




ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция»

## **Учебное пособие**

по дисциплине  
«Энергосбережение»

# **«Энергосбережение в системах климатизации»**



Авторы  
Галкина Н.И.,  
Скорик Т.А.

Ростов-на-Дону, 2017

## Аннотация

Содержит краткие сведения об организационных и технических мероприятиях в области энергосбережения. Представлены результаты анализа нормативных требований по организации энергосберегающей деятельности, а также комплекс основных технических решений, направленных на повышение энергоэффективности. Рассмотрены основы энергоменеджмента и энергоаудита. Изложены основные технические решения, составляющие систему «энергоэффективное здание» и предназначенные для реализации энергосберегающих мероприятий. Приведены сведения о рекуперативных теплообменниках, основные понятия и формулы.

Предназначено для бакалавров направления подготовки 08.03.01 «Строительство» профиля подготовки «Теплогазоснабжение и вентиляция», изучающих дисциплину «Энергосбережение».

## Авторы

к.т.н., доцент кафедры «ТиВ» Галкина Н.И.,  
к.т.н., доцент кафедры «ТиВ» Скорик Т.А.



## Оглавление

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>4</b>
<b>Глава 1. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ .....</b>	<b>6</b>
1.1. Нормативно-правовая база Российской Федерации ..	6
1.2. Энергетический менеджмент .....	13
1.3. Энергетический аудит .....	19
1.4. Энергетический паспорт здания .....	39
1.5. Нормативная база Европейских стран.....	41
<b>Глава 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ .....</b>	<b>47</b>
2.1. Архитектурные и объемно-планировочные решения	48
2.2. Улучшение теплозащитных показателей ограждающих конструкций .....	49
2.3. Мероприятия по оптимизации инженерных решений в системе отопления .....	53
2.5. Пассивные дома в Европе .....	71
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....</b>	<b>79</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ.....</b>	<b>81</b>
Приложение А Основные понятия и определения, используемые в законе № 261-ФЗ .....	81
Приложение Б Форма для заполнения энергетического паспорта проекта здания .....	83
Приложение В Измерительные приборы для проведения энергетических обследований.....	86
Приложение Г Таблицы сбора информации [20].....	88

## ВВЕДЕНИЕ

Энергоресурсосбережение является одной из важных задач XXI в., так как потребление тепловой и электрической энергии – необходимое условие жизнедеятельности человека и создания благоприятных условий его быта. Повышение конкурентоспособности, финансовой устойчивости, энергетической и экологической безопасности российской экономики, а также рост уровня и качества жизни населения невозможны без реализации потенциала энергосбережения и повышения энергетической эффективности на основе модернизации, технологического развития и перехода к рациональному и экологически ответственному использованию энергетических ресурсов. От результатов решения этой проблемы зависит и место нашего общества в ряду развитых в экономическом отношении стран. Россия – одна из самых расточительных стран в мире.

Перспективы энергосбережения в нашей стране огромны, нужно только рационально использовать энергоресурсы. Потребление большого количества тепловой, электрической энергии, ее расходование на единицу площади осуществляется нерационально и в несколько раз превосходит показатели стран с развитой экономикой. В энергетическом балансе страны до 40 % энергоресурсов расходуется на энергообеспечение жилых, общественных и промышленных зданий. Доля возобновляемых источников энергии в своем топливном балансе Европейских стран достигает 41 % в Швейцарии, 36 % в Латвии. Согласно предложению Еврокомиссии, доля возобновляемой энергетики к 2020 г. должна быть доведена до 20 % у каждого члена ЕС. В электроэнергетике России на сегодняшний день этот показатель не превышает 1 %, а по тепловой энергии составляет менее 5 %. Снижение расхода топливно-энергетических ресурсов возможно только при комплексном подходе к энергосбережению за счет совершенствования теплотехнических, архитектурно-планировочных, конструктивных решений и инженерного оборудования зданий с учетом региональных климатических, технико-экономических, социальных и экологических особенностей.

Существующее многообразие энергосберегающих решений в системах климатизации зданий обусловлено огромным потенциалом повышения эффективности этих систем. Но все эти решения можно разделить на две группы:

- организационное – нормативная база, законодательство в области энергосбережения, энергоменеджмент, энергоаудит, сертификация зданий по энергоэффективности;



## Энергосбережение в системах климатизации

– технологическое – оптимизация существующих (применяемых на практике) инженерных решений, а также внедрение альтернативных (возобновляемых, нетрадиционных) видов энергии.

## **ГЛАВА 1. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ**

К организационному направлению в первую очередь относятся законы, акты, постановления, предписания в области энергосбережения [1, 2, 8, 9]. Прежде всего, это нормативная база Российской Федерации.

### **1.1. Нормативно-правовая база Российской Федерации**

Правовую основу государственной политики энергосбережения и решения всех проблем по эффективному использованию энергии образуют, прежде всего, Федеральный закон РФ от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Задачи энергосбережения, определенные в законе № 261-ФЗ, предполагают реализацию правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное использование энергетических ресурсов и вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии. Этот закон является основным, но не единственным регулирующим документом в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности [3–7, 9, 10, 12, 13]. Структура законодательных и нормативных актов включает в себя отраслевые и региональные программы энергосбережения, а также указы Президента, постановления правительства РФ и других уполномоченных органов по конкретным вопросам координации и реализации энергосберегающей политики.

В поддержку мероприятий по обеспечению энергосбережения на федеральном и региональном уровнях принято несколько десятков нормативных актов, методических и программных документов.

Целью Федерального закона № 261-ФЗ является создание правовых, экономических и организационных основ стимулирования энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Основные понятия и определения, которые включает в себя этот закон, даны в приложении А.

Законом предлагаются законодательные условия для реализации комплекса энергосберегающих мер на системной основе:

- ввести учет вырабатываемых и потребляемых энерго-ресурсов с установкой измерительного и регулирующего оборудо-

вания, при необходимости с перестройкой систем подачи энергии;

- организовать обучение персонала приемам повышения эффективности на всех стадиях энергетического цикла – от производства до потребления;

- ввести меры финансового (фискального) характера или обеспечить доступность для потребителей энергосберегающего оборудования на рынке;

- проводить разъяснительные, рекламно-информационные и пропагандистские кампании;

- изыскать возможности компенсации наименее обеспеченным слоям населения энергозатрат по реальной рыночной цене;

- разработать организационно-финансовые схемы инвестирования энергосберегающих мер.

Основными принципами энергосберегающей политики государства являются:

- приоритет эффективного и рационального использования энергетических ресурсов;

- осуществление государственного надзора за эффективным использованием энергетических ресурсов;

- обязательность учета юридическими лицами производимых или расходуемых ими энергетических ресурсов, а также учета физическими лицами получаемых энергетических ресурсов;

- включение в государственные стандарты на оборудование, материалы и конструкции, транспортные средства показателей их энергоэффективности;

- сочетание интересов потребителей, поставщиков и производителей энергетических ресурсов;

- заинтересованность юридических лиц – производителей и поставщиков энергетических ресурсов в эффективном использовании энергетических ресурсов.

В целях исполнения закона № 261-ФЗ разработан «План мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в Российской Федерации, направленных на реализацию Федерального закона "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации"» (документ 1830-р), который включает в себя следующие основные мероприятия.

1. Установка и ввод в эксплуатацию в жилых домах в жилищном фонде приборов учета воды, природного газа, тепловой и электрической энергии, в том числе многоквартирных домов кол-

лективными общедомовыми приборами учета воды, тепловой и электрической энергии, индивидуальными и общими (для коммунальных квартир) приборами учета воды, природного газа, тепловой и электрической энергии (включая проведение разъяснительной работы с гражданами, проживающими в таких жилых домах и квартирах по переходу на расчет по показаниям приборов учета).

2. Разработка перечня мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в отношении общего имущества в многоквартирном доме, включаемых в состав обязательных требований к содержанию общего имущества в многоквартирном доме.

3. Разработка региональных и муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергоэффективности.

*Энергосберегающая деятельность* – это комплексная проблема и в соответствии с системными принципами должна решаться посредством формирования и реализации программ энергосбережения на уровне субъектов Российской Федерации. Пример основных направлений реализации программы по энергосбережению на региональном уровне приведен в табл. 1.1.



Таблица 1.1

Цели и задачи региональной программы энергосбережения

Виды деятельности	Этапы формирования и реализации программы				
	Разработка	Организация	Обеспечение	Реализация	Контроль и анализ
Правовая сфера	Создание нормативно-правовой базы	Организация энергетических обследований предприятий	Обеспечение единства измерений, сертификации и стандартизации	Борьба с хищениями и расточительным расходованием энергоресурсов	Осуществление контроля исполнения программы
Экономическая сфера	Создание экономических механизмов	Организация учета и контроля потребления энергоресурсов	Обеспечение эффективности тарифной политики	Реализация проектов и зон высокой энергетической эффективности	Оценка и анализ эффективности мероприятий
Производственная сфера	Создание производственной базы	Организация производства энергосберегающей техники	Энергосберегающий менеджмент		Анализ эффективности производства
Информационная сфера	Энергетический маркетинг		Обеспечение подготовки, переподготовки и повышение квалификации кадров	Общественное просвещение, разъяснительная работа, реклама	Выпуск региональных изданий и печатной продукции по энергосбережению

Согласно Российской системе нормирования энергоэффективности, для оценки достигнутой в проекте здания или в эксплуатируемом здании потребности энергии на отопление и вентиляцию установлены классы энергосбережения.

Класс энергосбережения – это характеристика энергосбережения здания, показывающая процентное отклонение расчетной удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемой (базовой) величины (табл. 1.2) [18].

Таблица 1.2  
Классы энергосбережения жилых и общественных зданий

Обозначение класса	Наименование класса	Отклонение расчетного (фактического) значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемого, %	Рекомендуемые мероприятия, разрабатываемые субъектами РФ
При проектировании и эксплуатации новых и реконструируемых зданий			
A++ A+ A	Очень высокий	Ниже –60 От –50 до –60 включительно От –40 до –50 включительно	Экономическое стимулирование
B+ B	Высокий	От –30 до –40 включительно От –15 до –30 включительно	Экономическое стимулирование
C+ C C–	Нормальный	От –5 до –15 включительно От +5 до –5 включительно От +15 до +5 включительно	Мероприятия не разрабатываются
При эксплуатации существующих зданий			
D	Пониженный	От +15,1 до +50 включительно	Реконструкция при соответствующем экономическом обосновании
E	Низкий	Более +50	Реконструкция при соответствующем экономическом обосновании или снос

Присвоение классов «D, E» на стадии проектирования не допускается.

Классы «A, B» устанавливают для вновь возводимых и рекон-

струируемых зданий на стадии разработки проекта и впоследствии их уточняют по результатам эксплуатации. Для достижения классов «А, В» органам администраций субъектов Российской Федерации рекомендуется применять меры по экономическому стимулированию участников проектирования и строительства.

Класс «С» устанавливают при эксплуатации вновь возведенных и реконструированных зданий, строящихся по проектам, утвержденным до 01.01.2011 г. Классы «D, E» устанавливают при эксплуатации возведенных до 2000 г. зданий в целях разработки органами администраций субъектов Российской Федерации очередности и мероприятий по реконструкции этих зданий.

Класс «В» и выше присваивается только при условии включения в проект следующих обязательных энергосберегающих мероприятий:

- применение индивидуальных тепловых пунктов, снижающих затраты энергии на циркуляцию в системах горячего водоснабжения и оснащенных автоматизированными системами управления и учета потребления энергоресурсов, горячей и холодной воды;
- применение систем освещения общедомовых помещений, использующих энергосберегающие лампы, оснащенных датчиками движения и освещенности, а также устройствами компенсации реактивной мощности двигателей лифтового хозяйства, насосного и вентиляционного оборудования;
- применение авторегулируемой вытяжной вентиляции с механическим побуждением и естественным притоком через вентиляционные клапаны в наружных ограждающих конструкциях.

Наглядное представление табл. 1.2 дано на рис. 1.1 и 1.2.

Классы энергосберегающих зданий		Энергопотребление для класса
		процент от нормативного энергопотребления
	Очень высокий	$\geq -51$
	Высокий	$-10 \dots -50$
	Нормальный	$+5 \dots -9$
	Низкий	$+6 \dots +75$
	Очень низкий	$\geq +76$

Рис. 1.1. Классы энергетической эффективности зданий

Индекс энергоэффективности		Годовое удельное потребление, кВт·ч/м <sup>2</sup>	
		тепло	электроэнергия
A		<45	<50
B		46-65	51-65
C		66-85	66-75
D		86-105	76-85
E		106-125	86-95
F		126-145	96-105
G		>146	>105

Рис. 1.2. Маркировка энергетической эффективности зданий

## 1.2. Энергетический менеджмент

Проблема энергосбережения решается как техническими средствами, так и рассмотрением вопросов управления процессами производства, распределения и потребления энергоресурсов [8]. Научно обоснованное управление энергетическими процессами на предприятии, в отрасли и т. д. обеспечивает энергетический менеджмент.

*Энергетический менеджмент* представляет собой совокупность технических и организационных мероприятий, направленных на повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР).

Одна из основных задач энергетического менеджмента – комплексный анализ энергопотребления. В функции энергетического менеджмента входит:

- организация взаимодействия с производителями, потребителями энергии и энергосберегающими организациями;
- обработка и анализ полученной информации;
- подготовка предложений по энергосбережению;
- управление энергосберегающими проектами;
- работа с сотрудниками и персоналом.

Данные функции обеспечиваются путем составления энергетического баланса, проведения энергетического обследования (аудита), мониторинга, планирования и других мероприятий.

Для достижения максимальной эффективности энергетический менеджмент должен проводиться на уровне управления предприятий. Составление энергетического баланса позволяет оценить фактическое потребление и эффективность использования энергоносителей, а также составить схему энергетических потоков.

Менеджеры – это специалисты, занимающиеся управленческим трудом. Энергетические менеджеры занимаются планированием и выполнением энергетических проектов, разрабатывают систему стимулирования энергосберегающих мероприятий, обосновывают внедрение энергосберегающих технологий и в конечном счете добиваются повышения энергетической эффективности производства.

*Цель энергетического менеджмента* – решение задач энергообеспечения и рационального энергосбережения. Эти цели различны для организации разных иерархических уровней [15]:

- межгосударственный уровень – рациональное использование мировых запасов ископаемых ТЭР, поиск новых источников и

форм энергии, создание благоприятной окружающей среды;

- государственный уровень – энергетическая безопасность, энергетическая независимость и переход к энергоэффективной экономике;

- на отраслевом уровне – энергоэффективное и экологически безопасное функционирование в рамках всего народного хозяйства;

- на уровне области, города – минимизация затрат энергоресурсов на обеспечение всех инфраструктур при соблюдении комфортного уровня жизни населения и выполнении экологических норм;

- уровень предприятия – достижение максимальной энергоэффективности производства, обеспечение высокого качества выпускаемой продукции и ее конкурентоспособности на внутреннем и мировом рынках;

- уровень семьи – минимизация потребления энергии и энергоносителей всех видов при комфортных бытовых условиях.

Для предприятия рациональное использование энергоресурсов – важнейшее условие повышения эффективности его работы. Существуют два направления снижения энергозатратности производства и снижения доли энергозатрат в себестоимости выпускаемой продукции.

Первое направление предусматривает коренное усовершенствование технологических процессов посредством полной его замены, обновления за счет модернизации вплоть до изменения структуры предприятия. Однако в этом случае требуется много средств и большой срок окупаемости.

Второе направление – поэтапная реконструкция предприятия путем последовательной модернизации основных производственных фондов, включающая, например, перепланировку производственных зданий, замена устаревших образцов оборудования новыми. Этот путь дешевле и не требует больших единовременных финансовых затрат.

Для выработки стратегии совершенствования производственного процесса необходимо для предприятий разрабатывать комплексную программу энергосбережения, предусматривающую экономное и эффективное расходование ТЭР (и других ресурсов). При составлении такой программы необходимы энергетический аудит (обследование) и паспортизация энергетического хозяйства предприятия [14].

*Международный стандарт ISO 50001:2011 «Системы энергоменеджмента. Требования с руководством по применению»*

Следующей ступенью в развитии законодательной и нормативной базы энергосбережения в России стало принятие международного стандарта ISO 50001 – ГОСТ Р ИСО 50001–2012. «Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению». ISO (Международная организация по стандартизации) является всемирной федерацией национальных органов по стандартизации (члены организации ISO) [19].

Цель международного стандарта – дать организациям возможность создать системы и процессы, необходимые для совершенствования энергетических параметров, в том числе энергетической эффективности, энергопотребления, энергоиспользования и интенсивности.

Внедрение должно привести к сокращению финансовых затрат, выбросов «парниковых» газов и других воздействий на окружающую среду путем систематического управления энергией (энергоменеджмента). Стандарт применим для организаций всех видов и размеров, независимо от каких-либо географических, культурных и социальных условий.

Международный стандарт устанавливает требования к системе энергоменеджмента (EnMS), внедренной в организации, по разработке и реализации энергетической политики, постановке целей, задач и плана действий, в которых учитываются правовые требования и информация, относящаяся к значительному использованию энергии. Система энергоменеджмента позволяет организации выполнить свои обязательства по соблюдению энергетической политики, принимать меры, необходимые для повышения энергоэффективности и продемонстрировать соответствие системы требованиям международного стандарта.

Международный стандарт, основываясь на принципе «Планируй – Действуй – Проверяй – Совершенствуй», позволяет постоянно совершенствовать и внедрять основы энергетического менеджмента в повседневную практику организации (рис. 1.3) [19]. Данный принцип может быть представлен в виде следующей схемы [19]:

- *Plan (Планируйте)*: проведите энергоанализ, установите базовую линию, индикаторы энергоэффективности, цели, задачи и планы действий, необходимые для достижения тех результатов, которые улучшат уровень энергоэффективности в соответствии с энергополитикой организации.
- *Do (Действуйте)*: выполняйте планы действий в области энергоменеджмента.
- *Check (Проверяйте)*: контроль и измерение энергетиче-

ских процессов и продуктов на соответствие энергетической политике, поставленным целям, ключевым характеристикам данных процессов, а также составление отчетов о результатах.

– *Act (Совершенствуйте)*: разработка мероприятий по дальнейшему повышению уровня энергоэффективности.



Рис. 1.3. Модель системы энергоменеджмента, используемая в международном стандарте

Всеобщее применение международного стандарта способствует более эффективному использованию энергетических ресурсов, повышению надежности энергообеспечения, расширению конкурентоспособности, а также оказывает положительное влияние на изменение климата. Международный стандарт охватывает все виды энергии (возобновляемые, невозобновляемые, вторичные энергоресурсы).

За пять месяцев после публикации стандарт успел получить национальный статус не только в европейских странах, но и в Японии, Сингапуре, Индии, ЮАР, Канаде, Бразилии.

Стандарт ИСО 50001 относится к стандартам энергетиче-



ской серии. Его структура мало отличается от структуры других стандартов ИСО системы менеджмента, а сам документ полностью совместим с требованиями стандартов ИСО 9001 «Система менеджмента качества» и ИСО 14001 «Системы экологического менеджмента».

*Совместимость с другими системами менеджмента*

Общими элементами системы менеджмента являются (рис. 1.4):

- политика (цели, исходя из бизнес-среды);
- планирование (обращение к целям и показателям, идентификация нужд, потребностей, ресурсов, законодательных и иных требований, организационной структуры, ролей, ответственности и полномочий, реагирование в чрезвычайных ситуациях);
- внедрение и функционирование (операционный контроль, управление документацией, людскими и другими ресурсами, поддержание внутренних и внешних связей);
- оценка деятельности (мониторинг, измерения, анализ выявленных несоответствий, внутренний аудит);
- улучшение (корректирующие и предупреждающие действия);
- анализ со стороны руководства.



Рис. 1.4. Совместимость стандарта ИСО 50001 с другими стандар-

тами

Внедрение положений норматива ISO 50001 в России ограничивается следующими причинами:

- объективно существующий невысокий уровень осведомленности и понимания в вопросах энергоменеджмента среди лиц, вовлеченных в процесс внедрения стандарта энергетического менеджмента (СЭНМ) (в том числе и высшего руководства) и, как следствие, отторжение подхода и методологии ISO 50001;
- отсутствие практики внедрения и реализации СЭНМ в России и, как следствие, уже готовых типовых подходов, отсюда их значительная вариативность;
- отсутствие согласованного в профессиональной среде русского перевода стандарта ISO 50001 (ГОСТ Р ИСО) и, как следствие, разночтение и трудности в освоении его подходов.

#### *Энергоанализ*

Организация должна разрабатывать и поддерживать актуальные положения энергоанализа, обеспечивая ведение соответствующей документации.

При разработке энергоанализа организация должна выполнять следующее:

- на основе измерений и других данных проводить анализ характера использования и количества потребляемой энергии (определить существующие источники энергии, оценить в прошедший и настоящий период характер использования и количество потребляемой энергии);
- на основе анализа характера использования и количества потребляемой энергии определить области значимого использования энергии (определить установки, оборудование, системы, процессы и персонал, существенным образом влияющие на характер использования и количество потребляемой энергии, а также другие значимые переменные факторы, влияющие на значимое использование энергии; определить текущие эксплуатационные характеристики установок, оборудования, систем и процессов с выявленным значимым использованием энергии; оценить в перспективе характер использования и количество потребляемой энергии);
- идентифицировать и ранжировать возможности для улучшения уровня энергоэффективности, обеспечив ведение соответствующих записей.

Организация должна учитывать возможности улучшения уровня энергоэффективности и операционный контроль в ходе про-

ектирования новых, модернизации и реконструкции действующих установок, оборудования, систем и процессов, имеющих существенное влияние на уровень энергоэффективности.

Результаты оценки уровня энергоэффективности, если это применимо, должны быть внесены в техническое задание, проектную документацию и планирование закупочной деятельности по соответствующему проекту. Результаты проектирования должны быть документированы в форме записей (рис. 1.5).



Рис. 1.5. Концептуальная диаграмма процесса энергопланирования

### 1.3. Энергетический аудит

Направление организационно-технической политики в сфере оптимизации использования энергоресурсов включает такие виды деятельности, как энергетическое обследование, сертификация энергообъектов и энергоресурсов, энергоаудит.

*Сертификация (энергообъектов, энергоресурсов)* – экспертная деятельность по инструментально-документальному выявлению и ответственному (гарантирующему адекватность) документированию степени соответствия свойств конкретного энергообъекта (энергоресурса) тем характеристикам (требованиям, информации), которые установлены в нормативном документе на объект, включая энергопаспорт, информационный лист или другой документ на поставку (эксплуатацию).

*Энергетическое обследование* – обследование потребителей ТЭР в целях установления эффективности показателей энергоиспользования.

*Энергоресурсоаудит* – обследование энергопотребляющих объектов и процессов с разработкой соответствующих рекомендаций и мероприятий по энергосбережению. Энергоресурсоаудит систем энергоснабжения и энергопотребления является первым этапом решения задачи по снижению затрат на энергоресурсы.

Эффективность функционирования энергопотребляющих объектов определяется, прежде всего, долей энергетических затрат в себестоимости продукции. Чем ниже этот уровень, тем выше эффективность использования ТЭР и тем выше уровень прибыли предприятия. Высокая доля затрат на энергоресурсы, используемые в технологических и общезаводских циклах, является одной из причин низкой конкурентной способности отечественной продукции. Поэтому необходимо детально изучить состояние уровня энергетической эффективности на энергетических и промышленных объектах. Основными инструментами для изучения и анализа являются системный энергетический мониторинг и энергетическое обследование (энергоаудит).

*Энергетический аудит* – обследование предприятия в целях сбора информации об источниках энергии, ее удельном потреблении на единицу выпускаемой продукции, разработка рекомендаций и технических решений по снижению энергетических затрат. Является основным инструментом энергетического менеджмента.

Энергоаудит проводится в целях определения путей быстрого и эффективного снижения издержек на энергоресурсы и избегания неоправданных затрат на мероприятия по энергосбережению. Он может стать основательной базой для качественного прорыва в конкурентной борьбе на рынке товаров и услуг.

Энергоаудит, или энергетическое обследование предприятий и организаций, предполагает оценку всех видов деятельности предприятия, которые связаны с затратами на топливо и энергию.

*Цель энергоаудита* – оценить эффективность использования ТЭР и разработать эффективные меры для снижения затрат предприятия. При энергетическом обследовании ставится ряд основных задач, последовательное решение которых складывается в устоявшуюся методику проведения энергоаудита.

Основными целями энергоаудита являются:

- выявление источников и причин, нерациональных энергозатрат и неоправданных потерь энергии и ресурсов;

## Энергосбережение в системах климатизации

- разработка на основе технико-экономического анализа рекомендаций по ликвидации потерь энергии и ресурсов;
- предложение технико-экономически обоснованной программы по экономии энергоресурсов и рациональному энергопользованию, очередности реализации предлагаемых мероприятий с учетом объемов затрат и сроков окупаемости при обеспечении требуемого уровня коммунальных услуг.

Энергетический аудит носит добровольный характер. Его проводят предприятия, заинтересованные в определении уровня эффективности использования энергоресурсов и в разработке рекомендаций по снижению энергетических расходов.

Энергетическое обследование (энергоаудит) проводится организациями, внесенными в Реестр энергоаудиторских фирм, допущенных к проведению энергетических обследований и соответствующих требованиям системы, предъявляемым к энергоаудиторским организациям, что подтверждается наличием соответствующих свидетельства и сертификата.

В результате обследования определяют реальное состояние энергохозяйства объекта, энергетические балансы, оценивают источники потерь энергии, определяют направление снижения энергетических затрат. Обязательным итогом энергетического обследования предприятия являются рекомендации по оптимизации технологии производства и потребления энергоресурсов с точки зрения повышения энергетической эффективности.

Регламентирующими документами для проведения энергетического обследования предприятия (энергоаудита) являются:

- Федеральный закон от 3 апреля 1996 г. № 28-ФЗ «Об энергосбережении»;
- Постановление Правительства РФ № 588 от 15 июня 1998 г. «О дополнительных мерах по стимулированию энергосбережения в России»;
- Постановление Правительства РФ от 8 июля 1997 г. № 832 «О повышении эффективности использования энергетических ресурсов и воды предприятиями, учреждениями и организациями бюджетной сферы»;
- Приказ Минпромэнерго № 141 от 04.07.2006 г. «Об утверждении рекомендаций по проведению энергетических обследований».

Организация и проведение энергетического обследования предприятия требует решения различных задач. Каждая из задач обусловлена следующими факторами:

- рассматриваемая энергосистема;

- объект энергосистемы предприятия (котельная, тепло-трасса, трансформаторная подстанция, конкретный технологический процесс или цех);
- цель обследования объекта (например, выявление причин и условий возникновения аварий в системе электроснабжения предприятия);
- состав и содержание работ (т. е. типовая программа решения частной задачи на обследуемом объекте);
- основные результаты обследования (выбор технического решения, составление режимных карт, расчетные нормы и т. п.);
- документ, отражающий результаты обследования (протокол оценки энергетических параметров, акт оценки технического состояния энергообеспечения объекта, расчетно-пояснительная записка, технический отчет по обследованию предприятия в целом, энергетический паспорт и т. п.).

На основании опыта проведения обследований и предварительного анализа энергообеспечения предприятия и его технологического цикла в процессе энергообследования решаются следующие укрупненные задачи:

- анализ производственно-технологической структуры и энергетического обеспечения объектов предприятия;
- обследование основных систем энергоснабжения объектов, цехов, предприятия в целом;
- анализ эффективности энергопотребления в технологическом цикле предприятия;
- обследование технического и организационного состояния систем и средств учета энергоносителей;
- составление энергетического паспорта предприятия на основе данных аудита;
- разработка концепции энергетической политики предприятия (совершенствование энергетического обеспечения объектов предприятия и выявление основных направлений повышения энергетической эффективности).

Разработка концепции энергетической политики предприятия включает:

- формирование базы данных по потребителям ТЭР на обследуемом предприятии;
- анализ объемов потребления ТЭР как по предприятию в целом, так и по отдельным его объектам;
- обобщение сведений об энергетических системах предприятия, обеспечивающих потребителей энергетическими ресурсами, и составление схематического отображения специфики

энергетического обеспечения;

– сбор и систематизация сведений по отдельным видам энергетического оборудования (вырабатывающего, передающего и потребляющего ТЭР), имеющего наибольший удельный вес в энергохозяйстве предприятия;

– изучение и анализ необходимой технической документации (договоры с энергосистемами, паспорта на энергетическое оборудование, здания и установки, отчетные документы службы главного энергетика и оперативные журналы по эксплуатации энергетического оборудования);

– проведение необходимого визуального и инструментального обследования энергетических объектов предприятия (см. прил. В);

– системный анализ собранной базы данных, в результате которого:

- оценивается временное изменение уровня потребления энергоносителей (по годам, сезонам года и по времени суток);

- определяется взаимосвязь потребления энергоресурсов и объемов выработки продукции (фактические удельные нормативы) и рассматривается перспектива повышения энергоэффективности;

- рассчитываются энергетические балансы по видам энергоносителей и т. п.;

- оценивается состояние системы управления энергетическим обеспечением предприятия (см. прил. Г);

– разработка технических предложений по созданию системного энергетического мониторинга и прогрессивной системы нормирования;

– определение уровня эффективности использования энергоресурсов на объекте;

– выявление основных энергосберегающих мероприятий с экспертной оценкой их технико-экономических показателей и с определением приоритетов;

– составление «Энергетического паспорта предприятия» в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51379–99.

Итоговыми документами энергоаудита являются:

– отчет о проведенном энергетическом обследовании;

– программа по повышению эффективности использования ТЭР, снижению затрат на топливо- и энергообеспечение, по внедрению энергосберегающих мероприятий;

– энергетический паспорт предприятия – документ, составленный в соответствии с ГОСТ Р 51379–99 и отражающий ба-

ланс потребления и показатели эффективности использования ТЭР в процессе хозяйственной деятельности.

В результате энергетического обследования должна быть дана оценка эффективности использования ТЭР, определены имеющиеся резервы экономии ТЭР, предложены технические и организационные энергосберегающие решения с указанием прогнозируемой экономии в физическом и денежном выражении, а также соотношение между потенциальными сбережениями и инвестициями на реализацию мероприятий.

Право на проведение энергетических обследований предоставляется:

- региональным (территориальным) органам Госэнергонадзора России;
- организациям, имеющим лицензию на проведение энергетических обследований предприятий (энергоресурсоаудит). Для энергоресурсоаудита объектов ЖКХ органы Госстроя России выдают свидетельство об аккредитации.

Организация-энергоаудитор в своих действиях должна руководствоваться законами РФ, актами органов государственной власти субъектов РФ, временными руководящими указаниями по организации работ в сфере энергосбережения в управлениях государственного энергетического надзора в субъектах РФ, СП, гостами, ПТЭ и ПТБ в электроустановках и тепловых сетях и другими нормативно-техническими документами, утвержденными Госстроем России.

Методика проведения энергоресурсоаудита не должна зависеть от вида обследуемого предприятия, формы организации и применяемой технологии.

Энергоаудитор должен отвечать следующим требованиям:

- обладать правами юридического лица;
- иметь необходимое инструментальное, приборное и методологическое оснащение, располагать квалифицированным и аттестованным персоналом;
- иметь опыт работы в соответствующей области деятельности;
- иметь свидетельство Государственного комитета РФ по строительству и жилищно-коммунальному комплексу и лицензию Госэнергонадзора Минэнерго России на проведение энергетических обследований, выдаваемые согласно установленному порядку.

### ***Виды проводимых энергетических обследований***

По срокам проведения энергетические обследования делаются



ся:

- *на первичные* – проводятся в отношении потребителей ТЭР, ранее не проходивших энергетическое обследование (энергоаудит) или перерыв в обследованиях которых составляет более 5 лет;

- *очередные* – проводятся не реже одного раза в 5 лет, и не чаще одного раза в два года в плановом порядке – для сравнения текущих показателей энергоэффективности с показателями, определенными предыдущим энергетическим обследованием, сертификации потребителя ТЭР в системе добровольной сертификации РИЭР, внесения изменений в энергетический паспорт и т. д.;

- *внеочередные* – проводятся при выявлении у потребителя роста объемов потребления ТЭР, снижения эффективности использования ТЭР, роста себестоимости продукции и топливной составляющей в ней, выбросов в атмосферу и т. д., а также в случае обращения потребителя ТЭР в органы государственной власти за предоставлением льгот, связанных с использованием ТЭР; при проверке обоснованности заявленных технологических потерь ТЭР и тарифов при утверждении, а также оценки их составляющих; при изменении вида используемого топлива независимо от количества потребляемых ТЭР; при увеличении потребности в ТЭР более чем на 25 % от установленной в результате плановых проверок;

- *предэксплуатационные* – проводятся перед началом или в начале эксплуатации оборудования потребителем ТЭР для определения первичных характеристик энергоэффективности и их соответствия паспортным, проектным и нормативным показателям для основного энергопотребляющего оборудования (более 5 % от потребляемого вида ТЭР), генерирующего оборудования и оборудования в составе систем энергоснабжения при его замене, капитальном ремонте, изменении условий и режимов эксплуатации.

По объемам проводимых работ энергетические обследования делятся:

- *на экспресс-обследования* – проводятся по сокращенной программе, с минимальным использованием или без использования приборного оборудования и носят ограниченный по объему и времени проведения характер; позволяют определить участки нерационального расходования энергетических ресурсов, потенциал энергосбережения предприятия, приоритетные направления по снижению финансовых затрат на энергоносители.

При этом может проводиться оценка эффективности использования всех или одного из видов ТЭР (электрическая и тепловая энергия; твердое, жидкое или газообразное топливо), вторичных энергоресурсов, функционирования отдельной группы оборудования (отдельного агрегата), либо отдельных показателей энергоэффективности и т. д.;

– *полные инструментальные обследования* – проводятся по всем видам ТЭР с инструментальными замерами, необходимый объем которых определяется энергоаудитором в соответствии с согласованной программой данного энергетического обследования; позволяют произвести анализ текущего потребления ТЭР и режимов работы оборудования, определить причины энергопотерь, составить энергетический паспорт и разработать аргументированную программу мероприятий по энергосбережению.

Проводятся по всем видам ТЭР с инструментальными замерами, необходимый объем которых определяется энергоаудитором в соответствии с согласованной программой данного энергетического обследования.

– *локальные обследования* – обследуются технологические процессы отдельных цехов, технологических установок, определенных энергопотоков в целях определения причин проблем на выбранном для обследования участке и выработки рекомендаций по их устранению, повышению эффективности энергопотребления;

– *комплексные обследования* – обследуются технологические процессы. В зависимости от целей проводимых работ допускаются любые комбинации видов энергетических обследований, обследования, совмещающие в себе различные цели проведения данных работ и совмещающие различные виды аудита.

Энергетический аудит может быть предварительным и подробным; простым или сложным; разовым, периодическим или перманентным (непрерывно продолжающийся, постоянный).

*Предварительный аудит* заключается в анализе потребления энергии определенным участком производства за установленный промежуток времени для определения удельного энергопотребления.

*Подробный аудит* заключается в сборе и записи полной информации о потребленной энергии на каждом участке производства за каждый временной период и в расчетах энергетических балансов и эффективности. Для эффективного проведения подробного аудита необходимо:

– сравнить основные показатели энергопотребления с

показателями других предприятий отрасли;

- обменяться опытом с другими предприятиями, занимающимися производством однородной продукции.

*Простой аудит* состоит в определении наиболее значимых энергоэффективных мероприятий, внедрение которых позволит получить в короткое время значительный экономический эффект.

При *сложном аудите* выявляются не только внутренние резервы экономичности ТЭР, но и влияние различных внешних факторов.

Сущность *разового аудита* может состоять как в проверке расходования отдельных видов, так и всех ТЭР, потребляемых организацией в нестандартных ситуациях (слишком большой расход или, наоборот, малый, значительное отклонение фактического расхода ТЭР на единицу продукции от установленного по норме и др.).

*Периодический аудит* проводится не реже одного раза в 5 лет, а *перманентный* продолжается непрерывно в целях недопущения отклонения фактических параметров от установленных нормативными документами.

Проведение работ по энергоаудиту включает этап сбора документации, этап обследования объекта и этап обработки полученной информации, позволяющий разработать итоговые рекомендации.

Последовательность энергетического аудита.

1. Подготовка и организация работ.
2. Сбор данных.
3. Измерение реальных параметров характеристик систем и оборудования.
4. Составление энергетического баланса.
5. Оценка потенциала энергосбережения.
6. Разработка плана организационных и технологических мероприятий по энергоресурсосбережению.
7. Составление отчетной документации.

Состав и форма представляемых данных регламентируется, в том числе, «Методическими указаниями по проведению энергоаудита в жилищно-коммунальном хозяйстве» МДК 1-01.2002 [15].

*Сбор документации:*

- сбор основных сведений об объекте;
- сбор технической информации.

*Обследование объекта* [11]:

- система переработки продуктов (сырья);

## Энергосбережение в системах климатизации

- системы отопления и горячего водоснабжения;
- электроустановки;
- системы водоснабжения и водоотведения;
- системы вентиляции и кондиционирования;
- состояние учета энергоресурсов, данные приборного учета энергоносителей и видов энергии (погрешность систем измерения, поверка и аттестация).

### *Анализ информации:*

- анализ нормирования расхода энергоресурсов;
- составление общего топливно-энергетического баланса;
- сравнительная характеристика удельного потребления с базовым по каждому объекту и по отдельным видам энергоресурсов;
- экспертиза энергетической эффективности продукции по энергопаспортам;
- определение неблагоприятных объектов с точки зрения эффективности энергоиспользования.

### *Разработка мероприятий по энергоэффективности:*

- расчет потенциальной годовой экономии в физическом и денежном выражении;
- определение состава оборудования, необходимого для реализации рекомендаций, его примерную стоимость, стоимость доставки, установки и ввода в эксплуатацию;
- рассмотрение всех возможностей снижения затрат, например: изготовление и монтаж оборудования силами самого предприятия, организации, учреждения;
- определение возможных побочных эффектов от внедрения рекомендаций, влияющих на реальную экономическую эффективность.

### *Результаты работы:*

- технический отчет об энергетическом обследовании;
- энергетический паспорт;
- рекомендации по повышению эффективности использования ТЭР, разработка проекта по проведению комплекса мероприятий по экономии энергоресурсов.

По результатам энергоаудита руководство предприятия должно получить оценку текущего энергопотребления с достоверными данными по объемам потребления всех ресурсов и суммам средств, затрачиваемым на них, по предприятию в целом, по отдельным участкам, и их удельные величины на каждый вид продукции; программу мероприятий по энергосбережению, со-

державшую систему мер организационного, правового и технического характера, направленных на постоянное и планомерное снижение издержек, при улучшении производственных, экономических и экологических показателей предприятия и условий труда его персонала.

После аудита осуществляется мониторинг и планирование необходимых мероприятий по устранению выявленных недостатков в энергопотреблении. Мониторинг и планирование означает сбор данных о потреблении и их сопоставление с основными показателями объема производства.

В общей характеристике предприятия отражаются:

- отраслевая принадлежность;
- номенклатура продукции и фактические удельные расходы энергоресурсов на ее производство за год, предшествующий началу проведения энергетического обследования;
- источники и схема энергоснабжения;
- показатели суточных (зимнего и летнего) графиков электрической нагрузки;
- доля энергетической составляющей в себестоимости продукции;
- организационная структура энергослужбы;
- состояние энергетической отчетности (в том числе наличие паспортов оборудования, оперативных журналов, документов внутриводской отчетности, материалов ранее проведенных обследований).

Для оценки эффективности энергоиспользования проводится обследование по следующим семи направлениям.

1. Состояние технического учета:

- способы учета (расчетный, приборный, опытно-расчетный);
- формы получения, обработки и представления информации о контроле расхода энергии по цехам, участкам, энергоемким агрегатам;
- соответствие схемы учета энергии структуре норм;
- оснащенность приборами расхода ТЭР (электросчетчики, теплосчетчики, расходомеры газа и жидкого топлива).

2. Состояние нормирования ТЭР:

- наличие на предприятии утвержденных в установленном порядке норм расхода энергоресурсов;
- охват нормированием статей потребления энергоресурсов;
- фактическая структура норм и соответствие ее техно-

логии и организации производства;

- динамика норм и удельных расходов за три предшествующих обследованию года.

3. Определение резервов экономии энергоресурсов, которые определяются на основании обследования энергопотребляющего оборудования технологических циклов, состояния использования вторичных энергетических ресурсов.

4. Участие предприятия в регулировании графиков электрической нагрузки энергосистемы:

- предусматриваемые мероприятия по использованию энергоемкого оборудования в качестве потребителей-регуляторов;

- режим работы предприятия в условиях ограничения мощности энергосистемы в осенне-зимний период.

5. Перечень и краткое описание важнейших организационно-технических мероприятий по экономичности топлива и энергии, намеченных на текущий год планами предприятия и рекомендуемых по результатам целевого обследования.

6. Выявление источников нерационального расходования энергии и топлива и оценка их потерь.

7. Основные показатели, характеризующие состояние энергоиспользования на предприятии.

Энергетическое обследование предприятий любой формы собственности является эффективной мерой экономичности энергоресурсов. По результатам аудита составляется технический отчет, в котором должны содержаться мероприятия, способствующие рациональному использованию энергоресурсов, сроки окупаемости и количественные параметры экономии, рекомендации и разъяснения по финансированию предложенных мер, энергетический аудит позволяет определить резервы экономичности каждого конкретного предприятия.

#### *Энергоресурсоаудит систем теплоснабжения*

Система теплоснабжения состоит из теплогенерирующей установки (котельная или теплоэлектроцентраль), системы магистральных теплотрасс, разводящих тепло по микрорайонам к центральным тепловым пунктам, разводящих теплотрасс, индивидуальных тепловых пунктов и систем отопления зданий.

При проведении энергоаудита систем теплоснабжения города, района выясняются:

- структура построения системы, организационная структура, тип системы (открытая, закрытая);

- источники тепла (марки и количество котлов, их состояние, балансовая принадлежность источников, температурный

график и график расхода теплоносителя, режимы эксплуатации, способ регулирования системы отопления в зависимости от температуры окружающей среды, способ и характеристики водоподготовки);

- общая тепловая нагрузка на отопление, горячее водоснабжение и вентиляция, климатические характеристики и расчетная температура;

- тепловые сети (схемы теплотрасс, обеспеченность требуемых напоров у потребителя, состояние трубопроводов и их теплоизоляционных и антикоррозионных покрытий, наличие гидроизоляции, потери теплоносителя, аварийность на 1 км тепловых сетей, сравнение нормативных и фактических теплотерь);

- схема теплоснабжения с указанием распределения потоков энергоресурсов, районов с дефицитом обеспеченности энергоресурсами;

- размещение, состояние и характеристики тепловых пунктов и насосных станций (типы водоподогревателей, наличие и характеристики отложений в них, оснащенность тепловых пунктов средствами борьбы с отложениями, оснащенность контрольно-измерительными приборами, средствами учета расхода энергоресурсов, наличие автоматических систем регулирования);

- распределение тепла по группам потребителей (население, бюджетная сфера, промышленность, сфера обслуживания);

- состояние диспетчеризации и автоматизации систем сбора информации;

- общие характеристики теплопотребления жилищного фонда и общественных зданий, расчетные и фактические нагрузки, обеспеченность энергоресурсами;

- характеристики и состояние внутридомовых инженерных сетей, оснащенность их средствами автоматического регулирования и учета потребления энергоресурсов, тип и состояние отопительных приборов, наличие отложений, качество обслуживания потребителей, качество работы систем, состояние диспетчеризации, организационная структура управления, соотношение нормативного и фактического потребления энергоресурсов.

#### *Теплопотребление внутридомовых систем отопления*

На потребление тепловой энергии в здании влияют следующие факторы:

- климат;
- теплоизоляционные характеристики здания;
- режим работы системы отопления и применение систем учета и регулирования;

– оснащение потребителей приборами учета теплопотребления и отношение потребителей к режимам экономии.

Большинство систем отопления традиционно имеет качественное регулирование отпуска тепловой энергии (из центральной котельной) по температуре воды, подаваемой в теплосеть, которое имеет значительные недостатки. Настройка режимов работы нескольких потребителей значительно сложнее, чем одного дома. Необходимо настраивать последовательно дом за домом, с последующей корректировкой режимов работы тепловых узлов. Каждый дом работает со своим перепадом давления между прямой и обратной линиями. При этом наблюдается ситуация, когда одни дома перегреваются (завышены размеры дроссельной диафрагмы перед отопительным узлом), а другим домам тепла не хватает. Система отопления работает большей частью в режиме «перетоп», который определяется тем, во сколько раз средняя температура теплоносителя в системе отопления здания относительно температуры в помещениях превышает проектную разницу для заданного значения температуры наружного воздуха.

Оценку перерасхода тепла на отопление  $k_{пер}$  приближенно можно определить по фактическому превышению ( $t_{ф} - 18$ ) средней температуры воды в стояках системы отопления над температурой ( $t = 18$  °С) внутри здания по сравнению с расчетными значениями по отопительному графику ( $t_{р} - 18$ ) для заданной температуры наружного воздуха:

$$k_{пер} = (t_{ф} - 18)/(t_{р} - 18) .$$

Теплопритоки от системы отопления пропорциональны этой разнице. Излишние теплопритоки удаляются неорганизованно наружу. Работает «естественный» способ регулирования отопления, который фиксируется только при использовании тепловизоров или инфракрасных термометров.

При энергоаудите индивидуальных тепловых пунктов домов необходимо сравнить реальный расход теплоты с проектным и, используя современную аппаратуру (теплосчетчики с накладными датчиками без врезки в систему отопления), рекомендовать привести режим работы теплового узла в соответствие с проектными показателями, оценить перерасход тепла для дома. Дополнительные исследования с помощью тепловизоров и инфракрасных термометров позволяют выявить элементы конструкций зданий с низким качеством теплоизоляции. Измерение теплопотребления домов микрорайона, подключенных к одному центральному теп-



ловому пункту, позволит перерегулировать систему и оптимизировать систему распределения теплоты по домам. При этом необходимо рассмотреть возможность внедрения современных разработок для регулирования систем отопления, учета расхода тепла и горячей воды и экономическую эффективность их применения.

При энергоаудите жилых и общественных зданий необходимо сравнить проектное потребление энергоресурсов (тепла на отопление и горячее водоснабжение, электрической энергии, газа, воды) с фактическим, определенным по климатологическим данным за анализируемый период, результатам входного коммерческого учета, приборного обследования теплового узла. Определяется соответствие фактического потребления энергоресурсов и температурных режимов в помещениях санитарным нормам.

#### *Анализ затрат теплоты на отопление*

При проведении энергоаудита необходимо сравнить фактическое теплотребление с расчетным, которое необходимо поставить потребителю для составления теплового баланса и оценки состояния системы отопления.

Превышение теплотерь в зданиях и элементах системы централизованного теплоснабжения больше проектных значений приводит к необходимости выявления причин и проведения работ по их устранению.

Нормативный расход теплоты на отопление здания рассчитывается по формуле:

$$Q_0 = (1 + \beta) q_0 \alpha V_n (t_{в.ср} - t_{н.о}),$$

где  $\beta$  – поправочный коэффициент, учитывающий расход теплоты на подогрев инфильтрационного воздуха. Значение  $\beta$  равно 0,1–0,3 для аэровокзалов и пассажирских павильонов при скорости ветра 5–10 м/с за три наиболее холодных месяца, для старых жилых зданий  $\beta = 0,15$ , для ангаров с одинарным остеклением  $\beta = 1–2$ ;

$q_0$  ( $q_в$ ) – удельные тепловые характеристики на отопление (вентиляцию) здания (табл. 1.3);

$\alpha$  – поправочный коэффициент (принимают только для отопительной характеристики здания):

$t_{н.о}, ^\circ\text{C}$	–10	–15	–20	–25	–30	–40	–45	–50
$\alpha$	1,45	1,29	1,17	1,08	1,0	0,9	0,85	0,82

$V_n$  – отапливаемый объем здания, м<sup>3</sup>;

## Энергосбережение в системах климатизации

$t_{в.ср}$  – средняя температура воздуха в здании, °С;

$t_{н.о}$  ( $t_{н.в}$ ) – температура атмосферного воздуха, принятая в расчете отопления (вентиляции) данного объекта, °С;

$Q_0$  ( $Q_в$ ) – расход теплоты на отопление (вентиляцию) здания.

При расчете  $Q_0$  и  $Q_в$  складываются.

Усредненные теплотехнические характеристики зданий, использованные при укрупненных теплотехнических расчетах, приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Теплотехнические характеристики зданий

Здание	Объем $V_n \cdot 10^3, \text{ м}^3$	Удельные тепловые характеристики		Здание	Объем $V_n \cdot 10^3, \text{ м}^3$	Удельные тепловые характеристики	
		$q_0$ Вт/(м <sup>3</sup> ·°С)	$q_в$ Вт/(м <sup>3</sup> ·°С)			$q_0$ Вт/(м <sup>3</sup> ·°С)	$q_в$ Вт/(м <sup>3</sup> ·°С)
Жилые, гостиницы, общежития, залы ожидания	до 3	0,49	–	Поликлиники, амбулатории, диспансеры	до 5	0,46	–
	< 5	0,44	–		< 10	0,42	0,29
	< 10	0,40	–		< 15	0,37	0,29
	< 15	0,36	–		> 15	0,35	0,26
	< 20	0,33	–		Больницы	< 5	0,47
	< 25	0,32	–	< 10		0,42	0,33
	< 30	0,31	–	< 15		0,37	0,30
	> 30	0,30	–	> 15		0,35	0,29
Административные	< 5	0,50	1,02	Прачечные	< 5	0,44	0,93
	< 10	0,44	0,09		< 10	0,38	0,90
	< 15	0,40	0,08		> 10	0,36	0,87
	> 15	0,37	–	Предприятия общественного питания	< 5	0,40	0,81
< 5	0,43	0,29	< 10		0,38	0,75	
< 10	0,38	0,27	> 10		0,35	0,70	
Клубы, дворцы культуры	> 10	0,35	0,23	Лаборатории	< 5	0,43	1,16
	Детские сады и ясли	< 5	0,44		0,13	< 10	0,40
> 5		0,40	0,12		> 10	0,38	1,05

Окончание табл. 1.3

Здание	Объем $V_n \cdot 10^{-3}$ , $M^3$	Удельные тепловые характеристики		Здание	Объем $V_n \cdot 10^{-3}$ , $M^3$	Удельные тепловые характеристики	
		$q_0$ $Вт/(M^3 \cdot ^\circ C)$	$q_6$ $Вт/(M^3 \cdot ^\circ C)$			$q_0$ $Вт/(M^3 \cdot ^\circ C)$	$q_6$ $Вт/(M^3 \cdot ^\circ C)$
Учебные заведения	< 10	0,41	–	Пожарное депо	< 2	0,56	0,16
	< 15	0,38	0,12		< 5	0,54	0,11
	< 20	0,35	0,09		> 5	0,53	0,11
	> 20	0,28	0,09		< 2	0,81	–
Механосборочные, механические и слесарные отделения инстру- ментальных цехов	5-10	0,64-0,53	0,47-0,29	Гаражи	< 3	0,70	–
	10-15	0,53-0,47	0,29-0,18		< 5	0,64	0,8
	50-100	0,47-0,44	0,18-0,14		> 5	0,57	0,75
	100- 200	0,44-0,41	0,14-0,09		Деревообделочные цеха	< 5	0,7-0,64
Цеха покрытий (галь- ванический и др.)	< 2	0,76-0,7	6-4,7	5-10		0,64-0,53	0,58-0,53
	2-5	0,7-0,64	4,7-3,5	Ремонтные цеха	5-10	0,7-0,58	0,23-0,18
	5-10	0,64-0,53	3,5-2,3		10-20	0,58-0,53	0,18-0,12
Компрессорные	< 0,5	0,81-2,3	–	Котельные	2-10	0,12	0,35-0,6
	0,5-1	0,7-0,81	–		10-20	0,09	0,23-0,47
	1-2	0,52-0,7	–	Газогенераторные Регенерация масел Склады химикатов и красок и т. п.	5-10	0,12	2,1
	2-5	0,47-0,53	–		2-3	0,7-0,87	0,58-0,7
5-10	0,40-0,47	–	< 1		1,0-0,87	–	
0,5-1	0,7-0,52	–	1-2		0,87-0,75	–	
1-2	0,52-0,47	–	2-5		0,75-0,67	0,7-0,52	
Служебные и административно- вспомогательные здания	2-5	0,47-0,38	0,16-0,14	Проходные	< 0,5	1,5-1,4	–
	5-10	0,38-0,35	0,14-0,13		0,5-2	1,4-0,81	–
	10-20	0,35-0,29	0,13-0,12		2-5	0,81-0,64	0,17-0,12
	5-10	0,44-0,38	–			10-15	0,38-0,36
Казармы и помещения ВОРП	10-15	0,38-0,36	–				

При энергоаудите необходимо измерить фактический расход тепловой энергии с помощью переносного расходомера и переносного термометра (или пирометра). Сопоставление фактического (измеренного) расхода тепла с нормативным (расчетным) значением дает оценку имеющихся на объекте резервов экономии тепла.

Экономия тепла в системе отопления объектов ЖКХ также можно достичь техническими и организационными мероприятиями:

- переход системы отопления на режим дежурного отопления при сниженной (12–14 °С) температуре в нерабочие смены и выходные дни для магазинов, кинотеатров и других нежилых

помещений позволяет достичь 8–10 % экономии тепловой энергии на отопление (в климатических условиях средней полосы России). Возможно применение автоматизированных систем отопления, снижающих температуру в ночное время (переключается централизованно и индивидуально);

- применение систем лучистого отопления с обогреваемыми полами и стеновыми панелями, которые создают комфортные условия при температуре 15–16 °С. Таким образом, снижается расход топлива примерно на 20–30 %;

- оборудование квартир индивидуальными (по желанию жильца) средствами регулирования температуры и учета расхода тепла на отопление. Внедрение средств поквартирного учета и регулирования тепла на отопление должно осуществляться на базе технико-экономических расчетов.

Потери тепла вследствие инфильтрации через тамбуры подъездов, окна лестничных клеток можно оценить с помощью термоанемометров (объемы инфильтрации) и термометров, определяющих температуру воздуха. Сверхнормативные потери тепла через оконные блоки, стыки стеновых панелей и дефектные элементы ограждающих конструкций можно оценить с помощью инфракрасной термометрической аппаратуры (тепловизоры, инфракрасные термометры), позволяющей проводить дистанционные измерения температуры исследуемых элементов здания.

Конечные результаты, полученные в результате энергетического обследования системы теплоснабжения, оформляются в виде разделов отчета и энергетического паспорта здания. При оформлении в проект энергетического паспорта здания рекомендуется дополнительно ввести два показателя:

- наличие средств общего и индивидуального учета потребления энергоносителей (тепла, ГВС, холодной воды, газа, электроэнергии);

- наличие и тип системы регулирования отопления здания и индивидуальных регуляторов температуры в его отдельных помещениях.

При широком распространении этих систем в коммунальном хозяйстве, которое наблюдается в настоящее время, возникнет необходимость отражения в паспортных характеристиках зданий перечисленных показателей.

#### *Анализ режимов работы системы вентиляции*

Значительна доля вентиляционных систем в общем потреблении энергии на предприятиях различного профиля. При энергоаудите систем вентиляции необходимо сравнивать нормативные

и фактические показатели потребления тепла и электрической энергии на привод системы.

Расход тепловой энергии на вентиляцию:

$$Q_b = q_b V_n(t_{b,ср} - t_n),$$

где  $t_n = t_{н.в}$  в системах вентиляции с рециркуляцией;  $t_n = t_{н.о}$  – без рециркуляции. Значение  $t_{b,ср}$  в зданиях комбинированного назначения принимают как средневзвешенную по объему внутреннюю температуру помещений.

При энергоаудите делается поверочный расчет с учетом существующих условий (наличие вредных выбросов, тепловая нагрузка, влажность в помещении и др.) и их изменения в течение дня, недели и года. Проверяется наличие и возможность рекуперации тепловой энергии (теплоты вытяжного вентиляционного воздуха). Анализируется возможность применения регулируемых электроприводов при переменном режиме эксплуатации.

При охлаждении или обогреве зданий с помощью воздушных систем отопления большие потери, соизмеримые с расчетным теплотреблением на отопление здания, могут возникнуть за счет инфильтрации наружного воздуха через неплотности ограждения зданий.

Традиционные решения для уменьшения потерь энергии в вентиляционных системах:

- создание переходных камер на дверях (тамбуров);
- установка автоматической системы включения воздушных завес при открытии дверных проемов;
- уплотнение строительных ограждающих конструкций здания;
- проверка герметичности вентиляционных воздуховодов (уменьшение расхода воздуха, тепла и потребляемой мощности электродвигателем привода вентилятора);
- отключение вентиляции в ночные и нерабочие периоды;
- широкое применение местной вентиляции;
- применение систем частотного регулирования двигателей вентиляторов вместо регулирования заслонкой. Установка частотного регулятора имеет срок окупаемости до 1,5 – 2 лет при широком диапазоне регулирования расхода воздуха через вентиляционную систему и значительной доле времени работы с подачей 50 % и менее от максимального рабочего значения;
- уменьшение потерь давления вследствие снижения

скорости воздуха в воздуховодах (при увеличении внутреннего диаметра воздуховода в два раза, скорость воздуха снижается в четыре раза, а потери давления уменьшаются на 75 %. Удвоение скорости потока воздуха в 4 раза увеличивает необходимое давление, создаваемое вентилятором, и в 8 раз потребляемую им мощность);

- правильное согласование рабочих характеристик вентилятора с характеристикой вентиляционной системы при подборе передаточного отношения привода вентилятора;
- своевременная очистка воздушных фильтров для уменьшения их гидравлического сопротивления;
- организация рекуперации теплоты в количестве не менее 50 % теплоты удаляемого воздуха.

*Анализ состояния внутридомовых инженерных систем*

При анализе состояния внутридомовых инженерных систем следует учитывать:

- результаты сравнения потребляемой тепловой мощности на отопление и горячее водоснабжение;
- здания различного назначения с проектными данными;
- наличие перетопа или недотопа здания или его частей;
- наличие непрогреваемых и плохопрогреваемых стояков, подводок к отопительным приборам;
- способы удаления воздуха из системы стояков;
- наличие на элементах системы отопления и горячего водоснабжения ржавых подтеков, заваренных свищей, хомутов;
- наличие отложений на внутренней поверхности труб в системах отопления, горячего и холодного водоснабжения, целесообразность проведения их отмывки;
- необходимость проведения наладочных работ на внутридомовых инженерных системах;
- соответствие расходов холодной и горячей воды местным нормативам;
- наличие утечек горячей и холодной воды через арматуру;
- жалобы на отопление;
- жалобы на недостаточную подачу горячей и холодной воды;
- наличие приборов учета и регулирования расходов тепла, горячей и холодной воды.

Необходимо сопоставить данные о фактическом количестве приборов учета тепла, холодной и горячей воды, газа с потребностями и имеющимися планами и оценить (в процентах) степень

обеспеченности теплового узла здания приборами учета.

Следует оценить целесообразность установки коммерческих узлов учета потребления энергоносителей на вводах зданий и установки приборов поквартирного учета энергоносителей.

При анализе состояния учета необходимо:

- оценить технический уровень приборов и срок их эксплуатации;

- отразить организацию съема показаний приборов учета энергоносителей при их наличии; отметить состояние технического обслуживания и организацию периодической поверки приборов.

Индивидуальный учет потребления эффективен тогда, когда потребитель имеет возможность регулировать расход тепла в зависимости от своих собственных потребностей.

Подобным образом организуют работу по анализу показателей энергоресурсопотребления в прочих системах инженерного оборудования объекта, а также при выработке и транспортировке тепловой и электрической энергии.

### 1.4. Энергетический паспорт здания

Для решения проблемы неэффективного расходования энергии на отопление жилищно-коммунальным фондом (около 40 % всех энергетических ресурсов страны) внедряются в строительство современные энергосберегающие технологии. Для контроля над внедрением этих технологий и соблюдением технологических норм необходимо регулярное энергетическое обследование (энергетический аудит), в результате которого выдается энергетический паспорт здания.

*Энергетический паспорт проекта здания* – это нормативный документ, который разрабатывается в целях обеспечения системы мониторинга расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, что подразумевает установление соответствия теплозащитных и энергетических характеристик здания нормируемым показателям, требованиям энергетической эффективности объектов капитального строительства, определяемых федеральным законодательством. Он содержит энергетические, теплотехнические и геометрические характеристики существующих зданий, проектов зданий и их ограждающих конструкций. Энергетический паспорт устанавливает соответствие класса энергетической эффективности зданий современным требованиям нормативных документов.

Энергетический паспорт разрабатывается при проектировании новых или реконструируемых зданий. Для зданий производ-

ственного назначения с температурой внутреннего воздуха ниже +12 °С энергетический паспорт не разрабатывается, а проводится расчет на соответствие ограждающих конструкций нормативным требованиям.

Класс энергосбережения должен быть не ниже «С».

Проверку соответствия энергетического паспорта проекта здания требованиям нормативных документов выполняют органы экспертизы.

Энергетический паспорт проекта здания разрабатывает проектная организация в составе раздела «Энергоэффективность». Он заполняется по форме, представленной в приложении Б.

В соответствии с Федеральным законом № 261-ФЗ установлены три основных блока нормирования:

- маркировка и сертификация энергоэффективности зданий и сооружений;
- учет энергоресурсов;
- энергетические обследования зданий.

Отечественная концепция нормирования энергоэффективности зданий и сооружений разделена на четыре категории по приоритетным срокам разработки нормативных документов:

- первоочередные нормативные документы;
- нормативные документы на ближайшую перспективу;
- нормативные документы, которые должны быть разработаны к 2020 г.;
- нормативные документы, находящиеся в настоящее время в разработке или существующие.

Реализация положений Федерального закона № 261-ФЗ и подзаконных к нему актов в части энергоэффективности зданий и сооружений предполагает разработку блока первоочередных нормативов с использованием основополагающих документов европейской директивы EPBD 2010/31/ЕС.

Разработка и принятие концепции и стандартов нормирования энергоэффективности зданий и сооружений обеспечит принципиальное выполнение указов Президента, законов Российской Федерации, постановлений министерств и кардинально повлияет на решение проблемы энергоэффективности при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий.



## 1.5. Нормативная база Европейских стран

Система стандартизации Европейского союза основана на «Директиве 2010/31/ЕС по энергетической эффективности зданий», имеет системную убедительную структуру и проверена большим опытом ее реализации в различных странах Европейского союза. Директива ЕС об энергетической эффективности зданий является основным документом в сфере энергетической эффективности на уровне Евросоюза. Цель – сокращение энергопотребления зданий в ЕС на 20 % к 2020 г. [21].

Основные требования директивы.

1. Расчет национальных целевых показателей – на основе потребления первичной энергии или альтернативных показателей.

2. Формирование национальных требований на территориях стран ЕС с учетом рентабельности.

3. Применение разделов Директивы, касающихся энергии из возобновляемых источников, ко всем зданиям независимо от размера их площади.

4. Энергетические показатели новых зданий к 2020 г. должны соответствовать значениям «зданий с нулевым потреблением энергии» (nearly-zero energy).

5. Повышение значимости энергетических сертификатов зданий, расширение параметров таких сертификатов.

6. Расширение требований по контролю за системами зданий (включая отопление, вентиляцию).

7. Специальные регламенты по энергоэффективности для инженерных систем (для новых зданий обязательны).

Директива EPBD предусматривает 5 блоков нормативных документов (всего 65 стандартов) (рис. 1.6).

*Первый блок предусматривает методы определения энергетических характеристик здания с учетом показателей работы энергоисточников, их структуры и режимов эксплуатации, потерь в энергетических сетях, возможности вовлечения в энергобаланс нетрадиционной энергетики. В этом блоке оценивается экономическая эффективность принятых энергосберегающих решений систем инженерного обеспечения зданий, а также теплозащита ограждающих конструкций.*

## Энергосбережение в системах климатизации

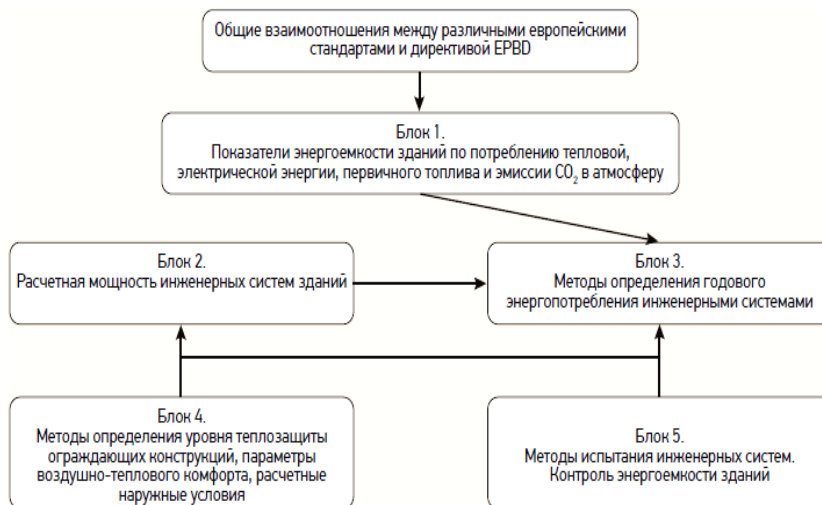


Рис. 1.6. Структура блоков нормативов директивы 2010/31/ЕС по энергетической эффективности зданий – EPBD

Показатели этого блока используются:

- для сравнительной маркировки энергоэффективности зданий по 7-балльной шкале (A–G);
- добровольной или обязательной сертификации энергоэффективности.

Исходными данными для первого блока нормативов служат показатели *третьего блока «Методы определения годового энергопотребления инженерными системами»*.

Расчет годового потребления энергии ведется на основании *принятых проектных решений и расчетной установленной мощности инженерных систем (блок 2)*.

*Выбор инженерных систем* и их установленной мощности осуществляется в соответствии с системой нормативов по расчетным наружным и внутренним условиям, уровню теплозащиты ограждающих конструкций, рекомендациям по организации воздушно-теплого режима зданий (воздухораспределение, размещение отопительных устройств, блоков кондиционирования) (блок 4).

*Пятый блок* предусматривает *стандарты по испытаниям инженерных систем* и контролю энергопотребления в здании.

Модель маркировки энергоэффективности зданий и сооружений по 7-балльной шкале (A–G) регулирует *динамику снижения энер-*

гоемкости строительной отрасли экономики, стимулирует вовлечение в энергетический баланс нетрадиционных и возобновляемых источников, снижает негативное воздействие на окружающую среду [16].

Модель оценки энергоемкости зданий ориентирована:

- на определение уровня теплозащиты наружных ограждающих конструкций;
- выбор расчетных максимальных энергетических характеристик систем инженерного обеспечения;
- оценку эксплуатационных динамических характеристик энергопотребления в течение всего года (тепловая энергия для систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, электрическая энергия на системы холодоснабжения, на привод вентиляторов и насосов, на системы освещения).

При этом оценивается негативное воздействие на окружающую среду продуктов сгорания первичного топлива по показателю эмиссии в атмосферу углекислого газа.

Энергоэффективность зданий и сооружений включает в себя первоначальные затраты, затраты на эксплуатацию и экологические издержки.

Система маркировки энергоэффективности базируется на 7-балльной шкале (A–G) показателей энергоемкости зданий и сооружений (рис. 1.7). Базовый уровень энергоемкости соответствует среднему классу D, характеризующему уровень энергопотребления зданий и сооружений. Каждый последующий класс энергоэффективности отличается от базовых удельных показателей на 15 %. Самый высокий класс A должен превышать базовый уровень энергоэффективности не менее чем на 45 %.

## Энергосбережение в системах климатизации

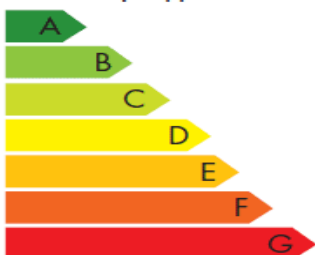

<b>Энергетический сертификат</b>	<b>Энергетические характеристики зданий</b>	<b>Расчетное значение энергопотребления</b>
	Поле, где указывается рекомендуемая процедура по энергетической сертификации	
	Высокая энергоэффективность  Не энергоэффективное	
	Поле, где приводится дополнительная информация по показателям и энергопотреблению здания	<b>130 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год</b>
<b>Административная информация:</b> адрес здания, обусловленная область, дата выдачи сертификата, имя и подпись лица выдавшего сертификат		

Рис. 1.7. Европейская модель маркировки энергоэффективности зданий и сооружений по 7-балльной шкале (А–G)

Базовые показатели энергоемкости здания получены на основе статистической обработки энергетических характеристик теплозащиты наружных ограждений и отдельных инженерных систем. За основу взяты реальные проекты жилых и общественных зданий, выполненные в годах с применением традиционных технических решений и в соответствии с действующими строительными нормативами.

Базовые показатели определены для всех энергопотребляющих инженерных систем (отопления и вентиляции, горячего водоснабжения, электропривода насосов и вентиляторов, систем холодоснабжения (кондиционирования), систем освещения). Причем базовые нагрузки на отопление и вентиляцию учитывают уровень теплозащиты наружных ограждений (теплопоступления и инфильтрацию наружного воздуха).

Сравнение показателей инновационных энергосберегающих

решений с базовыми уровнями энергопотребления позволяют судить об энергоэффективности принимаемых инженерных решений и в случае необходимости их корректировать.

Здания по их уровню энергопотребления во время эксплуатации классифицируются следующим образом.

*Старые здания* (здания, построенные до 1970-х гг.) – требуют для своего функционирования (отопления и охлаждения) около 300 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год. Этот стандарт, к сожалению, до сих пор отвечает и обычному зданию, которое строится в России.

*Новые здания* (которые строились в Европе с 1970-х гг. до 2002 г.) – 150 кВт·ч/м<sup>2</sup>.

*Дома низкого потребления энергии* (с 2002 г. в Европе не разрешено строительство домов с большим энергопотреблением!) – 60 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год.

*Пассивный дом* – 15 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год.

*Дом нулевой энергии* (здание, архитектурно имеющее тот же стандарт, что и пассивный дом, но инженерно оснащено так, чтобы потреблять исключительно только ту энергию, которую само и вырабатывает) – 0 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год.

*Дом плюс энергии* (здание, которое с помощью установленно-го на нем инженерного оборудования: солнечных батарей, коллекторов, тепловых насосов, рекуператоров и т. п., вырабатывает больше энергии, чем само потребляет).

С 2019 г. в Европе можно будет строить дома не ниже стандарта пассивного. При этом дома нулевой или плюс энергии не отличаются от пассивного стандарта своими архитектурно-планировочными решениями и принципами строительства. В них увеличивается только объем и мощность инженерного оборудования на основе альтернативных источников энергии.

Таким образом, пассивный дом – это стандарт, к которому сейчас стремится прогрессивное европейское сообщество. Считается, что концепция пассивного дома предлагает застройщику рациональное соотношение цены и получаемого качества в проектировании и строительстве. В зависимости от желания и финансовых возможностей заказчика, пассивному дому может потребоваться увеличение затрат при строительстве от 3 до 30 % по сравнению со стоимостью возведения обычного дома. Но при этом на эксплуатационных расходах в этом доме будет экономиться от 70 до 99 %, что, к сожалению, у нас в России еще не очень актуально, так как цены на энергоносители далеки от европейских.

Когда речь заходит о пассивном доме, следует иметь в ви-

ду, что для того, чтобы строить энергетически выгодно, средств нужно не на много (на 3–7 %) больше, чем для обычного строительства. Ведь пассивный дом называется «пассивным» именно потому, что он уже за счет своей архитектуры – т. е. не активно (с помощью инженерного оборудования), а пассивно (с помощью планировочного решения) – поглощает, аккумулирует и сохраняет для своих жильцов максимальное количество энергии из окружающей среды. Это достигается именно с помощью архитектурно-планировочного решения, которое основывается на обеспечении попадания внутрь здания максимального количества энергии, например, от низкого зимнего солнца, и максимально долгого ее сохранения благодаря качественной теплоизоляции, соответствующему пространственно-планировочному решению, а также практически полному отсутствию теплотерь через вентиляцию.

## ГЛАВА 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ

Существуют два пути повышения экономии энергии с помощью технологических мероприятий:

- оптимизация инженерных решений, которые широко применяются на практике на сегодняшний день. Это в первую очередь архитектурные и объемно-планировочные мероприятия, мероприятия по тепловой защите ограждающих конструкций здания, а также по таким инженерным коммуникациям, как отопление и вентиляция;

- применение альтернативных видов энергии (вторичных энергетических ресурсов) при проектировании и строительстве зданий и сооружений включает в себя использование солнечной энергии, энергии ветра, тепла грунтовых вод и почвы.

Структура распределения в жилых домах теплоты, идущей на отопление и вентиляцию, представлена на рис. 2.1.

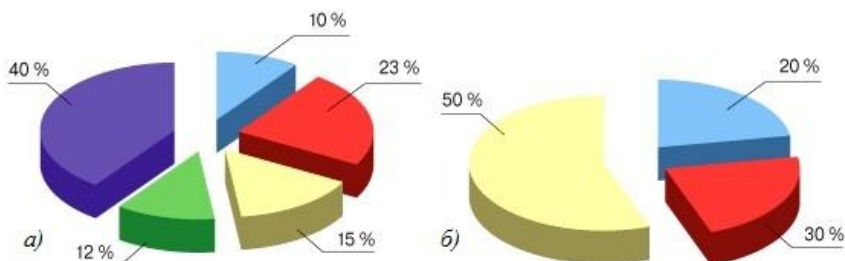


Рис. 2.1. Распределение теплоты в жилых домах:

*а* – 40 % – полезно используемая теплота на отопление; потери: 10 % – отсутствие автоматического погодного регулирования ИТП; 23 % – низкая эффективность изоляции ограждающих конструкций; 15 % – несовершенство существующей системы естественной вентиляции; 12 % – отсутствие поквартирного учета и регулирования теплопотребления; *б* – 50 % – полезно используемая теплота на горячее водоснабжение; потери теплоты из-за отсутствия: 20 % – регулирования давления перед водоразборными устройствами; 30 % – учета расхода горячей воды

*Оптимизация существующих инженерных решений в области отопления, вентиляции и кондиционирования*

Результаты снижения энергопотребности зданий на практике проектирования и строительства объектов [17].

1. Совершенствование архитектурных и объемно-планировочных решений зданий и их помещений (ожидаемая годовая

экономия составляет 8–10 %).

2. Разработка новых типов ограждающих конструкций, обладающих повышенными теплозащитными показателями (ожидаемая годовая экономия 8–20 %).

3. Повышение эффективности работы систем инженерного оборудования (ожидаемая годовая экономия 10–30 %).

4. Оптимальное использование естественного и искусственного освещения (ожидаемая годовая экономия 6–8 %).

## 2.1. Архитектурные и объемно-планировочные решения

К архитектурным и объемно-планировочным решениям относятся следующие мероприятия:

- уплотнение застройки жилых районов и микрорайонов; увеличение протяженности и ширины корпуса здания (увеличение протяженности дома с 4 до 10 секций влечет снижение удельного расхода теплоты на отопление до 5–7 %, а увеличение ширины корпуса с 12 до 15 м – на 9–10 %);

- оптимизация этажности (повышение этажности здания с 5 до 9 этажей дает 3–5 % экономии теплоты);

- относительное уменьшение периметра здания (уменьшение удельного периметра – отношение периметра наружных стен к общей площади типового этажа – наружных стен на каждые 0,01 м приводит к уменьшению расхода тепла на 1,25–2 %) (Лучшие формы – сфера, куб, широкий параллелепипед);

- рациональная аэродинамика застройки (уменьшением скорости ветра в зоне застройки можно сократить в 2–3 раза инфильтрационные теплопотери зданиями, что равноценно экономии 0,1 кг топлива (условного) на 1 м<sup>2</sup> общей площади в год). Для этого должны быть ветрозащитные лесонасаждения, зонирование по этажности со снижением обдуваемости отдельных зданий;

- оптимальное расположение помещений различного назначения в зависимости от ориентации фасадов. На юге предпочтительна широтная, на севере – меридиональная ориентация зданий в целях использования теплоты солнечной радиации для отопления и во избежание перегрева зданий в летнее время.

- рациональное размещение потребителей теплоты относительно источника. Размещение потребителей, при котором пропорционально снижаются нагрузки по мере удаления от источника, снижает бесполезные потери еще на 15–20 %. Повышается надежность системы за счет сокращения ее протяженности.



Критерием, характеризующим форму здания, является показатель компактности здания:

$$K_{\text{комп}} = A/V,$$

где  $A$  – общая площадь внутренних поверхностей наружных ограждающих конструкций здания, включая покрытие (перекрытие) верхнего этажа и перекрытие (подвала) нижнего отапливаемого этажа,  $\text{м}^2$ ;

$V$  – отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями внешних ограждающих конструкций зданий,  $\text{м}^3$ .

Следует избегать сложных форм наружной теплоизоляционной оболочки здания. Снижение расхода энергии за счет геометрии здания возможно при условии не превышения данного критерия (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Значение критерия  $K_{\text{комп}}$  в зависимости от этажности здания

Этажность здания	Значение $K_{\text{комп}}$
16 и выше	0,25
10 – 15	0,29
6 – 9	0,32
5	0,36
4	0,43
3	0,54
2, 3, 4-этажные блокированные и секционные	0,61; 0,54; 0,46
2, 1-этажные с мансардой	0,83
1	1,1

## 2.2 Улучшение теплозащитных показателей ограждающих конструкций

Теплоизоляция оболочки дома оказывает решающее влияние на необходимое потребление тепловой энергии на отопление. Она должна иметь высокое качество; укладываться плотно и без зазоров вокруг всего здания.

Анализ применения на практике нормативных требований по теплозащите зданий за последние десятилетия (1995 – 2014) показал следующие результаты (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Расчетные показатели теплотребления зданий на отопление

для различных периодов строительства

Расчетный показатель	Год строительства здания			
	до 2000	2000–2010	2011–2015	с 2016
Относительный расчетный расход теплоты на отопление к 2000 г. $Q_{\text{отmax}}$	1,67	1,0	0,85	0,78
Экономия теплоты от учета увеличения доли $Q_{\text{быт}}/Q_{\text{отmax}}$ с повышением $t_{\text{в}}$ , %	14	21	27	30

Намечаемое повышение теплозащиты многоквартирных домов с 2011 и 2016 гг. снижает годовой расход теплоты на отопление по сравнению с базовым значением [20].

При дальнейшем увеличении приведенного сопротивления теплопередаче стен и перекрытий к 2020 г. еще на 15 % по сравнению с 2016 г. снижение теплопотерь по абсолютной величине не превысит 3 %. Это ставит под сомнение целесообразность данного решения без соответствующего экономического обоснования.

Потери тепла через наружные стены, в зависимости от высоты и конструкции строения, составляют 20–60 % от общего расходуемого тепла. На долю световых проемов (окна, двери) зданий приходится около 80 % всех теплопотерь здания. Поэтому, улучшая тепловую изоляцию наружных ограждений (стен, полов, чердаков и т. д.), следует сделать акцент на этом элементе ограждающих конструкций. Снизить потери тепла через оконные проемы можно установкой третьего стекла или пленки ПВХ в межрамном пространстве окон.

Устранение мостиков холода может быть использовано для снижения тепловых потерь через наружные ограждения. Мостики холода представляют собой ограниченные по объему части строительных элементов, через которые осуществляется повышенная теплоотдача. Мостики холода в наружных многослойных ограждениях могут быть выявлены по результатам тепловизионного обследования. Визуально они не определяются.

Наиболее характерные мостики холода, обусловленные особенностями конструкции: неутепленные оконные откосы; связи в многослойных ограждениях, пронизывающие слой теплоизоляции; неутепленные вентиляционные шахты на кровле; кронштейны в конструкции навесного вентилируемого фасада; неутепленные парапеты на кровле; стенки приямков для размеще-

ния подвальных дверей и окон; выступающие архитектурные элементы (балконы, карнизы и т. д.).

Выбор способа устранения мостика холода принимается по итогам анализа. Как правило, это разрыв мостика холода, увеличение пути мостика холода, при новом строительстве – устройство пустот в предполагаемом мостике холода.

### ***Сопоставительный анализ теплового баланса зданий старой постройки и здания с низким энергопотреблением***

Анализ двух групп зданий по потреблению ими тепловой энергии представлен на рис. 2.2.

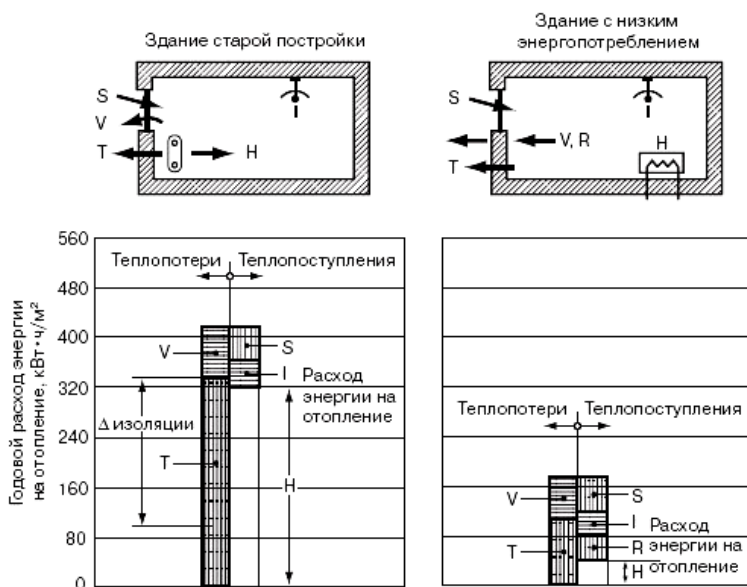


Рис. 2.2. Сопоставительный анализ энергопотребления зданиями разных групп

В левой колонке показаны тепловые потери, а в правой – теплопоступления. Разница (незакрашенная область) показывает расход энергии на отопление  $H$ , который можно снизить с  $400 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ , затрачиваемых в настоящее время в зданиях старой постройки, до  $40 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  (здания с ультранизким энергопотреблением), т. е. расход энергии на отопление уменьшается в 10 раз. Каждая отдельная составляющая баланса ( $V$ ,  $T$ ,  $S$ ,  $I$ ,  $R$ ,  $H$ ) просто должна быть графически сложена с остальными.

Если в зданиях старой постройки применять современную

высокоэффективную теплоизоляцию, не используя другие возможности снижения энергопотребления, то можно сэкономить существенное количество энергии, обозначенное как  $\Delta$  изоляции. Таким образом, очень важным элементом является теплоизоляция наружных стен здания. Конструкция окон также оказывает существенное влияние на тепловую эффективность здания как за счет теплопотерь, так и за счет инфильтрации. Оптимизация формы, размеров и конструкции заполнений светопроемов позволяет обеспечить дополнительную экономию энергии за счет использования естественного освещения.

Для достижения удовлетворительного общего теплового баланса здания конструкция окон должна гармонизировать не только с внешним видом фасада и конструкции, но и с ориентацией зданий в пространстве (принимая во внимание расположение соседних конструкций, закрывающих внутреннее пространство).

Анализируя данные рис. 2.2 можно сделать следующие выводы:

- повышение эффективности тепловой изоляции наружных ограждающих конструкций здания позволяет существенно снизить коэффициент теплопередачи  $T$ , сэкономив таким образом огромное количество энергии;

- потери тепловой энергии при вентиляции  $V$  практически не изменяются, так как зданию любой группы необходима хорошая вентиляция как в гигиенических целях, так и, что еще важнее, для предотвращения проблем с конденсацией влаги и развитием плесени. Однако при установке современной системы рекуперации тепла можно использовать часть энергии  $R$ ;

- количество дополнительной тепловой энергии, полученной за счет солнечной энергии  $S$ , в здании с низким энергопотреблением останется приблизительно на том же уровне, что и в здании старой постройки;

- энергия бытовых теплопоступлений  $I$  останется приблизительно такой же, так как количество бытовых электрических приборов в жилых помещениях в будущем возможно и увеличится, но и эффективность бытовой техники постоянно повышается. Таким образом, при большем количестве электрических приборов теплопоступление от них останется приблизительно таким же.

Приведенные затраты при технико-экономическом обосновании мероприятий по энергоэффективности зданий и сооружений рассчитывают по формуле:

$$П = R (kR + \varepsilon Q/A) ,$$

где  $R$  – сопротивление теплопередаче;  
 $k$  – коэффициент учета характеристик;  
 $\mathcal{E}$  – эксплуатационные затраты;  
 $Q$  – теплопотери;  
 $A$  – площадь ограждений.

Мероприятия по утеплению наружных ограждений могут быть использованы для снижения тепловых потерь через наружные ограждения и для устранения выпадения конденсата на внутренней поверхности наружных ограждений, а также могут привести к изменению класса энергетической эффективности здания.

### 2.3. Мероприятия по оптимизации инженерных решений в системе отопления

Для обеспечения рационального использования тепловой энергии потребителями установки только приборов учета тепла недостаточно, необходимы еще и кардинальные меры.

В системе отопления к ним относятся:

- установка индивидуальных средств регулирования расхода энергоносителя;
- проведение своевременной промывки, химической очистки системы отопления;
- замена однотрубной системы отопления двухтрубной;
- устройство поквартирных горизонтальных систем отопления, оборудованных теплосчетчиками для измерения теплоты, потребляемой каждой квартирой;
- переход от систем с постоянным гидравлическим режимом к системам с регулируемым гидравлическим режимом – устройство автоматической системы управления (поддержание внутри помещения установленной температуры независимо от колебания наружной температуры):
  - оснащение каждого отопительного прибора термостатическим клапаном с возможностью настройки для удовлетворения индивидуальных потребностей жителей и сокращения теплопотребления из системы отопления при поступлении солнечной радиации;
  - автоматические воздухоотводчики для удаления воздуха из системы;
  - запорная арматура для отключения отдельных ветвей системы;
  - балансировочные клапаны на стояках поддерживают по-

стоянство перепада давления (расхода) на данном участке для обеспечения гидравлической устойчивости работы системы в течение отопительного периода;

- снятие декоративных ограждений с радиаторов отопления и установка теплоотражателей за радиаторами.

- использование нетрадиционных источников энергии.

На тепловых узлах должны быть установлены:

- задвижки (краны);
- фильтры механической очистки теплоносителя;
- автоматические регуляторы температуры воды, подаваемой на каждый фасад (южный и северный) здания, работающие в зависимости от температуры наружного и внутреннего воздуха;
- циркуляционный насос;
- регулятор расхода (давления).

Все элементы и трубопроводы в тепловом узле должны быть теплоизолированы.

Статистические данные об эффективности внедрения перечисленных мероприятий по отоплению сведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Эффективность мероприятий по отоплению в области энергосбережения

Мероприятия	Энергосбережение, %
Автоматизация теплового узла	15–20
Установка надежных регулировочных кранов на радиаторах	5–7
Установка автоматических термостатических кранов	до 20

Наиболее совершенной системой регулирования теплоснабжения является электронная схема (рис. 2.3), включающая электронный блок, подкачивающий циркуляционный насос и регулирующий кран. Эти элементы обеспечивают регулирование подачи теплоносителя в систему отопления здания в зависимости от введенной в микропроцессор электронного блока программы. При этом можно задать требуемое значение температуры как в течение суток (день, ночь), так и с учетом выходных и праздничных дней. В электронный блок поступает информация о температуре наружного воздуха, воздуха внутри помещения и температуре отработанного теплоносителя (обратки). По заданным и текущим значениям температур в электронном блоке вырабатываются управляющие электрические напряжения, которые воздействуют на электропривод регулирующие-

го крана и циркуляционного насоса. При необходимости снижения температуры внутри помещения частично перекрывают путь горячему теплоносителю, и насос обеспечивает подачу охлажденного теплоносителя через кран в систему отопления здания. Фильтры и обратный клапан играют вспомогательную роль, обеспечивая нормальное функционирование основных элементов  $T_1$

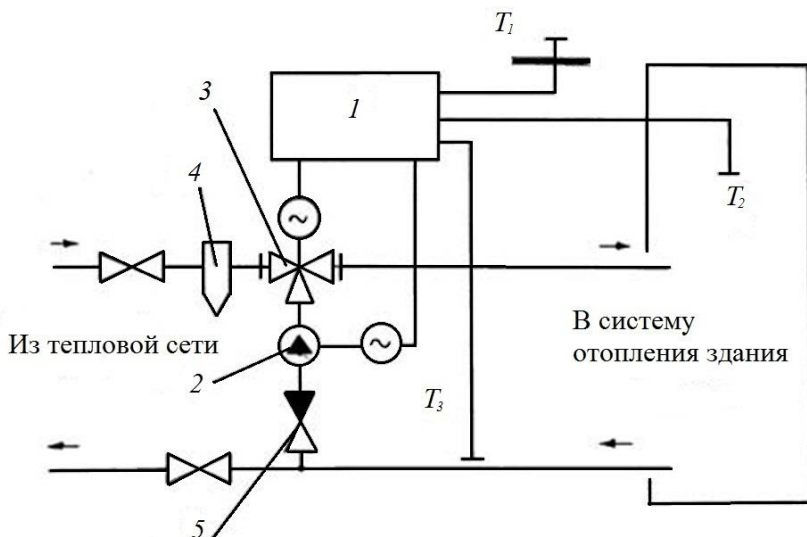


Рис. 2.3. Схема автоматической электронной системы регулирования теплоснабжения:

- 1 – электронный блок; 2 – циркуляционный насос; 3 – регулирующий клапан (задвижка); 4 – грязевый фильтр;
- 5 – обратный клапан;

$T_1$  – температура наружного воздуха;

$T_2$  – температура внутри здания;  $T_3$  – температура отработанного теплоносителя

Ввиду того, что во время отопительного сезона температура наружного воздуха непостоянна и часто имеет положительное значение, автоматизация регулирования расхода теплоносителя позволяет экономить до 20 % и более тепловой энергии за отопительный сезон. Особенно это заметно для больших отапливаемых объектов, где потребляется много тепловой энергии.

При изучении влияния пониженной температуры на организм человека в период ночного сна ученые доказали, что температура воздуха может быть по-нижена до 14–15 °С. Такое ре-

гулирование температуры может быть достигнуто при внедрении покомнатного регулирования поступления тепла в отопительные приборы.

Периодический режим работы системы отопления применяют в производственных, гражданских, учебных, спортивных, торговых, административных зданиях, работающих неполные сутки и дни недели, в которых допускается снижение температуры внутри помещений в нерабочее время. В режиме работы системы отопления в течение суток наблюдаются три характерных промежутка времени:

- основной рабочий режим, когда в помещении поддерживаются заданные параметры температуры и влажности;
- дежурный режим, когда после основного режима система отопления переводится на режим поддержания пониженной температуры в помещении;
- режим форсированного нагрева помещения, в течение которого система отопления переводится на возможно быстрый разогрев помещения после охлаждения.

Пример суточного графика подачи теплоносителя приведен на рис. 2.4: снижение подачи тепла с 18.00 до 19.00, потребление тепла с 18.00 до 4 часов значительно уменьшается, увеличение подачи тепла с 4 до 5 утра.

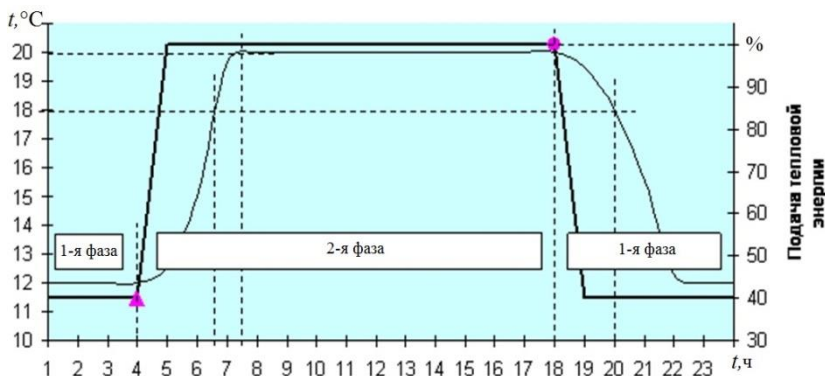


Рис. 2.4. Суточный график подачи теплоносителя в здании

В помещениях наблюдается и недельный цикл, когда в выходные и праздничные дни в течение полных суток может поддерживаться дежурный режим отопления и сниженная температура в помещении. Для поддержания дежурного режима используется водяное отопление, которое выполняет функцию поддержания минимального уровня температуры. Но в результате некоторого



охлаждения помещения понижается не только температура внутреннего воздуха, но и температура ограждений.

Нагрев ограждений и внутреннего воздуха к началу нового рабочего дня требует времени и дополнительной мощности. Продолжительность и темп нагрева помещения зависят:

- от термического сопротивления наружных ограждений, влияющего на снижение температуры в нерабочее время;
- тепловой активности ограждающих конструкций к тепловому воздействию;
- интенсивности теплоотдачи от источника системы отопления к внутреннему воздуху помещений и от воздуха к поверхности ограждений;
- температурного напора в дежурном и рабочем режиме, а также перепада температур наружного воздуха.

Нагрев помещений должен осуществляться форсированно с высоким темпом, с большей мощностью, в отличие от отопления в рабочем режиме, так как теплота в режиме нагрева расходуется на восполнение тепловых потерь и разогрев ограждений и воздуха до требуемого уровня. Наиболее гибким режимом эксплуатации служит комбинированная система отопления. Она состоит из базовой системы водяного отопления и дополнительной системы воздушного отопления.

Регулирование системы отопления – мероприятия, направленные на максимальное приближение теплоотдачи ее элементов к текущей переменной теплотребности отапливаемых помещений в течение отопительного сезона для поддержания расчетной температуры помещения.

Оптимизация инженерных решений по вентиляции

К основным энергосберегающим мероприятиям по вентиляции относятся:

- замена устаревших вентиляторов с низким КПД на современные, с более высоким КПД;
- проверка герметичности воздуховодов для уменьшения расхода воздуха, тепла и потребляемой мощности электродвигателем вентилятора;
- отключение вентиляционных установок или уменьшение подачи воздуха в ночные и нерабочие периоды;
- своевременная очистка воздушных фильтров для уменьшения их аэродинамического сопротивления;
- применение блокировки вентилятора воздушных завес с механизмами открывания дверей;
- применение частотно-регулируемого электропривода

вентилятора;

- применение устройств автоматического регулирования и управления вентиляционными установками в зависимости от температуры наружного воздуха;
- утилизация тепла вытяжного воздуха (рекуперация тепловой энергии) в количестве не менее 50 % теплоты удаляемого воздуха.

Один из путей снижения энергопотребления системами вентиляции – обеспечение переменного расхода воздуха в течение года. Периодическая работа систем вентиляции и кондиционирования воздуха в целях стабилизации температуры, влагосодержания и газового состава воздуха наиболее эффективна при обслуживании помещений большого объема в общественных зданиях с переменным заполнением (зрительные, торговые, спортивные залы, залы ожидания и т. д.). Время включения и выключения систем вентиляции определяется временем использования помещения (за исключением помещений с круглосуточным выделением вредных/влаги /тепла).

Круглосуточно работающие системы вентиляции также позволяют уменьшить расход тепловой энергии за счет снижения температуры приточного воздуха в допустимых пределах. Средства автоматизации систем вентиляции позволяют задавать дневные и недельные программы автоматического управления системами вентиляции. Экономия тепловой энергии происходит благодаря значительному снижению расхода приточного воздуха и энергии на его подогрев.

Недостатками этого метода регулирования являются потребность в сложных и дорогостоящих воздухораспределителях, обеспечение переменной частоты вращения вала вентилятора, сложная система автоматизации.

Альтернативным способом регулирования систем может служить периодическое вентилирование помещений. При периодическом включении систем суммарная за сутки продолжительность работы сокращается, чем и обеспечивается экономия электрической и тепловой энергии. Частота включения и суммарное число часов работы, определяется, в первую очередь, газовым режимом помещения.

Требуемая продолжительность проветривания зависит только от кратности воздухообмена и равна в часах  $3/k$ , где  $k$  – кратность воздухообмена. Продолжительность перерыва зависит от кратности воздухообмена, объема помещения, величины газового потока.

Проветриванием можно управлять вручную или реле времени. Существуют функциональные схемы автоматического управления на основе контроля концентрации углекислого газа или по изменению температуры воздуха (косвенным путем, отражающим изменение и газового состава). По данным исследований (в зрительных залах) экономия энергии при периодической вентиляции достигает 25 %.

Применение систем частотно-регулируемого электропривода вентиляторов вместо регулирования заслонкой позволяет:

- регулировать расход воздуха через вентиляционную систему в соответствии с потребностями производства, что уменьшает потребляемую мощность вентиляционной установкой;
- уменьшать потери давления вследствие снижения скорости воздуха в воздуховодах при работе привода на пониженных оборотах и, следовательно, уменьшать утечки тепловых потоков;
- приводить в соответствие рабочие характеристики вентилятора с характеристикой вентиляционной сети, что обеспечивает оптимальное потребление мощности вентиляционным агрегатом.

Частотное регулирование привода осуществляется при помощи преобразователей частоты. Данный вид регулирования позволяет снизить потребление электрической энергии насосами, вентиляторами и компрессорами, обладающими параметрами, значительно превышающими минимально необходимую рабочую точку. Экономия достигает 20–50 %.

Частотный преобразователь – устройство, состоящее из выпрямителя (моста постоянного тока), преобразующего переменный ток промышленной частоты в постоянный, и инвертора, преобразующего постоянный ток в переменный требуемых частоты и амплитуды.

Дополнительным преимуществом преобразователя частоты является возможность в случае необходимости повысить напор и подачу вентилятора (насоса).

Основанием для внедрения частотно-регулируемого привода служит гидравлический расчет систем отопления, вентиляции и оценка необходимых подачи и напора, выполненные квалифицированным специалистом по вентиляции.

Энергетический, экономический и экологический эффекты от применения частотно-регулируемого привода зависят от установленной мощности двигателя, количества часов использования и планируемого снижения мощности.

Совершенствование работы системы вентиляции заключается в установке регулируемых приточных устройств, переходе с

естественной вентиляции на механическую централизованную или децентрализованную с утилизацией теплоты (рекуператоры).

*Рекуперация тепла* – это процесс возврата тепла, т. е. получения его обратно. В нашем случае рекуперация тепла означает процесс подогрева выходящим из помещения теплым воздухом холодного входящего воздуха, который входит в дом для его проветривания и вентиляции. Другими словами, в дом возвращают то тепло, которое собирают из всех помещений дома. Перед тем, как удалить вытяжной воздух из дома, его пропускают через рекуператор, где отбирают у этого воздуха нужное тепло, а затем нагревают этим теплом входящий холодный воздух до определенной температуры. В таком процессе заложена гениальная мысль – зачем использовать на нагрев воздуха дома дополнительную энергию, которая затратна, если ее можно получить бесплатно.

Рекуператоры классифицируют по следующим признакам.

По направлению движения сред (различие заключается в схеме направления воздушных потоков):

- перекрестноточные рекуператоры (потоки направлены перпендикулярно друг другу);
- противоточные рекуператоры (приток и вытяжка направлены противоположно относительно друг друга);
- прямоточные рекуператоры (потоки параллельны и однонаправлены).

По температуре теплоносителя:

- высокотемпературные рекуператоры (температура теплоносителя от 600 °С и выше);
- среднетемпературные рекуператоры (температура теплоносителя в диапазоне от 300 до 600 °С);
- низкотемпературные рекуператоры (температура менее 300 °С).

По строению рекуператоры подразделяют следующим образом.

Рекуператоры кожухотрубные (рис. 2.5). К их недостаткам можно отнести массу, габариты и трудоемкость обслуживания.

Рекуператоры спиральные (рис. 2.6). Представляют собой два спиральных канала, которые навиты из рулонного материала вокруг центральной разделительной перегородки – керна. Среды движутся по каналам. Как правило, такие теплообменники служат для нагревания и охлаждения высоковязких жидкостей.

Энергосбережение в системах климатизации

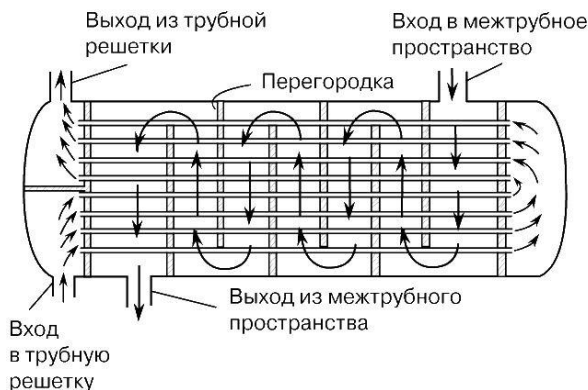


Рис. 2.5. Схема кожухотрубного рекуператора



Рис. 2.6. Схема спирального рекуператора

Рекуператоры роторные (рис. 2.7). Между приточным и вытяжным воздуховодами устанавливается дополнительная вращающаяся часть – ротор. Стенки ротора выполняют функцию теплообменника. Интенсивность теплообмена регулируется частотой его вращения. Ротор, постоянно вращаясь, забирает часть тепла от вытяжного воздуха и, повернувшись на 180°, отдает его приточному воздуху. Преимуществами таких рекуператоров являются:

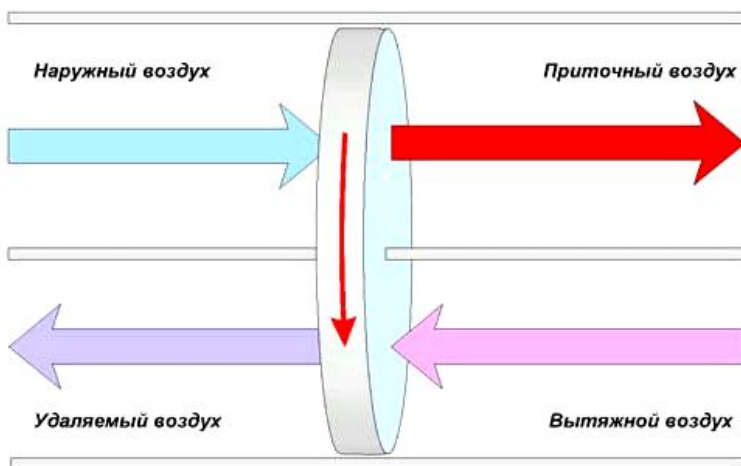
- высокая эффективность теплообмена (возврат тепла в

объеме 75–85 %);

- минимальные габариты агрегата благодаря тому, что процесс теплообмена осуществляется по большой удельной поверхности используемой насадки;
- возможность регулировать скорость вращения ротора, которая позволяет управлять общей эффективностью рекуператора.

К недостаткам относятся:

- наличие зазоров и неплотностей между неподвижным корпусом и ротором, из-за которых существует риск смешения потоков воздуха, т. е. грязь, запах, дым и т. д. могут частично возвращаться в помещение;
- наличие вращающихся частей, которые усложняют конструкцию, повышают шумовые характеристики, могут способствовать возникновению дополнительных вибраций и требуют соответствующего обслуживания;
- дополнительный расход электроэнергии, потребляемой приводом ротора и вентиляторами на преодоление добавленной потери напора на притоке и вытяжке;
- более высокая цена по сравнению с пластинчатым рекуператором;
- образование конденсата на пластинах и опасность их обмерзания при высоком влагосодержании вытяжного воздуха.



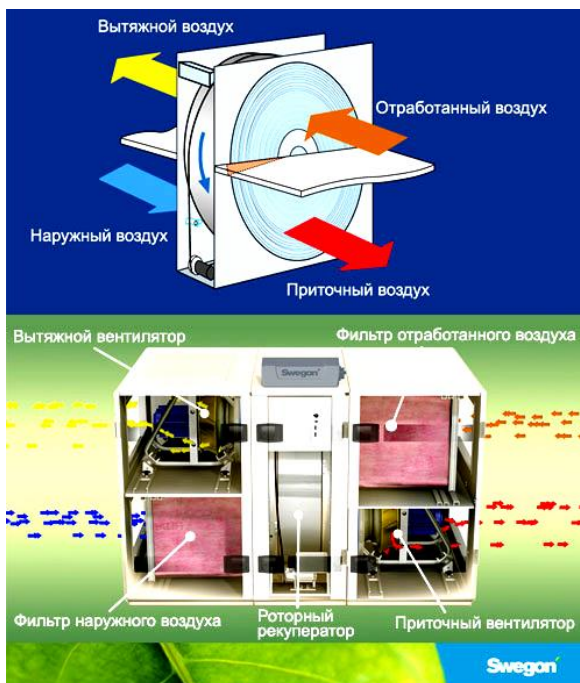


Рис. 2.7. Схема роторного рекуператора

Рекуператоры пластинчатые (рис. 2.8) представляют собой камеру, разделенную на параллельно идущие каналы теплопроводящей перегородкой (пластиной). Отработавший теплый воздух выводится по одному воздуховоду, а приточный подается по второму. Удаляемый воздух посредством теплообменной перегородки отдает часть тепловой энергии приточным воздушным массам. К преимуществам относятся:

- отсутствие движущихся частей;
- высокий КПД (возврат тепла достигает 50–90 %);
- возможность работы с высокотемпературными газовыми смесями (до +200 °С);
- незначительное увеличение аэродинамического сопротивления вентиляционной магистрали;
- простота регулировки (объем проходящего через рекуператор воздуха регулируется посредством перепускного клапана).

К недостаткам относятся:

- конструктивная особенность пересечения потоков, со-

здающая увеличение габаритных размеров агрегата, что не всегда выгодно при выборе места установки;

- в момент зимнего использования при высоком влаге-содержании вытяжного воздуха на пластинах образуется конденсат, который может вызвать обмерзание теплообменника, что требует временного отключения вентилятора и необходимость отвода конденсата.

Организация воздухообмена в помещениях здания с применением пластинчатого рекуператора приведена на рис. 2.9.

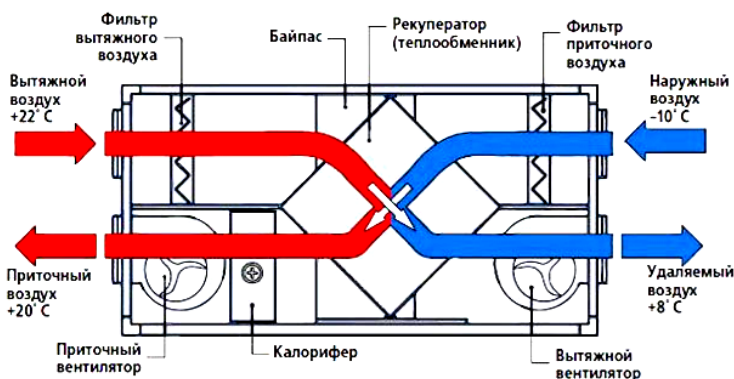


Рис 2.8. Схема пластинчатого рекуператора



Рис. 2.9. Организация воздухообмена в помещениях с помощью пластинчатого рекуператора



Оребренный пластинчатый рекуператор (рис. 2.10) состоит из тонкостенных оребренных панелей, изготовленных методом высокочастотной сварки, соединенных поочередно с поворотом на 90°. За счет конструкции, а также многообразия используемых материалов, достигаются высокая температура греющих сред, небольшое сопротивление, высокие показатели отношения теплопередающей площади к массе теплообменника, длительный срок службы, низкая стоимость. Такой тип рекуператоров часто используется для утилизации тепла отходящих газов.

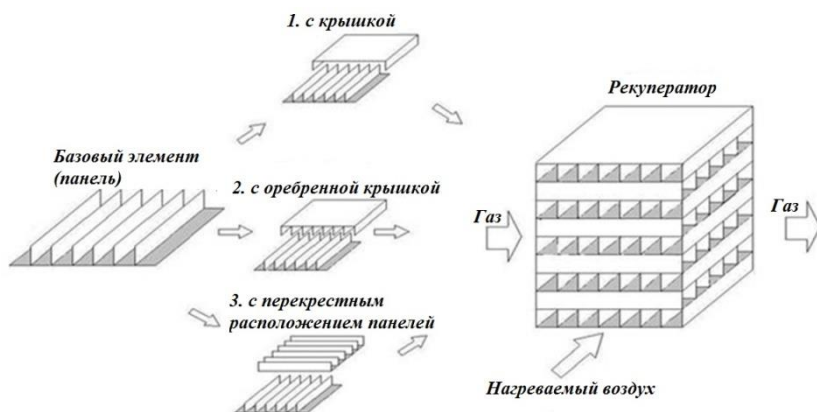


Рис. 2.10. Схема оребренного пластинчатого рекуператора

Оребренные пластинчатые рекуператоры тепла обладают следующими преимуществами по сравнению с аналогичными роторными и традиционными пластинчатыми рекуператорами:

- большая предельная рабочая температура (до 1250 °С);
- меньшие габариты и масса;
- меньшая стоимость;
- меньший срок окупаемости;
- низкое сопротивление по газовоздушным трактам;
- меньшая склонность к зашлаковыванию и простота очистки каналов от шлака;
- большой срок службы;
- большой период между ремонтом и профилактическим обслуживанием;
- меньшая массогабаритная характеристика удешевляет монтаж и транспортировку рекуператоров;
- высокая термопластичность (снижение термических напряжений, коробления и разрушения за счет низких градиентов

температурных полей).

*По области применения:*

– бытовые рекуператоры – это агрегаты с небольшими габаритами и производительностью (приточно-вытяжные рекуператоры, основной задачей которых является вентиляция с рекуперацией тепла). Приточно-вытяжные рекуператоры могут быть выполнены по-разному: это может быть как пластинчатый теплообменник, так и роторный;

– промышленные рекуператоры – это аппараты, используемые на производствах с тепловыми технологическими процессами. Чаще всего под промышленным рекуператором подразумевают именно теплообменник пластинчатый.

*По типу рабочей среды:*

– воздушные рекуператоры (теплообменник, задачей которого является вентиляция с рекуперацией тепла);

– газовые рекуператоры (в качестве теплоносителя, как правило, используется дым, т. е. выполняется задача утилизации тепла исходящих газов на производстве);

– жидкостные рекуператоры (спиральные теплообменники или батарейные рекуператоры, обычно использующиеся в плавательных бассейнах).

Коэффициент эффективности рекуперации тепла выражает отношение между максимально возможным полученным теплом и теплом, полученным в действительности. Теоретически эффективность может меняться в пределах от 30 до 90 %. Эта характеристика зависит от стоимости, производителя и типа рекуператора.

Тепловой коэффициент полезного действия

$$\eta = \frac{t_i - t_u}{t_f - t_u},$$

где  $t_i$  – температура приточного воздуха (после рекуперации), °С;

$t_u$  – температура наружного воздуха, °С;

$t_f$  – температура удаляемого воздуха (до рекуперации), °С.

Эффективность теплообмена принятых к установке теплоутилизаторов проверяется следующим безразмерным комплексом:

для удаляемого воздуха  
(первичный теплоноситель)

для приточного воздуха  
(вторичный теплоноситель)

$$E_{t_1} = \frac{t_{H_1} - t_{K_1}}{t_{H_1} - t_{H_2}},$$

$$E_{i_2} = \frac{i_{K_2} - i_{H_2}}{G_{пр}(i_{H_1} - i_{H_2})},$$

где  $t_{H_1}$  – температура удаляемого воздуха на входе в теплоутилизатор, °С;  
 $t_{H_2}$  – температура приточного воздуха на входе в теплоутилизатор, °С;  
 $t_{K_1}$  – температура удаляемого воздуха на выходе из теплоутилизатора, °С.

где  $i_{K_2}$  – теплосодержание приточного воздуха на выходе из теплоутилизатора, кДж/кг;  
 $i_{H_2}$  – теплосодержание приточного воздуха на входе в теплоутилизатор, кДж/кг;  
 $i_{H_1}$  – теплосодержание удаляемого воздуха на входе в теплоутилизатор, кДж/кг;  
 $G_{пр}$  – количество приточного воздуха, кг/ч.

$$E_{i_1} = \frac{i_{H_1} - i_{K_1}}{i_{H_1} - i_{H_2}},$$

где  $i_{H_1}$  – теплосодержание удаляемого воздуха на входе в теплоутилизатор, кДж/кг;  
 $i_{H_2}$  – теплосодержание приточного воздуха на входе в теплоутилизатор, кДж/кг;  
 $i_{K_1}$  – теплосодержание удаляемого воздуха на выходе из теплоутилизатора, кДж/кг.

$$E_{d_1} = \frac{d_{H_1} - d_{K_1}}{d_{H_1} - d_{H_2}},$$

где  $d_{H_1}$  – влагосодержание удаляемого воздуха на входе в теплоутилизатор, г/кг сухого воздуха;  
 $d_{H_2}$  – влагосодержание приточного воздуха на входе в теплоутилизатор, г/кг сухого воздуха;  
 $d_{K_1}$  – влагосодержание удаляемого воздуха на выходе из теплоутилизатора, г/кг сухого воздуха.

$$G_{пр} = \frac{G_1 C_{P_1}}{G_2 C_{P_2}}$$

где  $G_1$  – количество удаляемого воздуха, кг/ч;  
 $G_2$  – количество приточного воздуха, кг/ч;  
 $C_{P_1}$  – теплоемкость удаляемого воздуха, кДж/(кг·°С);  
 $C_{P_2}$  – теплоемкость приточного воздуха, кДж/(кг·°С).

$$E_{t_2} = \frac{t_{K_2} - t_{H_2}}{G_{пр}(t_{H_1} - t_{H_2})}$$

где  $t_{H_1}$  – температура удаляемого воздуха на входе в теплоутилизатор, °С;  
 $t_{H_2}$  – температура приточного воздуха на входе в теплоутилизатор, °С;  
 $t_{K_2}$  – температура приточного воздуха на выходе из теплоутилизатора, °С;  
 $G_{пр}$  – количество приточного воздуха, кг/ч.

$$E_{d_2} = \frac{d_{K_2} - d_{H_2}}{G_{пр}(d_{H_1} - d_{H_2})}$$

где  $d_{H_1}$  – влагосодержание удаляемого воздуха на входе в теплоутилизатор, г/кг сухого воздуха;  
 $d_{H_2}$  – влагосодержание приточного воздуха на входе в теплоутилизатор, г/кг сухого воздуха;  
 $d_{K_2}$  – влагосодержание приточного воздуха на выходе из теплоутилизатора, г/кг сухого воздуха;  
 $G_{пр}$  – количество приточного воздуха, кг/ч.

Индексы «1», «2» соответствуют удаляемому и приточному воздуху, «н» и «к» – на входе и выходе теплоутилизатора.

Приведенная классификация систем рекуперации воздуха применима к механическим общеобменным системам вентиляции. Применение центральных систем вентиляции в многоэтажных жилых домах связано с множеством различных проблем (излишняя

энергоёмкость, потеря полезной площади, занятой воздуховодами, шум, возможность переноса бактерий, сложность распределения воздуха по помещениям).

Уменьшить потери тепла с вентиляционным воздухом в жилых домах возможно с помощью устройства ТеФо (теплая форточка).

*Децентрализованный рекуператор «ТеФо»* – это устройство, обеспечивающее воздухообмен в комнате и теплообмен между воздухом, покидающим эту комнату, и поступающим в нее свежим воздухом. В основу положены принципы создания теплообменных аппаратов с высокой плотностью теплового потока. Они состоят из тонкостенных трубок периодического профиля, выполненных из нержавеющей стали и собранных, благодаря особой технологии, в чрезвычайно плотный пучок.

ТеФо состоит из двух осевых вентиляторов — приточного и вытяжного, встроенных в пластмассовый корпус, и теплообменной поверхности, собранной таким образом, что вытяжной воздух движется по межтрубному пространству, в то время как свежий воздух перемещается по трубкам. Установка ТеФо схематически показана на рис. 2.11, а установка в помещении представлена на рис. 2.12.

Технические характеристики аппаратов ТеФо приведены в табл. 2.4.

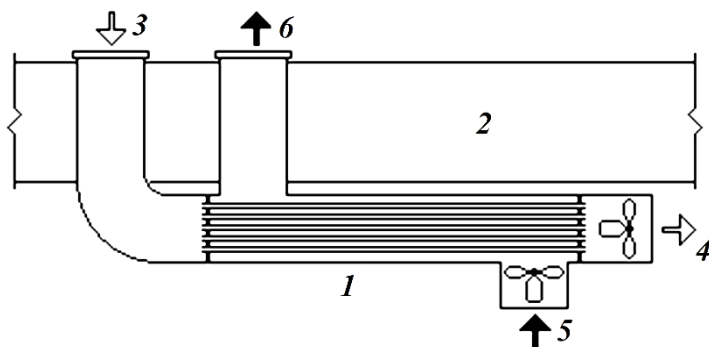


Рис. 2.11. Схема установки ТеФо в наружной стене:

1 – ТеФо; 2 – наружная стена; 3 – воздухозаборный патрубок с решеткой; 4 – выход подогретого приточного воздуха; 5 – вход вытяжного воздуха; 6 – выброс вытяжного воздуха



Рис. 2.12. Установка ТеФо в комнате

Удобнее всего располагать ТеФо под окном или в специальной нише для скрытой установки. При температуре  $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$  в холодном отсеке эффективность теплообмена была зафиксирована на уровне 71–73 %. Последующие натурные испытания при температуре наружного и внутреннего воздуха  $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $+18,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности воздуха в помещении 70 % показали, что конденсат, образующийся в контуре вытяжного воздуха на поверхности теплообменных трубок периодического профиля, в осадок не выпадает и свободно уносится наружу.

Таблица 2.4  
Технические характеристики аппаратов ТеФо

Показатель		Количество в моделях			
		ТеФо-1	ТеФо-2	ТеФо-3	ТеФо-4
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч	приточного	27	32	85	120
	вытяжного	26	31	82	110
Поперечный размер, мм		55×100	Ø100	Ø125	Ø150
Длина трубок, мм		700	800	850	900
Наружный диаметр трубок, мм		8,0			
Площадь поверхности теплообмена, м <sup>2</sup>		0,90	1,37	2,24	3,57
Площадь сечения, м <sup>2</sup>	трубок	0,00228	0,00305	0,00470	0,00705
	между трубками	0,00358	0,00455	0,00719	0,0100
Масса, кг		4,0	5,5	7,7	12,3
Суммарная мощность вентиляторов, Вт		30		36	50
Эффективность теплообмена, не менее, %		70			

Применение комплекса мероприятий в системе приточно-вытяжной вентиляции позволяет снизить потребление электрической энергии вентиляционными установками в среднем на 30 % и тепловой энергии – на 40 %.

Примером внедрения технологических мероприятий по энергосбережению в строительстве в европейских странах может служить «Пассивный дом» Европы.

## 2.5. Пассивные дома в Европе

Основные принципы проектирования пассивного дома можно разбить на следующие подразделы (рис. 2.13).

*Ландшафтно-планировочные.* Основные принципы правильной ориентации здания по сторонам света:

- ветрозащита северной глухой стороны здания, закрытость этой стороны: зеленые насаждения, лес, другое здание и т. п.;
- открытость объема здания с юга, отсутствие затенения южного фасада.

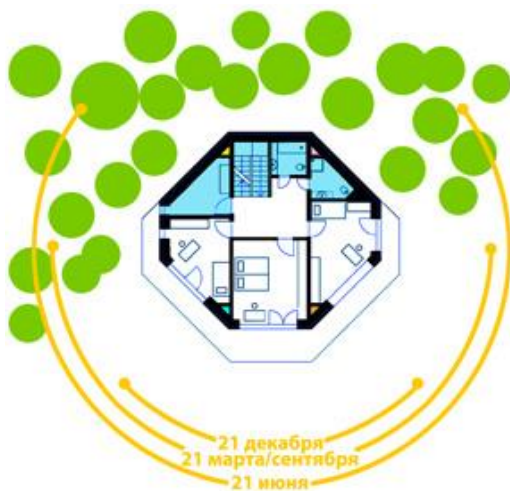


Рис. 2.13. Ландшафтно-планировочные принципы пассивного дома

Из рис. 2.13 видно, что план дома компактный. С южной стороны выполнено полное остекление. Северный фасад глухой, без окон, со стороны северного фасада внутри дома расположены буферные зоны. С севера дом защищен деревьями, с юга – полностью открыт.

*Объемно-планировочные:*

- максимальная компактность здания. Чем меньше площадь ограждающих конструкций по отношению к полезной площади здания, тем компактнее оно;
- по возможности полное отсутствие эркеров, внутренних углов, балконов и т. п.;
- зонирование: разделение на буферные и жилые зоны;
- расположение вспомогательных помещений с севера в качестве буферных зон;
- расположение жилой зоны на юго-востоке;
- расположение зимних садов с южной стороны;
- наличие наружной летней солнцезащиты в виде выступающих архитектурных элементов: эркеров, карнизов, балконов, террас, затеняющих светопрозрачные конструкции и не дающие попадать лучам высокого летнего солнца в здание. Солнцезащитные элементы имеют, как правило, свою собственную несущую конструкцию и отдельный фундамент, так как являются «холодными» (не утепленными) и находятся снаружи от утепленной



оболочки здания.

Из рис. 2.14 видно, как проникают в дом лучи низкого зимнего солнца, при этом выполнена защита от летнего перегрева (свес кровли, а также навес террасы). Также видно, что буферные помещения дома расположены с северной стороны.

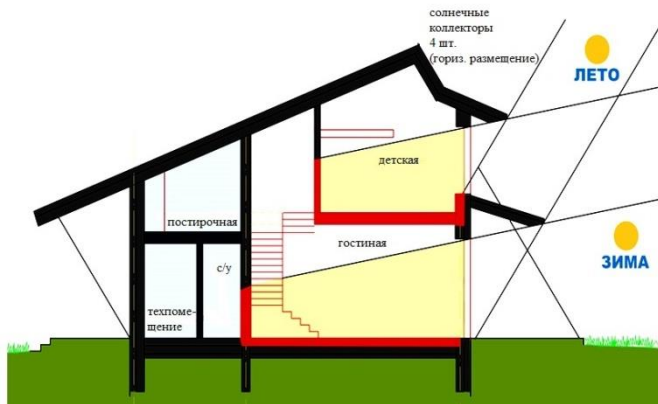


Рис. 2.14. Схема попадания солнечных лучей в пассивный дом

*Фасадные* (правильное остекление здания):

- отсутствие светопрозрачных частей, через которые тепло покидало бы здание, на его северной стороне;
- расположение с юга максимального количества светопрозрачных конструкций, которые пропускали бы глубоко в здание лучи низкого зимнего солнца;
- окна и другие светопрозрачные конструкции должны располагаться на фасаде в таком соотношении:  
70 – 80 % всех окон с южной стороны,  
20 – 30 % с восточной,  
0 – 10 % с западной и полное их отсутствие с северной;
- использование трехкамерных стеклопакетов с низким показателем теплопередачи.

*Аккумулирующие:*

- наличие массивных аккумулирующих элементов внутри помещений для обеспечения приема, сохранения и отдачи ими энергии в местах, куда попадают прямые солнечные лучи от низкого зимнего солнца. Массивными аккумулирующими элементами в этом случае могут служить стены из полнотелого кирпича или

бетона, желательно, отделанные изнутри глиняной штукатуркой. Если стены изнутри отделаны гипсокартоном, то массива уже нет. Если стены выполнены из пустотелого кирпича, пено- или газоблока, или дерева, то массива тоже нет;

- использование тромб-стен, предназначенных для улавливания и аккумуляции солнечного излучения, которое используется для нагревания воздуха внутри отапливаемого здания. Циркуляция воздуха в пространстве между остеклением и лучепоглощающей поверхностью – естественная, при этом воздух из каждого помещения выходит через отверстие в нижней части стены, проходит между стеной и остеклением наверх, и уже нагретый воздух возвращается в помещение через отверстия в верхней части теплоаккумулирующей стены;

- планирование неглубоких помещений, в которых низкое зимнее солнце попадало бы на заднюю массивную (желательно темную) стену, прогревая ее;

- массивные элементы внутри здания (простенки, внутренние части утепленных наружных стен) также способствуют пассивному накоплению в здании ночного холода в летний зной;

- улавливание аккумулирующими элементами энергии «внутренних источников тепла» (бытовых приборов, тела человека, лампочек, компьютеров и т. п.).

#### *Изоляционные:*

- качественная наружная теплоизоляция внешней оболочки здания: полное утепление всех сторон здания (фундамент, стены, крыша и т. д.). Под «качественной теплоизоляцией» подразумевается, что теплопроводность плотных ограждающих конструкций (фундамента, стен, крыши) в пассивном доме не должна превышать  $0,15 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Теплопроводность окон и других светопрозрачных конструкций не должна превышать  $1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

- качество теплоизоляционного материала: его коэффициент теплопроводности, уровень паронепроницаемости и теплоотражающих свойств, необходимая толщина слоя утеплителя;

- качество нанесения теплоизоляции: отсутствие щелей между ее частями, деталями, стыками, фугами, швами; отсутствие тепловых мостов, через которые тепло активно уходит. Например, металлические детали заменяются пластиковыми, а также за счет качественного выполнения работ;

- герметизация оболочки здания (оно становится термосом, не выпускающим воздух).

#### *Инженерные:*

- система контролируемой высокоэффективной приточ-

но-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепла из вытяжного воздуха (уровень рекуперации достигает 80 %). Зимой входящий воздух, если это необходимо, дополнительно подогревается. Система отопления в зданиях есть, но она воздушная и потребляющая мало энергии;

- использование подземных каналов (грунтовых теплообменников) для пассивного предварительного подогрева (или охлаждения) воздуха или воды.

Поскольку теплоизоляция оболочки является основным фактором пассивного дома, то разработан ряд конструкций наружных стен, пригодных для пассивных зданий:

- теплоизоляционная система для наружных стен (двухслойная конструкция) с минимальной толщиной утеплителя 25 см, а коэффициент теплопроводности 0,04 Вт/(м·°С);

- несъемная опалубка из пенополистирола, которая заполняется бетоном на строительной площадке. Не представляет особых проблем увеличение наружного слоя пенополистирольной опалубки на несколько сантиметров для достижения стандарта пассивного дома;

- элементы стен из деревянных щитов с двутавровыми легкими балками и более чем 30-сантиметровым слоем теплоизоляции;

- многослойные стеновые элементы заводской готовности с теплоизоляцией из пенополиуретана;

- готовые элементы из легкого бетона с интегрированной теплоизоляцией;

- блочные шпунтовые дощатые стены с теплоизоляцией, находящейся с наружной стороны;

Организация воздухообмена в пассивных домах предусматривает разделение проекта системы вентиляции в здании на три зоны (рис. 2.15):

- зона приточного воздуха (все жилые комнаты, комнаты принятия пищи, детские, спальни и рабочие комнаты);

- переходная область (охватывает, например, коридоры и лестничную клетку);

- зона вытяжного воздуха (здесь соединяются все влажные помещения и комнаты со специфической эксплуатацией, например, комната для курения).

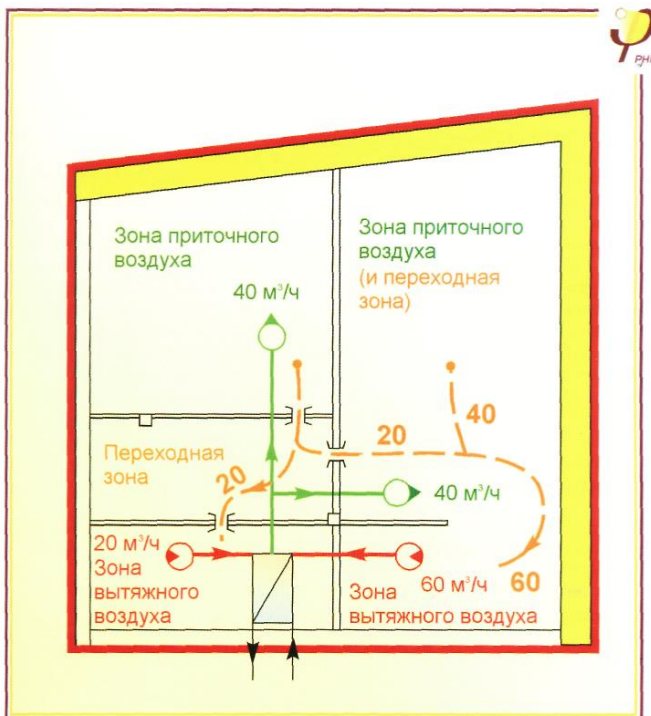


Рис. 2.15. Сечение квартиры в зоне приточного воздуха, переходной зоне и в зоне вытяжного воздуха в пассивном доме

Все помещения для зон приточного и отработавшего воздуха должны иметь вентиляционные отверстия такого размера, чтобы переток воздуха был возможен без помех даже при закрытых внутренних межкомнатных дверях, при этом скорость воздуха в проходных отверстиях не должна превышать  $1 \text{ м/с}$ .

Таким образом, в квартире с самого начала устраняется проблема распространения запахов и вредных веществ. Необходимо избегать режима рециркуляции воздуха – каждый вид добавочной воздухоподготовки (увлажнение, охлаждение) скрывает серьезные риски, которые не должны проявляться при использовании квартирной вентиляционной установки. Высококачественные фильтры тонкой очистки (класс фильтра F7 или F8) эффективны при установке непосредственно в зоне после забора свежего воздуха.

Применение приемов пассивного способа экономит огромное количество энергии. В результате получают пассивный дом,

который на эксплуатацию (отопление и охлаждение) требует не более 20 % от обычного дома. Причем это не стоит застройщику почти никаких дополнительных инвестиций при строительстве. Все что нужно сделать – это создать правильный архитектурный проект будущего здания, и качественно воплотить его в жизнь. Дополнительные расходы на увеличение толщины утеплителя, как правило, нивелируются компактностью здания. А система приточно-вытяжной вентиляции является обязательной для любого типа здания, а не только для энерговыгодных домов, поскольку контролируемая вентиляция – это единственный метод, который обеспечивает 100 %-е качество воздуха постоянно.

Дополнительную энергию на обслуживание дома можно экономить уже активно: с помощью соответствующего инженерного оборудования (тепловые насосы, солнечные коллекторы, солнечные батареи, ветряки и т. п.), работающего от альтернативных источников энергии (тепла земли и солнца, силы ветров и т. п.). Подобная инженерия в пассивном доме является не обязательной, а только опциональной. Она может значительно (на 10–30 %) повысить сметную стоимость здания, но с ее помощью можно свести затраты по эксплуатации дома и его вредное воздействие на окружающую среду практически к нулю, получив так называемый дом «нулевой энергии», а при желании и наличии средств, даже дом «плюс энергии».

#### *Принцип энергобаланса*

Здания имеют замкнутую внешнюю оболочку. Для нее действует закон сохранения энергии: разность между суммой всех поступающих через оболочку здания потоков энергии (поступления) и суммой потоков выходящей энергии (потери) соответствует изменению внутренней энергии в здании.

Закон сохранения энергии (рис. 2.16) упрощается относительно годового периода и формулируется так: сумма всех проникающих потоков энергии (поступления) через оболочку здания за годовой период равна сумме выходящей энергии (потери).

Энергосбережение в системах климатизации



Рис. 2.16. Принцип энергобаланса помещений здания

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон № 261-ФЗ от 23.11.2009 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. Федеральный закон № 184-ФЗ от 27.12.2002 «О техническом регулировании». – Введ. 2003–07–01. – М., 2002.
3. Федеральный закон Российской Федерации от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 20.02.2010 № 67 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам определения полномочий федеральных органов исполнительной власти в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности».
5. Постановление Правительства Российской Федерации от 25.01.2011 № 18 «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов».
6. Приказ Министерства энергетики Российской Федерации от 19.04.2010 № 182 «Об утверждении требований к энергетическому паспорту, составленному по результатам обязательного энергетического обследования, и энергетическому паспорту, составленному на основании проектной документации, и правил направления копии энергетического паспорта, составленного по результатам обязательного энергетического обследования».
7. Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации от 17.02.2010 № 61 «Об утверждении примерного перечня мероприятий в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности».
8. ГОСТ Р 51387–99. Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения. – Введ. 2000–07–01. – М.: Изд-во стандартов, 2000.
9. ГОСТ Р 51380–99. Энергосбережение. Методы подтверждения соответствия показателей эффективности энергопотребляющей продукции. – Введ. 2000–09–01. – М.: Изд-во стандартов, 2000.
10. ГОСТ 54197–2010. Ресурсосбережение. Промышленное производство. Руководство по планированию показателей (индика-

торов) энергоэффективности. – Введ. 2012–01–01. – М.: Стандартинформ, 2011.

11. ГОСТ 31531–2012. Энергосбережение. Методы подтверждения соответствия показателей энергетической эффективности энергопотребляющей продукции их нормативным значениям. Общие требования. – Введ. 2015–01–01. – М.: Стандартинформ, 2013.

12. ГОСТ 31532–2012. Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей. Общие положения. – Введ. 2015–01–01. – М.: Стандартинформ, 2013.

13. ГОСТ 31607–2012. Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения. – Введ. 2015–01–01. – М.: Стандартинформ, 2013.

14. ГОСТ 51379–99. Энергосбережение. Энергетический паспорт промышленного потребителя топливно-энергетических ресурсов. Основные положения. Типовые формы. – Введ. 2000–09–01. – М.: Стандартинформ, 1999.

15. МДК 1–01–2002. Методические указания по проведению энергоресурсаудита в жилищно-коммунальном хозяйстве. – Введ. 1999–09–28. – М., 2001.

16. Наумов А.Л. Маркировка энергоэффективности оборудования / А.Л. Наумов // АВОК.– 2006.– № 8.

17. Объемно-планировочные решения при формировании новых типов энергоэффективных жилых зданий [Электронный ресурс] / Ю.Г. Граник, А.А. Магай, В.С. Беляев // Энергосбережение. – 2003. – № 4. – Режим доступа: [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=6534](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6534)

18. Российская концепция нормирования энергоэффективности зданий и сооружений [Электронный ресурс] / С.В. Пугачев, Ю.А. Табунщиков, А.Л. Наумов, Е.Н. Фадеева // Электрон. журн. энергосервисной компании «Экологические системы». – 2012. – № 2. – Режим доступа: [http://journal.esco.co.ua/2012\\_2/art101.htm](http://journal.esco.co.ua/2012_2/art101.htm)

19. Табунщиков Ю.А. Энергоэффективные здания / Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач, Н.В. Шилкин. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2003.

20. Энергосбережение и энергоэффективность. Американский путь // АВОК. – 2010. – № 6.

21. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings.



## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение А

#### Основные понятия и определения, используемые в законе № 261-ФЗ

**Энергетический ресурс** – носитель энергии, энергия которого используется или может быть использована при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, а также вид энергии (атомная, тепловая, электрическая, электромагнитная энергия или другой вид энергии).

**Вторичный энергетический ресурс** – энергетический ресурс, полученный в виде отходов производства и потребления или побочных продуктов в результате осуществления технологического процесса или использования оборудования, функциональное назначение которого не связано с производством соответствующего вида энергетического ресурса.

**Энергосбережение** – реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования (в том числе объема произведенной продукции, выполненных работ, оказанных услуг).

**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.

**Класс энергетической эффективности** – характеристика продукции, отражающая ее энергетическую эффективность.

**Бытовое энергопотребляющее устройство** – продукция, функциональное назначение которой предполагает использование энергетических ресурсов, потребляемая мощность которой не превышает для электрической энергии двадцать один киловатт, для тепловой энергии сто киловатт и использование которой может предназначаться для личных, семейных, домашних и подобных нужд.

**Энергетическое обследование** – сбор и обработка информации об использовании энергетических ресурсов в целях получения достоверной информации об объеме используемых энергетических ресурсов, о показателях энергетической эффек-

тивности, выявления возможностей энергосбережения и повышения энергетической эффективности с отражением полученных результатов в энергетическом паспорте.

**Энергосервисный договор (контракт)** – договор (контракт), предметом которого является осуществление исполнителем действий, направленных на энергосбережение и повышение энергетической эффективности использования энергетических ресурсов заказчиком.

**Регулируемые виды деятельности** – виды деятельности, осуществляемые субъектами естественных монополий, организациями коммунального комплекса, организациями, осуществляющими горячее водоснабжение, холодное водоснабжение и (или) водоотведение, в отношении которых в соответствии с законодательством Российской Федерации осуществляется регулирование цен (тарифов).

## Приложение Б

### Форма для заполнения энергетического паспорта проекта здания

#### 3. Геометрические показатели

Показатель	Обозначение и единица измерения	Расчетное (проектное) значение	Фактическое значение показателя
1	2	3	4
8. Сумма площадей этажей здания	$A_{от}, м^2$		
9. Площадь жилых помещений	$A_{ж}, м^2$		
10. Расчетная площадь (общественных зданий)	$A_{р}, м^2$		
11. Отапливаемый объем здания	$V_{от}, м^3$		
12. Коэффициент остекленности фасада здания	$f$		
13. Показатель компактности здания	$k_{комп}$		
14. Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания, в том числе: фасадов	$A_{н сум}, м^2$		
	$A_{фас}, м^2$		
стена тип 1	$A_{ст1}, м^2$	—	
стена тип 2	$A_{ст2}, м^2$	—	
стена тип 3	$A_{ст3}, м^2$	—	
стена тип 4	$A_{ст4}, м^2$	—	
входных дверей	$A_{дв}, м^2$	—	
покрытий (совмещенных)	$A_{кр1}, м^2$	—	
эксплуатируемой кровли	$A_{кр2}, м^2$	—	
перекрытий над техподпольями	$A_{цок1}, м^2$	—	
перекрытий над проездами и под эркерами	$A_{цок2}, м^2$	—	
окон и балконных дверей	$A_{ок1}, м^2$	—	
окон лестнично-лифтовых узлов	$A_{ок2}, м^2$	—	
окон по сторонам света		—	

**4. Теплотехнические показатели**

Показатель	Обозначение и единица измерения	Нормируемое значение показателя	Расчетное (проектное) значение	Фактическое значение показателя
1	2	3	4	5
15. Приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений, в том числе: стена тип 1	$R_{o}^{np}, \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$			
	$R_{o, \text{ст}1}^{np}$			
	стена тип 2	$R_{o, \text{ст}2}^{np}$		
	стена тип 3	$R_{o, \text{ст}3}^{np}$		
	стена тип 4	$R_{o, \text{ст}4}^{np}$		
окон и балконных дверей	$R_{ок1}$			
окон лестнично-лифтовых узлов	$R_{ок2}$			
входных дверей	$R_{дв}$			
покрытий (совмещенных)	$R_{кр1}$			
эксплуатируемой кровли	$R_{кр2}$			
перекрытий над техническими подпольями	$R_{цок1}$			
перекрытий над проездами и под эркерами	$R_{цок2}$			

**5. Показатели вспомогательные**

Показатель	Обозначение и единица измерения	Нормируемое значение показателя	Расчетное (проектное) значение
16. Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания	$K_{тр}, \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$		
17. Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период при удельной норме воздухообмена	$n_b, \text{ ч}^{-1}$	—	
18. Удельные бытовые тепловыделения в здании	$q_{нт}, \text{ Вт} / \text{м}^2$	—	
19. Тарифная цена тепловой энергии для проектируемого здания	$C_{тепл}, \text{ руб.} / \text{кВт} \cdot \text{ч}$		

**6. Удельные характеристики**

Показатель	Обозначение и единица измерения	Нормируемое значение показателя	Расчетное (проектное) значение
20. Удельная теплозащитная характеристика здания	$K_{об}, \text{ Вт} / (\text{м}^3 \cdot \text{°C})$		
21. Удельная вентиляционная характеристика здания	$K_{вент}, \text{ Вт} / (\text{м}^3 \cdot \text{°C})$		
22. Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания	$K_{быт}, \text{ Вт} / (\text{м}^3 \cdot \text{°C})$		
23. Удельная характеристика тепlopоступлений в здание от солнечной радиации	$K_{рад}, \text{ Вт} / (\text{м}^3 \cdot \text{°C})$		

### 7. Коэффициенты

Показатель	Обозначение показателя	Нормативное значение показателя
24. Коэффициент эффективности авторегулирования	$\zeta$	
25. Коэффициент, учитывающий снижение теплотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление	$\xi$	
26. Коэффициент эффективности рекуператора	$k_{\text{эф}}$	
27. Коэффициент, учитывающий снижение использования теплоступлений в период превышения их над теплотерями	$\nu$	
28. Коэффициент учета дополнительных теплотерь системы отопления	$\beta_n$	

### 8. Комплексные показатели расхода тепловой энергии

Показатель	Обозначение показателя и единица измерения	Значение показателя
29. Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление здания	$q_{\text{от}}$ Вт/(м <sup>3</sup> ·°С·сут)	
	[Вт/(м <sup>2</sup> ·°С·сут)]	
30. Нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление здания	$q_{\text{от}}^{\text{н}}$ Вт/(м <sup>3</sup> ·°С·сут)	
	[Вт/(м <sup>2</sup> ·°С·сут)]	
31. Класс энергетической эффективности	Высокий	
32. Соответствует ли проект здания нормативному требованию по теплозащите		

### 9. Энергетические нагрузки здания

Показатель	Обозначение показателя и единица измерения	Значение показателя
33. Удельный расход тепловой энергии на отопление зданий за отопительный период	$q$ , кВт·ч/(м <sup>3</sup> ·г.)	
	$q$ , кВт·ч/(м <sup>2</sup> ·г.)	
34. Расход тепловой энергии на отопление зданий за отопительный период	$Q_{\text{от}}^{\text{год}}$ , кВт·ч/г.	
35. Общие теплотери здания за отопительный период	$Q_{\text{общ}}^{\text{год}}$ , кВт·ч/г.	

## Приложение В

### Измерительные приборы для проведения энергетических обследований

Энергоаудит объектов коммунальных предприятий, жилого и общественного фонда предполагает инструментальные измерения режимов энергопотребления и эксплуатации энергопотребляющего оборудования, которые необходимы для обоснования полученных результатов и обеспечения их достоверности.

Приборы, применяемые для проведения энергетических обследований, должны отвечать следующим требованиям:

- обеспечение возможности проведения измерений без врезки в обследуемую систему и остановки работающего оборудования;
- компактность, легкость, надежность, транспортабельность;
- удобство и простота в работе;
- универсальность, надежность, точность и защищенность от внешних воздействий;
- обеспечение регистрации измеряемых показателей в автономном режиме с передачей собранной информации в виде, удобном для компьютерной обработки.

В зависимости от характера измеряемых параметров приборы можно разделить на электроизмерительные и теплотехнические.

#### **Комплект приборов для проведения энергоаудита, их возможности и область применения**

- А. Электроизмерительные приборы
  1. Трехфазные счетчики активной энергии.
  2. Портативные электроанализаторы.
- Б. Теплотехнические измерительные приборы
  1. Ультразвуковой расходомер.
  2. Электронный прибор сбора данных.
  3. Ультразвуковой толщиномер.
  4. Электронные газоанализаторы дымовых газов.
  5. Инфракрасный термометр, портативная тепловизионная система.
  6. Термоанемометр.
  7. Приборы для измерения температуры и влажности воздуха.
  8. Контактный цифровой термометр для измерения температуры с помощью контактных термодатчиков.

9. Акустический ультразвуковой дефектоскоп (течеискатель).
10. Течеискатель акустический портативный.
11. Тахометр.
12. Люксметр.
13. Автономный измерительный регистратор давления жидкостей и газа.

## Приложение Г Таблицы сбора информации [20]

Форма 1.

Наименование предприятия \_\_\_\_\_

Код предприятия, ИНН - 0000000000000000

1. Вид собственности: \_\_\_\_\_

2. Адрес: \_\_\_\_\_

3. Наличие головной организации \_\_\_\_\_

4. Ф.И.О. руководителя \_\_\_\_\_

5. Ф.И.О. главного инженера \_\_\_\_\_

6. Ф.И.О. главного энергетика \_\_\_\_\_

7. Телетайп \_\_\_\_\_

8. Банковские реквизиты: \_\_\_\_\_

9. Телефоны: руководителя предприятия: \_\_\_\_\_

главного инженера: \_\_\_\_\_

главного энергетика: \_\_\_\_\_

факс: \_\_\_\_\_

для справок: \_\_\_\_\_

Форма Т1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРЕДПРИЯТИИ

№ п.п.	Наименование	Единица измерения	Базовый год	Текущий год	Примечания
1	2	3	4	5	6
1.	Объем производства продукции (работ, услуг)	млн руб.			
2.	Производство продукции в натуральном выражении	Гкал, м <sup>3</sup>			



Продолжение прил. Г

1	2	3	4	5	6
2.1.	Основная продукция (по видам): Отопление	Гкал			
	Горячее водоснабжение	Гкал/год, м <sup>3</sup> /год			
	Хозяйственно-питьевое водоснабжение	м <sup>3</sup> /год			
	Очистка стоков	м <sup>3</sup> /год			
	Подача газа	м <sup>3</sup> /год			
	Подача электроэнергии	кВт·ч			
2.2.	Дополнительная продукция (по видам) в т.ч. из отходов	тонн			
3.	Среднесписочная численность	чел.			
3.1.	в т.ч. производственный персонал	чел.			
4.	Энергоемкость продукции	тыс. топлива (условного) млн руб.			
5.	Сменность работы цехов				
6.	Продолжительность работы предприятия за год	ч			
6.1.	в т.ч. основное производство	ч			
6.2.	вспомогательные службы	ч			

Форма Т2. ОБЪЕМ ВЫПУСКА ПРОДУКЦИИ И УСЛУГ В БАЗОВОМ ГОДУ И ЗА ТЕКУЩИЙ ПЕРИОД

Наименование продукции	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Базовый год												
Получение эл. энергии, тыс. кВт·ч												
Получено топлива (условного), т												

Продолжение прил. Г

Наименование продукции	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Получено тепла со стороны, Гкал												
Получено со стороны воды, м <sup>3</sup>												
Выпуск продукции												
Отпущено эл. энергии, кВт·ч												
Тепла на отопление, Гкал												
Воды ГВС												
Хоз. питьевой воды, м <sup>3</sup>												
Обработано стоков жил. быт., м <sup>3</sup>												
Обработано стоков сторонних, м <sup>3</sup>												
Текущий период												
Получение эл. энергии, тыс. кВт·ч												
Получено топлива (условного), т												
Получено тепла со стороны, Гкал												
Получено со стороны воды, м <sup>3</sup>												

## Форма Т3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА РАСХОДА ТЕПЛА НА ОТОПЛЕНИЕ И ГВС

№ п.п.	Назначение здания	Строительный материал	Теплоноситель	Количество этажей	Год строительства	Объем здания, м <sup>3</sup>	Площадь помещений, м <sup>2</sup>	Температура внут., °С.	Количество проживающих	Состояние здания и системы отопления
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

## Форма Т4. ОБЩЕЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ

№ п.п.	Наименование энергоносителя	Единица измерения	Потребленное количество в 2000 г.	Сведения об энергоносителях	
				Наименование характеристики	Информация и примечания
1.	Топливо				
1.1	Котельно-печное топливо	т (условное)		1.1. Вид топлива	
				1.2. Марка	
				1.3. Теплота сгорания, ккал/м <sup>3</sup>	
				1.4. Переводной коэффициент в условное топливо	Средний за год
					Резервное топливо
1.2	Моторное топливо	т (условное)			
2.	Электроэнергия	тыс. кВт·ч		2.1. Количество ТП	
				2.2. Суммарная мощность ТП, кВт	
				2.3. Напряжение ТП, кВ	
3.	Тепло-энергия	Гкал		3.1. Давление, кг/см <sup>2</sup>	Заполняется для случая потребления от стороннего источника
				3.2. Температура (пара, прямой и обратной воды, конденсата), °С	
				3.3. Температура перегрева пара, °С	

## Форма Т8. УЧЕТ РАСХОДА ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ

№ п.п.	Наименование энергоносителей	Коммерческий учет			Внутренний учет на производстве					Примечания, характеристики системы снабжения
		тип прибора или метод измерения	марка	количество	объекты измерения (цех, установка)	электропотребление, кВт·ч	тип прибора или метод измерения	марка	количество	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	Котельно-печное топливо									
1.1.	Газообразное									
1.2.	Жидкое									
1.3.	Твердое									
2.	Электроэнергия									
3.	Теплоэнергия (пар):									
3.1.	сторонний источник									
3.2.	отпуск от собственной котельной на производственные нужды									
3.3.	отпуск от собственной котельной на сторону									
4.	Вода:									
4.1.	артезианская									
4.2.	из водопровода предприятия									

## Форма Т9. СВЕДЕНИЯ О КОММУНИКАЦИЯХ ПРЕДПРИЯТИЯ

Коммуникации	Год ввода в эксплуатацию	Протяженность, км	Состояние коммуникаций
А. Воздушные электрические 6 – 10 кВ			
0,4 кВ и ниже			
Б. Кабельные свыше 1000 В			
В. Тепловые сети: теплопроводы, паропроводы, магистральные сети			Диаметры, протяженность, характеристика тепловой изоляции, состояние, температура теплоносителя
Внутриквартальные сети			
Сети ГВС			
Конденсатопроводы ( $d = 50$ мм и выше), спутники и т. п.			
Г. Газопроводы			

Продолжение прил. Г

## Форма Т10. УСТАНОВЛЕННАЯ МОЩНОСТЬ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ ПО НАПРАВЛЕНИЯМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

№ п.п.	Наименование объекта (участок и т. д.)	Суммарная мощность эл. потребителей по направлениям использования, кВт								
		Технологическое оборудование общее			Коммунальные потребители			Освещение		Состояние оборудования
		количество эл. двигателей, шт.	суммарная установленная мощность, кВт	время работы за год, ч	количество, шт.	суммарная установленная мощность, кВт	время работы за год, ч	установленная мощность, кВт	годовой фонд рабочего времени, ч	

## Форма Т12. ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ КОТЕЛЬНОЙ, СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ И ГВС

Наименование, тип оборудования и характеристики	Количество	Производственное оборудование		Напор НС и тягодутьевого оборудования		Установленная мощность, кВт	Годовой фонд рабочего времени, ч	Состояние оборудования
		единица измерения	производительность	единица измерения	напор			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Деаэратор-								
Тип химводоочистки -								
Вид смолы-								
Фильтры-								
Дымососы-								
Вентиляторы-								
Питательные насосы-								
Конденсатные насосы-								
Подпиточные насосы-								
Бойлеры								
Сетевые насосы отопления								
Рециркуляционные насосы ГВС-								
Циркуляционные насосы								

Форма Т14. ОБОРУДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ

Наименование, тип оборудования и характеристики	Количество	Производительность оборудования		Напор НС, оборудования		Установленная мощность, кВт	Годовой фонд рабочего времени, ч	Состояние оборудования
		единицы измерения	производительность	единицы измерения	напор			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сетевые насосы								
Насосы ГВС								
Бойлеры								