления от людей, от осветительных приборов и электрооборудования, как хозяйственно-бытового, так и производственного назначения.

В качестве источника теплоты в расчет может вводиться энергия, поступающая от нагретых материалов и транспортных средств (въезжающие в здание в теплый период года). Однако в холодный период года поступающие материалы и транспортные средства могут требовать затрат теплоты на их подогрев до температуры внутреннего воздуха помещений. В этом случае, тепловые потребности на нагревание поступающих в здание

материалов и транспортных средств являются стоком теплоты.

В результате технологических процессов могут образовываться нагретые поверхности оборудования, с помощью которых и осуществляются технологические процессы: печи, плиты и подобное оборудование, которые также становятся источниками тепловых поступлений. Также в результате этих технологических процессов создаются материалы, которые также могут вводиться в расчет. В общем случае приготовленную пищу также можно считать созданным материалом, однако, если теплота от различных выплавляемых изделий из металлов, керамики и т.п. в дальнейшей цепи технологических процессов не используется, то горячая пища потребляется людьми, и, соответственно, теплота от собственно поверхности пищи в расчете энергопотребления использоваться не должна. Плоские поверхности: зеркала объемов горячей воды и цилиндрические поверхности участков нагретых труб различных инженерных и технологических систем – также компоненты внутренних тепловых поступлений.

Трансмиссионная и вентиляционная составляющие теплового баланса в зависимости от разности температуры наружного и внутреннего воздуха могут становиться для здания и тепловыми потерями, и тепловыми поступлениями. При этом под вентиляционной составляющей следует понимать и тепловые потребности, возникающие засчет организованно поступающего воздуха, и тепловые потребности, являющиеся результатом воздухопроницаемости ограждающих конструкций согласно формуле (6.5): это тепловые потребности, образующиеся из-за необходимости создавать и поддерживать воздушный режим в помещениях:

$$Q_{вент} = Q_{орг.вент} + Q_{инф} . \qquad (6.5)$$

Для теплого периода года, характеризуемого среднесуточной температурой наружного воздуха, превышающей +8 °С, формулу (6.1) с учетом (6.2) – (6.5) можно представить в виде (6.6).

$$\begin{aligned} Q = {} & Q_{рад} + Q_{люд} + Q_{освещ} + Q_{оборуд} + Q_{мат} + Q_{тп} + \\ & + Q_{гв} + Q_{труб} \pm Q_{мтс} \pm Q_{тр} \pm Q_{орг.вент} \pm Q_{инф} \end{aligned} . \qquad (6.6)$$

В случае рассмотрения жилых и общественных зданий слагаемые $Q_{мат}$ и $Q_{мтс}$, как правило, в расчете не требуются. Часть других составляющих, которые характеризуют внутренние поступления теплоты, могут быть представлены в

единственном виде и только для некоторых групп помещений (кухни, ванны, санузлы).

В любом случае из-за несовпадения пиков солнечной радиации и температуры наружного воздуха нагрузка, а также из-за ярок выраженной нестационарной природы процессов в теплый период года, теплоаккумуляционных процессов на внутренних ограждающих конструкциях помещений и с учетом специфики климата России даже в течение наиболее жарких суток нагрузки на систему кондиционирования воздуха могут быть существенно отличными от расчетных значений.

Следовательно, возникает необходимость коррекции холодильного коэффициента при определении энергетической эффективности систем кондиционирования при нестационарных теплопоступлениях.

6.2 В международной практике для определения энергетической эффективности небольших систем систем кондиционирования воздуха при нестационарных условиях используют сезонный холодильный коэффициент SEEF.

SEEF (Seasonal Energy Efficiency Ratio) – отношение выходной энергии охлаждения к потребляемой электрической энергии (как и EEF), однако этот коэффициент позволяет получить характеристику эффективности системы в течение сезона (при изменяющейся температуре наружного воздуха). Как правило, величина SEEF используется для кондиционеров воздуха мощностью до 19 кВт и выражается с помощью формулы (6.7):

$$SEEF = \frac{Выходная\ энергия\ охлаждения\ за\ период\ времени}{Входная\ электричес\ кая\ энергия\ за\ тот\ же\ период\ времени} \quad (6.7)$$

Величина SEEF средняется по целому диапазону разностей температуры наружного и внутреннего воздуха (при разностях температуры как при стандартных условиях и меньших), в т. ч. в случае, когда температура наружного воздуха составляет 28 °С, а температура воздуха помещения – 27 °С.

При низких разностях температуры воздуха, наблюдается повышение эффективности: абсолютная величина SEEF как правило больше EEF на 15–35%.

Такой коэффициент позволяет сравнивать эффективность различных моделей

кондиционеров в реальных, а не лабораторных условиях. Однако для систем с относительно большой холодопроизводительностью его не используют: фактические нагрузки конидционеров больших систем во многом зависят от спроса на энергию охлаждения и режима эксплуатации помещений, что увеличивает чувствительность расчетов к исходным данным.

Также для кондиционеров, работающих в режиме тепловых насосов, используют аналогичный коэффициент HSPF (Heating Seasonal Performance Factor) – коэффициент, подобный величине SEEF, однако относящийся к отопительному сезону, а не охладительному. Применяется, в основном, к тепловым насосам с аналогичным ограничением в 19 кВт.

Подобный коэффициент удобно применять для небольших кондиционеров сплит-систем и канальных кондиционеров, т.к. все потребители электрической нагрузки, как правило, размещаются в одной электрической цепи. Т.е. для подобных местных систем кондиционирования воздуха небольшой мощности эквивалентность холодильного коэффициента ε и коэффициента энергетической эффективности СКВ ε_{Σ} будет сохранена.

6.3 Для систем кондиционирования воздуха со значительной холодопроизводительностью используют суммарный холодильный коэффициент, который и следует применять для определения энергетической эффективности систем кондиционирования при нестационарных теплопоступлениях.

Суммарный холодильный коэффициент ε определяется по соотношению

$$\varepsilon(IEER) = 0{,}020 \cdot A + 0{,}617 \cdot B + 0{,}238 \cdot C + 0{,}125 \cdot D, \qquad (6.8)$$

где

A – холодильный коэффициент ε, при 100% нагрузке на систему кондиционирования и стандартных условиях (см. таблицу 5.1);

B – холодильный коэффициент ε, при 75% нагрузке на систему кондиционирования и пониженных стандартных условиях (таблица 6.1);

C – холодильный коэффициент ε, при 50% нагрузке на систему кондиционирования и пониженных стандартных условиях (см. таблицу 6.1);

D – холодильный коэффициент ε, при 25% нагрузке на систему

кондиционирования и пониженных стандартных условиях (см. таблицу 6.1).

Таблица 6.1 – Стандартные условия для определения холодильных коэффициентов, составляющих суммарный холодильный коэффициент ε_{Σ}

Параметр	Стандартные условия испытания
Воздух помещения: – температура воздуха по сухому термометру, °С – температура воздуха по влажному термометру, °С	 26,7 19,4
Температура охлаждающего воздуха по сухому термометру, °С	100%-ная нагрузка –35,0 75%-ная нагрузка – 27,5 50%-ная нагрузка – 20,0 25%-ная нагрузка – 18,3
Температура охлаждающей воды в конденсаторе, °С	100%-ная нагрузка – 29,4 75%-ная нагрузка – 23,1 50%-ная нагрузка – 16,7 25%-ная нагрузка – 12,8
Температура охлаждающего воздуха по влажному термометру, °С	100%-ная нагрузка– 23,6 75%-ная нагрузка – 19,0 50%-ная нагрузка – 14,2 25%-ная нагрузка – 11,6

При невозможности проведения соответствующих испытаний при 25%-, 50%- и 75%-ной нагрузках необходимо выполнить испытания с теми нагрузками, которые могут быть обеспечены прииспытаний, а затем выполнить интерполяцию значений до искомых величин (при 25%-, 50%- и 75%-ной нагрузках).

При необходимости температурные условиях для расчетов частичной нагрузки можно откорректировать.

После определения суммарного холодильного коэффициента ε необходимо определить и суммарный коэффициент использования энергии (энергетической

эффективности системы СКВ), с помощью учета насосов и вентиляторов, дополнительно учавствующих в обеспечении работы системы кондиционирования (циркуляционные насосы вторичных контуров, вентиляторы градирен и т.д.) в соответствии с формулами (5.2), (5.6) – (5.8) и разделом 5 в целом.

6.4 Уточнять влияние нестационарных тепловых поступлений следует с учетом приложения Б настоящего пособия при определении расчетных и базовых режимов работы системы кондиционирования воздуха для величины требуемого расхода энергии на обеспечение охлаждения помещений, а также водопотребления при наличии функции увлажнения.

7 Примеры расчета энергетической эффективности систем кондиционирования

7.1 Пример расчета энергетической эффективности местно-центральной системы кондиционирования воздуха

Во многих современных административных и общественных зданиях применяется большое количество инженерного оборудования, потребляющего электроэнергию, для обеспечения охлаждения помещений.

Рассмотрим здание банка, имеющего периметральную и внутреннюю зоны.

Для помещений периметральной зоны системы кондиционирования воздухапроектируют для круглогодового приготовления приточного воздуха, обеспечивающего поддержание требуемых внутренних параметров воздуха независимо от интенсивности воздействия внешних (температура наружного воздуха, интенсивность солнечной радиации) и внутренних (теплоизбытки от людей и оборудования) условий.

В помещениях внутренней зоны нет влияния внешних условий, т. к. отсутствуют наружные ограждающие конструкции. Во внутренних помещениях располагают служебное оборудование, потребляющее значительные мощности электроэнергии круглосуточно. Такими помещениями являются узлы автоматической связи, компьютерные центры обработки данных и т.п.

Системы кондиционирования воздуха для внутренних помещений должны круглый год отводить теплоизбытки, обусловленные выделением теплоты от потребляемой служебным оборудованием электроэнергии при отсутствии трансмиссионных теплопотерь через наружные ограждения. Во внутренних помещениях, как правило, обслуживающий персонал находится кратковременно, и подача приточного наружного воздуха определяется только задачами удаления запахов и газовых выделений от работающего служебного оборудования.

Расходы приточного наружного воздуха значительно меньше расходов для периметральных помещений, где персонал размещается постоянно и имеет место большое число посетителей (например, служебные помещения банка).

Условия круглогодового формирования теплового режима в периметральных и внутренних помещениях определяют режимы работы СКВ. Для обеих зон энергетически рационально применение местно-центральных СКВ: центральной системы кондиционирования с местными вентиляторными доводчиками.

Центральные кондиционеры и вытяжные агрегаты целесообразно ограничить по воздухопроизводительности условиями подачи санитарных норм приточного воздуха и удалением вытяжными установками расчетных влаго- и газовых выделений.

Местные агрегаты в периметральной зоне здания летом выполняют задачи ассимиляции тепловыделений, а зимой – компенсацию теплопотерь через наружные ограждения (воздушное отопление).

Во внутренней зоне местные агрегаты круглый год обеспечивают отведение теплоизбытков, что требует круглогодично подачи к ним источника холода.

В теплый период года выработка холода аппаратов местно-центральной системы кондиционирования воздуха осуществляется от работы холодильных машин, в испарителе которых циркулирующий от работы насосов хладоагент (вода) охлаждается до температуры t_{wx}= 8 °С. В расчетном режиме потребления холода системой кондиционирования воздуха отепленная вода с температурой 12 °С возвращается на охлаждение в испарителях холодильных машин. При этом поглощение влаговыделений возлагается на осушенный и охлажденный приточный наружный воздух, а в воздухоохладителях местных агрегатов осуществляется охлаждение внутреннего воздуха при постоянном влагосодержании.

На рисунке 7.1 представлена принципиальная схема воздухоохлаждения местно-центральной СКВ помещений здания банка по данным [10].

Для охлаждения воды использована холодильная машина EUWL200 KX производства фирмы «Daikin», которая имеет расчетную холодопроизводитсльность 514 кВт, состоит из двух винтовых компрессоров *1* и потребляет 163,3 кВт электроэнергии. Хладон R134A конденсируется в трубах воздушного конденсатора *2,* установленного на кровле.

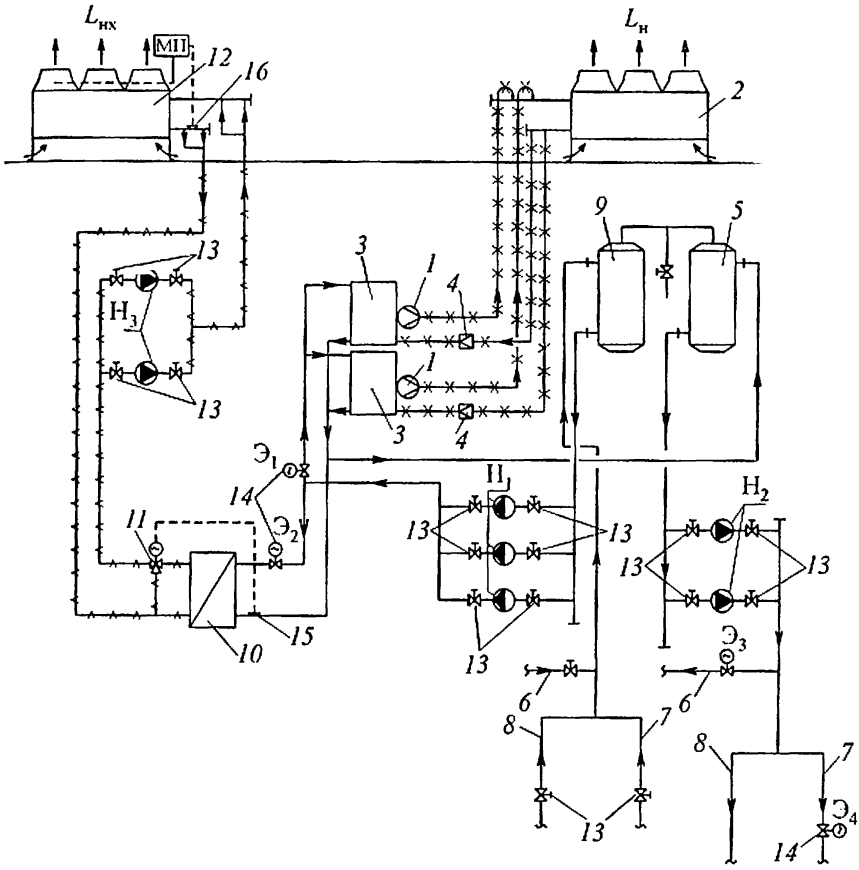

Рисунок 7.1 – Принципиальная схема холодоснабжения местно-центральной системы кондиционирования воздуха вздании банка:

————контур циркуляции холодной воды 8/12 °С;

—Х—Х— контурциркуляции хладона R134 A;

—Л—Л—контур циркуляции антифриза

Ключ к обозначениям на рисунке 7.1:

1 – компрессор; *2* – конденсатор в потоке наружного воздуха $L_н$; *3* – испаритель; *4* – ТРВ; *5* – сборный бак охлажденной воды t_{wx}= 8 °С; *6* – подающий и обратный

трубопроводы для снабжения центральных кондиционеров периметральной зоны; *7* – подающий и обратный трубопроводы для воздухоохладителей местныхвентиляторныхдоводчиков в периметральной зоне; *8* – подающий и обратный трубопроводы для воздухоохладителей центральных кондиционеров и местных вентиляторныхдоводчиков внутренней зоны; *9* – сборный бак отепленной воды $t_{wоб}$ = 12 °С; *10* – пластинчатый теплообменник «вода-антифриз»; *11* – трехходовой автоматический клапан; *12* – охладитель антифриза в потоке наружного воздуха $L_{нх}$; *13* – ручной запорный клапан; *14* – запорный клапан с электроприводом; *15* – датчик контроля температуры охлажденной коды t_{wx}= 8 °С; *16* – датчик контроля температуры охлажденного антифриза $t_{аф1}$ = 5 °С; $Н_1$, $Н_2$, $Н_3$ – три группы насосов; $Э_1$, $Э_2$, $Э_3$, $Э_4$ – запорные клапаны с электрическим приводом.

Для обеспечения конденсации холодильного агента через оребрение трубок конденсатора *2* от работы десяти осевых вентиляторов, потребляющих $N_{вн.кон}$ = 9,4 кВт электроэнергии, подается наружный воздух $L_н$.

Жидкий холодильный агент через терморегулирующий вентиль (ТРВ) *4* в виде парожидкостной смеси поступает в трубки испарителей *3*. По контролю температуры охлажденной воды t_{wx} = 8 °С автоматически изменяется холодо-производитсльность холодильной машины от 100 до 20%.

Охлаждение в испарителях *3* происходит от работы насосов группы $Н_1$, состоящей из трех насосов типа LP100-125/121 фирмы «Grundfos», производительностью по воде 55 м^3/ч, с напором 14,5 м и установочной мощностью приводного электродвигателя $N_{нас.1}$ = 4 кВт. В расчетном режиме работают два насоса, а один – резервный.

Подача охлажденной воды от испарителей *3* осуществляется от работы насосов группы $Н_2$, состоящей из двух насосов фирмы «Grundfos» производительностью 110 м^3/ч с напором 17 м и установочной мощностью приводного электродвигателя $N_{нас.2}$ = 7,5 кВт. Один насос рабочий, а второй – запасной. Рабочий насос имеет электронное управление частотой вращения по контролю постоянного давления в трубопроводах.

Для предохранения от гидравлических ударов и обеспечения устойчивой циркуляции воды служат баки *5* и *9* емкостью 1,5 м^3 каждый. Снабжение холодной водой аппаратов системы кондиционирования воздуха осуществляется по трем контурам циркуляции: подающий и обратный трубопроводы *6* для снабжения воздухоохладителей периметральной зоны здания; подающий и обратный трубы *7* для снабжения воздухоохладителей местных агрегатов периметральной зоны; подающей и обратной трубопроводы *8* для обслуживания воздухоохладителей центральных и местных агрегатов внутренней зоны.

В расчетных условиях теплого периода года энергетический показатель выработки холода для системы кондиционирования воздуха (холодильный коэффициент) будет определяться по выражению:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{Q_x}{N_{ком} + N_{вен.хол} + N_{нас.1} \cdot 2 + N_{нас.2}}. \qquad (7.1)$$

В рассматриваемом случае холодильный коэффициент составит:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{514}{163,3 + 9,4 + 4 \cdot 2 + 7,5} = \frac{514}{188,2} = 2,73. \qquad (7.2)$$

7.2 Пример расчета энергетической эффективности местно-центральной системы кондиционирования воздуха со свободным охлаждением

При понижении температуры наружного воздуха снижается потребность системы кондиционирования воздуха в холоде, что обеспечивается автоматическим регулированием холодопроизводительности от 100 до 20%, регулированием производительности насосов группы $Н_1$ и $Н_2$.

Расчетная потребность в холоде системы кондиционирования воздуха внутренней зоны составляет $Q_{х.вн}$ = 280 кВт. При низких температурах наружного воздуха получение холода для системы кондиционирования внутренней зоны обеспечивается в режиме «свободного охлаждения» – использованием холода наружного воздуха $L_{нх}$. Для реализации режима свободного охлаждения используется вентиляторный охладитель *12*, смонтированный на крыше здания.

В проекте системы кондиционирования банка применен охладитель типа SHLN536 E с восьмью осевыми вентиляторами для продува через оребренную поверхность трубок холодного наружного воздуха $L_{нх}$. Осевые вентиляторы потребляют $N_{вен.ох}$ = 14, 6 кВт электроэнергии.

В качестве охлаждающей среды между охладителем *12* и пластинчатым теплообменником *10* от работы насоса группы H_3 типа LP100-125/137 с установочной мощностью приводного электродвигателя $N_{нас}$ = 7,5 кВт циркулирует антифриз. Один насос группы H_3 рабочий, второй – резервный.

Теплотехническая эффективность охладителя *12* по охлаждению антифриза в трубках наружным воздухом оценивается показателем:

$$\theta t_{аф} = \frac{t_{аф\,2} - t_{аф\,1}}{t_{аф\,2} - t_{н}} \text{ м}^3/\text{ч}. \qquad (7.3)$$

Для настоящем примера приняты: температура отепленного в пластинчатом теплообменник *10* антифриза, равная 10°С; температура охлажденного в охладителе *12* наружным воздухом антифриза, равная 5 °С – так, что показатель теплотехнической эффективности охладителя SHLN *12* в расчетном режиме составит $\theta t_{аф}$ = 0,45. Тогда температура, при которой достигается проеткный режим охлаждения, равна –1,1 °С.

В системе автоматизации работы системы кондиционирования воздуха запроектирован датчик контроля температуры наружного воздуха $t_н$. При достижении $t_н < -1{,}1$ °С датчик через микропроцессорный регулятор подает команду на изменения режимов холодоснабжения системы кондиционирования. Охлаждение воды в холодильных машинах прекращается, что достигается остановкой электродвигателей компрессоров *1* и осевых вентиляторов конденсатора *2*. Изменения контуров циркуляции воды достигается автоматическим закрытием клапанов $Э_1$ и $Э_4$, а клапан $Э_2$ – открывается. Насос группы H_2 имеет автоматическое регулирование частоты вращения приводного электродвигателя рабочего колеса, и в режиме свободного холодоснабжения его производительность по воде равна:

$$Q_{w.вн} = \frac{3600 \cdot Q_{х.вн}}{1000 \cdot c_w \cdot \left(t_{wcm} - t_{wx}\right)} = \frac{3600 \cdot 280}{1000 \cdot 4{,}19 \cdot \left(12 - 8\right)} = 60 \text{ м}^3/\text{ч}. \qquad (7.4)$$

По данным фирмы «Grundfos» при снижении производительности насоса LP100-121/137 до 60м^3/ч при постоянном напоре 17 м потребление электроэнергии приводным двигателем снижается до 5 кВт.

Циркуляция антифриза обеспечивается от работы насоса группы $Н_3$.

При снижении температуры ружного воздуха ниже –1,1 °С энергетически целесообразно снижать теплотехническую эффективность охладительного теплообменника *12*. Для этой цели на выходящем из теплообменника *12* трубопроводе установлен датчик *16* контроля температуры охлажденного антифриза $t_{афl}$= 5 ± 1 °С. Датчик *16* связан с магнитными пускателями МП электродвигателей восьми осевых вентиляторов. При снижении $t_н$ при постоянной теплотехнической эффективности $\theta t_{аф}$ будет снижаться температура охлажденного антифриза $t_{афl}$ < 5 °С. Датчик *16* воспринимает это снижение и подает команду на последовательную остановку по два вентилятора у охладителя *12*. Снижение расхода холодного наружного воздуха $L_{нх}$ через охладитель *12* вызовет снижение его теплотехнической эффективности, т.е. уменьшение величины показателя $\theta t_{аф}$. Так например, расчетная температура наружного воздуха в холодный период года по параметрам Б для климата Москвы $t_{нх}$ = –26 °С согласно СП 131.13330. Для получения температуры охлажденного антифриза $t_{афl}$= 5 °С теплотехническая эффективность охладителя *12* по формуле (5.1) должна составлять $\theta t_{аф}$= 0,139.

Требуемая текущая низкая теплотехническая эффективность охладительного теплообменника *12* может быть обеспечена при работе меньшего числа осевых вентиляторов.

На привод одного осевого вентилятора у охладителя *12* затрачивается 1,825 кВт электроэнергии (14,6/8). Т.е. при рабоге охладительного теплообменника *12* при $t_{нх}$ = –26 °С потребление электроэнергии двумя осевыми вентиляторами снижается в 4 раза (16,8/2×1,825). С понижением температуры наружного воздуха возрастает энергическая эффективность режимов свободного охлаждения.

Для обеспечения постоянства температуры охлажденной до температуры t_{wx} = 8 °С в теплообменнике *10* циркуляционной воды служит датчик *15*, имеющий импульсивную связь с электрическим приводом трехходого клапана *11*. При

снижении $t_{wx} < 8$ °С часть охлажденного антифриза с температурой $t_{афл} = 5$ °С будет проходить по перемычке в трехходовой клапан *11*, минуя теплообменник *10*. Это обеспечивает количественное регулирование теплотехнической эффективности теплообменника *10* для получения постоянства температуры охлажденной воды $t_{wx} = 8$ °С.

В расчетных условиях использования наружного воздуха $L_{нх}$ при $t_н = -1{,}1$ °С получение холода в режиме свободного охлаждения обеспечивается при энергетическом показателе использования энергии (коэффициенте энергетической эффективности системы):

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{Q_{х.вн}}{N_{вн.вх} + N_{нас.1} + N_{нас.2} + N_{нас.3}}. \qquad (7.5)$$

В рассматриваемом случае холодильный коэффициент составит:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{280}{14{,}6 + 4 + 5 + 7{,}5} = \frac{280}{31{,}1} = 9. \qquad (7.6)$$

По сравнению с режимом холодоснабжения системы кондиционирования от работы холодильной машины энергетический показатель выработки холода при свободном охлаждении возрастает в 3,3 раза.

В климате Москвы стояние температур наружного воздуха от –1,1 °С и ниже продолжается 3033 ч/год [11]. Помещения внутренней зоны нуждаются в холоде круглый год, что составляет время работы системы 8760 ч/год. Следовательно, применение режима свободного охлаждения позволяет до 35% времени года обеспечить работу системы кондиционирования внутренних помещений банка с расходом электроэнергии на выработку холода в три и более раза меньше по сравнению с режимами работы компрессорных холодильных машин. Принципиально возможно путем выбора охладителя *12* и пластинчатого теплообменника с большой теплотехнической эффективностью увеличить время в году применения режима свободного охлаждения вместо работы холодильных машин.

Теплоту помещений внутренней зоны здания энергетически рационально использовать для нагрева приточного наружного воздуха в центральных кондиционерах системы. Такое энергетически эффективное решение широко

применял Я. Г. Кронфельд в проектах гостиниц высшего класса, сооруженных в Москве в 1990-х годах.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Особенности определения показателей энергетической эффективности систем кондиционирования воздуха в зарубежных практиках

А.1 В США для кондиционеров небольшой мощностью существует практика определения энергетической эффективности по показателю SEEF.

SEEF (Seasonal Energy Efficiency Ratio) – отношение выходной энергии охлаждения к потребляемой электрической энергии (как и EEF), однако этот коэффициент позволяет получить характеристику эффективности оборудования в течение сезона (при изменяющейся температуре наружного воздуха). Величина SEEF используется для кондиционеров воздуха мощностью до 19 кВт.

Величина SEEF усредняется по целому диапазону разностей температуры наружного и внутреннего воздуха (при разностях температуры как при стандартных условиях и меньших), в т. ч. когда температура наружного воздуха составляет 82 ^{o}F (28 ^{o}C), а температура воздуха помещения – 80 ^{o}F (27 ^{o}C).

При низких разностях температуры воздуха, наблюдается повышения эффективности: абсолютная величина SEEF как правило больше EEF на 15–35%. Такой коэффициент позволяет сравнивать эффективность различных моделей кондиционеров в реальных, а не лабораторных условиях.

Для определения энергетической эффективности кондиционеров небольшой мощности в режиме отопления широко используется показатель HSPF.

HSPF (Heating Seasonal Performance Factor) – коэффициент, подобный величине SEEF, однако относящийся к отопительному сезону, а не охладительному.

Следует отметить, что тепловая и «холодильная» энергия в США измеряется в Btu (британские термические единицы), а электрическая в Wh (ватт-часы).

Поскольку часто для удобства используют мощностные единицы для сравнения эффективности кондиционеров, необходимо обозначить и схему перевода EER в систему СИ:

$$\varepsilon(EER) = EER_{США} \cdot \frac{Btu}{Wh} = EER_{США} \cdot 0{,}293 \ . \qquad (А.1)$$

А.2 В западно-европейской практикеиспользуется величина – ESEER (Европейский сезонный коэффициент энергетической эффективности), который

определяется по формуле:

$$ESEEF = a \cdot EER_{25\%} + b \cdot EER_{50\%} + c \cdot EER_{75\%} + d \cdot EER_{100\%},$$

где a, b, c, d – некоторые весовые факторы при величинах EER, определенных при соответственно 25%-ной, 50%-ной, 75%-ной и 100%-ной нагрузке. Их расчет во многом аналогичен подходу AHRI и ASHRAE.

В качестве требований к оборудованию систем кондиционирования воздуха (отапливающих и охлаждающих помещений) применяются нормируемые величины COP, EEF, SEEF, HSPF для разных типов кондиционеров в различных режимах работы.

Следует обратить внимание, что американский подход совмещает задачи систем отопления/охлаждения помещений и систем вентиляции, т.е. прочие типы систем отопления/охлаждения фактически не представлены.

Европейская практика рассматривает кондиционеры, работающие в режиме тепловых насосов, исключительно как вспомогательное оборудование: для корректного определения энергетической эффективности таких инженерных систем как отопление и вентиляция, положения настоящей методики не применимы.

А.3 В документе ASHRAE 90.1-2013 представлены следующие требования к эффективности климатического оборудования (таблица А.1).

Таблица А.1 – Фрагмент из таблицы 6.8.1 ASHRAE90.1-2013: требования к минимальным параметрам энергетической эффективности HVAC-оборудования

Тип оборудования	**Производительность оборудования**	**Минимальное значение коэффициента эффективности**
Система VRF с воздушным охлаждением конденсатора (режим охлаждения)	<65,000 Btu/h	13.0 SEER
	>65,000 Btu/h и <135,000 Btu/h	11.0 EER 12.9 IEER (before 1/1/2017) 14.6 IEER (as of 1/1/2017)
	>65,000 Btu/h и <135,000 Btu/h	10.8 EER 12.7 IEER (before 1/1/2017) 14.4 IEER(as of 1/1/2017)
	>135,000 Btu/h и <240,000 Btu/h	10.6 EER 12.3 IEER (before 1/1/2017) 13.9 IEER (as of 1/1/2017)

	>135,000 Btu/h и <240,000 Btu/h	10.4 EER 12.1 IEER (before 1/1/2017) 13.7 IEER (as of 1/1/2017)
	>240,000 Btu/h	9.5 EER 11.0 IEER (before 1/1/2017) 12.7 IEER (as of 1/1/2017)
	>240,000 Btu/h	9.3 EER 10.8 IEER (before 1/1/2017) 12.5 IEER (as of 1/1/2017)
Система VRF с водяным охлаждением конденсатора (режим охлаждения)	<65,000 Btu/h	12.0 EER
	>65,000 Btu/h и <135,000 Btu/h	12.0 EER
	>135,000 Btu/h	10.0 EER
	<135,000 Btu/h	16.2 EER
	>135,000 Btu/h	13.8 EER
Система VRF с грунтовым охлаждением конденсатора (режим охлаждения)	<135,000 Btu/h	13.4 EER
	>135,000 Btu/h	11.0 EER
Система VRF с воздушным нагревом испарителя (режим отопления)	<65,000 Btu/h (холодопроизвод.)	7.7 HSPF
	>65,000 Btu/h и <135,000 Btu/h (холодопроизвод.)	3.3 COP_H 2.25 COP_H
	>135,000 Btu/h (холодопроизвод.)	3.2 COP_H 2.05 COP_H
Система VRF с водяным нагревом испарителя (режим отопления)	<135,000 Btu/h (холодопроизвод.)	4.2 COP_H
	>135,000 Btu/h (холодопроизвод.)	3.9 COP_H

А.4 Также в мировой практике требования к эффективности вентиляторов для различных типов систем и их электродвигателей, указания к эффективности теплоутилизаторов вытяжного воздуха систем вентиляции.

Следует отметить, что энергетическая эффективность систем вентиляции может быть охарактеризована только при учете всей конструируемой вентиляционной сети. В настоящем пособии эти вопросы не рассматриваются.

А.5 Всю структуру требований к системам кондиционирования воздуха можно выразить в следующие группы:

1. К оборудованию: должно соответствовать минимальным требованиям к

энергетической эффективности (коэффициенты – аналоги ε и ε_{Σ}).

2. К системам охлаждения: новые системы, организуемые для обслуживания ранее неохлаждаемых помещений должны соответствовать требованиям, при этом внесение изменений в существующие системы не должно снижать эффективность имеющихся систем утилизации теплоты вытяжного воздуха.

3. К воздуховодам: новые и вновь заменяемые воздуховоды должны соответствовать действующим требованиям, в т. ч. к применяемой теплоизоляции.

4. К трубам: новые и вновь заменяемые трубы должны соответствовать действующим требованиям, в т. ч. к применяемой теплоизоляции.

При этом существует три пути соблюдения требований: упрощенный, предписывающий и ECB («energy cost budget»).

Упрощенный подход применим для одно- и двухэтажных зданий, площадью до приблизительно 2300 $м^2$ с однозональными системами HVAC и местными кондиционерами и/или сплит-системами (необходимо одновременное выполнение всех составляющих для применения упрощенного подхода).

При использовании упрощенного подхода используются требования раздела 6 стандарта ASHRAE 90.1-2013 для однозональных систем центрального отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, для управления однозональных систем с переменным расходом воздуха, для оборудования, вырабатывающего теплоту и холод, для теплоутилизаторов и экономайзеров на стороне охлаждения, для двойного заданного значения настроек термостатов (либо ручного управления), для управления тепловым насосом, для исключения повторного подогрева и одновременного нагрева/охлаждения воздуха, для отсечки температурных настроек, для изоляции труб и воздуховодов, для балансировки воздуховодов, систем забора и выброса воздуха, для термостатического контроля для исключения одновременного нагрева и охлаждения помещений, для контроля потребностей в воздухе и к выключателям.

Обязательные требования (предписания) устанавливаются в отношении минимальных требований к энергетической эффективности оборудования, к расчетам и управлению, а также к конструктивным особенностям систем HVAC и

тепловой изоляции сетей.

Предписывающий путь направлен на соблюдение обязательных требований и распространяется на следующие элементы систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха: экономайзеры для систем охлаждения, ограничение одновременного нагрева и охлаждения, проектирование и управление системами воздухораспределения, проектирование и управление жидкостными системами в составе указанных систем, для выносных конденсаторов систем охлаждения, для систем теплоутилизации, для вытяжных систем вентиляции, для напольных систем лучистого отопления, для защиты от замерзания элементов систем, для дверных выключателей и для систем холодоснабжения.

Для систем водяного отопления (ASHRAE классифицирует системы водяного отопления как отдельные SWH системы) возможно достижение соблюдения обязательным требованиям с помощью предписывающего пути и с помощью «Energy Cost Budget». В этом случае, предписывающий путь характеризуется требованиями к расчету нагрузок, к эффективности оборудования, к теплоизоляции труб, к системам управления, а также к резервуарам (расширительным бакам) и к компенсаторам. Следует отметить, что цельно оценить энергетическую эффективность систем отопления возможно только при учете все конструируемой системы труб и гидравлических режимов, реализуемые в них. В настоящем пособии эти вопросы не рассматриваются.

А.6 Российская отпоительно-вентиляционная школа исторически базировалась на немецком опыте с учетом климатологических и иных факторов, характерных для Российской Федерации.

В связи с этим в настоящем пособии подчеркнуты исключительные функции систем отопления и вентиляции, а при определении энергетчиеской эффективности систем кондиционирования воздуха оценка производится исключительно по режиму охлаждения.

Причем энергетические затраты вентиляторов, обеспечивающих воздушный режим, при оценке энергоэффективности систем кондиционирвоания воздузха не используют: указанные энергетические затраты должны быть учтены при

определении энергетической эффективности систем вентиляции.

Затраты тепловой энергии, необходимые для нагревания наружного и/или приточного воздуха, образующиеся в центральных кондиционерах, рассматривают как составляющую вентиляционных тепловых потерь и учитывают при определении энергетической эффективности систем отопления.

Также рекомендуется максимально использовать возможности систем вентиляции для поддержания оптимальных параметров микроклимата и качества воздуха.

Процесс увлажнения характеризуется, прежде всего, не энергетическими затратами, а водопотреблением. При этом оценить затраты энергии на увлажнение относительно легко – по потребляемой насосами электроэнергии для подачи увлажняющей воды.

В целом для России нехарактерно совмещение функции отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха в рамках единого оборудования: это нецелесообразно из-за условий климата (например, реднегодовая температура воздуха в городе Москва составляет +3,7 °С) и требований к безопасности, в т. ч. надежности соответствующих инженерных систем отопления, а также экономически.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Особенности определения теплопоступлений от хозяйственной деятельности человека и солнечной радиации

Б.1 Тепловые поступления характеризуются нестационарным характером выделения, т.е. изменением их абсолютных величин в течение времени.

При этом в отличие от трансмиссионных и вентиляционных тепловых потерь/поступлений тепловые поступления от хозяйственной деятельности человека и от Солнца не зависят от температуры наружного воздуха, т.е. максимальные нагрузки от различных составляющих могут себя проявлять в разные часы суток.

Для корректного учета требуемой мощности систем кондиционирования воздуха необходимо уточнение представления об имеющихся тепловых поступлениях.

Б.2 Тепловые поступления в результате хозяйственной деятельности людей обуславливаются как собственными тепловыделениями от людей, так и теплотой, выделяющей при эксплуатации электрооборудования, освещения, горячего водоснабжения, а также при сжигании газа в процессе приготовления пищи.

Хозяйственная деятельность человека характеризуется относительным постоянством: в течение года человека выполняет одни и те же процедуры по приготовлению пищи, проведению досуга, а также санитарно-гигиенические процедуры.

Режим человека, как правило, подчиняется недельному циклу:

– для работающих и учащихся граждан: 5 рабочих и 2 выходных;

– для пенсионеров: без рабочих дней.

Кроме того, очень важным является тип семьи, населяющей квартиру или дом. В зависимости от состава семьи указанные типовые процедуры могут несколько отличаться друг от друга: за приготовление пищи в семье, как правило, отвечает один человек – ведущий хозяйство. Но, т.к. пища имеет ограниченный срок годности в готовом к употреблению состоянии, то объем процедур, направленных на приготовление пищи, имеет нелинейную зависимость от количества человек в

простейших типах семей, т.е. увеличение тепловыделений из-за приготовления пищи происходит непропорционально увеличению состава семьи.

Однако, например, санитарно-гигиенические процедуры однозначно характеризуются линейной зависимостью: с каждый новым членом семьи равномерно возрастают и тепловые выделения в результате принятия душа, ванны и прочих подобных процедур.

Кроме того, домашний досуг современного человека тесно связан с потреблением электричества: с компьютером или телевизором, что также справедливо и для граждан на пенсии. Однако для детей характерно проведение значительного времени и вне дома (досуг внешний).

Б.3 Классифицировать базовые типы семей по составу можно следующим образом:

– одинокий человек;

– простейшая (нуклеарная) семья:

1) неполная нуклеарная семья: двое взрослых (муж и жена) или взрослый и ребенок (*2 человека*);

2) полная нуклеарная семья: двое взрослых (отец и мать) и один ребенок (*3 человека*);

3) полная нуклеарная семья: двое взрослых (отец и мать) и двое детей (*4 человека*);

– сложная семья:

1) простейший тип: двое взрослых (отец и мать), ребенок и пенсионер (*4 человека*);

2) стандартный тип: двое взрослых (отец и мать), двое детей и пенсионер (*5 человек*).

Под простейший и стандартный типы сложной семьи также попадают многочисленные сочетания взрослых, неявляющихся мужем и женой.

Семьи, в которых численность составляет более 5 человек, для целей определения тепловых выделений не рассматривались (доля подобный семей не превышает 1% от всех остальных типов).

Предполагается, что в каждой из представленных типов семей роли членов по отношению к ведению хозяйству определяются достаточно строго, т.е. выделяются ведущий член семьи, определяющий приготовление пищи и некоторые прочие процедуры, и ведомый.

Кроме того, при увеличении состава семьи предусмотрено усложнение ролей: вводится так называемый рефлексирующий член, хозяйственная деятельность которого близка к ведомому, однако при необходимости такому члену могут быть делегированы некоторые полномочия ведущего члена.

Также для сложных семей предусмотрено наличие одного члена пенсионного возраста, поведение которого классифицирует данного члена как ведомого, однако некоторые функции, в т. ч. по приготовлению пищи могут быть возложены и на ведомого члена семьи пенсионного возраста.

Для каждого члена каждого типа рассмотренных семей составлены усредненные режимные карты осуществления деятельности (таблицы Б.1–Б.16).

Б.4 Хозяйственно-бытовая деятельность людей в жилых зданиях классифицирована по стандартизованным процедурам.

На основании составленных режимных карт для различных членов различных типов семей получены данные о продолжительности различных стандартизованных процедур в разрезе недели (таблицы Б.17–Б.22).

Энергетические тепловые выделения, составляющие выделенные стандартизованные процедуры, собраны поэлементно в таблице Б.23.

В таблице Б.24 размещена сводка затрачиваемого времени на проведение стандартизованных процедур для основных рассмотренных типов семей.

На основании данных, размещенных в таблицах Б.23 и Б.24, выполнена оценка суммарных бытовых тепловых выделений от семьи при проживании в квартире для стандартизованных процедур с учетом продолжительности указанного типа деятельности (таблица Б.25).

На основании вышеизложенного определены результирующие бытовые тепловые выделения от семьи при проживании в квартире, Вт, и удельные бытовые тепловые поступления от хозяйственной деятельности людей для некоторых

стандартных квартир заданной площади (таблица Б.26). Детальные данные по удельным бытовым тепловым выделениям для различных типов семей при различных располагаемых площадях квартиры представлены на рисунке Б.1.

Удельные бытовые теплоты поступления, Вт/м^2, для различных типов семей в зависимости от общей площади занимаемой квартиры, приходящиеся на одного человека, представлены на рисунке Б.2.

Итоговые данные по усредненным удельным бытовым поступлениям теплоты в пересчете на жилую площадь, Вт/м^2, представлена на рисунке Б.3.

Тепловые поступления от хозяйственной деятельности людей в течение всего года могут быть рассмотрены как усредненная постоянная величина.

Б.5 Тепловые поступления от солнечной радиации характеризуются относительно невысокой интенсивностью по сравнению со странами Евросоюза, США и Китаем.

Расчет теплопоступлений от солнечной радиации в отопительный сезон следует осуществлять с помощью «Пособия по расчетам теплопоступлений в здание от проникающей солнечной радиации за отопительный период».

Для расчетов теплопоступлений от солнечной радиации в теплый период года до разработки стандартизованной методики, использующей аппарат удельных характеристик, следует опираться на имеющиеся методики: например, приложение 12 «Определение количества тепла, поступающего в помещения за счет солнечной радиации» СНиП II-33-75 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.

Кроме того, для осуществления подобных расчетов следует также учитывать наличие противостоящих зданий, препятствующих проникновению солнечной радиации.

Таблица Б.1 – Режимная карта человека, представленного семьей: одинокий человек

Жизнедеятельность семьи: одинокий человек	Понедельник, ч	Вторник, ч	Среда, ч	Четверг, ч	Пятница, ч	Суббота, ч	Воскресение, ч	Суммарно за неделю, ч
Домашняя деятельность								
Сон	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*56*
Утренние гигиенические процедуры	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*2,331*
Завтрак с приготовлением	*0,667*	*0,667*	*0,667*	*0,667*	*0,667*	*0,667*	*0,667*	*4,669*
Обед с приготовлением	-	-	-	-	-	*1*	*1*	*2*
Ужин с приготовлением	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*0,5*	*0,5*	*6*
Досуг с ТВ или компьютером	*1,5*	*2,5*	*1,5*	*2,5*	*1*	*5*	*7*	*21*
Вечерние гигиенические процедуры	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*3,5*
ИТОГО:	*12*	*13*	*12*	*13*	*11,5*	*16*	*18*	*95,5*
Прочая деятельность								
Работа/учеба с обедом	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	-	-	*40*
Передвижение "дом-работа-дом"	*2*	*2*	*2*	*2*	*2*	-	-	*10*
Досуг внешний (отдых, покупки)	*2*	*1*	*2*	*1*	*2,5*	*8*	*6*	*22,5*
ВСЕГО:	24	24	24	24	24	24	24	**168**

Примечание: для режимной карты предполагается значительный объем внешнего досуга и прочей деятельности, необразующей потребление энергии (свыше 43%).

Таблица Б.2 – Режимная карта человека, представленного семьей: неполная нуклеарная, ведущий член

Жизнедеятельность человека: неполная нуклеарная семья	Понедельник, ч	Вторник, ч	Среда, ч	Четверг, ч	Пятница, ч	Суббота, ч	Воскресение, ч	Суммарно за неделю, ч
Домашняя деятельность ведущего								
Сон	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*56*
Утренние гигиенические процедуры	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*2,331*
Завтрак с приготовлением	*0,667*	*0,667*	*0,667*	*0,667*	*0,667*	*0,667*	*0,667*	*4,669*
Обед с приготовлением	-	-	-	-	-	*1*	*1*	*2*
Ужин с приготовлением	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*0,5*	*0,5*	*6*
Досуг с ТВ или компьютером	*1,5*	*2,5*	*1,5*	*2,5*	*1*	*5*	*7*	*21*
Вечерние гигиенические процедуры	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*3,5*
ИТОГО:	*12*	*13*	*12*	*13*	*11,5*	*16*	*18*	*95,5*
Прочая деятельность								
Работа/учеба с обедом	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	-	-	*40*
Передвижение "дом-работа-дом"	*2*	*2*	*2*	*2*	*2*	-	-	*10*
Досуг внешний (отдых, покупки)	*2*	*1*	*2*	*1*	*2,5*	*8*	*6*	*22,5*
ВСЕГО:	24	24	24	24	24	24	24	**168**

Таблица Б.3 – Режимная карта человека, представленного семьей: неполная нуклеарная, ведомый член

Жизнедеятельность человека: неполная нуклеарная семья	Понедельник, ч	Вторник, ч	Среда, ч	Четверг, ч	Пятница, ч	Суббота, ч	Воскресение, ч	Суммарно за неделю, ч
Домашняя деятельность ведомого								
Сон	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*56*
Утренние гигиенические процедуры	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*2,331*
Завтрак с приготовлением	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Обед с приготовлением	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Ужин с приготовлением	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Досуг с ТВ или компьютером	*3*	*4*	*3*	*4*	*2*	*7*	*7*	*30*
Вечерние гигиенические процедуры	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*3,5*
ИТОГО:	*11,833*	*12,833*	*11,833*	*12,833*	*10,833*	*15,833*	*15,833*	*91,831*
Прочая деятельность								
Работа/учеба с обедом	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	-	-	*40*
Передвижение "дом-работа-дом"	*2*	*2*	*2*	*2*	*2*	-	-	*10*
Досуг внешний (отдых, покупки)	*2,167*	*1,167*	*2,167*	*1,167*	*3,167*	*8,167*	*8,167*	*26,169*
ВСЕГО:	24	24	24	24	24	24	24	**168**

Таблица Б.4 – Режимная карта человека, представленного семьей: полная нуклеарная (1 ребенок), ведущий член

Жизнедеятельность человека: полная нуклеарная семья (1 реб.)	Понедельник, ч	Вторник, ч	Среда, ч	Четверг, ч	Пятница, ч	Суббота, ч	Воскресение, ч	Суммарно за неделю, ч
Домашняя деятельность ведущего								
Сон	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*56*
Утренние гигиенические процедуры	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*2,331*
Завтрак с приготовлением	*0,667*	*0,667*	*0,667*	*0,667*	*0,667*	*0,667*	*0,667*	*4,669*
Обед с приготовлением	*-*	*-*	*-*	*-*	*-*	*1*	*1*	*2*
Ужин с приготовлением	*1,5*	*1,5*	*1,5*	*1,5*	*1,5*	*0,5*	*0,5*	*8,5*
Досуг с ТВ или компьютером	*1*	*2*	*1*	*2*	*1*	*5*	*7*	*19*
Вечерние гигиенические процедуры	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*3,5*
ИТОГО:	*12*	*13*	*12*	*13*	*12*	*16*	*18*	*96*
Прочая деятельность								
Работа/учеба с обедом	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*-*	*-*	*40*
Передвижение "дом-работа-дом"	*2*	*2*	*2*	*2*	*2*	*-*	*-*	*10*
Досуг внешний (отдых, покупки)	*2*	*1*	*2*	*1*	*2*	*8*	*6*	*22*
ВСЕГО:	24	24	24	24	24	24	24	**168**

Таблица Б.5 – Режимная карта человека, представленного семьей: полная нуклеарная (1 ребенок), рефлексирующий член

Жизнедеятельность человека: полная нуклеарная семья (1 реб.)	Понедельник, ч	Вторник, ч	Среда, ч	Четверг, ч	Пятница, ч	Суббота, ч	Воскресение, ч	Суммарно за неделю, ч
Домашняя деятельность рефлекс.								
Сон	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*56*
Утренние гигиенические процедуры	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*2,331*
Завтрак с приготовлением	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Обед с приготовлением	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Ужин с приготовлением	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Досуг с ТВ или компьютером	*2*	*3*	*2*	*3*	*2*	*7*	*7*	*26*
Вечерние гигиенические процедуры	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*3,5*
ИТОГО:	*10,833*	*11,833*	*10,833*	*11,833*	*10,833*	*15,833*	*15,833*	*87,831*
Прочая деятельность								
Работа/учеба с обедом	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	-	-	*40*
Передвижение "дом-работа-дом"	*2*	*2*	*2*	*2*	*2*	-	-	*10*
Досуг внешний (отдых, покупки)	*3,167*	*2,167*	*3,167*	*2,167*	*3,167*	*8,167*	*8,167*	*30,169*
ВСЕГО:	24	24	24	24	24	24	24	**168**

Таблица Б.6 – Режимная карта человека, представленного семьей: полная нуклеарная (1 ребенок), ведомый член

Жизнедеятельность человека: полная нуклеарная семья (1 реб.)	Понедельник, ч	Вторник, ч	Среда, ч	Четверг, ч	Пятница, ч	Суббота, ч	Воскресение, ч	Суммарно за неделю, ч
Домашняя деятельность ведомого								
Сон	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*56*
Утренние гигиенические процедуры	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*2,331*
Завтрак с приготовлением	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Обед с приготовлением	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Ужин с приготовлением	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Досуг с ТВ или компьютером	*2*	*3*	*2*	*3*	*2*	*7*	*7*	*26*
Вечерние гигиенические процедуры	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*3,5*
ИТОГО:	*10,833*	*11,833*	*10,833*	*11,833*	*10,833*	*15,833*	*15,833*	*87,831*
Прочая деятельность								
Работа/учеба с обедом	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	-	-	*40*
Передвижение "дом-работа-дом"	*2*	*2*	*2*	*2*	*2*	-	-	*10*
Досуг внешний (отдых, покупки)	*3,167*	*2,167*	*3,167*	*2,167*	*3,167*	*8,167*	*8,167*	*30,169*
ВСЕГО:	24	24	24	24	24	24	24	**168**

Таблица Б.7 – Режимная карта человека, представленного семьей: полная нуклеарная (2 ребенка), ведущий член

Жизнедеятельность человека: полная нуклеарная семья (2 дет.)	Понедельник, ч	Вторник, ч	Среда, ч	Четверг, ч	Пятница, ч	Суббота, ч	Воскресение, ч	Суммарно за неделю, ч
Домашняя деятельность ведущего								
Сон	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*56*
Утренние гигиенические процедуры	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*2,331*
Завтрак с приготовлением	*0,667*	*0,667*	*0,667*	*0,667*	*0,667*	*0,667*	*0,667*	*4,669*
Обед с приготовлением	*-*	*-*	*-*	*-*	*-*	*1*	*1*	*2*
Ужин с приготовлением	*1,5*	*1,5*	*1,5*	*1,5*	*1,5*	*0,5*	*0,5*	*8,5*
Досуг с ТВ или компьютером	*1*	*2*	*1*	*2*	*1*	*5*	*7*	*19*
Вечерние гигиенические процедуры	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*3,5*
ИТОГО:	*12*	*13*	*12*	*13*	*12*	*16*	*18*	*96*
Прочая деятельность								
Работа/учеба с обедом	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*-*	*-*	*40*
Передвижение "дом-работа-дом"	*2*	*2*	*2*	*2*	*2*	*-*	*-*	*10*
Досуг внешний (отдых, покупки)	*2*	*1*	*2*	*1*	*2*	*8*	*6*	*22*
ВСЕГО:	24	24	24	24	24	24	24	**168**

Таблица Б.8 – Режимная карта человека, представленного семьей: полная нуклеарная (2 ребенка), рефлексирующий член

Жизнедеятельность человека: полная нуклеарная семья (2 дет.)	Понедельник, ч	Вторник, ч	Среда, ч	Четверг, ч	Пятница, ч	Суббота, ч	Воскресение, ч	Суммарно за неделю, ч
Домашняя деятельность рефлекс.								
Сон	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*56*
Утренние гигиенические процедуры	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*2,331*
Завтрак с приготовлением	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Обед с приготовлением	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Ужин с приготовлением	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Досуг с ТВ или компьютером	*2*	*3*	*2*	*3*	*2*	*7*	*7*	*26*
Вечерние гигиенические процедуры	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*3,5*
ИТОГО:	*10,833*	*11,833*	*10,833*	*11,833*	*10,833*	*15,833*	*15,833*	*87,831*
Прочая деятельность								
Работа/учеба с обедом	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	-	-	*40*
Передвижение "дом-работа-дом"	*2*	*2*	*2*	*2*	*2*	-	-	*10*
Досуг внешний (отдых, покупки)	*3,167*	*2,167*	*3,167*	*2,167*	*3,167*	*8,167*	*8,167*	*30,169*
ВСЕГО:	24	24	24	24	24	24	24	**168**

Таблица Б.9 – Режимная карта человека, представленного семьей: полная нуклеарная (2 ребенка), ведомый член (2 человека)

Жизнедеятельность человека: полная нуклеарная семья (2 дет.)	Понедельник, ч	Вторник, ч	Среда, ч	Четверг, ч	Пятница, ч	Суббота, ч	Воскресение, ч	Суммарно за неделю, ч
Домашняя деятельность ведомого								
Сон	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*56*
Утренние гигиенические процедуры	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*2,331*
Завтрак с приготовлением	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Обед с приготовлением	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Ужин с приготовлением	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Досуг с ТВ или компьютером	*2*	*3*	*2*	*3*	*2*	*7*	*7*	*26*
Вечерние гигиенические процедуры	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*3,5*
ИТОГО:	*10,833*	*11,833*	*10,833*	*11,833*	*10,833*	*15,833*	*15,833*	*87,831*
Прочая деятельность								
Работа/учеба с обедом	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	-	-	*40*
Передвижение "дом-работа-дом"	*2*	*2*	*2*	*2*	*2*	-	-	*10*
Досуг внешний (отдых, покупки)	*3,167*	*2,167*	*3,167*	*2,167*	*3,167*	*8,167*	*8,167*	*30,169*
ВСЕГО:	24	24	24	24	24	24	24	**168**

Таблица Б.10 – Режимная карта человека, представленного семьей: сложная семья (простейший тип), ведущий член

Жизнедеятельность человека: сложная семья	Понедельник, ч	Вторник, ч	Среда, ч	Четверг, ч	Пятница, ч	Суббота, ч	Воскресение, ч	Суммарно за неделю, ч
Домашняя деятельность ведущего								
Сон	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*56*
Утренние гигиенические процедуры	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*2,331*
Завтрак с приготовлением	*0,667*	*0,667*	*0,667*	*0,667*	*0,667*	*0,667*	*0,667*	*4,669*
Обед с приготовлением	*-*	*-*	*-*	*-*	*-*	*1*	*1*	*2*
Ужин с приготовлением	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*0,5*	*0,5*	*6*
Досуг с ТВ или компьютером	*1,5*	*2,5*	*1,5*	*2,5*	*1*	*5*	*7*	*21*
Вечерние гигиенические процедуры	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*3,5*
ИТОГО:	*12*	*13*	*12*	*13*	*11,5*	*16*	*18*	*95,5*
Прочая деятельность								
Работа/учеба с обедом	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*-*	*-*	*40*
Передвижение "дом-работа-дом"	*2*	*2*	*2*	*2*	*2*	*-*	*-*	*10*
Досуг внешний (отдых, покупки)	*2*	*1*	*2*	*1*	*2,5*	*8*	*6*	*22,5*
ВСЕГО:	24	24	24	24	24	24	24	**168**

Таблица Б.11 – Режимная карта человека, представленного семьей: сложная семья (простейший тип), рефлексирующий член

Жизнедеятельность человека: сложная семья	Понедельник, ч	Вторник, ч	Среда, ч	Четверг, ч	Пятница, ч	Суббота, ч	Воскресение, ч	Суммарно за неделю, ч
Домашняя деятельность рефлекс.								
Сон	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*56*
Утренние гигиенические процедуры	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*2,331*
Завтрак с приготовлением	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Обед с приготовлением	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Ужин с приготовлением	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Досуг с ТВ или компьютером	*2*	*3*	*2*	*3*	*2*	*7*	*7*	*26*
Вечерние гигиенические процедуры	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*3,5*
ИТОГО:	*10,833*	*11,833*	*10,833*	*11,833*	*10,833*	*15,833*	*15,833*	*87,831*
Прочая деятельность								
Работа/учеба с обедом	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	-	-	*40*
Передвижение "дом-работа-дом"	*2*	*2*	*2*	*2*	*2*	-	-	*10*
Досуг внешний (отдых, покупки)	*3,167*	*2,167*	*3,167*	*2,167*	*3,167*	*8,167*	*8,167*	*30,169*
ВСЕГО:	24	24	24	24	24	24	24	**168**

Таблица Б.12 – Режимная карта человека, представленного семьей: сложная семья (простейший тип), ведомый член

Жизнедеятельность человека: сложная семья	Понедельник, ч	Вторник, ч	Среда, ч	Четверг, ч	Пятница, ч	Суббота, ч	Воскресение, ч	Суммарно за неделю, ч
Домашняя деятельность ведомого								
Сон	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*56*
Утренние гигиенические процедуры	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*2,331*
Завтрак с приготовлением	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Обед с приготовлением	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Ужин с приготовлением	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Досуг с ТВ или компьютером	*2*	*3*	*2*	*3*	*2*	*7*	*7*	*26*
Вечерние гигиенические процедуры	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*3,5*
ИТОГО:	*10,833*	*11,833*	*10,833*	*11,833*	*10,833*	*15,833*	*15,833*	*87,831*
Прочая деятельность								
Работа/учеба с обедом	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	-	-	*40*
Передвижение "дом-работа-дом"	*2*	*2*	*2*	*2*	*2*	-	-	*10*
Досуг внешний (отдых, покупки)	*3,167*	*2,167*	*3,167*	*2,167*	*3,167*	*8,167*	*8,167*	*30,169*
ВСЕГО:	24	24	24	24	24	24	24	**168**

Таблица Б.13 – Режимная карта человека, представленного семьей: сложная семья (простейший тип), ведомый член пенсионного возраста

Жизнедеятельность человека: сложная семья	Понедельник, ч	Вторник, ч	Среда, ч	Четверг, ч	Пятница, ч	Суббота, ч	Воскресение, ч	Суммарно за неделю, ч
Домашняя деятельность ведомого								
Сон	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*56*
Утренние гигиенические процедуры	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*2,331*
Завтрак с приготовлением	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Обед с приготовлением	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	-	-	*5*
Ужин с приготовлением	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Досуг с ТВ или компьютером	*12*	*12*	*12*	*12*	*12*	*12*	*12*	*84*
Вечерние гигиенические процедуры	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*3,5*
ИТОГО:	*21,833*	*21,833*	*21,833*	*21,833*	*21,833*	*20,833*	*20,833*	*150,831*
Прочая деятельность								
Работа/учеба с обедом	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Передвижение "дом-работа-дом"	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Досуг внешний (отдых, покупки)	*2,167*	*2,167*	*2,167*	*2,167*	*2,167*	*3,167*	*3,167*	*17,169*
ВСЕГО:	24	24	24	24	24	24	24	**168**

Таблица Б.14 – Режимная карта человека, представленного семьей: сложная семья (стандартный тип), ведущий член

Жизнедеятельность человека: сложная семья	Понедельник, ч	Вторник, ч	Среда, ч	Четверг, ч	Пятница, ч	Суббота, ч	Воскресение, ч	Суммарно за неделю, ч
Домашняя деятельность ведущего								
Сон	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*56*
Утренние гигиенические процедуры	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*2,331*
Завтрак с приготовлением	*0,667*	*0,667*	*0,667*	*0,667*	*0,667*	*0,667*	*0,667*	*4,669*
Обед с приготовлением	*-*	*-*	*-*	*-*	*-*	*1*	*1*	*2*
Ужин с приготовлением	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*7*
Досуг с ТВ или компьютером	*1,5*	*2,5*	*1,5*	*2,5*	*1*	*4,5*	*6,5*	*20*
Вечерние гигиенические процедуры	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*3,5*
ИТОГО:	*12*	*13*	*12*	*13*	*11,5*	*16*	*18*	*95,5*
Прочая деятельность								
Работа/учеба с обедом	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*-*	*-*	*40*
Передвижение "дом-работа-дом"	*2*	*2*	*2*	*2*	*2*	*-*	*-*	*10*
Досуг внешний (отдых, покупки)	*2*	*1*	*2*	*1*	*2,5*	*8*	*6*	*22,5*
ВСЕГО:	24	24	24	24	24	24	24	**168**

Таблица Б.15 – Режимная карта человека, представленного семьей: сложная семья (стандартный тип), рефлексирующий член

Жизнедеятельность человека: сложная семья	Понедельник, ч	Вторник, ч	Среда, ч	Четверг, ч	Пятница, ч	Суббота, ч	Воскресение, ч	Суммарно за неделю, ч
Домашняя деятельность рефлекс.								
Сон	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*56*
Утренние гигиенические процедуры	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*2,331*
Завтрак с приготовлением	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Обед с приготовлением	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Ужин с приготовлением	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Досуг с ТВ или компьютером	*2*	*3*	*2*	*3*	*2*	*7*	*7*	*26*
Вечерние гигиенические процедуры	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*3,5*
ИТОГО:	*10,833*	*11,833*	*10,833*	*11,833*	*10,833*	*15,833*	*15,833*	*87,831*
Прочая деятельность								
Работа/учеба с обедом	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	-	-	*40*
Передвижение "дом-работа-дом"	*2*	*2*	*2*	*2*	*2*	-	-	*10*
Досуг внешний (отдых, покупки)	*3,167*	*2,167*	*3,167*	*2,167*	*3,167*	*8,167*	*8,167*	*30,169*
ВСЕГО:	24	24	24	24	24	24	24	**168**

Таблица Б.16 – Режимная карта человека, представленного семьей: сложная семья (стандартный тип), ведомый член (2 человека)

Жизнедеятельность человека: сложная семья	Понедельник, ч	Вторник, ч	Среда, ч	Четверг, ч	Пятница, ч	Суббота, ч	Воскресение, ч	Суммарно за неделю, ч
Домашняя деятельность ведомого								
Сон	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*56*
Утренние гигиенические процедуры	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*2,331*
Завтрак с приготовлением	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Обед с приготовлением	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Ужин с приготовлением	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Досуг с ТВ или компьютером	*2*	*3*	*2*	*3*	*2*	*7*	*7*	*26*
Вечерние гигиенические процедуры	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*3,5*
ИТОГО:	*10,833*	*11,833*	*10,833*	*11,833*	*10,833*	*15,833*	*15,833*	*87,831*
Прочая деятельность								
Работа/учеба с обедом	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	-	-	*40*
Передвижение "дом-работа-дом"	*2*	*2*	*2*	*2*	*2*	-	-	*10*
Досуг внешний (отдых, покупки)	*3,167*	*2,167*	*3,167*	*2,167*	*3,167*	*8,167*	*8,167*	*30,169*
ВСЕГО:	24	24	24	24	24	24	24	**168**

Таблица Б.16 – Режимная карта человека, представленного семьей: сложная семья (стандартный тип), ведомый член пенсионного возраста

Жизнедеятельность человека: сложная семья	Понедельник, ч	Вторник, ч	Среда, ч	Четверг, ч	Пятница, ч	Суббота, ч	Воскресение, ч	Суммарно за неделю, ч
Домашняя деятельность ведомого								
Сон	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*8*	*56*
Утренние гигиенические процедуры	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*0,333*	*2,331*
Завтрак с приготовлением	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Обед с приготовлением	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	-	-	*5*
Ужин с приготовлением	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Досуг с ТВ или компьютером	*12*	*12*	*12*	*12*	*12*	*12*	*12*	*84*
Вечерние гигиенические процедуры	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*3,5*
ИТОГО:	*21,833*	*21,833*	*21,833*	*21,833*	*21,833*	*20,833*	*20,833*	*150,831*
Прочая деятельность								
Работа/учеба с обедом	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Передвижение "дом-работа-дом"	-	-	-	-	-	-	-	*0*
Досуг внешний (отдых, покупки)	*2,167*	*2,167*	*2,167*	*2,167*	*2,167*	*3,167*	*3,167*	*17,169*
ВСЕГО:	24	24	24	24	24	24	24	**168**

Таблица Б.27 – Хозяйственная деятельность семьи: одинокий человек (за неделю)

Тип деятельности	За неделю, ч	За неделю, %
Процедуры, связанные с приготовлением и употреблением пищи	12,669	0,075
Санитарно-гигиенические процедуры	5,831	0,035
Досуг с ТВ или компьютером	21	0,125
Сон	56	0,333

Таблица Б.38 – Хозяйственная деятельность семьи: неполная нуклеарная (за неделю)

Тип деятельности	За неделю, ч	За неделю, доли
Процедуры, связанные с приготовлением и употреблением пищи	12,669	0,075
Санитарно-гигиенические процедуры	11,662	0,069
Досуг с ТВ или компьютером	51,000	0,304
Сон	112,000	0,667

Таблица Б.49 – Хозяйственная деятельность семьи: полная нуклеарная с 1 ребенком (за неделю)

Тип деятельности	За неделю, ч	За неделю, доли
Процедуры, связанные с приготовлением и употреблением пищи	15,169	0,090
Санитарно-гигиенические процедуры	17,493	0,104
Досуг с ТВ или компьютером	71,000	0,423
Сон	168,000	1,000

Таблица Б.20 – Хозяйственная деятельность семьи: полная нуклеарная с 2 детьми (за неделю)

Тип деятельности	За неделю, ч	За неделю, доли
Процедуры, связанные с приготовлением и употреблением пищи	15,169	0,090
Санитарно-гигиенические процедуры	23,324	0,139
Досуг с ТВ или компьютером	97,000	0,577
Сон	224,000	1,333

Таблица Б.21 – Хозяйственная деятельность семьи: сложная, простейший тип (за неделю)

Тип деятельности	За неделю, ч	За неделю, доли
Процедуры, связанные с приготовлением и употреблением пищи	17,669	0,105
Санитарно-гигиенические процедуры	23,324	0,139
Досуг с ТВ или компьютером	115,000	0,685
Сон	224,000	1,333

Таблица Б.22 – Хозяйственная деятельность семьи: сложная, стандартный тип (за неделю)

Тип деятельности	За неделю, ч	За неделю, доли
Процедуры, связанные с приготовлением и употреблением пищи	18,669	0,111
Санитарно-гигиенические процедуры	29,155	0,174
Досуг с ТВ или компьютером	140,000	0,833
Сон	280,000	1,667

Таблица Б.23 – Состав стандартизованных процедур хозяйственно-бытовой деятельности человека

Состав внутренних тепловых выделений при осуществлении хозяйственно-бытовой деятельности в квартире	Q_i, Вт/ед.	Q_i, Вт	$\tau_{выдел}$, мин/мин	$Q_{расч}$, Вт
Тип стандартизованной хозяйственно-бытовой деятельности				
Сон				
Тепловые выделения от человека $Q_{чел}$	80 (на чел.)	80	60/60	80,00
Итого:				80,00
Процедуры, связанные с приготовлением и употреблением пищи				
Тепловые выделения от человека $Q_{чел}$	120 (на чел.)	100	60/60	100,00
Тепловые поступления от расходования электрической энергии $Q_{электр}$:				
– от осветительных приборов $Q_{освещ}$	8.. 28 (на $м^2$ кухни)	60	60/60	60,00
– от чайника $Q_{чайн}$	2000.. 3000 (на ед.)	2000	15/60	500,00
– от духового шкафа/ СВЧ-печи $Q_{эл.печ}$	900.. 3400 (на ед.)	900	30/60	450,00
Тепловые поступления от нагретых поверхностей $Q_{поверхн}$:				
– от плит и печей $Q_{плит}$:	1000.. 7500 (на ед.)	1700	30/60	566,67
– от распыляющейся горячей воды (мойка) $Q_{гв}$:	80 (5л/мин)	800	10/60	133,33
Итого:				1810,00

Продолжение таблицы Б.23

Состав внутренних тепловых выделений при осуществлении хозяйственно-бытовой деятельности в квартире	Q_i, Вт/ед.	Q_i, Вт	$\tau_{выдел}$, мин/мин	$Q_{расч}$, Вт
Тип стандартизованной хозяйственно-бытовой деятельности				
Санитарно-гигиенические процедуры				
Тепловые выделения от человека $Q_{чел}$	100 (на чел.)	100	60/60	100,00
Тепловые поступления от расходования электрической энергии $Q_{электр}$:				
– от осветительных приборов $Q_{освещ}$	8.. 28 (на $м^2$ ванной)	30	60/60	30,00
– от стиральной машины $Q_{стирал}$:				
– стирка;	80 (ср.) (на ед.)	80	15/60	20,00
– стирка и нагревание;	2200 (ср.) (на ед.)	2200	10/60	366,67
– отжим;	500 (ср.) (на ед.)	500	10/60	83,33
Тепловые поступления от нагретых поверхностей $Q_{поверхн}$:				
– от распыляющейся горячей воды (душ) $Q_{гв}$:	160 (9л/мин)	1600	20/60	533,33
– от нагретых поверхностей объемов горячей воды (ванн) $Q_{гв}$:	120* (12л/мин, 1 раз в неделю)	1200	20/60	80,00
Итого:				1213,33

Окончание таблицы Б.23

Состав внутренних тепловых выделений при осуществлении хозяйственно-бытовой деятельности в квартире	Q_i, Вт/ед.	Q_i, Вт	$\tau_{выдел}$, мин/мин	$Q_{расч}$, Вт
Тип стандартизованной хозяйственно-бытовой деятельности				
Досуг с ТВ или компьютером				
Тепловые выделения от человека $Q_{чел}$	100 (на чел.)	100	60/60	100,00
Тепловые поступления от расходования электрической энергии $Q_{электр}$:				
– от осветительных приборов $Q_{освещ}$	8.. 28 (на $м^2$ жилой комнаты)	150	40/60	100,00
– от компьютера, либо телевизор $Q_{комп/ТВ}$	300.. 800 (на ед.)	300	40/60	200,00
– от прочая бытовая техника $Q_{пр}$:	40.. 1000 (на ед.)	40	30/60	20,00
Итого:				420,00
Постоянные тепловые выделения				
Тепловые поступления от расходования электрической энергии $Q_{электр}$:				
– от нагретых поверхностей труб систем горячего водоснабжения $Q_{труб}$:	55.. 90 (на пог. м)	120	60/60	120,00
– от холодильника $Q_{холодильник}$	25.. 60 (на ед.)	30	60/60	30,00
Итого:				150,00

Таблица Б.24 – Сводка затрачиваемого времени на проведение стандартизованных процедур для основных типов семей

Продолжительность указанного типа деятельности, ч, в неделю	**Сон**	**Процедуры, связанные с приготовлением пищи**	**Санитарно-гигиенические процедуры**	**Досуг с ТВ или компьютером**	**Постоянные тепловые выделения***
Один человек	*56*	*12,669*	*5,831*	*21*	*168*
Неполная нуклеарная семья	*112*	*12,669*	*11,662*	*51*	*168*
Полная нуклеарная семья (1 реб.)	*168*	*15,169*	*17,493*	*71*	*168*
Полная нуклеарная семья (2 реб.)	*224*	*15,169*	*23,324*	*97*	*168*
Сложная семья (простейший тип)	*224*	*17,669*	*23,324*	*115*	*168*
Сложная семья (стандартный тип)	*280*	*18,669*	*29,155*	*140*	*168*

Таблица Б.25 – Суммарные бытовые тепловые выделения от семьи при проживании в квартире для стандартизованных процедур с учетом продолжительности указанного типа деятельности, Вт

Бытовые тепловые выделения от семьи при проживании в квартире, Вт	Сон	Процедуры, связанные с приготовлением пищи	Санитарно-гигиенические процедуры	Досуг с ТВ или компьютером	Постоянные тепловые выделения
Один человек	27	136	42	53	150
Неполная нуклеарная семья	53	136	84	128	150
Полная нуклеарная семья (1 реб.)	80	163	126	178	150
Полная нуклеарная семья (2 реб.)	107	163	168	243	150

Продолжение таблицы Б.25

Бытовые тепловые выделения от семьи при проживании в квартире, Вт	Сон	Процедуры, связанные с приготовлением пищи	Санитарно-гигиенические процедуры	Досуг с ТВ или компьютером	Постоянные тепловые выделения
Сложная семья (простейший тип)	107	190	168	288	150
Сложная семья (стандартный тип)	133	201	211	350	150

Таблица Б.26 – Результирующие бытовые тепловые выделения от семьи при проживании в квартире, Вт, и удельные бытовые тепловые поступления от хозяйственной деятельности людей для некоторых стандартных квартир заданной площади

Бытовые тепловые выделения от человека, либо семьи при проживании в квартире, Вт	Суммарно за неделю, Вт	Квартира-студия, 20 м^2	Однокомнатная квартира, 40 м^2	Двухкомнатная квартира, 60 м^2	Трехкомнатная квартира, 80 м^2
Один человек	408	21,00	10,19	6,80	5,10
Неполная нуклеарная семья	552	27,58	13,79	9,19	6,89
Полная нуклеарная семья (1 реб.)	697	34,86	17,43	11,62	8,72
Полная нуклеарная семья (2 реб.)	831	41,55	20,78	13,85	10,39
Сложная семья (простейший тип)	903	-	22,57	15,05	11,29
Сложная семья (стандартный тип)	1045	-	-	17,42	13,06

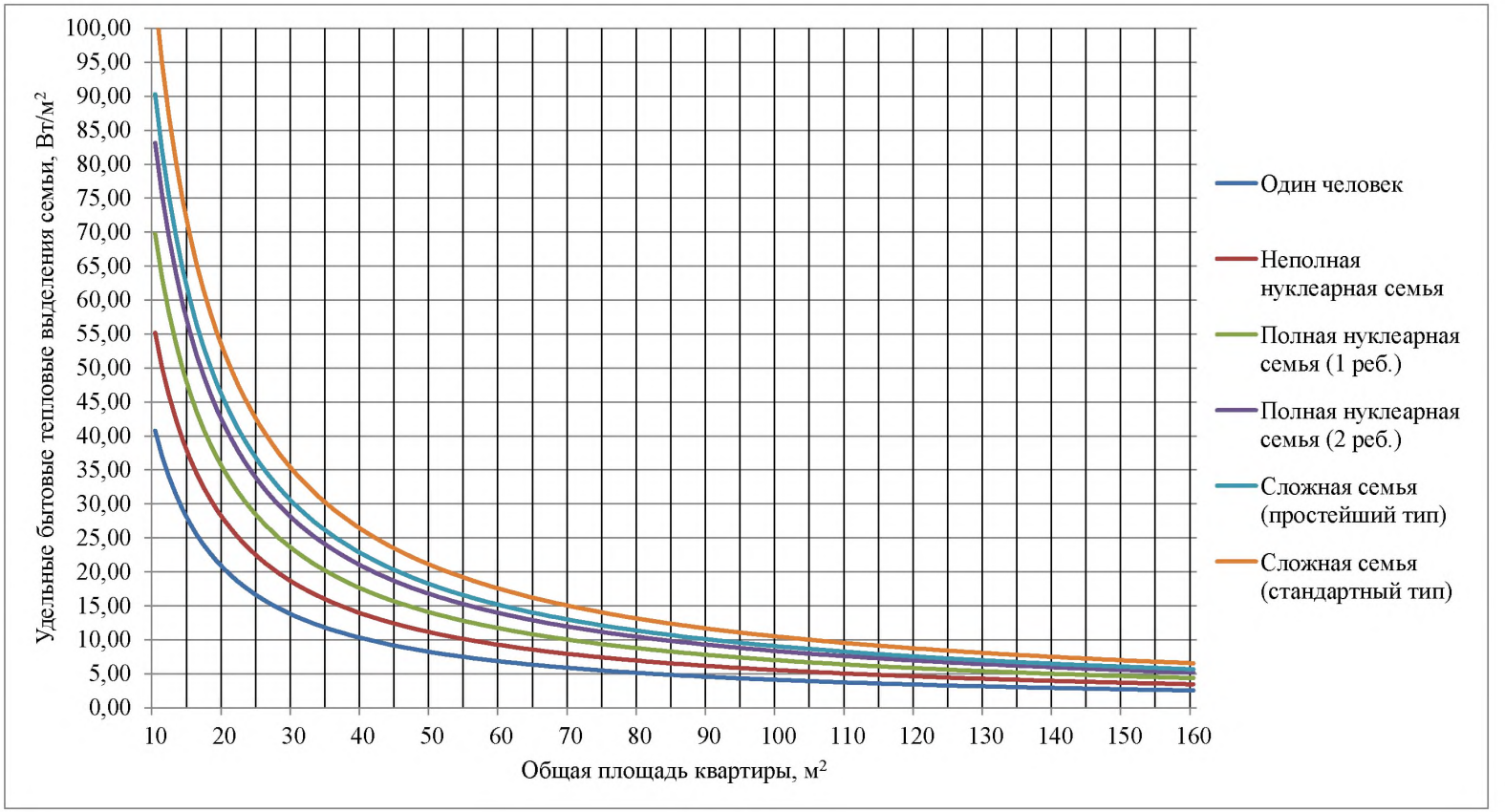

Рисунок Б.1 – Суммарные удельные бытовые теплоты поступления, Вт/м^2, для различных типов семей в зависимости от общей площади занимаемой квартиры

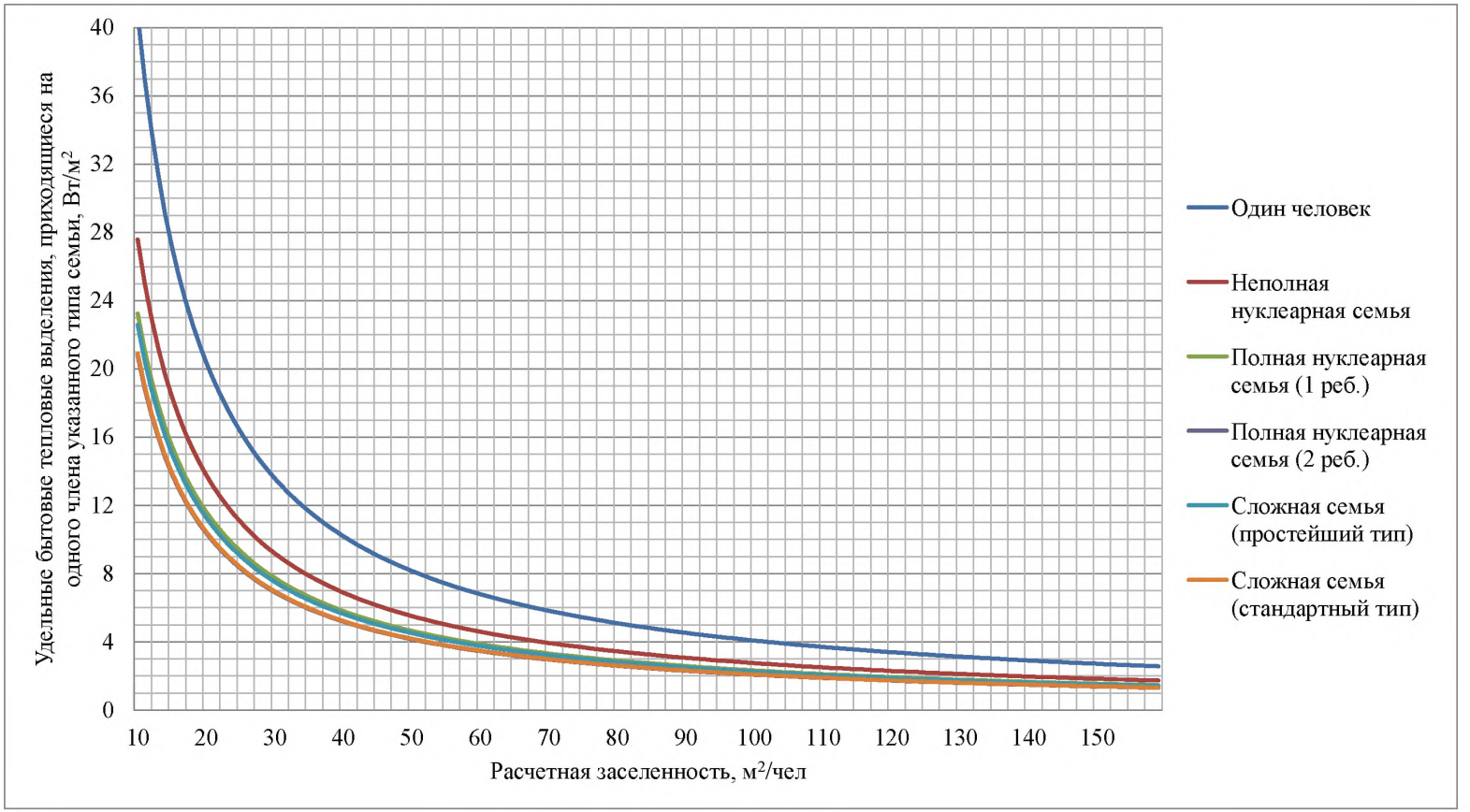

Рисунок Б.2 – Удельные бытовые теплоты поступления, Вт/м^2, для различных типов семей в зависимости от общей площади занимаемой квартиры, приходящиеся на одного человека

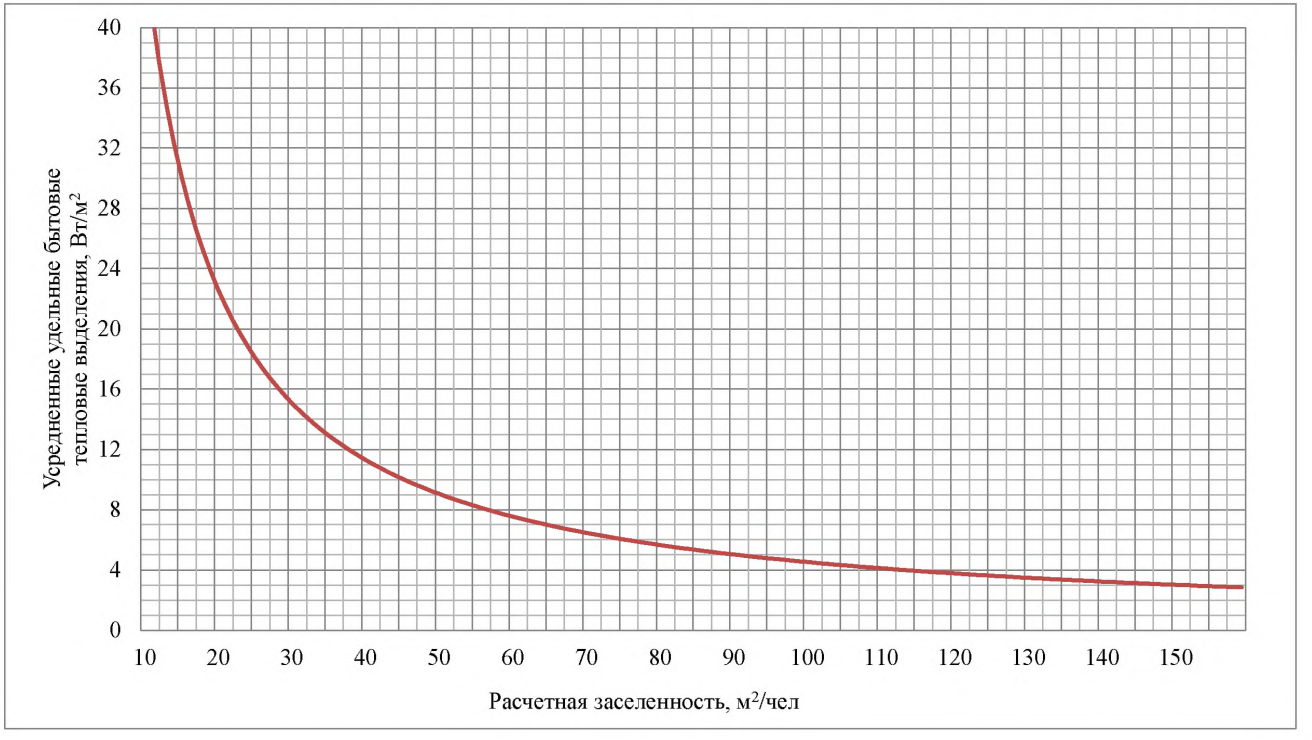

Рисунок Б.3 – Усредненные удельные бытовые поступления теплоты в пересчете на жилую площадь, Вт/м^2

Заключение

1 Разработано методическое пособие, заключающее в себе методику расчета энергетической эффективности систем кондиционирования при нестационарных теплопоступлений в развитие Свода правил СП 50.13330 «Тепловая защита зданий» и Свода правил СП 60.13330 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».

2 Методическое пособие по расчету энергетической эффективности систем кондиционирования при нестационарных теплопоступлениях содержит методы расчета параметров энергетической эффективности систем кондиционирования общественных и жилых зданий.

3 В методическом пособии приведены основные принципы расчета энергетической эффективности систем кондиционирования при нестационарных теплопоступлениях с учетом метода расчета удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию, применяемого в СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

4 В методическом пособии детализированы указания СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» в части определения энергетических характеристик здания для жилых, общественных и административных зданий в комплексе с учетом систем кондиционирования.

5 В методическом пособии гармонизированы указания СП 60.13330.2016 «СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» для определения расходов приточного воздуха центральных систем кондиционирования и СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» для внедрения метода определения энергетических затрат систем кондиционирования как соотношения соответствующих энергетических потребностей к энергетической эффективности систем кондиционирования.

УДК 697.94 ОКС 91.140.30

Ключевые слова: системы кондиционирования, энергетическая эффективность систем кондициоинрования, нестационарные теплопоступления

Список использованной литературы

1. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

2. Федеральный закон от 30 сентября 2009 года № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

3. Постановление Правительства Российской Федерации от 25января 2011 г. № 18 «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов».

4. Правила установления требований энергетической эффективности товаров, работ, услуг при осуществлении закупок для обеспечения государственных и муниципальных нужд (в ред. Постановлений Правительства РФ от 03.12.2014 N 1304,от 28.08.2015 N 898).

5. Баркалов Б.В., Карпис Е. Е. Кондиционирование воздуха в промышленных, общественных и жилых зданиях. – М.: Стройиздат, 1982.

6. Богословский В.Н. Строительная теплофизика. – М.: Стройиздат, 1985.

7. Богословский В.Н., Кокорин О.Я., Петров Л.В. Кондиционирование воздуха и холодоснабжения (учебник). – М.: Стройиздат, 1985.

8. Гримитлин М.И. Распределение воздуха в помещениях. – М.: Стройиздат, 1982.

9. Кокорин О.Я. Установки кондиционирования воздуха. – М.: Машиностроение, 1978.

10. Кокорин О. Я. Современные системы кондиционирования воздуха. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2003.

11. Кокорин О. Я. Энергосберегающая технология функционирования систем вентиляции, отопления, кондиционирования воздуха (систем ВОК). – М.: Проспект, 1999.

gost.e-ecolog.ru