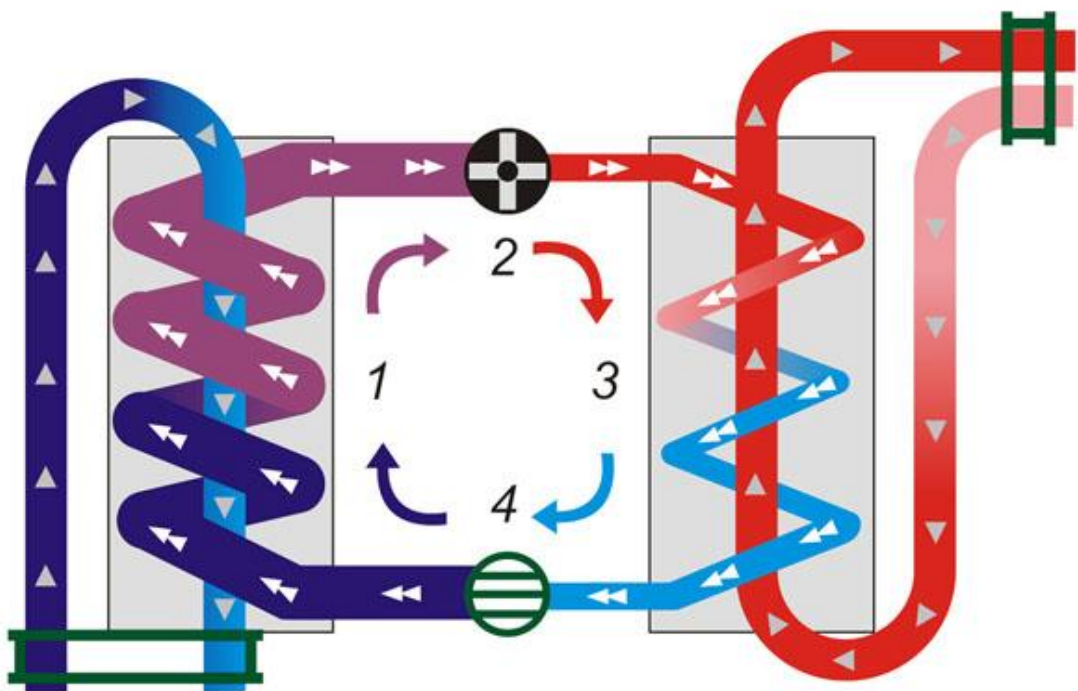


Пилипенко Н.В., Сиваков И.А.

Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей

Учебное пособие



Санкт-Петербург

2013

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ

Пилипенко Н.В., Сиваков И.А.

**Энергосбережение
и повышение энергетической
эффективности инженерных систем и сетей**

Учебное пособие



Санкт-Петербург

2013

Пилипенко Н.В., Сиваков И.А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей. Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 274 с.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению магистерской подготовки 223200 – «Техническая физика» и направлено на формирование всесторонне развитого специалиста, способного в рамках полученных компетенций реализовывать задачи по повышению энергетической эффективности страны на различных уровнях: от разработки и принятия законов до непосредственной реализации тех или иных технических мероприятий.

Рекомендовано к печати Ученым советом Инженерно-физического факультета, протокол № 2 от 12 февраля 2013 г.



В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена программа его развития на 2009–2018 годы. В 2011 году Университет получил наименование «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики»

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2013

© Пилипенко Н.В., Сиваков И.А., 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| ПРЕДИСЛОВИЕ | 8 |
| ГЛАВА 1 Законодательная и нормативная правовая база энергосбережения и повышения энергетической эффективности в Российской Федерации..... | 12 |
| 1.1 Основные термины и понятия | 12 |
| 1.2 Основные положения Государственной программы Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года» | 18 |
| 1.3 Нормативно-правовая и методическая база энергосбережения..... | 25 |
| 1.4 Федеральный закон от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» | 33 |
| 1.4.1 Общие положения | 33 |
| 1.4.2 Требования энергетической эффективности, предъявляемые к государственным (муниципальным) учреждениям..... | 34 |
| 1.4.3 Контроль за соблюдением государственными (муниципальными) учреждениями законодательства..... | 44 |
| 1.4.4 Государственные или муниципальные энергосервисные договоры | 45 |
| 1.5 ISO 50001 – Системы энергоменеджмента | 48 |
| 1.5.1 Основные положения ISO 50001 | 50 |
| 1.5.2 Ответственность руководства (менеджмента)..... | 50 |
| 1.5.3 Энергетическая политика..... | 51 |
| 1.5.4 Энергопланирование | 52 |
| 1.5.5 Внедрение и эксплуатация..... | 54 |
| 1.5.6 Проверка энергоэффективности..... | 57 |
| 1.5.7 Проверка системы энергоменеджмента высшим руководством | 59 |
| Заключение к первой главе | 60 |
| Список литературы к первой главе | 61 |
| ГЛАВА 2 Энергосервисный контракт. Экономические и информационные аспекты..... | 62 |
| 2.1 Энергосервисные компании и энергосервисные контракты | 62 |
| 2.1.1 Основные положения законодательства РФ в области энергосервисной деятельности..... | 64 |
| 2.1.2 Риски энергосервисных договоров и основные проблемы рынка..... | 68 |
| 2.1.3 Последовательность действий государственного заказчика при заключении энергосервисного договора..... | 72 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2 Экономическая эффективность инвестиционных проектов..... | 73 |
| 2.2.1 Критериальные показатели эффективности..... | 74 |
| 2.2.2 Риски инвестиционного проекта | 76 |
| 2.3 Государственное стимулирование мероприятий в области энергосбережения | 77 |
| 2.3.1 Введение социальной нормы потребления | 78 |
| 2.3.2 Ускоренная амортизация основных средств..... | 78 |
| 2.3.3 Возмещение части затрат на уплату процентов по кредитам и займам | 79 |
| 2.3.4 Инвестиционный налоговый кредит..... | 79 |
| 2.3.5 Ограничения (условия) по предоставлению субсидий из федерального бюджета и гарантий РФ по кредитам..... | 80 |
| 2.4 Информационное обеспечение мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности..... | 82 |
| 2.4.1 Российское энергетическое агентство (РЭА)..... | 84 |
| 2.4.2 Государственная информационная система..... | 86 |
| Список литературы ко второй главе | 87 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| ГЛАВА 3 Физические основы энергосбережения. Тепловые потери зданий и сооружений | 89 |
| 3.1 Основы теплопередачи | 91 |
| 3.1.1 Теплопроводность. Основные понятия и определения. Законы теплопроводности | 91 |
| 3.1.2 Конвективный теплообмен. Основные понятие и определения | 96 |
| 3.1.3 Тепловое излучение. Законы теплового излучения | 102 |
| 3.1.4 Сложный теплообмен и теплоотдача..... | 108 |
| 3.1.5 Способы интенсификации теплопередачи..... | 112 |
| 3.1.6 Тепловая изоляция | 112 |
| 3.2. Тепловые потери зданий и сооружений и методы их определения | 114 |
| 3.2.1 Структура тепловых потерь..... | 114 |
| 3.2.2 Сопротивление теплопередаче | 116 |
| 3.2.3 Методы определения тепловых потерь | 116 |
| 3.2.4 Оценка удельной тепловой характеристики объекта..... | 119 |
| 3.3 Способы минимизации тепловых потерь | 120 |
| 3.3.1 Мероприятия по энергосбережению в зданиях и сооружениях | 120 |
| 3.3.2 Мероприятия по энергосбережению в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха | 121 |
| Заключение к третьей главе | 126 |
| Список литературы к третьей главе | 126 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| ГЛАВА 4 Учет и контроль потребляемых ресурсов. Выбор адекватных методов и средств учета энергии..... | 128 |
| 4.1 Расчетные методы учета тепловой энергии | 128 |
| 4.1.1 Расход тепловой энергии на воздушно-тепловые завесы..... | 131 |
| 4.1.2 Расход тепловой энергии на горячее водоснабжение | 132 |
| 4.1.3 Применение программно-информационных средств для автоматизации расчетов составляющих теплового баланса | 134 |
| 4.2 Приборные методы учета тепловой энергии | 134 |
| 4.2.1 Метод переменного перепада давления | 138 |
| 4.2.2 Тахометрический метод измерения расхода..... | 139 |
| 4.2.3 Вихревой метод измерения расхода | 141 |
| 4.2.4 Ультразвуковой метод измерения расхода | 142 |
| 4.2.5 Электромагнитный метод измерения расхода | 145 |
| 4.2.6 Датчики температуры..... | 147 |
| 4.2.7 Преобразователи давления..... | 147 |
| 4.2.8 Требования предъявляемые к теплосчетчикам..... | 148 |
| 4.3 Погрешности определения тепловой энергии. Аттестация и поверка приборов учета | 151 |
| 4.3.1 Нормирование теплосчетчиков по количеству теплоты | 153 |
| 4.3.2 Сертификация теплосчетчиков..... | 157 |
| 4.3.3 Защита приборов учета от несанкционированного вмешательства в их работу | 160 |
| 4.4 Учет потребления электрической энергии | 162 |
| 4.4.1 Устройство и принцип работы индукционного счетчика | 164 |
| 4.4.2 Требования к электрическим счетчикам | 165 |
| 4.4.3 Погрешности учета электрической энергии. Причины нарушения учета и неисправности индукционных счетчиков..... | 167 |
| Список литературы к четвертой главе | 172 |

ГЛАВА 5 Энергетическое обследование и энергоаудит.

| | |
|------------------------------------------------------------------------|------------|
| Энергетический паспорт организации | 174 |
| 5.1 Нормативно-правовая база проведения энергетических обследований .. | 174 |
| 5.2 Энергетическое обследование и энергоаудит | 179 |
| 5.2.1 Цели и этапы проведения энергетического обследования | 181 |
| 5.2.2 Статистическая, документальная и техническая информация | 181 |
| 5.2.3 Инструментальное обеспечение энергетического обследования | 182 |
| 5.2.3.1 Инструментальное обследование потребителей..... | 182 |
| 5.2.4 Аналитический обзор энергетической деятельности..... | 185 |
| 5.3 Тепловой баланс зданий и сооружений | 186 |
| 5.3.1 Нормирование потребления тепловой и электрической энергии | 193 |
| 5.4 Оценка потенциала энергосбережения организации | 195 |
| 5.4.1 Разработка мероприятий по энергосбережению | 197 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.5 Энергетический паспорт и отчет о проведении энергетического обследования | 199 |
| Список литературы к пятой главе | 200 |
| ГЛАВА 6 Методы и средства повышения энергетической эффективности..... | 201 |
| 6.1 Типовые мероприятия по повышению эффективности потребления тепловой и электрической энергии | 201 |
| 6.1.1 Список типовых мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности | 204 |
| 6.1.2 Технические мероприятия по энергосбережению и пределы годовой экономии | 207 |
| 6.1.3 Организационные и малозатратные мероприятия..... | 210 |
| 6.2 Повышение энергоэффективности зданий и сооружений..... | 212 |
| 6.3 Энергосбережение в системах отопления зданий и сооружений | 218 |
| 6.3.1 Классификация систем отопления | 219 |
| 6.3.2 Примеры разводки труб в системах отопления | 221 |
| 6.3.3 Использование тепловых насосов в системах отопления | 225 |
| 6.3.4 Децентрализованные системы отопления зданий и сооружений | 230 |
| 6.3.5 Автоматизированный узел управления системы отопления..... | 241 |
| 6.4 Автоматизированная система комплексного учёта топливно-энергетических ресурсов..... | 245 |
| 6.4.1 Организация работы и условия функционирования автоматизированной системы комплексного учета топливно-энергетических ресурсов..... | 247 |
| 6.4.2 Структура автоматизированной системы комплексного учета топливно-энергетических ресурсов | 248 |
| 6.5 Использование возобновляемых источников энергии и вторичных энергоресурсов | 250 |
| 6.5.1 Возобновляемые источники энергии | 250 |
| 6.5.2 Вторичные энергоресурсы | 255 |
| Список литературы шестой главе..... | 266 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 268 |

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

T, t – текущая температура по шкале Кельвина, К, и Цельсия, °С;
 T_0 – начальная температура тела, К;
 $T_c, T_{ж}$ – температура окружающей среды, жидкости, К;
 $\Theta = (T - T_0)$ – избыточная температура, К;
 $\theta = T/T_0$ – безразмерная относительная температура;
 x, y, z – текущие координаты;
 τ – время, с;
 $2R$ – полная толщина тела, м;
 d, D – геометрический размер, м;
 L, A, δ – линейный размер, м;
 F – площадь сечения тела или площадь поверхности тела, м²;
 q – удельный тепловой поток, Вт/м², или потери теплоты, %;
 q_L – линейная плотность теплового потока, Вт/м;
 Q – полный тепловой поток или тепловая мощность, Вт;
 k – коэффициент теплопередачи плоской стенки, Вт/(м²·К);
 k_L – коэффициент теплопередачи цилиндрической стенки, Вт/(м·К);
 c – удельная массовая теплоемкость, Дж/(кг·К);
 ρ – плотность материала, кг/м³;
 (ρc) – удельная объемная теплоемкость, Дж/(м³·К);
 G – расход жидкости, кг/с, или газа, м³/с;
 V – объем, м³, или объемный расход, м³/с;
 m, M – масса вещества, кг;
 ω – скорость вещества, м/с;
 a – коэффициент температуропроводности, м²/с;
 λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К);
 α – коэффициент конвективного теплообмена, Вт/(м²·К);
 E – излучательная способность, Вт/м²;
 $\epsilon_{пр}$ – приведенная степень черноты системы;
 D – паропроизводительность, кг/с;
 B_p, B_y – расчетный и условный расход топлива, кг/с, м³/с.

Энергоресурсосбережение является одной из важных задач XXI века, 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 роста уровня и качества жизни населения невозможно 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. Весь объем экспортируемых нами нефтепродуктов и нефти сравним с потенциалом энергосбережения в России. Перспективы энергосбережения в нашей стране огромны, нужно только рационально использовать энергоресурсы. Так называемые «утечки» и «издержки», происходят во всех секторах экономики: и в ЖКХ, и в промышленности, и даже в топливно-энергетическом комплексе.

Согласно Государственной программе Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года» [1] энергоемкость валового внутреннего продукта России в 2,5 раза выше среднемирового уровня и в 2,5 - 3,5 раза выше, чем в развитых странах. Более 90 процентов мощностей действующих электростанций, 83 процентов жилых зданий, 70 процентов котельных, 70 процентов технологического оборудования электрических сетей и 66 процентов тепловых сетей было построено еще до 1990 года. Около четверти используемых в настоящее время бытовых холодильников было приобретено более 20 лет назад. В промышленности эксплуатируется 15 процентов полностью изношенных основных фондов.

Длительное сохранение разрыва в уровнях энергетической эффективности с передовыми странами недопустимо, так как сохранение высокой энергоемкости российской экономики приведет к снижению энергетической безопасности России и сдерживанию экономического роста. Выход России на стандарты благосостояния развитых стран на фоне усиления глобальной конкуренции и исчерпания источников экспортно-сырьевого типа развития требует кардинального повышения эффективности использования всех видов энергетических ресурсов.

В 2000 - 2008 годах после долгого отставания Россия вырвалась в мировые лидеры по темпам снижения энергоемкости валового внутреннего продукта. За эти годы данный показатель снизился на 35 процентов, то есть в среднем снижался почти на 5 процентов в год. Основной вклад в снижение энергоемкости валового внутреннего продукта внесли структурные сдвиги в экономике, поскольку промышленность и жилой сектор развивались медленнее, чем сфера услуг, а в промышленности опережающими темпами росло производство менее энергоемких продуктов [1].

«Восстановительный» рост в промышленности позволил получить эффект «экономии на масштабах производства» (экономии на условно-постоянных расходах энергии по мере роста загрузки старых производственных мощностей), но сохранил высокоэнергоемкую сырьевую специализацию и технологическую отсталость российской экономики.

В перспективе на первый план выдвигается технологическая экономия энергии, в отношении которой успехи России пока недостаточны.

В 2000 - 2008 годах за счет внедрения новых технологий при новом строительстве и модернизации энергоемкость валового внутреннего продукта снижалась в среднем только на 1 процент в год, или примерно так же, как и во многих развитых странах, что не позволило существенно сократить технологический разрыв с этими странами. Эффект от внедрения новых технологий частично перекрывался деградацией и падением эффективности старого изношенного оборудования и зданий [1].

Уровни энергоемкости производства важнейших отечественных промышленных продуктов выше среднемировых в 1,2 - 2 раза и выше лучших мировых образцов в 1,5 - 4 раза. Низкая энергетическая эффективность порождает низкую конкурентоспособность российской промышленности. При приближении внутренних цен на энергетические ресурсы к мировым российская промышленность может выжить в конкурентной борьбе только при условии значительного повышения энергетической эффективности производства [1].

Формирование в России энергоэффективного общества — это неотъемлемая составляющая развития экономики России по инновационному пути. Переход к энергоэффективному варианту развития должен быть совершен в ближайшие годы, иначе экономический рост будет сдерживаться из-за высоких цен и снижения доступности энергетических ресурсов.

Российская Федерация располагает одним из самых больших в мире технических потенциалов энергосбережения и повышения энергетической эффективности, который составляет более 40 процентов уровня потребления энергии. Оценка дана к уровню 2007 года, как базового для

Указа Президента Российской Федерации от 4 июня 2008 г. № 889. В абсолютных объемах этот потенциал составляет 403 млн. тонн условного топлива, а с учетом сокращения сжигания попутного газа в факелах - 420 млн. тонн условного топлива [1]. Это выше, чем предусмотренный в Энергетической стратегии России на период до 2030 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р, прирост производства первичной энергии в России в 2008 - 2020 годах на 244 - 270 млн. тонн условного топлива [2]

Энергосбережение и повышение энергетической эффективности следует рассматривать как один из основных источников будущего экономического роста. Однако до настоящего времени этот источник был задействован лишь в малой степени.

Решение проблемы энергосбережения и повышения энергетической эффективности носит долгосрочный характер, что обусловлено необходимостью как изменения системы отношений на рынках энергоносителей, так и замены и модернизации значительной части производственной, инженерной и социальной инфраструктуры и ее развития на новой технологической базе.

Одно из важнейших условий — создавать энергосбережение, как выгодное дело, как для компаний, занимающихся энергосбережением на профессиональном уровне, так и для финансистов. В то же время, энергосбережение должно быть преобразовано для потребителей энергии в разумный метод уменьшения расходов. В рыночной экономике производится то, за что готовы платить деньги, потому крайне важно организовать рынок энергосбережения, через организацию потребностей в энергосберегающих товарах и услугах, а они не заставят себя ждать в условиях активного спроса.

Так же немаловажно качественно и своевременно предоставлять услуги энергосбережения, устанавливать контакты между организациями, занимающимися проблемой, демонстрировать возможности производств, изготавливающих приборы, внедряющих технологии, предоставляющих услуги энергосберегающего сектора, укрепление партнерских отношений между производителями и потребителями энергосберегающих изделий.

Барьеры, сдерживающие развитие энергосбережения и энергоэффективности в стране, можно разделить на четыре основные группы [1]:

- недостаток мотивации;
- недостаток информации;
- недостаток опыта финансирования проектов;
- недостаток организации и координации.

Из сказанного становится ясно, что создание качественной кадровой базы специалистов, ответственных за энергосбережение и повышение

энергетической эффективности, на плечи которых ложатся задачи по выполнению действующего законодательства и воплощению в жизнь инновационной стратегии развития Российской Федерации, не менее важно, чем создание новых технологий или модернизация производственных мощностей.

Практика показывает, что квалификация такого специалиста не должна ограничиваться только знанием нормативной базы и особенностей финансирования проектов или с другой стороны только знанием технических основ энергосбережения. Современные рыночные тенденции таковы, что наиболее востребованы на различных уровнях всеобщие развитые специалисты, способные легко ориентироваться в быстроизменяющихся законах, способные самостоятельно провести технический анализ и технико-экономическое обоснование проекта и при этом понимающие фундаментальные принципы и ограничения, лежащие в его основе.

Настоящее учебное пособие предназначено для студентов, изучающих дисциплину «Энерго- и ресурсосберегающие технологии», которая относится к циклу профессиональных дисциплин. Учебное пособие направлено на формирование всеобщего развитого специалиста, способного в рамках полученных компетенций реализовывать поставленные правительством задачи по повышению энергетической эффективности страны на различных уровнях: от разработки и принятия законов до непосредственной реализации тех или иных технических мероприятий.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин физика, математика, информатика, компьютерные технологии моделирования физических процессов, процессы и устройства преобразования энергии, мониторинг энергофизических процессов и служит основой для освоения дисциплин современные проблемы науки и производства в области технической физики, специальные методы измерения физических величин, специальные разделы теории тепло и массообмена, техника тепло-физического эксперимента.

Список литературы к предисловию

1. Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года».
2. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года

ГЛАВА 1

Законодательная и нормативная правовая база энергосбережения и повышения энергетической эффективности в Российской Федерации

1.1 Основные термины и понятия

Основные термины и определения приведены в ГОСТ Р 51387–99 «Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение» и Федеральном законе от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (далее - Закон № 261-ФЗ) [1-4].

1. Теплофизические свойства (ТФС) или теплофизические характеристики (ТФХ) веществ, материалов и изделий – коэффициенты теплопроводности, температуропроводности, теплоотдачи, теплопередачи, термическое сопротивление теплопередачи, удельная объемная или весовая теплоемкости, степень черноты, температура насыщения. Физический смысл и определения коэффициентов приведены в лекции №2.

2. Топливо – вещество, которое может быть использовано в хозяйственной деятельности для получения тепловой энергии, выделяющейся при его сгорании.

3. Энергоноситель – вещество или форма материи, находящиеся в различных агрегатных состояниях (твердое, жидкое, газообразное, плазма, поле, излучение). Энергия этих веществ, при создании определенных условий, используется для целей энергоснабжения.

4. Природный энергоноситель – энергоноситель, образовавшийся в результате природных процессов: вода гидросферы (при использовании энергии рек, морей, океанов); горячая вода и пар геотермальных источников; воздух атмосферы (при использовании энергии ветра); органическое топливо (нефть, газ, уголь, торф, сланцы), биомасса.

5. Произведенный энергоноситель – энергоноситель, полученный как продукт производственного технологического процесса: водяной пар различных параметров котельных установок и других парогенераторов; горячая вода; сжатый воздух, ацетилен; продукты переработки органического топлива и биомассы и т.п.

6. Топливо-энергетические ресурсы (ТЭР) – совокупность природных и производственных энергоносителей, запасенная энергия которых при существующем уровне развития техники и технологии

доступна для использования в хозяйственной деятельности предприятий, транспорта, жилищно-коммунальном комплексе.

7. Вторичные топливно-энергетические ресурсы (ВЭР) – топливно-энергетические ресурсы, полученные как отходы или побочные продукты (выбросы) производственного технологического процесса. Вторичные ТЭР встречаются в виде теплоты различных параметров и топлива.

К ВЭР относят: нагретые уходящие газы технологических агрегатов; газы и жидкости систем охлаждения; отработанный водяной пар; сбросные воды; вентиляционные выбросы, теплота которых может быть полезно использована.

К ВЭР в виде топлива относят: твердые и жидкие отходы, газообразные выбросы нефтеперерабатывающей, нефтедобывающей, химической, целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей и других отраслей промышленности, городской мусор и т.п.

8. Первичная энергия – энергия, заключенная в ТЭР.

9. Полезная энергия – энергия, теоретически необходимая (в идеализированных условиях) для осуществления заданных операций, технологических процессов или выполнения работы и оказания услуг.

Примеры определения термина «полезная энергия»:

- в системах освещения – по световому потоку ламп;
- в силовых процессах: для двигательных процессов – по рабочему моменту на валу двигателя; для процессов прямого воздействия – по расходу энергии, необходимой в соответствии с теоретическим расчетом проведения заданных усилий;
- в электрохимических и электрофизических процессах – по расходу энергии, необходимой для проведения заданных условий;
- в термических процессах – по теоретическому расходу энергии на нагрев, кипение, плавку, испарение материала и проведение эндотермических реакций;
- в системах отопления, вентиляции, кондиционирования, горячего водоснабжения, холодоснабжения – по количеству теплоты, полученной потребителями или пользователями;
- в системах преобразования, хранения, транспортировки топливно-энергетических ресурсов – по количеству ресурсов, получаемых из этих систем.

10. Возобновляемые топливно-энергетические ресурсы – природные энергоносители, постоянно пополняемые в результате естественных (природных) процессов.

Возобновляемые ТЭР основаны на использовании [4]:

- источников энергии: солнечного излучения, энергии ветра, рек, морей и океанов, внутренней теплоты Земли, воды, воздуха;

- энергии естественного движения воздуха, водных потоков и существующих в природе градиентов температур и разности плотностей;
- энергии биомассы, получаемой в качестве отходов растениеводства и животноводства, искусственных лесонасаждений и водорослей;
- энергии от утилизации отходов промышленного производства, твердых бытовых отходов и осадков сточных вод;
- энергии от сжигания растительной биомассы, термической переработки отходов лесной и деревообрабатывающей промышленности.

11. Энергоустановка – комплекс взаимосвязанного оборудования и сооружений, предназначенных для производства или преобразования, передачи, накопления, распределения или потребления энергии.

12. Рациональное или эффективное использование ТЭР – использование топливно-энергетических ресурсов, обеспечивающее достижение максимальной при существующем уровне развития техники и технологии эффективности с учетом ограниченности их запасов и соблюдения требований снижения техногенного воздействия на окружающую среду и других требований общества. Понятие «Рациональное использование ТЭР» является общим по сравнению с понятием «Экономное расходование ТЭР» и включает:

- выбор оптимальной структуры энергоносителей, т.е. оптимального количественного соотношения различных используемых видов энергоносителей в установке, на участке, в цехе, на предприятии, в регионе, отрасли, хозяйстве;
- комплексное использование топлива, его теплоты, в том числе и отходов продуктов сгорания топлива в качестве сырья для промышленности (например, использование золы и шлаков в строительстве);
- комплексное использование гидроресурсов рек и водоемов;
- учет возможности использования органического топлива (например нефти) в качестве ценного сырья для промышленности;
- комплексное исследование экспортно-импортных возможностей и других структурных оптимизаций.

13. Экономия ТЭР – сравнительное в сопоставлении с базовым, эталонным значением сокращение потребления ТЭР на производство продукции, выполнение работ и оказание услуг установленного качества без нарушения экологических и других ограничений в соответствии с требованиями общества.

Экономия ТЭР определяется через сравнительное сокращение расхода, а не потребления ТЭР, корреспондирующееся с расходной частью топливно-энергетического баланса конкретным энергопотребляющим объектом (изделием, процессом, работой и услугами).

Эталонные значения расхода ТЭР устанавливаются в нормативных, технических, технологических, методических документах и утверждаются уполномоченным органом применительно к проверяемым условиям и результатам деятельности.

14. Непроизводительный расход ТЭР – потребление ТЭР, обусловленное несоблюдением или нарушением требований, установленных государственными стандартами, иными нормативными актами, нормативными и методическими документами.

15. Энергосбережение – реализация правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное (рациональное) использование (и экономное расходование) ТЭР и на вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии.

16. Показатель энергосбережения – качественная и (или) количественная характеристика проектируемых или реализуемых мер по энергосбережению.

17. Энергосберегающая политика – комплексное системное проведение на государственном уровне программы мер, направленных на создание необходимых условий организационного, материального, финансового и другого характера для рационального использования и экономного расходования ТЭР.

18. Энергетическое обследование – обследование потребителей ТЭР с целью установления показателей эффективности их использования и выработки экономически обоснованных мер по их повышению.

19. Топливо-энергетический баланс – система показателей, отражающая полное количественное соответствие между приходом и расходом (включая потери и остаток) ТЭР в хозяйстве в целом или на отдельных его участках (отрасль, регион, предприятие, цех, процесс, установка) за выбранный интервал времени.

Термин выражает полное количественное соответствие (равенство) за определенный интервал времени между расходом и приходом энергии и топлива всех видов в энергетическом хозяйстве. Топливо-энергетический баланс является статической характеристикой динамической системы энергетического хозяйства за определенный интервал времени. Оптимальная структура топливо-энергетического баланса является результатом оптимизационного развития энергетического хозяйства.

Топливо-энергетический баланс может составляться [3, 4]:

- по видам ТЭР (ресурсные балансы);
- по стадиям энергетического потока ТЭР (добыча, переработка, преобразование, транспортировка, хранение, использование);
- по единому или сводному топливо-энергетическому балансу всех видов энергии и ТЭР, и в целом по народному хозяйству;

- по энергетическим объектам (электростанции, котельные), отдельным предприятиям, цехам, участкам, энергоустановкам, агрегатам;
- по назначению (силовые процессы, тепловые, электрохимические, освещение, кондиционирование, средства связи и управления);
- уровню использования (с выделением полезной энергии и потерь);
- в территориальном разрезе и по отраслям народного хозяйства.

При составлении топливно-энергетического баланса различные виды ТЭР приводят к одному количественному измерению. Процедура приведения к единообразию может производиться:

- по физическому эквиваленту энергии, заключенной в ТЭР, т.е. в соответствии с первым законом термодинамики;
- по относительной работоспособности (эксергии), т.е. в соответствии со вторым законом термодинамики;
- по количеству полезной энергии, которая может быть получена из указанных ТЭР в теоретическом плане для заданных условий.

20. Энергетический паспорт промышленного потребителя ТЭР – нормативный документ, отражающий баланс потребления и показатели эффективности использования ТЭР в процессе хозяйственной деятельности объектом производственного назначения и могущей содержать энергосберегающие мероприятия.

21. Энергетический паспорт гражданского здания – документ, содержащий геометрические, энергетические и теплотехнические характеристики зданий и проектов зданий, ограждающих конструкций и устанавливающий соответствие их требованиям нормативных документов.

22. Энергосберегающая технология – новый или усовершенствованный технологический процесс, характеризующийся более высоким коэффициентом полезного использования ТЭР.

23. Сертификация энергопотребляющей продукции – подтверждение соответствия продукции нормативным, техническим, технологическим, методическим и иным документам в части потребления энергоресурсов топливо- и энергопотребляющим оборудованием.

24. Показатель энергетической эффективности – абсолютный, удельный или относительный параметр потребления или потерь энергетических ресурсов для продукции любого назначения или технологического процесса.

25. Коэффициент полезного использования энергии – отношение всей полезно используемой в хозяйстве (участке, энергоустановке и т.п.) энергии к суммарному количеству израсходованной энергии.

26. Коэффициент полезного действия – отношение полезной энергии к подведенной; параметр, характеризующий совершенство процесса превращения, преобразования или передачи энергии.

27. Потеря энергии – разность между количеством подведенной (первичной) и потребляемой (полезной) энергии. Потери энергии классифицируются следующим образом:

а) по области возникновения: при добыче, хранении, транспортировке, переработке, преобразовании, при использовании и утилизации;

б) по физическому признаку и характеру:

- потери теплоты в окружающую среду с уходящими топочными газами, технологической продукцией, технологическими отходами, уносами материалов, химическим, механическим и физическим недожогом, охлаждающей водой;

- потери электроэнергии в трансформаторах, дросселях, электропроводах, электродах, линиях электропередач, энергоустановках;

- потери жидкостей и газов с утечками через неплотности;

- гидравлические потери напора при дросселировании и потери на трение при движении жидкости (пара, газа) по трубопроводам с учетом местных сопротивлений;

- механические потери на трение подвижных частей машин и механизмов;

в) по причинам возникновения:

- вследствие конструктивных недостатков,

- в результате неправильной эксплуатации агрегатов и не оптимально выбранного технологического режима работы;

- в результате брака продукции и по другим причинам.

28. Полная энергоемкость продукции – параметр расхода энергии и (или) топлива на изготовление продукции, включая расход на добычу, транспортировку, переработку полезных ископаемых и производство сырья, материалов, деталей с учетом коэффициента использования сырья и материалов.

29. Энергоемкость производства продукции – параметр потребления энергии и (или) топлива на основные и вспомогательные технологические процессы изготовления продукции, выполнение работ, оказание услуг на базе заданной технологической системы. Практически при производстве любого вида продукции расходуются ТЭР, и для каждого из видов продукции существует соответствующая энергоемкость технологических процессов их производства. При этом энергоемкость технологических процессов производства одних и тех же видов изделий, выпускаемых различными предприятиями, может быть различна.

30. Показатель экономичности энергопотребления изделием – количественная характеристика эксплуатационных свойств, отражающих техническое совершенство конструкции, качество изготовления, уровень

или степень потребления энергии и (или) топлива при использовании этого изделия по прямому функциональному назначению.

Показатели экономичности энергопотребления индивидуальны для различных видов изделий. Они характеризуют совершенство конструкции данного вида изделия и качество его изготовления. В качестве показателей экономичности энергопотребления, как правило, следует выбирать удельные показатели.

31. Потребитель топливно-энергетических ресурсов – физическое или юридическое лицо, осуществляющее пользование топливом, электрической энергией и (или) тепловой энергией (мощностью).

32. Организация-энергоаудитор (энергоаудитор) – юридическое лицо (организация, кроме государственных федеральных надзорных органов), осуществляющее энергетическое обследование потребителей ТЭР и имеющее лицензию на выполнение этих работ.

1.2 Основные положения Государственной программы Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года»

Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года» (далее - Программа) разработана в соответствии с планом подготовки актов по реализации в 2009 – 2010 годах Основных направлений деятельности Правительства Российской Федерации на период до 2012 года, утвержденным распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 декабря 2008 г. № 1996-р [1]:.

Программа направлена на обеспечение повышения конкурентоспособности, финансовой устойчивости, энергетической и экологической безопасности российской экономики, а также роста уровня и качества жизни населения за счет реализации потенциала энергосбережения и повышения энергетической эффективности на основе модернизации, технологического развития и перехода к рациональному и экологически ответственному использованию энергетических ресурсов.

Основная цель Программы: обеспечение рационального использования топливно-энергетических ресурсов за счёт реализации энергосберегающих мероприятий, повышения энергетической эффективности в секторах экономики и субъектах Российской Федерации и снижения энергоёмкости ВВП по сравнению с 2007 годом на 13,5%.

Основные задачи Программы [1]:

- обеспечение устойчивого процесса повышения эффективности энергопотребления в секторах российской экономики, в том числе за счёт запуска механизмов стимулирования энергосбережения и

повышения энергетической эффективности в различных сферах экономики Российской Федерации, реализации типовых энергосберегающих проектов, активизирующих деятельность хозяйствующих субъектов и населения по реализации потенциала энергосбережения;

- сохранение и расширение потенциала экспорта энергоресурсов и доходной части бюджета за счёт сокращения неэффективного потребления энергии на внутреннем рынке;
- снижение объёмов выбросов парниковых газов.

Основными макроэкономическими показателями по итогам реализации Программы являются [1]:

- обеспечение снижения энергоемкости валового внутреннего продукта за счет реализации мероприятий Программы не менее чем на 7,4 процента на I этапе (2011 - 2015 годы) и на 13,5 процента за весь срок реализации Программы (2011 - 2020 годы);
- обеспечение годовой экономии первичной энергии за счет реализации мероприятий Программы в размере не менее 100 млн. тонн условного топлива к концу I этапа (к 2016 году) и 195 млн. тонн условного топлива к концу II этапа (к 2021 году);
- обеспечение суммарной экономии энергии в размере 334 млн. тонн условного топлива на I этапе (2011 - 2015 годы) и 1124 млн. тонн условного топлива за весь срок реализации Программы (2011 - 2020 годы).

Мероприятия Программы охватывают основные отрасли экономики и социальную сферу Российской Федерации и должны стать одним из приоритетных направлений модернизации и технологического развития Российской Федерации.

Срок реализации Программы - 2011 - 2020 годы. Реализация Программы будет осуществляться поэтапно [1]:

- на I этапе (2011 – 2015 годы) предполагается осуществить переход на энергоэффективный путь развития экономики Российской Федерации;
- на II этапе (2016 – 2020 годы) предполагается обеспечить развитие экономики Российской Федерации по энергоэффективному пути.

Параметры реализации Программы для II этапа должны быть уточнены до 1 января 2015 г. на основе результатов текущего осуществления мероприятий Программы.

Достижение целей Программы потребует реализации комплекса долгосрочных взаимоувязанных по ресурсам, срокам и этапам мероприятий с использованием межотраслевого подхода (с охватом всех секторов экономики).

Основные программные мероприятия [1]:

1. Повышение энергоэффективности в электроэнергетике:
 - Вывод из эксплуатации выработавших ресурс ДЭС (дизельных электростанций), строительство новых ДЭС с использованием современных технологий (в условиях укрупнения и консолидирования поселков, их частичного закрытия, развития сетевого хозяйства и др.), модернизация ДЭС с использованием нового современного энергоэффективного оборудования.
 - Вывод из эксплуатации низкоэкономичного выработавшего моральный и физический ресурс паросилового оборудования газовых ТЭС, замещение его новыми установками с использованием газотурбинных и парогазовых технологий, модернизация и реконструкция действующих конденсационных и теплофикационных установок с использованием современного энергоэффективного оборудования.
 - Вывод из эксплуатации морально и физически устаревшего оборудования с низкими параметрами пара угольных ТЭС, замещение его новыми установками с использованием эффективных экологически чистых угольных технологий, модернизация и реконструкция действующих конденсационных и теплофикационных агрегатов с целью повышения их энергоэффективности.
 - Повышение технического уровня, расширение освоения и внедрения в Единой национальной электрической сети России новых энергоэффективных инновационных технологий, разработка на их основе типовых проектных решений:
 - а) технологии и оборудование гибких систем передачи переменного тока (FACTS);
 - б) силовые электронные системы постоянного тока высокого напряжения (HVDC);
 - в) технологии и оборудование для высокоинтегрированных интеллектуальных системобразующих и распределительных электрических сетей нового поколения в ЕЭС России (Smart Grids);
 - г) высокотемпературные сверхпроводниковые материалы и устройства на их основе и др.
 - Снижение потерь электроэнергии и совершенствование системы коммерческого и технического учёта электроэнергии в электрических сетях и у потребителей
2. Повышение энергоэффективности в теплоснабжении и системе коммунальной инфраструктуры:

- Применение модульных одновальных ПГУ-ТЭЦ мощностью 40–100–170 МВт и ГТУ-ТЭЦ для последовательного сокращения котельных и перехода на когенерацию электроэнергии и тепла в крупных городах и муниципальных образованиях
 - Применение тепловых насосов и возобновляемых источников низкопотенциального тепла в системах теплоснабжения и холодоснабжения (тригенерация) в крупных городах и муниципальных образованиях
 - Использование мини-ТЭЦ – установок совместной выработки тепловой и электрической энергии на базе газотурбинных установок с котлом-утилизатором, газопоршневых и турбодетандерных установок
 - Вывод из эксплуатации котельных, выработавших ресурс, или имеющих избыточные мощности; модернизация действующих и строительство новых котельных с использованием современных технологий (КПД > 85% - твёрдое топливо, > 90% - жидкое топливо, > 92% - природный газ)
 - Использование телекоммуникационных IT-систем централизованного технологического управления системами теплоснабжения, комплексная автоматизации тепловых пунктов с выводением основных параметров на диспетчерские пункты
 - Строительство новых и замена действующих тепловых сетей с использованием современного энергоэффективного оборудования
 - Установка регулируемого привода в системах водоснабжения и водоотведения
 - Замена светильников уличного освещения на энергоэффективные источники света
3. Повышение энергоэффективности в промышленности:
- Внедрение систем эффективного производственного освещения
 - Внедрение систем эффективного пароснабжения
 - Внедрение эффективных систем сжатого воздуха
 - Внедрение регулируемого электропривода
 - Внедрение эффективных электродвигателей и оптимизация систем электродвигателей
4. Повышение энергоэффективности в сельском хозяйстве:
- Повышение эффективности парка сельскохозяйственных тракторов с оптимизацией их мощности и снижением среднего расхода топлива новых сельскохозяйственных тракторов, работающих на дизельном топливе

- Повышение энергоэффективности тепличного хозяйства (улучшение изоляции теплиц; автоматизация систем управления источниками тепла и микроклиматом; внедрение эффективных систем подогрева воды для полива, аккумуляторов тепла; утилизация тепла отходящих газов для обогрева; использование частотно-регулируемого привода)
5. Повышение энергоэффективности на транспорте:
- Железнодорожный транспорт:
 - а) Замена изношенного парка оборудования на электровозы нового поколения со сниженным аэродинамическим сопротивлением, рекуперативным торможением и эффективной тягой;
 - б) Применение эффективных технологий управления и диспетчеризации и информационных технологий;
 - в) Замена биметаллических подвесных тросов на медные;
 - г) Применение параллельного секционирования; строительство дополнительных тяговых подстанций;
 - д) Ремонт железнодорожных путей и строительство высокоскоростных магистралей
 - Автомобильный транспорт:
 - а) Обновление парка легковых, грузовых автомобилей и автобусов за счёт новых моделей с повышенными показателями топливной экономичности и пониженным выбросом CO₂;
 - б) Субсидии покупателям гибридных легковых автомобилей и автомобилей с объёмом двигателя до 1 л;
 - в) Обязательное введение в программы автошкол предмета «Энергоэффективное вождение» и обязательная переподготовка водителей автобусов и грузовых автомобилей раз в 5 лет;
 - г) Применение интегрированного подхода к планированию работы транспорта.
 - Трубопроводный транспорт:
 - а) Газопроводы - оптимизация технологических режимов, модернизация или замена старых силовых агрегатов и компрессоров на новые с КПД 32-36%, применение газодетандерных установок, повышение степени утилизации тепла технологических потоков.
 - б) Нефте- и нефтепродуктопроводы – реконструкция трубопроводов, сокращение потерь нефти, внедрение автоматизированных систем управления и телемеханики,

модернизация нефтеперекачивающих агрегатов, внедрение установок улавливания лёгких фракций

6. Повышение энергоэффективности в организациях федеральной бюджетной сферы:

- Оснащение приборами учёта тепловой энергии, природного газа и электроэнергии всех объектов бюджетной сферы и сферы услуг
- Проведение энергетического аудита 1 раз в 5 лет на всех объектах бюджетной сферы. Проведение энергетического аудита в организациях сферы услуг (добровольного или обязательного) в соответствии с действующим законодательством
- Строительство всех новых зданий по СНиП «Энергоэффективность в зданиях», в которых вводятся требования к снижению удельного расхода энергии на цели отопления
- Повышение доли бюджетных зданий и зданий сферы услуг, подлежащих ежегодно комплексному капитальному ремонту
- Утепление не менее 380 млн. м² зданий бюджетной сферы и 280 млн. м² прочих зданий сферы услуг
- Замена старых отопительных котлов в индивидуальных системах отопления бюджетных зданий и зданий сферы услуг
- Повышение эффективности систем освещения бюджетных зданий и зданий сферы услуг
- Закупка энергопотребляющего оборудования высоких классов энергоэффективности для организаций бюджетной сферы за счёт введения соответствующих требований в законодательство о закупке товаров для государственных и муниципальных нужд

7. Повышение энергоэффективности в жилищном секторе:

- Реализация типового проекта «Расчёт по факту», включающего мероприятия по переходу на оплату коммунальных услуг населением на основе показаний приборов учёта потребления коммунальных услуг в многоквартирных жилых зданиях
- Реализация типового проекта «Энергоэффективный микрорайон», включающего мероприятия по модернизации и реконструкции зданий с применением новейших технологий и снижению на этой основе затрат на оказание жилищно-коммунальных услуг населению
- Проведение добровольного энергетического аудита

- Строительство всех новых жилых зданий по СНиП «Тепловая защита зданий», устанавливающего требования к снижению удельного расхода энергии на цели отопления
- Оснащение жилых зданий, присоединенных к системах централизованного энергоснабжения, подомовыми и поквартирными коммерческими приборами учёта и регулирования потребления энергии
- Повышение доли многоквартирных жилых зданий, подлежащих ежегодно комплексному капитальному ремонту (до 3% к 2020 г.) с введением требования снижения удельного расхода на отопление по итогам ремонта не менее, чем на 30%
- Реализация типового проекта «Теплый дом», предусматривающего снижение потребления коммунальных ресурсов в многоквартирных жилых домах по итогам проведения комплексного капитального ремонта
- Утепление квартир и мест общего пользования в многоквартирных зданиях, не подлежащих капитальному ремонту (установка пластиковых стеклопакетов, теплоотражающих пленок и прокладок для окон, остекление лоджий, установка современных радиаторов др.)
- Повышение энергоэффективности крупной электробытовой техники
(стимулирование замены агрегатов со сроком службы более 15 лет на новые энергоэффективные модели – класс А и выше)
- Реализация типового проекта «Экономный свет» – мероприятия по замене ламп накаливания на энергоэффективные осветительные устройства, повышение эффективности систем внутридомового и квартирного освещения
- Замена старых отопительных котлов в жилых зданиях с индивидуальными системами отопления на новые энергоэффективные котлы с КПД не ниже 95%
- Применение тепловых насосов в системах отопления в жилищном секторе

8. Стимулирование повышения энергоэффективности в субъектах Российской Федерации;

9. Расширение использования возобновляемых источников энергии;

10. Нормативно-законодательное, ресурсное, организационное и информационное обеспечение деятельности по повышению энергоэффективности.

Структура источников финансирования приведена в табл.1.1[1]. Как видно из таблицы основной источник финансирования мероприятий по

энергосбережению и повышению энергетической эффективности в рамках реализации Программы – внебюджетные средства (частный российский и международный капитал).

Таблица 1.1 Объемы и источники финансирования [1]

| | ВСЕГО 2010-2020 годы млрд. руб | В том числе | |
|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|
| | | I этап 2010- 2015 годы | II этап 2016- 2020 годы |
| Всего на реализацию энергоэффективных мероприятий и проектов (без учёта ВИЭ) | 10459 | 4070 | 6389 |
| в том числе: | | | |
| средства федерального бюджета: | 854 | 288 | 566 |
| средства бюджетов субъектов Российской Федерации: | 957 | 419 | 538 |
| внебюджетные источники: | 8647 | 3363 | 5284 |
| Всего на реализацию мероприятий и проектов по расширению использования ВИЭ | 1749 | 333 | 1416 |
| в том числе: | | | |
| средства федерального бюджета: | 376 | 47 | 329 |
| средства бюджетов субъектов Российской Федерации: | 22 | 4 | 18 |
| внебюджетные источники: | 1351 | 282 | 1069 |

1.3 Нормативно-правовая и методическая база энергосбережения

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.

Закон №261-ФЗ является основным, но не единственным регулирующим документом в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Структура законодательных и нормативных актов приведена на рисунке 1.1



Рис. 1.1. Структура законодательства об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности [2]

В состав нормативно правовой базы по энергосбережению так же входят:

- Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года», утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2010 г. № 2446-р;
- Указ Президента РФ №579 от 13.05.2010г. «Об оценке эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления городских округов и муниципальных районов в

области энергосбережения и повышения энергетической эффективности»;

- Постановление Правительства РФ №646 от 23.08.2010г. «О принципах формирования органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации перечня мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в отношении общего имущества собственников помещений в многоквартирном доме»;
- Постановление Правительства РФ №391 от 01.06.2010г. « О порядке создания государственной информационной системы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности и условий для ее функционирования»;
- Постановление Правительства РФ №340 от 15.05.2010г. «О порядке установления требований к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности»;
- Постановление Правительства РФ №1225 от 31.12.2009г. «О требованиях к региональным и муниципальным программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности»;
- Постановление Правительства РФ №67 от 20.02.2010г. «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам определения полномочий федеральных органов исполнительной власти в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности»;
- Приказ Минрегионразвития РФ №338 от 29.07.2010г. « Об утверждении перечня рекомендуемых мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в отношении объектов инфраструктуры и другого имущества общего пользования садоводческих, огороднических и дачных некоммерческих объединений граждан»;
- Приказ Минрегиона РФ №273 от 07.06.2010г. «Об утверждении методики расчета значений целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, в том числе в сопоставимых условиях».
- Приказ Росстата №176 от 29.04.2010г. «Об утверждении форм федерального статистического наблюдения за энергосбережением»;
- Приказ Минэкономразвития РФ №61 от 17.02.2010г. «Об утверждении примерного перечня мероприятий в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, который может быть использован в целях разработки региональных,

- муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности»;
- Приказ Минпромторга РФ от 07.09.2010г. №769 «О категориях товаров, которые должны содержать информацию о классе их энергетической эффективности в технической документации, прилагаемой к этим товарам, маркировке и на этикетках, а также о характеристиках товаров у указанием категорий товаров, на которые в соответствии с требованиями Федерального закона «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» не распространяются требования о включении информации об их энергетической эффективности в техническую документацию, прилагаемую к товаром, маркировку и на этикетку»;
 - Распоряжение Правительства РФ №1830-р от 01.12.2009г. «Об утверждении плана мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в Российской Федерации»;
 - Письмо Роспотребнадзора №01/9121-01-32 от 21.06.2010г. «О соблюдении требований законодательства об энергосбережении и энергоэффективности»;
 - Письмо Минэкономразвития РФ №8189-ЭН/Д07 от 22.05.2010г. «О соблюдении требований законодательства об энергосбережении и энергоэффективности»;
 - Указ Президента Российской Федерации от 4 июня 2008 г. № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики»;
 - Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. № 1662-р;
 - Основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года, утвержденные распоряжением Правительства Российской Федерации от 8 января 2009 г. № 1-р;
 - Энергетическая стратегия России на период до 2030 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р;
 - Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации от 17 февраля 2010 г. № 61 «Об утверждении примерного перечня мероприятий в области энергосбережения и повышения

энергетической эффективности, который может быть использован в целях разработки региональных, муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности».

- ISO 50001:2011 Energy management systems - Requirements with guidance for use (Системы энергоменеджмента - Требования с руководством по использованию).
- закон РФ «О стандартизации» № 5154-1 от 10.06.1996;
- закон РФ «Об обеспечении единства измерений» № 4871-1 от 27.04.1993;
- закон Российской Федерации «О сертификации продукции и услуг» № 5153-1 от 14.06.1993;
- закон Российской Федерации «О государственном регулировании тарифов на электрическую и тепловую энергию в Российской Федерации» № 41-ФЗ от 14.04.1995;
- закон РФ «Об охране окружающей среды»;
- закон РФ «О лицензировании отдельных видов деятельности» № 158-ФЗ от 25.09.1998;

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

Кроме нормативно-правовых документов в Российской Федерации действует ряд государственных стандартов, некоторые из которых морально устарели.

Основное назначение ГОСТ Р 51387–99 «Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение» – системно упорядочить активно развивающиеся процессы нормативно-методического обеспечения энергосбережения на федеральном, региональном (субъектов РФ), ведомственном и локальном уровнях с использованием принципов, учитывающих рыночные условия хозяйствования [3].

Стандарт устанавливает основные понятия, принципы, цели и субъекты деятельности в области нормативно-методического обеспечения энергосбережения, состав и назначение основополагающих нормативных, методических документов и распространяется на деятельность, связанную с эффективным использованием топливно-энергетических ресурсов, на энергопотребляющие объекты (установки, оборудование, продукцию производственно-технического и бытового назначения), технологические процессы, работы, услуги [3].

Стандарт не распространяется на объекты военной техники, ядерные, химические и биологические энергопотребляющие объекты.

Положения, установленные в стандарте, обязательны для применения расположенными на территории РФ предприятиями, организациями, региональными и другими объединениями независимо от форм собственности и подчинения, а также органами управления РФ, имеющими прямое отношение к использованию ТЭР и энергосбережению. Положения стандарта применяют в научно-технической, учебной и справочной литературе, при планировании разработок и разработке нормативных, методических документов по энергосбережению и обеспечению эффективного использования ТЭР.

Нормативные и методические документы профиля «Энергосбережение» устанавливают [4]:

- основные термины и понятия в области энергосбережения;
- требования к составу и содержанию нормативных и методических документов по обеспечению энергосбережения, основные принципы и методические основы деятельности в области нормативно-методического обеспечения энергосбережения;
- номенклатурный состав и классификацию показателей эффективности использования ТЭР;
- порядок выбора и внесения показателей в техническую документацию;
- методы расчета энергобалансов потребителей энергоресурсов с последующей их паспортизацией (ГОСТ Р 51379);
- порядок проведения обязательной и добровольной сертификации энергопотребляющей продукции (ГОСТ Р 51380);
- методы испытаний и сертификации объектов по требованиям энергосбережения (ГОСТ Р 51380);
- порядок маркирования энергопотребляющей продукции (ГОСТ Р 51388);
- методы расчета освещенности;
- методы расчета эффективности тепловых режимов, требований к теплоизоляции, контролю поддержания температуры, общих энергобалансов зданий с последующей их паспортизацией;
- нормативы расхода топлива и энергии, методы их определения;
- требования к энергосберегающим технологиям, методы расчета энергобалансов промышленных технологических процессов;
- методы расчета и анализа направлений снижения потерь топлива и энергии при создании продукции и ее эксплуатации;
- методы определения экономической эффективности мероприятий по энергосбережению;
- направления привлечения инвестиций для реализации проектов и мероприятий по энергосбережению;
- требования к метрологическому обеспечению энергосбережения;

- требования к использованию ВЭР и нетрадиционным возобновляемым источникам энергии;

- методы автоматизированного сбора и обработки данных о расходах топлива и энергии;

- требования к информационному обеспечению в области энергосбережения и к системе обучения в обеспечении энергосбережения.

Реализация энергосбережения осуществляется путем правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное использование ТЭР и на вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии (закон «Об энергосбережении»).

Целями нормативно-методического обеспечения энергосбережения являются установление в государственных стандартах, технологических регламентах, технических и методических документах:

- требований эффективного использования и сокращения потерь ТЭР при их добыче, производстве, переработке, транспортировке, хранении, потреблении, утилизации;

- нормативных значений показателей энергетической эффективности энергопотребляющих объектов и процессов, ограничивающих образование загрязняющих окружающую среду биосферозагрязнителей (твердых отходов, жидких сбросов, газообразных выбросов, шламов, смесей; шумов, полей, излучений), как результат использования ТЭР;

- правил проверки соответствия энергопотребляющих объектов и процессов нормативным показателям энергетической эффективности;

- порядка осуществления государственного надзора за эффективным использованием ТЭР путем проведения энергетических обследований потребителей ТЭР;

- требований обеспечения точности и единства измерений при учете ТЭР на стадиях добычи, производства, переработки, транспортировки, хранения и потребления;

- правил обеспечения соответствия стандартов, норм и нормативов в области энергосбережения и энергетической эффективности международным, межгосударственным, региональным, зарубежным стандартам, признанным в России;

- ограничений разработки, производства, закупки и применения энергопотребляющих объектов расходами энергоресурсов, превышающими установленные стандартами и регламентами уровни.

Основные направления использования нормативных и методических документов в области энергосбережения:

- совершенствование федерального и регионального законодательства по обеспечению энергосбережения;

- разработка программ энергосбережения, планирование и реализация энергосберегающих проектов, организация работ по энергосбережению при создании энергопотребляющих объектов и реализации процессов;
- разработка и утверждение общетехнических стандартов, иных нормативных и методических документов по энергосбережению, нормативно-правовых актов и программ;
- установление нормативных показателей энергетической эффективности для энергоемких объектов и технологических процессов;
- проведение энергетических обследований и энергетической паспортизации потребителей ТЭР;
- установление порядка и правил оценки соответствия (сертификации), методов испытаний объектов, потребляющих ТЭР, на соответствие нормативным показателям энергетической эффективности;
- установление норм точности методов измерений и обеспечение единства измерений: метрологического контроля и надзора за добычей, производством, переработкой, транспортировкой и потреблением ТЭР;
- разработка стандартов на возобновляемые, новые источники энергии, вторичные энергоресурсы и альтернативные виды топлива.

Результатами нормативно-методического обеспечения энергосбережения являются:

- нормативные документы в области энергосбережения на межгосударственном (ГОСТ), государственном (ГОСТ Р), отраслевом (ОСТ) уровнях, а также на уровнях стандартов научно-технических обществ (СТО) и предприятий (СТП);
- технические регламенты, правила, руководства и другие нормативные документы по энергосбережению, принятые органами исполнительной государственной власти;
- методические документы по расчетам экономии энергоносителей и обоснованию экономической эффективности энергосберегающих проектов;
- методические документы, в которых изложены методы, способы, схемы, алгоритмы, модели энергосбережения за счет повышения эффективности использования и снижения потерь первичных ТЭР, использования вторичных ТЭР, возобновляемой энергии и альтернативных топлив;
- методические документы, регламентирующие требования к точности методов измерений, обеспечение единства измерений, метрологического контроля и надзора при учете ТЭР на стадиях добычи, производства, переработки, транспортирования, хранения и потребления.

Государственная стандартизация по обеспечению энергосбережения в промышленности и строительстве проводится в соответствии с ГОСТ Р 1.2 и ГОСТ Р 1.5 на базе организаций Госстандарта России и Госстроя России.

К деятельности по обсуждению и согласованию нормативных и методических документов привлекаются уполномоченные федеральные органы исполнительной власти, ответственные за экономическую и финансовую политику, развитие новых технологий и научно-технический прогресс, сохранение природных ресурсов и социальную сферу. На региональном (субъектов Российской Федерации) уровне деятельность в области нормативно-методического обеспечения энергосбережения осуществляют:

- орган исполнительной власти субъекта РФ;
- региональные энергетические комиссии (РЭК);
- территориальные органы Ростехнадзора и Госстандарта РФ;
- научно-технические центры и агентства по энергосбережению.

В соответствии с Постановлением № 938 «О государственном энергетическом надзоре в РФ», государственный контроль и надзор за рациональным использованием ТЭР осуществляют органы государственного энергетического надзора, а также аккредитованные ими организации, имеющие соответствующие лицензии. Порядок привлечения организаций к энергетическим обследованиям с использованием действующих нормативных правовых, нормативных и методических документов в обеспечение энергосбережения определяют органы исполнительной власти субъектов РФ.

1.4 Федеральный закон от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»

1.4.1 Общие положения

В связи с вступлением в силу Федерального закона от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (Закон № 261-ФЗ) перед учреждениями поставлены новые задачи, связанные с обеспечением рационального использования энергетических ресурсов.

В соответствии с п.9 ст.2 Закона № 261-ФЗ учреждения относятся к одной из разновидностей организаций с участием государства или муниципального образования. В этой связи на учреждения распространяются требования, установленные Законом № 261 -ФЗ для организаций с участием государства или муниципального образования.

Основные требования, которые в настоящее время предъявляются к учреждениям в сфере энергосбережения и повышения энергетической эффективности, можно объединить в следующие группы [2,5]:

- требования по снижению объема потребляемых энергетических ресурсов; требования по обеспечению учета используемых энергетических ресурсов;

- требования по проведению обязательного энергетического обследования; требования энергетической эффективности товаров, работ, услуг, размещение заказов на которые осуществляется для государственных или муниципальных нужд;

- требования к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организаций с участием государства или муниципального образования и организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности.

За несоблюдение некоторых из указанных требований в законодательстве предусмотрена административная ответственность в виде штрафа, как для юридических лиц, так и для должностных лиц. В этой связи соблюдение установленных требований становится одной из первостепенных задач в деятельности учреждений.

В то же время законодательство об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности содержит отдельные экономические стимулы к энергосберегающему поведению и также предоставляет возможность государственным и муниципальным заказчикам заключать энергосервисные договоры (контракты).

1.4.2 Требования энергетической эффективности, предъявляемые к государственным (муниципальным) учреждениям

1.4.2.1 Требование по снижению объема потребляемых энергетических ресурсов

Данное требование сформулировано в ч.1 ст.24 Закона № 261-ФЗ и заключается в обязанности бюджетного учреждения обеспечить снижение в сопоставимых условиях объема потребленных им воды, дизельного и иного топлива, мазута, природного газа, тепловой энергии, электрической энергии, угля в течение 5 лет не менее чем на 15% от объема фактически потребленного им в 2009 году каждого из указанных ресурсов с ежегодным снижением такого объема не менее чем на 3%, начиная с 1 января 2010 г [2].

Согласно ст.6 Бюджетного кодекса Российской Федерации под бюджетным учреждением понимается государственное (муниципальное) учреждение, финансовое обеспечение выполнения функций которого, в том числе по оказанию государственных (муниципальных) услуг физическим и юридическим лицам в соответствии с государственным (муниципальным) заданием, осуществляется за счет средств соответствующего бюджета на основе бюджетной сметы. В соответствии с п.2 ст.120 Гражданского кодекса Российской Федерации иными видами государственных (муниципальных) учреждений являются автономные

учреждения, правовой статус которых определяется в соответствии с Федеральным законом от 3.11.2006 г. № 174-ФЗ «Об автономных учреждениях» [5].

С 1 января 2011 г. вступают в силу изменения в ст.24 Закона № 261-ФЗ в части замены слов «бюджетными учреждениями» в названии, ч.1 и 5 словами «государственными (муниципальными) учреждениями», внесенные Федеральным законом от 8.05.2010 г. № 83-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с совершенствованием правового положения государственных (муниципальных) учреждений» (далее - Закон № 83-ФЗ). Таким образом, требования ст.24 Закона № 261-ФЗ будут равным образом распространяться и на автономные учреждения [5].

Требование по снижению потребления энергетических ресурсов учреждениями имеет связанную с его реализацией обязанность главных распорядителей бюджетных средств (далее - ГРБС).

В соответствии с ч.2 ст.24 Закона № 261-ФЗ в редакции Закона № 83-ФЗ, начиная с 1 января 2010 г. ГРБС осуществляют планирование бюджетных ассигнований на обеспечение выполнения функций (предоставление субсидий бюджетным и автономным учреждениям на оказание государственных (муниципальных) услуг, выполнение работ) находящимися в их ведении учреждениям на основании данных об объеме фактически потребленных такими учреждениями в 2009 г. каждого из указанных в ч. 1 ст.24 Закона № 261-ФЗ ресурсов, уменьшенном в сопоставимых условиях на 15% в течение 5 лет с ежегодным снижением такого объема на 3%.

При планировании указанных бюджетных ассигнований не учитывается сокращение расходов учреждения, достигнутое им в результате уменьшения объема фактически потребленных им ресурсов сверх установленного в соответствии с ч.1 ст.24 Закона № 261-ФЗ объема. Данное положение направлено на сохранение за учреждением экономии, достигнутой им сверх установленных показателей, то есть сверх 15% в течение 5 лет с ежегодным снижением на 3% [2].

Законодательство также содержит положение, направленное на стимулирование казенных учреждений к экономии сверх установленной ч.1 ст.24 Законом № 261-ФЗ. Согласно ч.3 ст.24 Закона № 261-ФЗ в редакции Закона № 83-ФЗ экономия средств, достигнутая за счет дополнительного по сравнению с учтенным при планировании бюджетных ассигнований снижением потребления казенным учреждением указанных в ч.1 ст.24 Закона № 261-ФЗ ресурсов, используется в соответствии с бюджетным законодательством РФ для обеспечения выполнения функций соответствующим учреждением, в том числе на увеличение годового

фонда оплаты труда (без учета указанного увеличения при индексации фондов оплаты труда).

Для реализации требований ч.1 и 2 ст.24 Закона № 261-ФЗ уполномоченным федеральным органом исполнительной власти должен быть установлен порядок определения объема снижения потребляемых бюджетным учреждением ресурсов в сопоставимых условиях. Данным уполномоченным органом является Минэкономразвития России в соответствии с Положением о нем, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 5.06.2008 г. № 437.

Согласно Плану мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в Российской Федерации, направленных на реализацию Закона № 261-ФЗ, утвержденный распоряжением Правительства Российской Федерации от 1.12.2009 г. № 1830-р, разработка вышеуказанного порядка возложена на Минэкономразвития России, Минфин России и Минэнерго России.

До утверждения соответствующего порядка органы государственной власти и органы местного самоуправления, в ведении которых находятся соответствующие учреждения, вправе требовать от них снижения потребления энергетических ресурсов. В то же время в отсутствие утвержденного порядка ГРБС не вправе применять ч.2 ст.24 Закона № 261-ФЗ и сокращать бюджетные ассигнования учреждениям на этом основании.

Согласно ч.5 ст.24 Закона № 261-ФЗ в целях содействия проведению мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в учреждении, если расходы на покупку энергетических ресурсов для него составляют более чем 10 млн. руб. в год, должно быть назначено из числа работников учреждения лицо, ответственное за проведение таких мероприятий.

В то же время для обеспечения своевременной реализации соответствующих мероприятий и соблюдения требований законодательства об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности рекомендуется назначать ответственное лицо и для иных учреждений.

1.4.2.2 Завершение мероприятий по оснащению приборами учета

В соответствии с ч.4 ст.13 Закона № 261-ФЗ по общему правилу до 1 января 2011 г. собственники зданий, строений, сооружений и иных объектов, которые введены в эксплуатацию на день вступления в силу Закона № 261-ФЗ и при эксплуатации которых используются энергетические ресурсы (в том числе временных объектов) обязаны завершить оснащение таких объектов приборами учета используемых воды, природного газа, тепловой энергии, электрической энергии, а также ввод установленных приборов учета в эксплуатацию [2].

Согласно ч.1 ст.13 Закона № 261-ФЗ требования по организации учета используемых энергетических ресурсов распространяются на объекты, подключенные к электрическим сетям централизованного электроснабжения, и (или) системам централизованного теплоснабжения, и (или) системам централизованного водоснабжения, и (или) системам централизованного газоснабжения, и (или) иным системам централизованного снабжения энергетическими ресурсами. Таким образом, речь идет об объекте, который непосредственно подключен к системе централизованного снабжения энергетическими ресурсами. То есть объект выделяется в том случае, когда имеет место точка поставки, определяющая граница балансовой принадлежности сетей, и возникает возможность (и необходимость) установки прибора учета используемого энергетического ресурса. По смыслу положений ч.1 ст.13 Закона № 261-ФЗ под объектом понимается объект права собственности или иного предусмотренного законодательством Российской Федерации права. В этой связи такой объект не является юридическим лицом, в том числе учреждением, то есть субъектом права [5].

Формально законодатель типы таких объектов не ограничивает. Как следует из ч.3-7 ст.13 Закона № 261-ФЗ и п.3 Порядка заключения и существенных условий договора, регулирующего условия установки, замены и (или) эксплуатации приборов учета используемых энергетических ресурсов, утвержденного приказом Минэнерго России от 7.04.2010 г. № 149, такими объектами могут быть здания, строения, сооружения, помещения в многоквартирном доме, иной объект, в процессе эксплуатации которого используются энергетические ресурсы, в том числе временный объект, подлежащего оснащению приборами учета используемых энергетических ресурсов, и имеющего непосредственное присоединение к сетям инженерно-технического обеспечения организации, осуществляющей снабжение энергетическими ресурсами.

В то же время согласно ч.1 ст.13 Закона № 261-ФЗ требования по организации учета используемых энергетических ресурсов не распространяются на ветхие, аварийные объекты, объекты, подлежащие сносу или капитальному ремонту до 1 января 2013 года, а также объекты, мощность потребления электрической энергии которых составляет менее чем 5 КВт (в отношении организации учета используемой электрической энергии) или максимальный объем потребления тепловой энергии которых составляет менее чем 0,2 Гкал/ч (в отношении организации учета используемой тепловой энергии) [2].

Количество объектов учреждения, где требуется установить приборы учета, не зависит от того по одному или по нескольким счетам оплачивает учреждение энергетические ресурсы с использованием расчетных способов. Такое количество объектов следует определять исходя из

критерия «имеет непосредственное присоединение к сетям инженерно-технического обеспечения организации, осуществляющей снабжение энергетическими ресурсами» при условии исключений, сделанных в ч.1 ст.13 Закона № 261-ФЗ.

Согласно ч.7 ст.9.16 КоАП несоблюдение собственниками жилых зданий, строений, сооружений в процессе их эксплуатации требований энергетической эффективности, предъявляемых к таким зданиям, строениям, сооружениям, требований их оснащённости приборами учета используемых энергетических ресурсов влечет наложение административного штрафа на должностных лиц в размере от 10 тыс. до 15 тыс. рублей; на юридических лиц - от 100 тыс. до 150 тыс. рублей.

В то же время, необходимо учитывать, что учреждения не обладают правом собственности. Имущество закрепляется за учреждением собственником на праве оперативного управления. В рассматриваемом случае собственники - Российская Федерация, субъект Российской Федерации или муниципальное образование в лице соответствующих государственных органов или органов местного самоуправления - несут обязанность по оснащению зданий, строений и сооружений приборами учета используемых энергетических ресурсов [5].

1.4.2.3 Обязательное энергетическое обследование

В ст.16 Закона № 261-ФЗ для учреждений, как и иных организаций с участием государства или муниципального образования, установлено требование о проведении обязательного энергетического обследования.

Под энергетическим обследованием в п.7 ст.2 Закона № 261-ФЗ понимается сбор и обработка информации об использовании энергетических ресурсов в целях получения достоверной информации об объеме используемых энергетических ресурсов, о показателях энергетической эффективности, выявления возможностей энергосбережения и повышения энергетической эффективности с отражением полученных результатов в энергетическом паспорте. Согласно ч.1 ст.15 Закона № 261-ФЗ энергетическое обследование может проводиться в отношении продукции, технологического процесса, а также юридического лица, индивидуального предпринимателя.

В рассматриваемом случае объектом обязательного энергетического обследования являются не отдельные здания, строения и сооружения, принадлежащие на праве оперативного управления учреждению, а в целом учреждение, включая все его филиалы и иные структурные подразделения [5]. Даже если учреждение размещается в здании или помещении на основании договора аренды, это не исключает необходимость прохождения таким учреждением обязательного энергетического обследования.

Учреждения обязаны организовать и провести первое энергетическое обследование до 31 декабря 2012 г., последующие энергетические обследования - не реже чем один раз каждые 5 лет.

Деятельность по проведению энергетического обследования, в соответствии с ч.4 ст.15 Закона № 261-ФЗ вправе осуществлять только лица, являющиеся членами саморегулируемых организаций в области энергетического обследования. Статус саморегулируемой организации в области энергетического обследования может приобрести некоммерческая организация, основанная на членстве, деятельность которой соответствует нормам статьи 18 Закона № 261-ФЗ и Федеральному закону от 1.12.2007 г. № 315-ФЗ «О саморегулируемых организациях» [2, 5].

Приказом Минэнерго России от 22.06.2010 г. № 283 был утвержден Административный регламент исполнения Министерством энергетики Российской Федерации государственной функции по ведению государственного реестра саморегулируемых организаций в области энергетического обследования. По состоянию на 17 февраля 2012 г. в реестр саморегулируемых организаций в области энергетического обследования было внесено более сотни заявителей.

Основными целями энергетического обследования в соответствии со ст.15 Закона № 261-ФЗ являются [2]:

- получение объективных данных об объеме используемых энергетических ресурсов;
- определение показателей энергетической эффективности;
- определение потенциала энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- разработка перечня типовых, общедоступных мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности и проведение их стоимостной оценки.

По результатам энергетического обследования составляется энергетический паспорт и проводившее обследование лицо, передает его лицу, заказавшему проведение энергетического обследования. Энергетический паспорт учреждения должен соответствовать Требованиям к энергетическому паспорту, составленному по результатам обязательного энергетического обследования, и энергетическому паспорту, составленному на основании проектной документации приказом Минэнерго России от 19.04.2010 г. № 182. При этом копия энергетического паспорта направляется соответствующей саморегулируемой организацией в области энергетического обследования в Минэнерго России в соответствии Правилами направления копии энергетического паспорта, составленного по результатам обязательного энергетического обследования, утвержденными этим же приказом.

Энергетический паспорт, составленный по результатам энергетического обследования, кроме прочего, предусматривает содержание информации о перечне типовых мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности. Также по соглашению между лицом, заказавшим проведение энергетического обследования, и лицом, проводящим энергетическое обследование, предусмотрена возможность разработки по результатам энергетического обследования отчета, содержащего перечень мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, отличных от типовых, общедоступных мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

Целесообразно при формировании конкурсной документации на проведение энергетического обследования в техническом задании указать в составе работ разработку перечня мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, отличных от типовых, общедоступных мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, или же непосредственно разработку программы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности учреждения.

Согласно ч.8 ст.9.16 КоАП несоблюдение сроков проведения обязательного энергетического обследования влечет наложение административного штрафа на должностных лиц в размере от 10 тыс. до 15 тыс. рублей; на юридических лиц - от 50 тыс. до 250 тыс. рублей [5].

1.4.2.4 Обеспечение энергетической эффективности при размещении заказов для государственных или муниципальных нужд

В соответствии со ст.26 Закона № 261-ФЗ государственные или муниципальные заказчики, органы, уполномоченные на осуществление функций по размещению заказов для государственных или муниципальных нужд, обязаны размещать заказы на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных или муниципальных нужд в соответствии с требованиями энергетической эффективности этих товаров, работ, услуг [2].

Постановлением Правительства Российской Федерации от 31.12.2009 г. № 1221 (далее - Постановление № 1221) утверждены Правила установления требований энергетической эффективности товаров, работ, услуг, размещение заказов на которые осуществляется для государственных или муниципальных нужд и сделаны поручения федеральным органам исполнительной власти по разработке соответствующих требований. При этом данными Правилами утверждены первоочередные требования энергетической эффективности, в частности, предъявляемые к бытовым энергопотребляющим устройствам [5].

Требованиями энергетической эффективности товаров, работ, услуг, размещение заказов на которые осуществляется для государственных или муниципальных нужд, может устанавливаться запрет или ограничение размещения заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг, результатами которых может явиться непроизводительный расход энергетических ресурсов.

К настоящему времени принят только приказ Минэкономразвития России от 4.06.2010 г. № 299, которым утверждены Требования энергетической эффективности в отношении товаров, используемых для создания элементов конструкций зданий, строений, сооружений, в том числе инженерных систем ресурсоснабжения, влияющих на энергетическую эффективность зданий, строений, сооружений (далее - Требования энергетической эффективности в части элементов конструкций). Данными требованиями установлено всего 6 технических ограничений при размещении заказов на соответствующие товары и материалы, в частности [5]:

- в части элементов конструкций доля осветительных приборов, отличных от светодиодов, на поставки осветительных приборов для зданий, магистральных дорог, магистральных улиц общегородского значения в объеме, превышающем 500 единиц в год, не должна превышать 95% от общего объема таких заказов (в натуральном выражении). В данном случае по существу устанавливается требование о приобретении 5% светодиодных осветительных приборов для наружного и внутридомового освещения в государственном (муниципальном) секторе. Данная норма направлена на стимулирование производства светодиодов и снижение их стоимости;

- при остеклении оконных блоков доля стеклопакетов, показатели сопротивления теплопередаче которых ниже, чем у стеклопакетов со стеклами с низкоэмиссионным твердым покрытием, при размещении государственным или муниципальным заказчиком государственных или муниципальных заказов на поставки стеклопакетов с суммарной площадью остекления более 200 квадратных метров в год не должна превышать 90% от общего объема таких заказов (в натуральном выражении).

Постановлением № 1221 также определены сроки, в течение которых должны быть установлены требования энергетической эффективности, в частности, в отношении [5]:

- товаров, в отношении которых уполномоченным федеральным органом исполнительной власти определены классы энергетической эффективности - не позднее 2 месяцев со дня утверждения уполномоченным федеральным органом исполнительной власти классов энергетической эффективности для таких товаров (до настоящего времени не утверждены);

- продукции тяжелого, энергетического и транспортного машиностроения, машины электрические, продукция нефтяного и химического машиностроения, оборудование металлообрабатывающее и деревообрабатывающее, продукция общемашиностроительного применения, изделия автомобильной промышленности, тракторы и сельскохозяйственные машины, продукция строительного, дорожного и коммунального машиностроения, оборудование технологическое для легкой и пищевой промышленности, нефть, нефтепродукты, газ по перечню, утвержденному Постановлением № 1221 - до 1 июля 2011 г.

Согласно ч.5 ст.26 Закона № 261-ФЗ государственные или муниципальные заказчики, органы, уполномоченные на осуществление функций по размещению заказов для государственных или муниципальных нужд, в целях соблюдения требований энергетической эффективности товаров, работ, услуг при принятии решений о видах, категориях товаров, работ, услуг, размещение заказов на которые осуществляется для государственных или муниципальных нужд, и (или) при установлении требований к указанным товарам, работам, услугам должны учитывать следующие положения:

- товары, работы, услуги, размещение заказов на которые осуществляется для государственных или муниципальных нужд, должны обеспечивать достижение максимально возможных энергосбережения, энергетической эффективности;

- товары, работы, услуги, размещение заказов на которые осуществляется для государственных или муниципальных нужд, должны обеспечивать снижение затрат заказчика, определенных исходя из предполагаемой цены товаров, работ, услуг в совокупности с расходами, связанными с использованием товаров, работ, услуг (в том числе с расходами на энергетические ресурсы), с учетом ожидаемой и достигаемой при использовании соответствующих товаров, работ, услуг экономии (в том числе экономии энергетических ресурсов).

Кроме вышеприведенных требований в ч.8 ст.10 Закона № 261-ФЗ прямо установлен запрет на размещение заказов на поставки электрических ламп накаливания для государственных или муниципальных нужд, которые могут быть использованы в целях переменного тока в целях освещения с 1 января 2011 г.

Согласно ч.11 ст.9.16 КоАП размещение заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных или муниципальных нужд, не соответствующих требованиям их энергетической эффективности, влечет наложение административного штрафа на должностных лиц в размере от 25 тыс. до 30 тыс. рублей; на юридических лиц - от 50 тыс. до 100 тыс. рублей.

1.4.2.5 Утверждение и реализация программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности государственных (муниципальных) учреждений

Согласно ч.1 ст.25 Закона № 261-ФЗ государственные (муниципальные) учреждения, будучи организациями с участием государства или муниципального образования, должны утверждать и реализовывать программы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Такие программы должны содержать[2]:

- целевые показатели энергосбережения и повышения энергетической эффективности, достижение которых должно быть обеспечено в результате реализации этих программ;
- значения соответствующих целевых показателей энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- мероприятия по энергосбережению и повышению энергетической эффективности;
- ожидаемые результаты в натуральном выражении от проведения мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности;
- ожидаемые результаты в стоимостном выражении от проведения мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности;
- экономический эффект от проведения мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

Если учреждение одновременно является организацией, осуществляющей регулируемый вид деятельности, то для программы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности такой организации могут быть установлены более детальные требования. Под регулируемыми видами деятельности в данном случае согласно п.10 ст.2 Закона № 261-ФЗ понимаются виды деятельности, осуществляемые субъектами естественных монополий, организациями коммунального комплекса, в отношении которых в соответствии с законодательством Российской Федерации осуществляется регулирование цен (тарифов).

Согласно ч.2 ст.25 Закона № 261-ФЗ для организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности, в случае, если цены (тарифы) на товары, услуги таких организаций регулируются уполномоченным федеральным органом исполнительной власти, уполномоченными органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации или органами местного самоуправления, то требования к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности применительно к регулируемым видам деятельности устанавливаются соответствующими органами.

При этом указанные требования устанавливаются в соответствии с Правилами установления требований к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 15.05.2010 № 340. Требования к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности, в 2010 году устанавливаются в виде целевых показателей энергосбережения и повышения энергетической эффективности, достижение которых будет обеспечено регулируемой организацией в результате реализации программы, без указания значений таких показателей

В соответствии с ч.4 ст.48 Закона № 261-ФЗ организации с участием государства или муниципального образования обязаны были принять программы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности до 15 мая 2010 года. При этом такие программы должны соответствовать приведенным выше требованиям.

Согласно ч.10 ст.9.16 КоАП несоблюдение организациями с участием государства или муниципального образования требования о принятии программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности влечет наложение административного штрафа на должностных лиц в размере от 30 тыс. до 50 тыс. рублей; на юридических лиц - от 50 тыс. до 100 тыс. рублей [5].

1.4.3 Контроль за соблюдением государственным (муниципальными) учреждениями законодательства

Основные положения о контроле за соблюдением требований законодательства об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности содержатся в ст.28 Закона № 261-ФЗ.

Государственный контроль за соблюдением требований законодательства об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности организациями независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, их руководителями, должностными лицами, физическими лицами осуществляется федеральными органами исполнительной власти (федеральный государственный контроль), органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации (региональный государственный контроль), уполномоченными на осуществление такого государственного контроля, в соответствии с правилами, установленными Правительством Российской Федерации.

Несмотря на то, что указанные правила до настоящего времени не утверждены, это не исключает возможности осуществления государственного контроля за соблюдением требований законодательства об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, в

частности, в соответствии с требованиями Федерального закона от 26.12.2008 № 294-ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля» и Федерального закона от 21.07.2005 № 94-ФЗ «О размещении заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд» (далее - Закон № 94-ФЗ) [5].

1.4.4 Государственные или муниципальные энергосервисные договоры

В целях обеспечения государственных или муниципальных нужд государственные или муниципальные заказчики вправе заключать государственные или муниципальные энергосервисные договоры (контракты) (далее - контракты на энергосервис) в соответствии со ст.21 Закона № 261-ФЗ. Государственные или муниципальные энергосервисные договоры (контракты) заключаются и оплачиваются в соответствии с бюджетным законодательством Российской Федерации и законодательством Российской Федерации о размещении заказов [2].

Законом № 261-ФЗ были внесены изменения в Закон № 94-ФЗ «О размещении заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд» - введена отдельная гл.7.1 «Размещение заказов на энергосервис для государственных и муниципальных нужд». Также были внесены изменения в бюджетное законодательство, направленные на снятие ограничений на заключение долгосрочных контрактов на энергосервис [5].

Предметом контракта на энергосервис является осуществление исполнителем действий, направленных на энергосбережение и повышение энергетической эффективности использования указанных энергетических ресурсов. Согласно ч.2 ст.19 Закона № 261-ФЗ в общем случае энергосервисный договор (контракт) должен содержать [2]:

- условие о величине экономии энергетических ресурсов, которая должна быть обеспечена исполнителем в результате исполнения энергосервисного договора (контракта);
- условие о сроке действия энергосервисного договора (контракта), который должен быть не менее чем срок, необходимый для достижения установленной энергосервисным договором (контрактом) величины экономии энергетических ресурсов.

Иные обязательные условия энергосервисных договоров (контрактов) установлены в частности постановлением Правительства Российской Федерации от 18.08.2010 № 636 «О требованиях к условиям контракта на энергосервис и об особенностях определения начальной (максимальной) цены контракта (цены лота) на энергосервис» (далее - Постановление №

636), которое было принято в рамках реализации ч.17 ст.56.1 Закона № 94-ФЗ.

Постановление № 636 в целом основано на модели энергосервисного контракта, определенного в Законе № 261 -ФЗ и Законе № 94-ФЗ, то есть классической модели перформансного контракта, когда исполнитель контракта осуществляет мероприятия по энергосбережению и повышению энергетической эффективности за свой счет и покрывает свои издержки из полученной экономии только в случае достижения определенного в контракте уровня экономии. Взаимодействие с энергоснабжающими организациями и организациями коммунального комплекса осуществляет непосредственно заказчик.

Следует отметить, что в течение периода, когда отсутствовала необходимая подзаконная нормативная правовая база к Закону № 94-ФЗ, ряд организаций предлагали заключение энергосервисных договоров (контрактов) в бюджетной сфере на установку приборов учета. При этом такая модель нашла достаточно широкое применение, поскольку в соответствии с Законом № 94-ФЗ заключение договора на сумму меньше 100 тыс. рублей (раз в квартал с одним предметом договора) возможно без проведения торгов. Стоимость прибора учета, как правило, укладывается в эту сумму. Данная модель продолжает применяться и в настоящее время.

В то же время необходимо учитывать, что оснащение приборами учета не является мероприятием по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, не ведет к прямой экономии энергетических ресурсов и только повышает точность учета. В этой связи такие договоры нельзя признать энергосервисными в смысле положений Закона № 261 -ФЗ. Кроме того, одним из основных требований к контрактам на энергосервис, заключаемым государственными или муниципальными заказчиками, является определение размера экономии, достигнутого в результате исполнения контракта, без учета экономии, полученной за счет установки прибора учета [5].

Среди остальных требований к контрактам на энергосервис, заключаемым государственными или муниципальными заказчиками, следует особое внимание обратить на:

- наличие перечня мероприятий, направленных на энергосбережение и повышение энергоэффективности, которые обязан выполнить исполнитель контракта на энергосервис;

- учет при определении размера экономии, достигнутого в результате исполнения контракта, факторов, влияющих на объем потребления энергетического ресурса (изменение режимов функционирования и (или) назначения энергопотребляющих установок, изменение количества потребителей энергоресурсов, площади и объемов помещений, существенное изменение погодных условий - среднесуточной температуры

наружного воздуха, среднесуточной температуры наружного воздуха в отопительный период, продолжительности отопительного периода);

- заключение контракта в отношении объекта, на котором до даты заключения контракта собственником или соответствующей эксплуатирующей организацией обеспечено соблюдение всех установленных санитарно- гигиенических и технических требований по режимам энерго- и ресурсоснабжения, режимам и параметрам работы энергопотребляющих установок, режимов и параметров эксплуатации объекта и помещений с учетом функционального назначения. В случае невыполнения указанных требований и норм информация об этом указывается в контракте и мероприятия по обеспечению их выполнения включаются в перечень мероприятий.

Контракты на энергосервис заключаются в целях экономии поставок товаров, выполнения работ, оказания услуг, относящихся к сфере деятельности субъектов естественных монополий, оказания услуг водоснабжения, водоотведения, канализации, теплоснабжения, газоснабжения (за исключением услуг по реализации сжиженного газа), подключения (присоединения) к сетям инженерно-технического обеспечения по регулируемым в соответствии с законодательством Российской Федерации ценам (тарифам), поставок электрической энергии, мазута, угля, поставок топлива, используемого в целях выработки энергии.

Контракты на энергосервис заключаются отдельно от контрактов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг, относящихся к сфере деятельности субъектов естественных монополий, на оказание услуг водоснабжения, водоотведения, канализации, теплоснабжения, газоснабжения, подключения (присоединения) к сетям инженерно-технического обеспечения по регулируемым в соответствии с законодательством Российской Федерации ценам (тарифам), на поставки электрической энергии, мазута, угля, на поставки топлива, используемого в целях выработки энергии (далее в целях - поставки энергетических ресурсов).

Начальная (максимальная) цена контракта (цена лота) на энергосервис определяется с учетом фактических расходов, понесенных заказчиком по контрактам на поставки соответствующих видов энергетических ресурсов за прошлый год, и не может превышать указанные расходы с учетом особенностей, установленных Приложением № 2 «Особенности определения начальной (максимальной) цены контракта (цены лота) на энергосервис» к Постановлению № 636.

Заказы могут размещаться на энергосервис путем проведения конкурса или запроса котировок или проведения аукциона, в том числе открытого аукциона в электронной форме.

1.5 ISO 50001 – Системы энергоменеджмента

Следующей ступенью в развитии законодательной и нормативной базы энергосбережения в России стало принятие международного стандарта ISO 50001 – «Системы энергоменеджмента».

ISO (Международная организация по стандартизации) является всемирной федерацией национальных органов по стандартизации (члены организации ISO). Работа по подготовке международных стандартов, как правило, осуществляется через технические комитеты ИСО. Каждый член организации, заинтересованный в предмете обсуждения, для которого был создан технический комитет, имеет право быть представленным в этом комитете. Международные организации, правительственные и неправительственные, связанные с ИСО, также принимают участие в этой работе. Основной задачей технических комитетов является подготовка международных стандартов [6].

Цель настоящего Международного Стандарта заключается в том, чтобы дать организациям возможность создания систем и процессов, необходимых для совершенствования энергетических параметров, в том числе энергетической эффективности, энергопотребления, энергоиспользования и интенсивности. Внедрение настоящего Международного Стандарта должно привести к сокращению финансовых затрат, выбросов парниковых газов и других воздействий на окружающую среду путем систематического управления энергией (энергоменеджмента). Он применим для организаций всех видов и размеров, независимо от каких-либо географических, культурных и социальных условий. Успешная реализация зависит от вовлеченности всех уровней и функций управления этой организации, и особенно от высшего руководства.

Настоящий 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 настоящего Международного Стандарта. Применение настоящего Международного Стандарта может быть адаптировано к требованиям организации с учетом сложности системы, степени документации и ресурсов, а также относится к деятельности, осуществляемой под контролем организации [6].

Настоящий Международный Стандарт, основываясь на принципе: Планируй – Действуй – Проверь – Совершенствуй, позволяет постоянно

совершенствовать и внедрять основы энергетического менеджмента в повседневную практику организации (рис.1.3) [6].

Данный принцип может быть представлен в виде следующей схемы [6]:

– Планируй: постановка целей, определение процессов, необходимых для распределения результатов в соответствии с возможностями по улучшению энергетических параметров и энергетической политики.

– Действуй: внедрение процессов.

– Проверь: контроль и измерение энергетических процессов и продуктов на соответствие энергетической политике, поставленным целям, ключевым характеристикам данных процессов.

– Совершенствуй: разработка мероприятий по дальнейшему повышению энергонадежности.

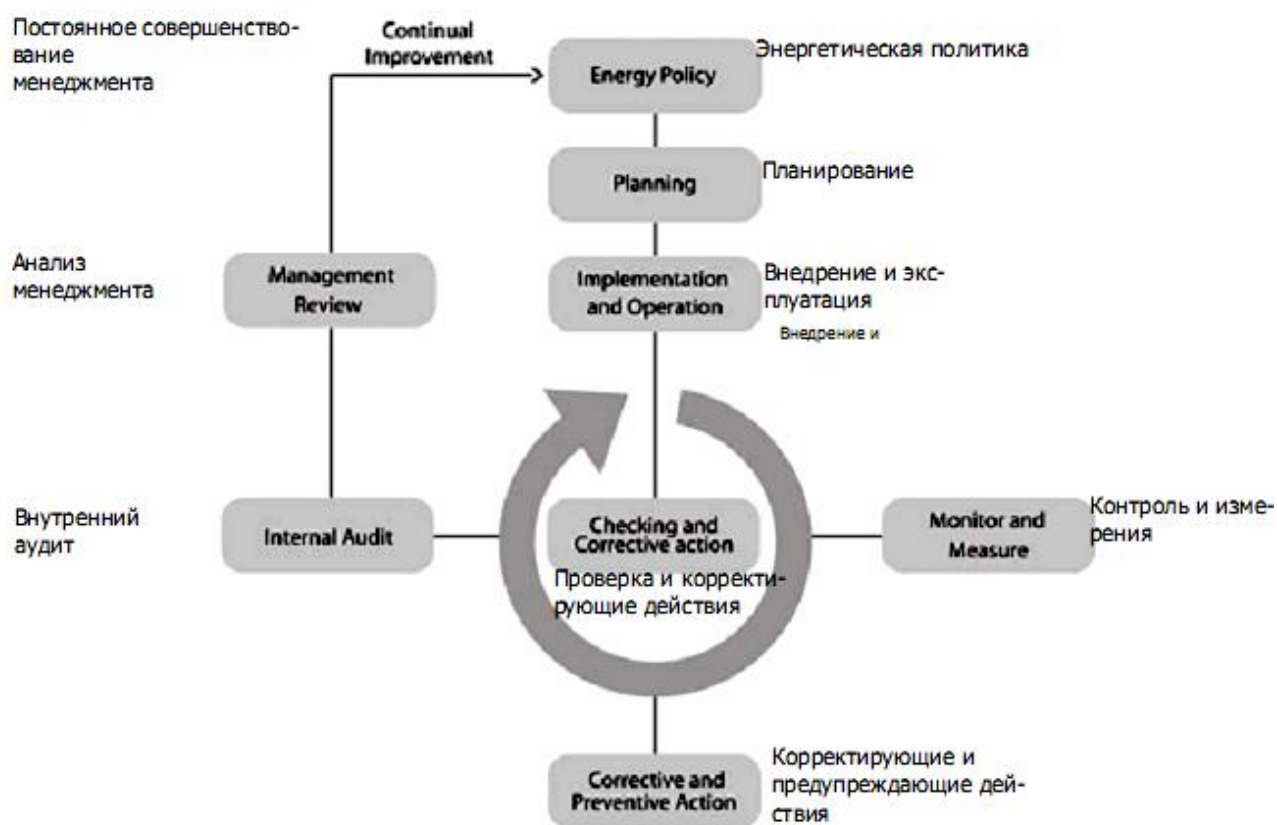


Рис. 1.3 Система энергоменеджмента [6]

Всеобщее применение настоящего Международного Стандарта способствует более эффективному использованию энергетических ресурсов, повышению надежности энергообеспечения, расширению конкурентоспособности, а также оказывает положительное воздействие на изменение климата. Настоящий Международный Стандарт охватывает все

виды энергии (возобновляемые, невозобновляемые, вторичные энергоресурсы).

Настоящий Международный Стандарт может быть использован для сертификации / регистрации и самостоятельного утверждения системы энергоменеджмента в организации. Он не устанавливает абсолютных требований к эффективности использования энергии за пределами требований энергетической политики организации и ее обязательств по выполнению соответствующего законодательства. Таким образом, две организации, осуществляющие аналогичные операции, но с разными энергетическими показателями, могут соответствовать его требованиям.

Организация может выбрать для интеграции ISO 50001 в другие системы управления, такие, как системы качества, охраны окружающей среды, безопасности и гигиены труда и социальной ответственности и прочее.

1.5.1 Основные положения ISO 50001

Организация должна [б]

а) создать, документально подтвердить, внедрить и поддерживать систему энергоменеджмента (EnMS) в соответствии с требованиями настоящего стандарта;

б) определить и документально подтвердить масштабы и границы своей системы энергоменеджмента;

с) определить и задокументировать, каким образом она будет удовлетворять требованиям настоящего Стандарта в целях обеспечения непрерывного совершенствования энергетической эффективности, и системы энергоменеджмента.

1.5.2 Ответственность руководства (менеджмента)

1.5.2.1 Общая часть

Высшее руководство должно продемонстрировать свою приверженность и поддержку системы энергоменеджмента и постоянно совершенствовать ее эффективность за счет [б]:

а) создания, внедрения и поддержания энергетической политики,

б) назначения представителя от руководства и утверждения каких-либо дополнительных членов рабочей группы по системе энергоменеджмента,

в) предоставления ресурсов, необходимых для создания, внедрения, поддержания и совершенствования системы энергоменеджмента,

г) определения масштабов и границ воздействия системы энергоменеджмента,

д) сообщения организации о важности энергоменеджмента,

е) постановки и выполнения целей и задач по повышению энергоэффективности,

ж) выявления соответствия показателей энергоэффективности данной конкретной организации,

з) долгосрочного планирования, в том числе энергообеспечения, если это возможно,

и) обеспечения возможности измерения результатов и предоставления сведений о них,

к) проведения проверки (анализа) системы энергоменеджмента.

1.5.2.2 Роли, обязанности и полномочия

Высшее руководство должно назначить представителя менеджмента, обладающего соответствующей квалификацией и профессиональной подготовкой, определенным кругом обязанностей и полномочий для [б]:

а) создания, внедрения и эксплуатации системы энергоменеджмента и ее постоянного совершенствования в соответствии с настоящим Международным Стандартом;

б) доклада топ-менеджменту об эффективности системы энергоменеджмента;

с) доклада топ-менеджменту о повышении энергетической эффективности;

д) определения лица, утвержденного на соответствующий уровень менеджмента и работы с ним по обеспечению активности системы энергоменеджмента;

е) планирования и управления деятельностью энергоменеджмента для выполнения энергетической политики организации;

ж) определения обязанностей и передачи полномочий в целях содействия эффективному энергоменеджменту,

з) определения критериев и методов, необходимых для эффективного функционирования системы энергоменеджмента.

1.5.3 Энергетическая политика

Энергетическая политика должна указывать на приверженность организации повышению энергетической эффективности. Топ-менеджмент должен обеспечить, чтобы энергетическая политика [б]:

а) соответствовала характеру и масштабам организации, а также уровню воздействия на нее объема используемой энергии;

б) включала в себя обязательства по постоянному повышению энергоэффективности;

в) включала в себя обязательства по обеспечению доступности информации и всех необходимых ресурсов для достижения поставленных целей и задач;

г) включала в себя обязательства по соблюдению всех правовых и других требований в области энергосбережения, принятых на себя организацией;

- д) обеспечивала основу для постановки и пересмотра энергетических целей и задач;
- е) поддерживала покупку энергоэффективных продуктов и услуг;
- ж) документировалась, комментировалась и была понятной в рамках организации, а также
- з) регулярно пересматривалась и обновлялась.

1.5.4 Энергопланирование

1.5.4.1 Основные положения

Организация должна осуществлять и документально подтверждать деятельность по проведению планирования в области энергоиспользования и энергопотребления. Планирование охватывает следующие сферы деятельности: правовые и другие обязательства, взятые на себя организацией; анализ энергопотребления, базовое потребление энергии, показатели энергоэффективности, цели, задачи, и план мероприятий. Основная цель проведения деятельности по планированию в области энергопотребления – разработка мероприятий по повышению энергоэффективности [6].

В план мероприятий в области энергоэффективности включаются организационные мероприятия, которые оказывают влияние на энергоиспользование и энергопотребление, или же связаны с этими процессами в более широком смысле. Используя данную информацию и другие данные, организация получает широкий спектр инструментов и техник для осуществления планирования.

1.5.4.2 Правовые и другие требования

Организация должна определить и иметь доступ к существующим правовым и другим требованиям, которые она поддерживает и которые связаны с энергоиспользованием.

Организация должна определить, каким образом эти требования влияют на использование энергии и каким образом правовые и другие требования, которые принимает на себя организация, учтены в процессе разработки, внедрения и функционирования системы энергоменеджмента.

1.5.4.3 Анализ энергопотребления и энергоэффективности

Организация разрабатывает, документально закрепляет и поддерживает анализ энергопотребления и энергоэффективности. Методологические критерии по разработке анализа энергопотребления и энергоэффективности должны быть подтверждены соответствующими документами. При составлении данного анализа необходимо [6]:

- а) проводить анализ энергоиспользования на основе показаний приборов и других данных, а именно:
 - оценить существующие источники энергии
 - оценить энергопотребление за прошлый период и по состоянию на текущий момент

- произвести оценку потенциального потребления энергии
б) на основе анализа энергоиспользования, определить места значительного потребления энергии, а именно:

- определить производственные мощности, оборудование, системы, процессы и персонал, существенно влияющие на использование энергии,

- выявить другие факторы, вызывающие увеличение объема потребляемой энергии;

- определить текущую производительность и эффективность установок, оборудования, систем и процессов с выявленным значительным использованием энергии

в) определить приоритеты и возможности для повышения энергоэффективности, в том числе с использованием возобновляемых или альтернативных источников энергии, где это возможно

Анализ энергопотребления и энергоэффективности необходимо периодически пересматривать и обязательно при возникновении значительных изменений в производстве, оборудовании, системах и процессах.

1.5.4.4 Базовое использование энергии

Базовое использование энергии должно быть установлено в исходном (начальном) анализе энергопотребления и энергоэффективности за соответствующий период времени. Изменения энергоэффективности должны измеряться относительно базового энергопотребления. Корректировка значений базового энергопотребления должна производиться только тогда, когда индикаторы энергетической эффективности уже не отражают энергоиспользование организации; имели место значительные изменения в процессах, оперативных структурах или энергетических системах; или в соответствии с заранее определенным методом.

Базовое энергопотребление должно регистрироваться.

1.5.4.5 Индикаторы энергетической эффективности

Организация должна определить показатели энергоэффективности, которые будут использоваться для оценки энергетической эффективности. Методика определения и обновления показателей энергоэффективности должна подтверждаться соответствующими документами и регулярно пересматриваться.

Показатели энергоэффективности должны обновляться и регулярно сравниваться с базовым энергопотреблением.

1.5.4.6 Цели, задачи и планы действий

Организация должна сформулировать, осуществлять и документально утвердить энергетические цели и задачи на соответствующих функциональных уровнях, процессах и объектах организации.

Энергетические цели и задачи должны быть определимы, контролируемы. Сроки достижения целей и задач должны быть четко определены.

Цели и задачи должны согласовываться с энергетической политикой. Цели должны вытекать из поставленных задач.

При определении и пересмотре целей и задач в области энергоэффективности организация должна учитывать правовые и другие требования, случаи возникновения значительного энергопотребления и возможности повышения энергоэффективности согласно данным анализа энергопотребления и энергоэффективности. Также должны приниматься во внимание финансовые, оперативные условия, методы ведения бизнеса, технологические аспекты и мнения заинтересованных сторон.

Организация разрабатывает, внедряет и выполняет планы действий по достижению целей и задач системы энергоменеджмента. Планы действий системы энергоменеджмента должны включать [б]:

- а) определение ответственности;
- б) средства и сроки, в которые конкретные цели должны быть достигнуты;
- в) изложение метода (методики), с помощью которого будет оцениваться фактическое повышение энергоэффективности;
- г) определение метода сверки результатов с планом действий.

Планы действий должны быть задокументированы и обновляться на регулярной основе.

1.5.5 Внедрение и эксплуатация

1.5.5.1 Основные положения

Организация использует разработанный план действий для внедрения и эксплуатации системы энергоменеджмента.

1.5.5.2 Компетентность, подготовка кадров и осведомленность

Организация должна обеспечить, чтобы любое лицо(а), работающие на организацию или от ее имени, связанное со значительным использованием энергии, было компетентным на основе соответствующего образования, профессиональной подготовки, навыка и опыта.

Организация должна определить потребность в подготовке кадров, связанных с контролем значительного использования энергии и эксплуатацией системы энергоменеджмента. Она должна обеспечить подготовку и предпринять другие меры для удовлетворения этих потребностей. Документы о соответствующей подготовке должны сохраняться.

Организация должна обеспечить, чтобы лица, работающие в ее интересах или от ее имени, были осведомлены о:

- а) необходимости соответствия энергетической политике, процедурам и требованиям системы энергоменеджмента,

б) своих ролях, ответственности и полномочиях, способствующих выполнению требований системы энергоменеджмента, и
в) преимуществах, которые дает повышение энергоэффективности,
г) о результатах (реальных или потенциальных) своей деятельности в области энергоиспользования и энергопотребления; и как их деятельность и поведение влияют на достижение поставленных целей и задач, а также о возможных последствиях отступления от принятой процедуры.

1.5.5.3 Документация

Требования к оформлению документов

Организация должна разрабатывать, внедрять и обеспечить сохранность документов (на бумажных или электронных носителях), в которых содержатся ключевые моменты системы энергоменеджмента и их взаимодействие.

К документам по системе энергоменеджмента относятся [6]:

- а) область применения и границы воздействия системы энергоменеджмента;
- б) энергетическая политика;
- в) цели, задачи и рабочий план по достижению энергоэффективности;
- г) план действий по выполнению задач и достижению поставленных целей;
- д) документы и отчеты в соответствии с требованиями организации для обеспечения эффективного планирования, выполнения и контроля.

Примечание: Количество документов может отличаться в различных организациях, что связано со следующими параметрами:

- а) размеры организации и вид деятельности
- б) сложность процессов и их взаимодействие
- в) компетентность персонала

Контроль документации

Необходимо осуществлять контроль документов по системе энергоменеджмента. При необходимости контролируется также и техническая документация. Организация разрабатывает, реализует и поддерживает процедуры, которые:

- а) проверяют достаточность документов до начала работы;
- б) периодически пересматривают документы и при необходимости вносят изменения;
- в) выявляют внесенные изменения и действующие редакции документов;
- г) подтверждают, что документы в действующей редакции доступны во всех подразделениях;
- д) проверяют простоту и четкость передачи информации;
- е) отслеживают документы, разработанные другими организациями, которые по решению компании признаны необходимыми для

планирования и реализации системы энергоменеджмента, контролируют распределение данных документов между подразделениями компании;

ж) предупреждают несанкционированное использование устаревших документов и применяют специальную систему для опознавания таких документов, если по каким-либо причинам они сохраняются в компании.

1.5.5.4 Оперативный контроль

Организация определяет и планирует операции, связанные со значительным потреблением энергии в соответствии с принятой энергетической политикой, поставленными целями и задачами, что позволяет удостовериться, что все операции проводятся при определенных условиях. Оперативный контроль осуществляется посредством [6]:

а) разработки и установления критериев эффективной работы и поддержания уровня энергопотребления, или же где отсутствие контроля может привести к значительному отклонению от эффективного энергопотребления

б) эксплуатации и обслуживания оборудования, процессов и систем в соответствии с установленными критериями

в) передачи функций оперативного контроля лицам, осуществляющим деятельность в интересах и от имени компании.

1.5.5.5 Связь (обмен информацией)

Организация осуществляет обмен информацией между подразделениями в целях повышения энергоэффективности в соответствии с размерами организации.

Организация должна убедиться, что сотрудники всех уровней внутри организации осознают, понимают, принимают и участвуют в процессе внедрения системы энергоменеджмента. Это подразумевает, что любой сотрудник, работающий в данной организации или от ее имени, может вносить предложения по совершенствованию системы энергоменеджмента.

Организация вправе самостоятельно решать вопрос о необходимости и целесообразности обмена информацией по системе энергоменеджмента и энергоэффективности со сторонними организациями.

Данное решение должно быть задокументировано. При принятии положительного решения по обмену информацией со сторонними организациями компания разрабатывает и внедряет методику такого обмена.

1.5.5.6 Разработка проектов

Организация рассматривает возможности по повышению энергоэффективности путем разработки, модификации и обновления производств, оборудования, систем и процессов, связанных со значительным энергопотреблением.

Результаты оценки должны быть внесены в спецификацию, технические задания и планирование закупочной деятельности по соответствующему проекту.

По завершению реализации проекта необходимо внести поправки в анализ энергопотребления и энергоэффективности.

Все элементы данного процесса регистрируются.

1.5.5.7 Приобретение энергетических услуг, товаров, оборудования и энергии

Приобретение энергетических товаров, услуги оборудования

При покупке энергоемких товаров, услуг или оборудования организация должна проинформировать поставщиков, что приобретаемая услуга, товар или оборудование оценивается с точки зрения энергоэффективности [6].

Организация должна определить критерии оценки энергопотребления сверх запланированного или ожидаемого срока эксплуатации энергоемкого оборудования, оказания энергозатратных услуг.

Примечание: Необходимо предусмотреть вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций, аварий на энергоемком оборудовании и оценить возможные пути решения возникших проблем.

Покупка энергии

Организация вправе самостоятельно определять приемлемые для себя параметры при покупке энергии.

1.5.6 Проверка энергоэффективности

1.5.6.1 Мониторинг, измерения и анализ

Организация контролирует, что все ключевые характеристики производственного процесса, которые определяют энергоэффективность, периодически отслеживаются, измеряются и анализируются.

В ключевые характеристики включаются, как минимум [6]:

- а) данные анализа энергопотребления и энергоэффективности,
- б) значительное энергопотребление,
- в) взаимосвязь между значительным энергоиспользованием и энергопотреблением и другими характеристиками,
- г) показатели энергоэффективности, и
- д) эффективность рабочего плана по достижению поставленных целей и задач.

Данные мониторинга и измерений регистрируются.

Организация самостоятельно определяет и периодически пересматривает свои потребности в статистических данных подобного рода. Организация проверяет, что все оборудование, которое используется для мониторинга и измерений, предоставляет достоверные данные, которые могут быть получены вновь. Данные калибровки сохраняются.

Организация в обязательном порядке расследует все случаи возникновения значительного энергопотребления, соответствующим образом реагирует на них.

Результаты мониторинга и измерений сохраняются.

1.5.6.2 Оценка соответствия правовым и другим нормам

В определенные промежутки времени организация проводит оценку соответствия правовым и другим обязательствам, которые она обязуется выполнять, в соответствии с масштабами внедрения системы энергоменеджмента.

Результаты оценки соответствия сохраняются.

1.5.6.3 Внутренний аудит системы энергоменеджмента

Организация периодически проводит внутренние аудиты с целью [б]:

- выявления соответствия системы энергоменеджмента запланированным изменениям в энергосистеме, а также выявления соответствия требованиям настоящего Международного Стандарта

- выявления эффективности и поддержания системы энергоменеджмента.

План проведения аудита разрабатывается в соответствии со статусом процесса, степени важности данного процесса, проверяемой области деятельности. Также учитываются результаты предыдущих проверок и беспристрастность процесса.

Результаты аудита сохраняются и представляются на рассмотрение руководству компании.

1.5.6.4 Несоответствия, поправки, корректирующие и превентивные мероприятия

Организация разрабатывает, реализует и поддерживает деятельность по работе с потенциальными несоответствиями и по проведению корректирующих и превентивных мероприятий. Данная процедура определяет требования по [б]:

а) выявлению несоответствий (явных или потенциальных) и определению причин возникновения несоответствий (явных или потенциальных)

б) оценке действий, необходимых для проверки данных о ненаступлении несоответствий или невозможности их повторного наступления

в) определению и реализации необходимых мероприятий

г) сохранению результатов корректирующих и превентивных мероприятий

д) оценке эффективности предпринятых действий

Масштаб корректирующих и превентивных мероприятий должен соответствовать размерам явных или потенциальных проблем.

Организация контролирует, что в документацию по системе энергоменеджмента внесены все необходимые изменения.

1.5.6.5 Контроль отчетности

Организация устанавливает и сохраняет данные, необходимые для демонстрации соответствия требованиям системы энергоменеджмента и настоящего Международного Стандарта и достигнутых результатов по повышению энергоэффективности.

Отчеты по проведенной деятельности, продукции или услугах должны быть понятны и легко распознаваемы.

1.5.7 Проверка системы энергоменеджмента высшим руководством

С определенной периодичностью руководство проверяет работу системы энергоменеджмента с целью контроля ее соответствия требованиям и оценки эффективности.

Данные проверок сохраняются.

1.5.7.1 Входные данные проверки менеджмента

Входные данные включают [б]:

- а) предпринимаемые действия, определенные предыдущими проверками;
- б) обзор энергетической политики;
- в) обзор энергетических параметров;
- г) оценка соответствия правовым нормам и изменения в правовых обязательствах, под которыми подписывается организация;
- д) временной промежуток, в течение которого были достигнуты поставленные цели и задачи;
- е) результаты аудитов;
- ж) статус проводимых корректирующих и превентивных мероприятий;
- з) прогнозируемые результаты
- и) рекомендации по повышению энергоэффективности.

1.5.7.2 Результаты проверки менеджмента

Отчет по результатам проверки руководства должен включать решения или действия, направленные на [б]:

- а) повышение энергоэффективности;
- б) изменения в энергетической политике;
- в) изменение показателей энергоэффективности;
- г) изменение целей, задач и/ или других элементов системы энергоменеджмента, в соответствии с обязательствами организации по непрерывному повышению энергоэффективности;
- д) необходимые ресурсы.

Заключение к первой главе

Правительство РФ обратило пристальное внимание на область энергосбережения только в последние годы и ситуация на сегодняшний день такова, что технологическая отсталость по ряду направлений, высокая энергоемкость производимой продукции и услуг, нерациональное использование ресурсов привели к ситуации, когда наша экономика – неконкурентоспособна и сильно зависима от объема экспорта энергоресурсов и их цены. При этом постоянно возрастает внутренний спрос на энергоресурсы, преимущественно не за счет роста производственных мощностей, а за счет износа старых фондов и коммуникаций, и роста потребления в жилищном секторе. В такой ситуации невозможно говорить об энергетической безопасности Российской Федерации и планировать долгосрочное развитие страны. Поэтому попытки каким-либо образом изменить сложившуюся ситуацию и приблизить нашу экономику к мировым лидерам воспринимаются позитивно.

Существующая законодательная и нормативная база, ряд программных документов и общая стратегия развития страны призваны решить вышеозначенные проблемы. И хотя действующие законы несовершенны, иногда в них встречаются коллизии, уровень энергоемкости РФ в последние несколько лет планомерно снижался. Требования, выдвигаемые различным категориям потребителей энергетических ресурсов, логичны и направлены на повышение конкурентоспособности, финансовой устойчивости, энергетической и экологической безопасности российской экономики, а также роста уровня и качества жизни населения.

Но при этом исполнение этих требований на сегодняшний день, особенно государственными учреждениями, не всегда возможно. Основная причина здесь видится в том, что для полноценной реализации мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности (на том уровне, на котором они заложены в 261-ФЗ и Программе) необходимо привлечение негосударственных источников финансирования – частного российского и иностранного капитала. Особенности нашего рынка таковы, что в силу большого количества рисков немногие готовы в него инвестировать.

Таким образом, государственные учреждения порою оказываются в ситуации, когда выполнение требований действующего законодательства невозможно в силу отсутствия достаточного финансирования.

Решить проблему может развитие стимулирующих мер со стороны государства по отношению к инвесторам в области энергосбережения, создание детализированных региональных и муниципальных программ, популяризация энергосбережения в обществе.

Действующая в Российской Федерации законодательная и нормативно-правовая база в данной области постоянно развивается и улучшается, сокращая наше отставание в сфере нормативного обеспечения от стран Западной Европы, США, Японии и др. Наличие проработанной Программы и совершенствующаяся законодательная база позволяют с оптимизмом смотреть в будущее.

Список литературы к первой главе

1. Государственная программа Российской Федерации Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года»

2. Федеральный закон от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»

3. ГОСТ Р 51387–99 «Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение»

4. Фокин В.М. Основы энергосбережения и энергоаудита. М.: «Издательство Машиностроение-1», 2006. 256 с.

5. Методические рекомендации по соблюдению государственным (муниципальными) учреждениями законодательства об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности. М., 2010.

6. Международный стандарт ISO 50001 – «Системы энергоменеджмента»

ГЛАВА 2

Энергосервисный контракт. Экономические и информационные аспекты

2.1 Энергосервисные компании и энергосервисные контракты

Проведение энергетических обследований и оказание энергосервисных услуг в мировой практике рассматривается как основной этап энергосбережения и повышения энергетической эффективности и требует особого внимания государства. Данные мероприятия, по сути, определяют границы между выявлением потенциала энергосбережения, прединвестиционной подготовкой и непосредственной реализацией проектов в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Государственная политика в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности основывается на требованиях закона № 261-ФЗ, который определил новые механизмы и инструменты реализации этой политики. Ключевыми положениями новой государственной политики в области проведения энергетических обследований являются [3, 4]:

- саморегулирование и членство в саморегулируемых организациях в области проведения энергетического обследования как основание для осуществления соответствующего вида деятельности;

- обязательность и регулярность проведения энергетических обследований в бюджетной сфере, для крупных потребителей энергетических ресурсов, регулируемых организаций и организаций топливно-энергетического комплекса;

- унификация требований к энергетическому паспорту, составленному по результатам обязательного энергетического обследования, а также к энергетическому паспорту, составленному на основании проектной документации;

- сбор, обработка, систематизация, анализ, использование данных энергетических паспортов, составленных по результатам обязательных энергетических обследований, а также данных энергетических паспортов, составленных по результатам добровольных энергетических обследований.

Энергетические обследования и до принятия закона № 261-ФЗ находились в поле зрения законодателя, что привело к формированию относительно немногочисленного профессионального сообщества, тогда как энергосервис ранее федеральным законодательством охвачен не был и

на практике рассматривался только как перспективная возможность. Поэтому энергосервисные услуги, энергосервисный договор (контракт) являются новыми категориями для отечественного законодательства.

Энергосервисный контракт – договор на внедрение энергосберегающих технологий, предметом которого является осуществление исполнителем действий, направленных на энергосбережение и повышение энергетической эффективности использования энергетических ресурсов заказчиком.

Энергосервисная компания (ЭсКо) – компания, специализирующаяся на предоставлении услуг по энергосбережению и повышению энергоэффективности. ЭсКо:

- разрабатывают и предлагают энергосберегающие мероприятия в зданиях с заданными показателями энергосбережения ;
- за свой счет или за счет кредитных ресурсов осуществляют комплекс энергосберегающих мероприятий в зданиях (самостоятельно взаимодействует со строительными и инжиниринговыми компаниями, банком);
- обучают персонал обслуживающей организации работе с новым оборудованием;
- осуществляют мониторинг работы оборудования, результатов по достигаемому сбережению энергии.

К ключевым положениям закона № 261-ФЗ в области оказания энергосервисных услуг следует отнести [1]:

- формирование специального механизма правового регулирования в области размещения заказа на энергосервис для государственных и муниципальных нужд за счет внесения соответствующих дополнений в Федеральный закон № 94-ФЗ «О размещении заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд»;

- выбор в качестве приоритетной для России модели энергосервисного договора, в которой основные риски невыполнения обязательств лежат на исполнителе.

Принятие закона № 261-ФЗ послужило основанием для определения федеральных органов исполнительной власти, уполномоченных осуществлять функции по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, и восстановления соответствующей системы государственного управления, которая была фактически разрушена после ликвидации Госэнергонадзора. При этом в области проведения энергетических обследований такие функции прямо закреплены за Минэнерго России в Положении о Министерстве энергетики РФ, утвержденным постановлением

Правительства от 28 мая 2008 года № 400, и изменениями, внесенными постановлением Правительства от 20 февраля 2010 года № 67. В то же время в отношении энергосервисных услуг такой федеральный орган исполнительной власти прямо не определен. Соответствующие функции фактически распределены между Минэкономразвития России, Минэнерго и Минрегионом, которые их во многом дублируют [1].

Результаты реализации новой государственной политики в области проведения энергетических обследований и оказания энергосервисных услуг пока свидетельствуют о некоторых стохастических процессах, свойственных начальному периоду становления системы. На рынке энергетических обследований зарегистрировано около 100 саморегулируемых организаций в области энергетического обследований, которые охватывают более 4 0000 энергоаудиторов [1]. Однако уровень профессиональной подготовки большинства энергоаудиторов основан на краткосрочных курсах повышения квалификации и не подтвержден реальным опытом работы. При этом такое количество участников рынка не обеспечено необходимым объемом заказов на проведение энергетического обследования, несмотря на требования закона № 261-ФЗ об обязательном их проведении для определенных групп потребителей энергетических ресурсов.

Энергосервисные услуги в бюджетной сфере пока не вышли за рамки контрактов на энергосервис до 100 тыс. руб., а в промышленности по существу подменены договорами поставки и подряда с оплатой в рассрочку.

По мнению многих экспертов, 2012 год станет годом расцвета энергосервиса [2]. Однако существует множество препятствий, тормозящих развитие данного направления бизнеса, главным из которых является несовершенное законодательство. Рассмотрим основные положения действующего законодательства.

2.1.1 Основные положения законодательства РФ в области энергосервисной деятельности

В целях обеспечения государственных или муниципальных нужд государственные или муниципальные заказчики вправе заключать государственные или муниципальные энергосервисные договоры (контракты) (далее - контракты на энергосервис) в соответствии со ст.21 Закона № 261-ФЗ. Государственные или муниципальные энергосервисные договоры (контракты) заключаются и оплачиваются в соответствии с бюджетным законодательством Российской Федерации и законодательством Российской Федерации о размещении заказов.

Законом № 261-ФЗ были внесены изменения в Закон № 94-ФЗ «О размещении заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд» - введена отдельная

гл.7.1 «Размещение заказов на энергосервис для государственных и муниципальных нужд». Также были внесены изменения в бюджетное законодательство, направленные на снятие ограничений на заключение долгосрочных контрактов на энергосервис.

Предметом контракта на энергосервис является осуществление исполнителем действий, направленных на энергосбережение и повышение энергетической эффективности использования указанных энергетических ресурсов. Согласно ч.2 ст.19 Закона № 261-ФЗ в общем случае энергосервисный договор (контракт) должен содержать:

- условие о величине экономии энергетических ресурсов, которая должна быть обеспечена исполнителем в результате исполнения энергосервисного договора (контракта);

- условие о сроке действия энергосервисного договора (контракта), который должен быть не менее чем срок, необходимый для достижения установленной энергосервисным договором (контрактом) величины экономии энергетических ресурсов.

Иные обязательные условия энергосервисных договоров (контрактов) установлены в частности постановлением Правительства Российской Федерации от 18.08.2010 № 636 «О требованиях к условиям контракта на энергосервис и об особенностях определения начальной (максимальной) цены контракта (цены лота) на энергосервис» (далее - Постановление № 636), которое было принято в рамках реализации ч.17 ст.56.1 Закона № 94-ФЗ.

Постановление № 636 в целом основано на модели энергосервисного контракта, определенного в Законе № 261 -ФЗ и Законе № 94-ФЗ, то есть классической модели перформансного контракта, когда исполнитель контракта осуществляет мероприятия по энергосбережению и повышению энергетической эффективности за свой счет и покрывает свои издержки из полученной экономии только в случае достижения определенного в контракте уровня экономии. Взаимодействие с энергообеспечивающими организациями и организациями коммунального комплекса осуществляет непосредственно заказчик.

Преимущества перформанс-контрактов перед традиционными, когда специализированная энергоаудиторская компания привлекается только для разработки и обоснования энергосберегающих мероприятий и проектов:

- Стоимостная эффективность. В отличие от традиционного подхода модернизации энергетики в данном случае существует заинтересованность самой энергосервисной компании в максимальном увеличении сбережений посредством долгосрочного контракта, в условиях ограниченных инвестиций.

- Отсутствие риска для заказчика. Энергосервисная компания гарантирует финансовые сбережения и берет на себя все риски по проекту.

- Отсутствие финансовых вложений со стороны заказчика. Проект финансируется третьей стороной (как правило, кредитными организациями), в то же время вознаграждение обеспечивается «гарантированными сбережениями».

Следует отметить, что в течение периода, когда отсутствовала необходимая подзаконная нормативная правовая база к Закону № 94-ФЗ, ряд организаций предлагали заключение энергосервисных договоров (контрактов) в бюджетной сфере на установку приборов учета. При этом такая модель нашла достаточно широкое применение, поскольку в соответствии с Законом № 94-ФЗ заключение договора на сумму меньше 100 тыс. рублей (раз в квартал с одним предметом договора) возможно без проведения торгов. Стоимость прибора учета, как правило, укладывается в эту сумму. Данная модель продолжает применяться и в настоящее время.

В то же время необходимо учитывать, что оснащение приборами учета не является мероприятием по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, не ведет к прямой экономии энергетических ресурсов и только повышает точность учета. В этой связи такие договоры нельзя признать энергосервисными в смысле положений Закона № 261 -ФЗ. Кроме того, одним из основных требований к контрактам на энергосервис, заключаемым государственными или муниципальными заказчиками, является определение размера экономии, достигнутого в результате исполнения контракта, без учета экономии, полученной за счет установки прибора учета.

Среди остальных требований к контрактам на энергосервис, заключаемым государственными или муниципальными заказчиками, следует особое внимание обратить на:

- наличие перечня мероприятий, направленных на энергосбережение и повышение энергоэффективности, которые обязан выполнить исполнитель контракта на энергосервис;

- учет при определении размера экономии, достигнутого в результате исполнения контракта, факторов, влияющих на объем потребления энергетического ресурса (изменение режимов функционирования и (или) назначения энергопотребляющих установок, изменение количества потребителей энергоресурсов, площади и объемов помещений, существенное изменение погодных условий - среднесуточной температуры наружного воздуха, среднесуточной температуры наружного воздуха в отопительный период, продолжительности отопительного периода);

- заключение контракта в отношении объекта, на котором до даты заключения контракта собственником или соответствующей эксплуатирующей организацией обеспечено соблюдение всех установленных санитарно- гигиенических и технических требований по режимам энерго- и ресурсоснабжения, режимам и параметрам работы

энергопотребляющих установок, режимов и параметров эксплуатации объекта и помещений с учетом функционального назначения. В случае невыполнения указанных требований и норм информация об этом указывается в контракте и мероприятия по обеспечению их выполнения включаются в перечень мероприятий.

Кроме того энергосервисный договор может содержать:

- условие об обязанности исполнителя обеспечивать при исполнении энергосервисного договора согласованные сторонами режимы, условия использования энергетических ресурсов (включая температурный режим, уровень освещенности, другие характеристики, соответствующие требованиям в области организации труда, содержания зданий, строений, сооружений) и иные согласованные при заключении энергосервисного договора (контракта) условия;

- условие об обязанности исполнителя по установке и вводу в эксплуатацию приборов учета используемых энергетических ресурсов;

- условие об определении цены в энергосервисном договоре исходя из показателей, достигнутых или планируемых для достижения в результате реализации энергосервисного договора, в том числе исходя из стоимости сэкономленных энергетических ресурсов;

- иные определенные соглашением сторон условия.

Контракты на энергосервис заключаются в целях экономии поставок товаров, выполнения работ, оказания услуг, относящихся к сфере деятельности субъектов естественных монополий, оказания услуг водоснабжения, водоотведения, канализации, теплоснабжения, газоснабжения (за исключением услуг по реализации сжиженного газа), подключения (присоединения) к сетям инженерно-технического обеспечения по регулируемым в соответствии с законодательством Российской Федерации ценам (тарифам), поставок электрической энергии, мазута, угля, поставок топлива, используемого в целях выработки энергии.

Контракты на энергосервис заключаются отдельно от контрактов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг, относящихся к сфере деятельности субъектов естественных монополий, на оказание услуг водоснабжения, водоотведения, канализации, теплоснабжения, газоснабжения, подключения (присоединения) к сетям инженерно-технического обеспечения по регулируемым в соответствии с законодательством Российской Федерации ценам (тарифам), на поставки электрической энергии, мазута, угля, на поставки топлива, используемого в целях выработки энергии (далее в целях - поставки энергетических ресурсов).

Начальная (максимальная) цена контракта (цена лота) на энергосервис определяется с учетом фактических расходов, понесенных заказчиком по контрактам на поставки соответствующих видов энергетических ресурсов

за прошлый год, и не может превышать указанные расходы с учетом особенностей, установленных Приложением № 2 «Особенности определения начальной (максимальной) цены контракта (цены лота) на энергосервис» к Постановлению № 636.

Согласно данному положению:

- Для контрактов на энергосервис, срок исполнения которых равен или меньше одного календарного года, начальная (максимальная) цена определяется как произведение фактического объема потребления энергетического ресурса за прошлый год и стоимости единицы энергетического ресурса.

- При сроке исполнения более одного календарного года, цена контракта определяется как произведение фактического объема потребления энергетического ресурса за прошлый год, стоимости единицы энергетического ресурса на дату объявления и минимального целого количества лет, составляющих срок исполнения контракта.

- В случае если заказчик осуществляет расчеты за поставку энергетического ресурса по нескольким ценам (тарифам), стоимость единицы энергетического ресурса определяется как средневзвешенная цена (тариф).

Заказы могут размещаться на энергосервис путем проведения конкурса или запроса котировок или проведения аукциона, в том числе открытого аукциона в электронной форме.

При размещении заказа на энергосервис путем проведения конкурса или аукциона, указывается одно из следующих предложений (для аукциона путем снижения одного из следующих показателей):

- предложение о цене контракта (предложенный участником процент экономии);

- предложение о сумме, определяемое как разница между соответствующими расходами заказчика на поставки энергетических ресурсов и экономией в денежном выражении указанных расходов заказчика;

- предложение о сумме, определяемое как разница между соответствующими расходами заказчика на поставки энергетических ресурсов) и экономией в денежном выражении указанных расходов заказчика, и уменьшенной на стоимостную величину, соответствующую проценту такой экономии.

Победителем признается лицо, сделавшее предложение о наиболее низкой сумме.

2.1.2 Риски энергосервисных договоров и основные проблемы рынка

Энергосервисный контракт относится к классу долгосрочных контрактов, поэтому:

- должна быть выявлена сторона, которая несет риски невнедрения энергоэффективного проекта (как правило, это исполнитель, т.е. ЭСКО);
- должны быть решены вопросы перехода прав собственности на результаты внедрения энергоэффективного проекта (после окончания выплаты);
- рассмотрены проблемы, связанные с досрочным прекращением договора на всех этапах, в том числе вопросы отчуждения результатов выполнения работ в пользу одной из сторон;
- определено право надзора ЭСКО над осуществлением всех моментов внедрения проекта в организации.

К рискам, которые несут ЭСКО, необходимо отнести:

- риск предоставления заказчиком недостоверной и/или не полной информации как на этапе проведения энергоаудита, так и на этапе эксплуатации;
- риск неквалифицированной эксплуатации заказчиком энергосберегающего оборудования;
- риск неплатежеспособности заказчика.

В мировой практике широко распространено участие страховых компаний в механизме реализации энергосервисных договоров. Данное предложение основывается на условиях страхования рисков на случай отсутствия прибыли на период действия контракта. На сегодняшний день в России аналогичного продукта нет.

Как показывает опыт других государств, в которых принимались законы об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности нового поколения, например Индии, для формирования полноценного, устойчивого рынка в области энергетических обследований и энергосервисных услуг, должно пройти не менее 3–5 лет [1].

В это время происходит выявление и устранение пробелов и противоречий в законодательстве, подготовка и реализация пилотных проектов, разработка методической базы, консолидация профессионального сообщества, которое сопровождается вытеснением с рынка слабых и неквалифицированных игроков.

Основную роль в этом процессе выполняют не только государственные агентства, подобные ФГБУ «РЭА» Минэнерго России, но также ассоциации участников рынка энергетических обследований и энергосервисных услуг. Они способны централизованно представлять позицию профессионального сообщества. В России уже создаются соответствующие ассоциации саморегулируемых организаций в области энергетического обследования, берущих на себя ответственность за контроль качества оказания данных услуг, выработку методических рекомендаций и типовых решений. Их активизация свидетельствует о том,

что развитие отечественного рынка идет по сценарию, соответствующему международной практике [1].

Такое развитие пока существенно сдерживается из-за наличия большого количества пробелов и противоречий в новом законодательстве об энергосбережении, которые в отдельных случаях блокируют его исполнение либо результаты такого исполнения перестают отвечать целям государственной политики.

На сегодняшний день к основным проблемам энергосервиса можно отнести [2]:

- Трудности доступа к источникам финансирования энергосервисного договора с минимальной кредитной процентной ставкой.

- Сложность разработки и согласования методики измерения и расчета энергосберегающего эффекта.

- Сложность отделения эффекта энергосберегающего мероприятия от внешних факторов.

- Сложность заключения многолетних контрактов в бюджетной сфере.

- Значительный риск неплатежеспособности заказчика.

- Отсутствие финансовых и страховых продуктов, разработанных специально под энергосервисный контракт.

- Сложности применения механизма государственно-частного партнерства, ввиду отсутствия достаточной законодательной базы.

Проблемы формирующегося рынка энергосервисных услуг:

- Прохладное отношение представителей региональных администраций к предложениям энергосервисных компаний (ждут государственных инвестиций на реализацию программ энергосбережения).

- Разработанные региональные и муниципальные программы энергосбережения в большинстве случаев требуют внесения значительных изменений и дополнений.

- Технические риски объединены с экономическими и финансовыми. Это усложняет условия привлечения кредитных ресурсов.

- Система стандартов действующая на данный момент на территории РФ не отвечает целям повышения энергоэффективности экономики.

- Налицо сильный перекос в формулировании жестких рамок деятельности и обязанностей исполнителя в сравнении с довольно размытыми обязанностями заказчика.

- Высокие риски предоставления низкокачественных услуг энергоаудита в силу малого специализированного опыта у сотрудников компании – энергоаудитора.

- Отсутствие у потенциальных инвесторов инженерных компетенций для определения целесообразности финансирования проектов

энергосбережения, отсутствие методологии оценки технических рисков данных проектов.

- Отсутствие возможностей по привлечению долгосрочных займов, в т.ч. по причинам низкой капитализации ЭСКО в РФ, энергосервисный договор не признается банками в виде потенциального залога.

- Низкая мотивация исполнителей со стороны заказчиков при рассмотрении и реализации проектов повышения энергоэффективности и энергосбережения.

- Отсутствие развитой системы обучения по стандарту ИСО 50001 и отсутствие методологических основ для интеграции вопросов обеспечения энергоэффективности в общую концепцию менеджмента организации.

Основными направлениями совершенствования законодательства должны стать [1]:

- повышение квалификационных требований к лицам, проводящим энергетическое обследование, и детализация ответственности саморегулируемых организаций в области энергетического обследования;

- дифференциация требований к проведению обязательных энергетических обследований, включая сроки и результаты их проведения, в зависимости от категории потребителя энергетических ресурсов;

- предоставление права заполнять энергетические декларации вместо энергетического паспорта для организаций с незначительным или нулевым энергопотреблением;

- предоставление права составлять несколько энергетических паспортов – на каждое здание, на обособленное структурное подразделение организации, проходящей энергетическое обследование;

- предоставление права на проведение экспресс-обследования для крупных потребителей энергетических ресурсов, формирование мер государственной поддержки проведения полных энергетических обследований у таких потребителей, включая предоставление субсидий;

- возложение полномочий по контролю правильности составления энергетических паспортов и соответствия их установленной форме на уполномоченные федеральные органы исполнительной власти;

- введение положений об ассоциациях саморегулируемых организаций в области энергетического обследования, определение их правового статуса с возложением на них методического обеспечения;

- введение альтернативных моделей оказания энергосервисных услуг, прежде всего в бюджетной сфере, основанных на распределении рисков между заказчиками и исполнителями соответствующих услуг;

- устранение противоречий между требованиями к оплате контрактов на энергосервис и требованиями по планированию бюджетных ассигнований государственных (муниципальных) учреждений с учетом

снижения в сопоставимых условиях объемов потребленных ими энергетических ресурсов;

- введение налоговых льгот для энергосервисных компаний и иных мер государственной поддержки в области оказания энергосервисных услуг.

Дальнейшее развитие государственной политики и нормативно-правового регулирования должно обеспечить внутреннюю взаимосвязь требований к проведению обязательного энергетического обследования, разработке программ в области энерго-сбережения и повышения энергетической эффективности таким образом, чтобы создать дополнительные гарантии осуществления мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, разработанных при проведении энергетического обследования.

2.1.3 Последовательность действий государственного заказчика при заключении энергосервисного договора

1. Проведение энергоаудита государственного (муниципального) учреждения.

2. Выбор способа размещения заказа на заключение энергосервисного договора (контракта).

3. Подготовка документации для проведения торгов и проекта энергосервисного договора (контракта). На данном этапе происходит разработка ряда существенных условий энергосервисного договора (контракта), необходимых для его исполнения, таких как:

- порядок определения заказчиком объема потребления энергетического ресурса в натуральном выражении до и после реализации исполнителем перечня мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности;

- порядок определения фактической величины экономии энергетического ресурса в натуральном выражении, достигнутого в результате исполнения контракта в сопоставимых условиях, с учетом изменений факторов, оказывающих влияние на объем потребления энергетического ресурса;

- перечень мероприятий, направленных на энергосбережение и повышение энергетической эффективности, которые обязан выполнить исполнитель;

- порядок перехода прав собственности на результаты выполненных исполнителем работ (осуществленных мероприятий) по энергосбережению и повышению энергетической эффективности;

- цена контракта и порядок расчетов с исполнителем (порядок определения величины процента экономии энергетического ресурса, подлежащего уплате исполнителю в денежном выражении).

4. Заключение энергосервисного договора.

5. Исполнение энергосервисного договора.

В сфере энергосервисных услуг существует понятие гарантирующего поставщика, т.е. оптимальной компании-поставщика энергосервисных услуг. Гарантирующий поставщик обладает рядом преимуществ, выделяющих его на рынке:

- имеет максимальную базу данных физических и юридических лиц своей зоны деятельности, сеть офисов;
- рассматривает энергосервис, как элемент конкурентоспособности и постоянен на территории;
- имеет возможность осуществлять массовые закупки энергосберегающего оборудования, экономя на крупных партиях;
- имеет возможность организовать диспетчерский центр по взаимодействию с независимыми ЭСКО для координации работ;
- на каждом сэкономленном кв.-часе теряет всего 5-9 коп. сбытовой надбавки, зато заинтересован разделить с потребителем 2-4 руб.;
- заинтересован в развитии почасового учета, дистанционного снятия показаний – «умный счетчик». Понимает эффект от мероприятий при использовании различных тарифов;
- заинтересован в минимизации потерь при потреблении энергетического ресурса учреждениями;
- имеет возможность набирать и обучать специалистов в области энергосбережения, более гибок в организации работы;

При выборе энергосервисной компании рекомендуется обращать внимание на ее соответствие профилю гарантирующего поставщика. Такое соответствие является своего рода гарантом качества предоставляемых услуг.

2.2 Экономическая эффективность инвестиционных проектов

Задача энергосбережения заключается в экономии энергоресурсов путем реализации мероприятий по энергосбережению. Экономия ресурсов в свою очередь воплощается в снижении себестоимости продукции и как следствие увеличении прибыли организации, либо в экономии бюджетных средств, выделяемых на оплату энергетических ресурсов.

Задача анализа эффективности заключается в сопоставлении планируемых доходов от мероприятий по энергосбережению с понесенными при их реализации затратами.

Все мероприятия по энергосбережению можно разделить на два вида:

1. Организационные. Не требуют больших затрат. Краткосрочные. Не требуют закупки оборудования, строительно-монтажных работ.

2. Технические. Требуют значительных затрат. Могут быть как краткосрочными, так и долгосрочными. Закупка оборудования,

модернизация существующих основных фондов, строительные-монтажные работы.

Основные принципы экономического анализа эффективности [5]:

1. Рассмотрение проекта на протяжении всего его жизненного цикла (расчетного периода).

2. Моделирование денежных потоков, включающих все связанные с осуществлением проекта денежные поступления и расходы за расчетный период.

3. Сопоставимость условий сравнения различных проектов (вариантов проекта).

4. Принцип положительности и максимума эффекта. Для того, чтобы инвестиционный проект, с точки зрения инвестора, был признан эффективным, необходимо, чтобы эффект реализации порождающего его проекта был положительным.

5. Учет фактора времени. При оценке эффективности проекта должны учитываться различные аспекты фактора времени, в том числе динамичность (изменение во времени) параметров проекта и его экономического окружения, неравноценность разновременных затрат и результатов.

6. Учет только предстоящих затрат и поступлений. Прошлые, уже осуществленные затраты, не обеспечивающие возможности получения альтернативных (т.е. получаемых вне данного проекта) доходов в перспективе, в денежных потоках не учитываются и на значение показателей эффективности не влияют.

7. Учет наличия разных участников проекта, несовпадения их интересов и различных оценок стоимости капитала, выражающихся в индивидуальных значениях нормы дисконта.

При анализе экономической эффективности проекта используют такие показатели, как чистая приведенная стоимость, внутренняя норма доходности и срок окупаемости.

2.2.1 Критериальные показатели эффективности

Чистая приведённая стоимость (чистая текущая стоимость, чистый дисконтированный доход, англ. Net present value, принятое в международной практике анализа инвестиционных проектов сокращение — NPV или ЧДД) — это сумма дисконтированных значений потока платежей, приведённых к сегодняшнему дню [6]. Показатель NPV представляет собой разницу между всеми денежными притоками и оттоками, приведёнными к текущему моменту времени (моменту оценки инвестиционного проекта). Он показывает величину денежных средств, которую инвестор ожидает получить от проекта, после того, как денежные притоки окупят его первоначальные инвестиционные затраты и периодические денежные оттоки, связанные с осуществлением проекта.

Поскольку денежные платежи оцениваются с учетом их временной стоимости и рисков, NPV можно интерпретировать, как стоимость, добавляемую проектом. Ее также можно интерпретировать как общую прибыль инвестора. В пользу такой интерпретации говорит то, что отношение NPV к совокупной величине дисконтированных инвестиционных затрат называется индекс прибыльности.

Иначе говоря, для потока платежей CF (Cash Flow), где CF_t — платёж через t лет ($t = 1, \dots, N$) и начальной инвестиции IC (Invested Capital) в размере $IC = -CF_0$ чистый дисконтированный доход NPV рассчитывается по формуле [6]:

$$NPV = \sum_{t=0}^N \frac{CF_t}{(1+i)^t} = -IC + \sum_{t=1}^N \frac{CF_t}{(1+i)^t}$$

где i — ставка дисконтирования.

В обобщенном варианте, инвестиции также должны дисконтироваться, так как в реальных проектах они осуществляются не одновременно (в нулевом периоде), а растягиваются на несколько периодов. Расчёт ЧДД — стандартный метод оценки эффективности инвестиционного проекта и показывает оценку эффекта от инвестиции, приведённую к настоящему моменту времени с учётом разной временной стоимости денег. Если ЧДД больше 0, то инвестиция экономически эффективна, а если ЧДД меньше 0, то инвестиция экономически невыгодна (то есть альтернативный проект, доходность которого принята в качестве ставки дисконтирования требует меньших инвестиций для получения аналогичного потока доходов).

С помощью ЧДД можно также оценивать сравнительную эффективность альтернативных вложений (при одинаковых начальных вложениях более выгоден проект с наибольшим ЧДД). Но все же для сравнительного анализа более применимыми являются относительные показатели. Применительно к анализу инвестиционных проектов таким показателем является внутренняя норма доходности.

Внутренняя норма доходности (англ. internal rate of return, общепринятое сокращение — IRR (ВНД)) — это процентная ставка, при которой чистый дисконтированный доход (NPV) равен 0. NPV рассчитывается на основании потока платежей, дисконтированного к сегодняшнему дню [6].

Иначе говоря, для потока платежей CF, где CF_t — платёж через t лет ($t = 1, \dots, N$) и начальной инвестиции в размере $IC = -CF_0$ внутренняя норма доходности IRR рассчитывается из уравнения [6]:

$$NPV = -IC + \sum_{t=1}^N \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} = 0$$

$$IC = \sum_{t=1}^N \frac{CF_t}{(1+IRR)^t}$$

Срок окупаемости (англ. Pay-Back Period) — период времени, необходимый для того, чтобы доходы, генерируемые инвестициями, покрыли затраты на инвестиции.

$PBP = \text{Инвестиции} / (\text{Денежный приток за 1 период} + \text{амортизация})$

Дисконтирование – приведение разновременных денежных потоков (относящихся к разным периодам планирования) к их ценности на определенный момент времени. В абсолютном большинстве случаев дисконтирование производится к начальному периоду времени (первому периоду планирования) [6]:

$$PV = FV_t / (1+i)^t$$

Где:

PV – present value. Текущее значение (на настоящий момент) будущего значения потока платежа.

FV_t – future value. Будущее значение потока платежа в период планирования t .

i – ставка дисконтирования

Ставка дисконтирования — это процентная ставка, используемая для перерасчета будущих потоков доходов в единую величину текущей стоимости.

Ставка дисконтирования - переменная величина, зависящая от ряда факторов $i = (i_1, \dots, i_n)$, где (i_1, \dots, i_n) - факторы, влияющие на будущие денежные потоки, которые определяются индивидуально для каждого инвестиционного проекта.

i_1 - стоимость альтернативного вложения средств на данный период, как то: ставка банковского процента по депозитам, ставка рефинансирования, средняя доходность уже имеющегося бизнеса и т.д.;

i_2 - оценка уровня инфляции на выбранный период, как оценка стоимости риска обесценивания средств за период.

Вычисление ставки дисконтирования сложная и актуальная для многих областей экономики задача, решению которой посвящено множество литературных источников.

Использование приведенных критериальных показателей позволяет произвести оценку экономической привлекательности инвестиционного проекта.

2.2.2 Риски инвестиционного проекта

Риск является объективным явлением, природа которого обусловлена недетерминированностью (неоднозначностью) событий будущего. Оценка рисков проекта состоит из следующих задач:

1. Выявление факторов риска.
2. Оценка тяжести последствий рисков ситуации.
3. Оценка вероятности наступления рисков ситуации.

Факторы риска (или виды рисков) это возможные события, которые могут привести к недостижению поставленных целей и задач.

Тяжесть последствий рискованной ситуации характеризует величину отклонения фактических показателей реализации от запланированных (прогнозных) показателей.

Виды рисков:

1. Контролируемые риски

- Коммерческий риск
- Риск доходности
- Технический риск
- Риск управленческих ошибок
- Финансовый риск
- Риск срыва поставок

2. Неконтролируемые риски

- Регулятивный риск
- Политический риск
- Риск возникновения неблагоприятных экологических последствий
- Инфляционный риск

2.3 Государственное стимулирование мероприятий в области энергосбережения

Согласно части 1 статьи 27 ФЗ №261 Государственная поддержка в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности может осуществляться по следующим направлениям:

1) содействие в осуществлении инвестиционной деятельности в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности;

2) пропаганда использования энергосервисных договоров (контрактов);

3) содействие в разработке и использовании объектов, технологий, имеющих высокую энергетическую эффективность;

4) содействие в строительстве многоквартирных домов, имеющих высокий класс энергетической эффективности;

5) поддержка региональных, муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, предусматривающих, в частности, достижение наиболее высоких целевых показателей энергосбережения и повышения энергетической эффективности;

6) реализация программ стимулирования производства и продажи товаров, имеющих высокую энергетическую эффективность, для обеспечения их в количестве, удовлетворяющем спрос потребителей, при

установлении запрета или ограничения производства и оборота аналогичных по цели использования товаров, результатом использования которых может стать непроизводительный расход энергетических ресурсов;

7) содействие в осуществлении образовательной деятельности в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности и информационной поддержки мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности

2.3.1 Введение социальной нормы потребления

Согласно части 4 статьи 27 ФЗ №261 органы государственной власти, органы местного самоуправления, вправе устанавливать социальную норму потребления населением энергетических ресурсов, а также пониженные цены (тарифы), применяемые при расчетах за объем потребления энергетических ресурсов (услуг по их доставке), соответствующий социальной норме потребления, при условии обязательной компенсации организациям, осуществляющим поставки энергетических ресурсов, оказание услуг, соответствующей части затрат на их осуществление.

Такая компенсация может обеспечиваться за счет установления для населения цен (тарифов), дифференцированных в отношении энергетических ресурсов, поставляемых населению в пределах социальной нормы потребления и сверх социальной нормы потребления.

Социальная норма потребления устанавливается при регулировании тарифов на 2011 год и далее. Ответственные за реализацию – Федеральная служба по тарифам, Минэкономразвития, Минэнерго России в соответствии с планом мероприятий Правительства РФ от 01.12.2009 г.).

2.3.2 Ускоренная амортизация основных средств

Налогоплательщики вправе применять к основной норме амортизации специальный коэффициент (статья 36 ФЗ № 261):

- в отношении амортизируемых основных средств, относящихся к объектам, имеющим высокую энергетическую эффективность, в соответствии с перечнем таких объектов, установленным Правительством РФ, или к объектам, имеющим высокий класс энергетической эффективности, если в отношении таких объектов в соответствии с законодательством РФ предусмотрено определение классов их энергетической эффективности.
- Минфин России, Минпромторг, Минэнерго и Минэкономразвития России, в соответствии с планом мероприятий Правительства РФ разрабатывают перечень основных средств, относящихся к объектам, имеющим высокую энергетическую эффективность, в отношении которых налогоплательщики вправе применять к

основной норме амортизации специальный коэффициент, но не выше 2.

Перечень объектов и технологий, имеющих высокую энергетическую эффективность, осуществление инвестиций в создание которых является основанием для предоставления инвестиционного налогового кредита (*Постановление Правительства РФ от 25 октября 2010 г. № 857*)

2.3.3 Возмещение части затрат на уплату процентов по кредитам и займам

На основании пункта 2 статьи 27 ФЗ №261 Минэкономразвития России, Минпромторг и Минфин России разрабатывают предложения о применении мер стимулирующего характера, предусмотренных законодательством РФ о налогах и сборах, путем возмещения части затрат на уплату процентов по кредитам и займам, полученным в российских кредитных организациях на осуществление инвестиционной деятельности, реализацию инвестиционных проектов в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности (в соответствии с планом мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности Правительства РФ от 01.12.2009 г.).

2.3.4 Инвестиционный налоговый кредит

Содействие в осуществлении инвестиционной деятельности (часть 1 статьи 27 ФЗ №261):

Инвестиционный налоговый кредит представляет собой такое изменение срока уплаты налога, при котором организации при наличии оснований, предоставляется возможность в течение определенного срока и в определенных пределах уменьшать свои платежи по налогу с последующей поэтапной уплатой суммы кредита и начисленных процентов (НК РФ).

Организации, при наличии оснований, может быть предоставлен инвестиционный налоговый кредит (статья 34 ФЗ №261).

Согласно Плана мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности Правительства РФ от 01.12.2009 г., Минфин России, Минпромторг, Минэнерго и Минэкономразвития России разрабатывают перечень объектов и технологий, имеющих высокую энергетическую эффективность, создание которых является основанием для предоставления инвестиционного налогового кредита.

Внесены изменения в порядок организации работы по предоставлению отсрочки, рассрочки и инвестиционного налогового кредита по уплате налогов и сборов (ответственный орган – Федеральная налоговая служба Российской Федерации).

2.3.5 Ограничения (условия) по предоставлению субсидий из федерального бюджета и гарантий РФ по кредитам

Согласно части 3 статьи 27 ФЗ-261 Российская Федерация вправе осуществлять софинансирование расходных обязательств субъектов Российской Федерации, муниципальных образований в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в пределах средств, предусмотренных федеральным законом о федеральном бюджете на соответствующий финансовый год и на плановый период.

Средства федерального бюджета, предусмотренные указанным федеральным законом, предоставляются бюджетам субъектов Российской Федерации в виде субсидий в порядке, установленном Правительством Российской Федерации. Такой порядок должен содержать также порядок распределения субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации, цели предоставления субсидий и критерии отбора субъектов Российской Федерации - получателей субсидий.

В число критериев отбора субъектов Российской Федерации - получателей субсидий должны быть включены показатели, отражающие эффективность региональных, муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

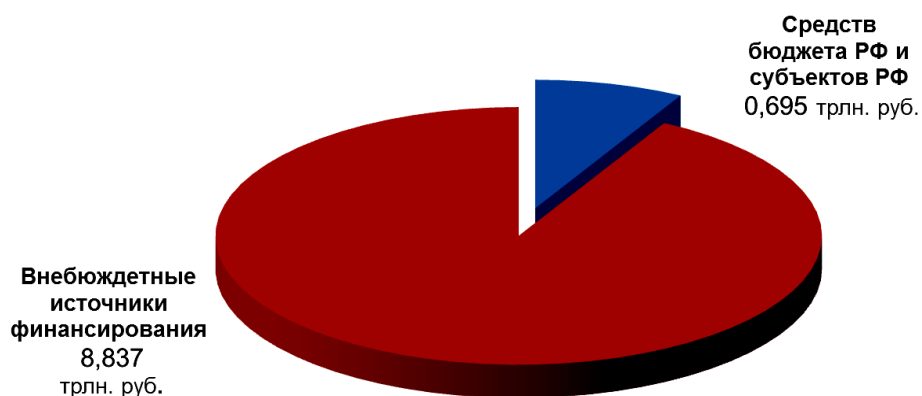


Рис 2.1. Структура финансирования в области энергосбережения [7]

Объёмы финансирования программных мероприятий счёт средств федерального бюджета составляют **0,73 %** от суммарных расходов за период реализации Программы повышения энергетической эффективности РФ.

На основании Приложения №9 к государственной программе Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года»:

- Доля финансирования проекта из федерального бюджета от стоимости каждого инвестиционного проекта не может превышать доли финансирования этого проекта из бюджета субъекта РФ;
- Суммарный объем средств из федерального бюджета, получаемых каждым субъектом РФ, в каждом году не может превышать 500 млн. руб.;

Заявка на получение субсидий должна соответствовать следующим основным требованиям:

- программа должна соответствовать ст. 14 261 ФЗ, ПП № 1225;
- в регионе должен быть установлен объем потребления энергоресурсов за 2009 г.;
- утвержден поквартальный план реализации программы;
- утверждены требования к программам регулируемых организаций;
- определен полномочный за реализацию программы орган;
- Представленные программы ранжируются по бальной системе.

Объем субсидий бюджетам субъектов Российской Федерации на реализацию региональных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности 2011-2020 г. 59 129 млн.руб.

На основании Приложения №10 к государственной программе Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года»:

- Гарантия предоставляется в обеспечение исполнения обязательств принципала по возврату части полученного кредита в размере до 50 процентов фактически предоставленной принципалу суммы, привлекаемых принципалом в российском банке;
- не менее 15 процентов полной стоимости проекта должны быть профинансированы принципалом из собственных средств;
- объем государственной поддержки не должен превышать 75 процентов полной стоимости проекта;
- 50 процентов - для обеспечения исполнения обязательств по проектам по повышению энергетической эффективности в жилищно-коммунальной сфере со сроками окупаемости не более 5 лет, в том числе с использованием механизма энергосервисного контракта;
- 50 процентов - по проектам по повышению энергетической эффективности в промышленности;
- минимальный размер предоставляемой гос. гарантии 500 млн. руб.

Объем предоставления государственных гарантий по кредитам на реализацию проектов по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, привлекаемым организациями на 2011-2020 г. 100 млрд. руб. (1,13% от потребности во внебюджетных источниках финансирования).

2.4 Информационное обеспечение мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности

Согласно части 1 статьи 22 ФЗ-261 информационное обеспечение мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности должно осуществляться регулярно посредством:

1) создания государственной информационной системы (ГИС) в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности;

2) опубликования органами государственной власти, органами местного самоуправления в средствах массовой информации региональных, муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности;

3) организации органами государственной власти, органами местного самоуправления распространения в средствах массовой информации тематических теле- и радиопередач, информационно-просветительских программ о мероприятиях и способах энергосбережения и повышения энергетической эффективности, о выдающихся достижениях, в том числе зарубежных, в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности и иной актуальной информации в данной области;

4) информирования потребителей об энергетической эффективности бытовых энергопотребляющих устройств и других товаров, в отношении которых настоящим Федеральным законом установлены требования к их обороту на территории Российской Федерации, а также зданий, строений, сооружений и иных объектов, связанных с процессами использования энергетических ресурсов;

5) распространения информации о потенциале энергосбережения относительно систем коммунальной инфраструктуры и мерах по повышению их энергетической эффективности;

6) организации выставок объектов и технологий, имеющих высокую энергетическую эффективность;

В целях соблюдения интересов государства и достижения общественно полезных целей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, а также осуществления информационного обеспечения мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности органы государственной власти, органы местного самоуправления, согласно части 2 статьи 22 ФЗ-261 обязаны обеспечить регулярное распространение:

1) информации об установленных действующим законодательством правах и обязанностях физических лиц, о требованиях, предъявляемых к собственникам жилых домов, собственникам помещений в многоквартирных домах, лицам, ответственным за содержание многоквартирных домов;

2) социальной рекламы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в порядке, установленном законодательством Российской Федерации.

Организации, осуществляющие снабжение потребителей энергетическими ресурсами, регулярно обязаны информировать своих потребителей о способах экономии энергетических ресурсов и повышения энергетической эффективности их использования, в том числе размещать эту информацию в сети Интернет, на бумажных носителях и иными доступными способами.

Согласно части 5 статьи 22 ФЗ-261 данные о совокупных затратах на оплату использованных в течение календарного года энергетических ресурсов подлежат включению в пояснительную записку к годовой бухгалтерской отчетности.

В целях предоставления физическим лицам, организациям, органам власти актуальной информации о требованиях законодательства об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о ходе реализации его положений, а также получения объективных данных об энергоемкости экономики Российской Федерации, о потенциале снижения такой энергоемкости, о наиболее эффективных проектах и о выдающихся достижениях в области энергосбережения утверждена государственная информационная система в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности (статья 23 ФЗ-261).

Информация, содержащаяся в государственной информационной системе в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, согласно части 3 статьи 23 ФЗ-261 в обязательном порядке должна включать в себя сведения:

1) о региональных, муниципальных программах в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности и о ходе их реализации;

2) об объеме использования энергетических ресурсов, об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, обобщенные относительно отраслей экономики, жилищно-коммунального хозяйства, субъектов Российской Федерации и муниципальных образований;

3) об оснащенности приборами учета используемых энергетических ресурсов, обобщенные относительно государственного, муниципального, частного жилищных фондов, субъектов Российской Федерации и муниципальных образований;

4) полученные в ходе обработки, систематизации и анализа данных энергетических паспортов, составленных по результатам энергетических обследований, а также данных реестра саморегулируемых организаций в области энергетического обследования;

5) о количестве и об основных результатах обязательных энергетических обследований;

б) о практике заключения энергосервисных контрактов, в том числе заключенных для обеспечения государственных или муниципальных нужд, и об объеме планируемой экономии энергетических ресурсов при их реализации;

7) о продукции, технологических процессах, связанных с использованием энергетических ресурсов и имеющих высокую энергетическую эффективность, о наиболее результативных мероприятиях по энергосбережению, о перспективных направлениях энергосбережения и повышения энергетической эффективности;

8) об объеме предоставления государственной поддержки в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности;

9) о нарушениях законодательства об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности;

10) о нормативных правовых актах Российской Федерации, нормативных правовых актах субъектов Российской Федерации, муниципальных правовых актах об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности.

2.4.1 Российское энергетическое агентство (РЭА)

ФГУ «Российское энергетическое агентство» создано 22 декабря 2009 года на базе Российского объединения информационных ресурсов научно-технического развития (Объединение «Росинформресурс» с 1966 г.), включает в себя 70 региональных филиалов и более 2000 сотрудников.

РЭА – центр обмена информации, мониторинга, координации и стимулирования проектов в области энергоэффективности (ЭЭ), возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и инноваций в топливно-энергетическом комплексе (ТЭК).

Цели РЭА:

– Поддержка реализации ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» в части компетенций Министерства энергетики РФ, а также в рамках Распоряжения Правительства РФ №1830 от 01.12.2009.

– Содействие повышению эффективности государственной политики в области энергосбережения и повышения энергоэффективности и возобновляемых источников энергии.

– Создание единой площадки для взаимодействия всех участников рынка.

– Содействие повышению инвестиционной привлекательности инновационной энергетики.

Задачи РЭА:

1. Международный уровень:

- Содействие международной кооперации по реализации проектов и финансированию
- Информационное взаимодействие на международном уровне в области ТЭК, ЭЭ и ВИЭ.

2. Федеральный уровень:

- Информационно-аналитическое обеспечение формирования государственной энергетической политики (подготовка национальных докладов о состоянии ТЭК и энергоэффективности в РФ).
- Создание единого Информационно-аналитического Центра ТЭК, комплексной системы мониторинга в области ТЭК и энергоэффективности .
- Участие в разработке законодательства, методологии, федеральных стандартов.

3. Региональный уровень:

- Консультирование и информационная поддержка при разработке региональных программ повышения энергоэффективности.
- Содействие в подготовке проектов по энергоэффективности с бюджетным и коммерческим финансированием.
- Сбор и распространение информации о проектах в области энергоэффективности.

4. Бизнес/рынок:

- Консультационная поддержка участников рынка (распространение информации о технологиях, инновациях и лучших практиках в области энергоэффективности).
- Поддержка проектов в области энергоэффективности и инновационной энергетики (в том числе в форме ЧГП).

5. Население:

- Популяризация и стимулирование энерго- и ресурсосбережения среди населения (распространение информационных материалов и промоакции).

Основные направления деятельности РЭА:

- Оператор государственной информационной системы в области энергосбережения и повышения энергоэффективности.
- Дирекция Программы повышения энергоэффективности РФ до 2020 года.
- Обеспечение практической реализации государственных мероприятий в области энергоэффективности (ЭЭ), инновационной энергетики, возобновляемых источников энергии (ВИЭ):
 - Информационно-аналитическое обеспечение в области ТЭК, ЭЭ, ВИЭ.

- Разработка и сопровождение реализации программ повышения энергетической эффективности (региональных, муниципальных, бюджетных и корпоративных).
- Координация международного сотрудничества проектов в области повышения энергетической эффективности и возобновляемых источников энергии.
- Организация мероприятий по пропаганде и обучению в области энергоэффективности.
- Методологическая поддержка в области энергоэффективности и возобновляемых источников энергии.
- Экспертиза и поддержка проектов в области повышения энергетической эффективности и возобновляемых источников энергии.
- Поддержка энергосервисной деятельности и привлечения финансирования.
- Поддержка инновационной и научной деятельности в области ТЭК, ЭЭ, ВИЭ.
- Содействие созданию российских производств и трансфер технологий в области ЭЭ и ВИЭ.

2.4.2 Государственная информационная система

РЭА – разработчик и оператор Государственной энергетической системы (ГИС) «Энергоэффективность», содержащей:

- актуальную информацию о требованиях законодательства;
- отчет о ходе реализации ФЗ 261, онлайн мониторинг за ходом реализации проектов и программ;
- данные об энергоемкости экономики РФ и потенциале снижения энергоемкости;
- данные о проектах, технологиях, достижениях, лучших практических примерах внедрения энергоэффективных решений;
- обучающие материалы и информационные материалы;

Для продвижения политики энергосбережения создается система Интернет порталов, которые должны стать единым и актуальным источником в сети интернет по вопросам энергоэффективности и энергосбережения.

Центральным порталом является многофункциональный общественный портал «Энергоэффективная Россия» www.energoser.info

На портале создано:

1. Новостная система (актуальные новости, события, мероприятия).

2. Справочно-информационные центр (материалы по лучшему опыту, различным энергосберегающим решениям, законодательство и нормативные документы, экология и альтернативная энергетика и так далее – всего более 40 разделов и подразделов).

3. Интерактивные инструменты и обучающие материалы (калькуляторы, видео-уроки, пошаговые мастера).

Справочно-информационная система портала содержит уникальные справочные, нормативные, методологические материалы и статьи. На текущий момент база содержит более 1000 статей. Источник для формирования – разработки ученых, специализированные СМИ (в т.ч. зарубежные), региональные источники информации. База содержит удобную систему поиска и классификации.

Интерактивные инструменты портала ориентированы на широкий круг потребителей и направлены на:

1. Расчет энергоэффективности и результативности мероприятий по энергосбережению.

2. Получение персонализированных рекомендаций и напоминаний.

3. Оптимальный выбор энергоэффективного оборудования.

4. Сравнение с лучшим опытом и его тиражирование.

Портал содержит обширные, постоянно обновляемые и пополняемые обучающие материалы:

1. Видео-уроки, в которых в понятной и удобной форме рассказывается об энергосбережении.

2. Наглядные материалы и учебные пособия – плакаты, брошюры, методички.

3. Материалы для детей – мультфильмы, видеоуроки, учебные пособия и книги.

4. Полезные советы – короткие, эффективные мероприятия позволяющие стимулировать мероприятия в области энергосбережения.

5. Онлайн семинары, система тестирования уровня знаний.

Список литературы ко второй главе

1. Туликов А.В. Государственная политика в области энергоаудита и энергосервиса // Энергосбережение №6, 2011

2. Туликов А.В. Правовые аспекты энергосервисной деятельности // Энергосбережение №1, 2012

3. Федеральный закон от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»

4. Методические рекомендации по соблюдению государственным (муниципальными) учреждениями законодательства об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности. М., 2010.

5. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика. — М.: Дело, 2008. — 1104 с.

6. Четыркин Е. М. Финансовая математика. – М.: Дело, 2008. – 400 с.

7. Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года»

ГЛАВА 3

Физические основы энергосбережения. Тепловые потери зданий и сооружений

Первая глава была посвящена актуальности проблемы энергосбережения и повышения энергетической эффективности, нормативной и законодательно-правовой базе, действующей в Российской Федерации и направленной на регулирование в данной области. Выполнение поставленных Правительством РФ задач по повышению энергетической эффективности, обеспечению энергетической безопасности страны и повышения конкурентоспособности производимой продукции кажется нам невозможным без качественного понимания специалистами ответственными за энергосбережение тех физических процессов и механизмов, которые определяют потери энергетических ресурсов при их производстве, транспортировке и использовании. В первую очередь, на наш взгляд, внимание необходимо уделить процессам переноса и преобразования тепловой энергии и сопряженными с этими процессами потерями. Для начала определимся с объектом изучения – теплотой и основными механизмами ее передачи.

Теплота, несмотря на очевидный характер ее проявления, долго оставалась загадкой для физики. Вплоть до середины XIX века теплоту считали своего рода материальной субстанцией, добавляемой к веществу: считалось, что нагревание тела связано с добавлением к телу этой субстанции, которую называли теплородом. Такое представление было во многом противоречиво и продолжало долго существовать потому, что никто не мог придумать ничего лучшего. Коротко рассмотрим этапы экспериментальных исследований, которые прошла в своем развитии современная теория тепла.

Первый шаг сделал Бенджамин Томпсон, граф Румфорд который заметил, что при сверлении отверстий в металле температура последнего сильно повышалась. Откуда бралась теплота? Источников теплорода, очевидно, не было. Румфорд предположил, что мелкие металлические стружки, образующиеся при сверлении, обладали меньшим сродством к теплороду, чем массивный металл, в котором сверлили отверстие. Таким образом, при сверлении металла выделяется теплород, в результате чего происходит повышение температуры. Румфорд придумал простой способ проверить это предположение.

Если взять тупое сверло, рассуждал он, то стружек образуется мало и повышение температуры должно быть меньшим. Но в результате

проделанного опыта температура поднялась еще выше. Теория теплорода не годилась. И здесь Румфорд сделал крупный шаг вперед, предположив, что теплота – это свойство самого вещества, а не что-то добавляемое к нему.

Дэви (1778-1829) провел опыт, условия которого были полностью подчинены воле экспериментатора. Он сложил вместе два куска льда, поместил их в сосуд, из которого был выкачан воздух, и привел их во взаимное трение. Часть льда при этом расплавилась. Теплота для плавления не могла взяться из теплорода воздуха.

Так был сделан важнейший шаг: установлено, что теплота есть форма кинетической энергии. Следующий необходимый шаг состоял в вычислении количественного соотношения между теплотой и механической энергией. Этому вопросу посвятил большую часть своей жизни Джоуль (1818-1889). Он сумел вначале приблизительно оценить значение коэффициента пропорциональности в соотношении между теплотой и механической энергией из опытов Румфорда, из которых было известно насколько повысилась температура металла при сверлении. Но в дальнейшем Джоуль сконструировал прибор, на котором установил достаточно точно величину механического эквивалента теплоты (перемешивание воды лопатками, вращение лопаток от гирь).

Итак, труды Румфорда, Дэви, Джоуля убедили физиков в том, что теплота представляет собой форму кинетической энергии и может передаваться от одних тел к другим. Дальнейшие исследования показали, что теплопередача является сложным процессом. При изучении этот процесс обычно разделяют на три элементарных способа переноса тепла: теплопроводность, конвекцию и тепловое излучение.

Теплопроводность представляет собой процесс распространения тепловой энергии при непосредственном соприкосновении отдельных частиц тела, имеющих различные температуры (напомним, что температура есть мера кинетической энергии молекул тела). Теплопроводность обусловлена движением микрочастиц тела.

Конвекция есть процесс переноса тепловой энергии при перемещении жидкости или газа в пространстве из области с одной температурой в область с другой. Конвекция возможна только в текучей среде.

Тепловое излучение – это процесс распространения тепловой энергии с помощью электромагнитных волн. При тепловом излучении происходит двойное превращение энергии: тепловая энергия излучающего тела переходит в лучистую и обратно – лучистая энергия, поглощаясь телом, переходит в тепловую.

В природе и технике элементарные процессы распространения тепла – теплопроводность, конвекция и излучение – очень часто происходят совместно. Теплопроводность в чистом виде большей частью имеет место

лишь в твердых телах. Конвекция всегда сопровождается теплопроводностью, так как при движении жидкости или газа неизбежно происходит соприкосновение отдельных частиц, имеющих различные температуры. Совместный процесс конвекции и теплопроводности называется конвективным теплообменом.

В технике часто происходят процессы теплообмена между различными жидкостями, разделенными твердой стенкой. Процесс передачи тепла от горячей жидкости к холодной через разделяющую их стенку называется теплопередачей.

3.1 Основы теплопередачи

3.1.1 Теплопроводность. Основные понятия и определения. Законы теплопроводности

Если в твердом теле, неподвижной жидкости или газе температура в различных точках неодинакова, то, как показывает опыт, тепло самопроизвольно переносится от участков тела с более высокой температурой к участкам с более низкой температурой. Как уже было сказано, такой процесс называется теплопроводностью. Перенос энергии осуществляется вследствие теплового движения и энергетического взаимодействия между микрочастицами (молекулами, атомами, электронами), из которых состоит данное тело. При этом происходит изменение температуры тела, как в пространстве, так и во времени. Исследование теплопроводности сводится к нахождению пространственно-временного изменения температуры, то есть к решению уравнения вида:

$$t = f(x, y, z, \tau) \quad (3.1)$$

Уравнение (3.1) представляет собой математическое выражение температурного поля. Таким образом, температурное поле есть совокупность значений температуры во всех точках пространства для каждого момента времени.

Различают стационарное и нестационарное температурное поле. Если тепловой режим является установившимся, то температура в каждой точке поля с течением времени остается неизменной и такое поле называется стационарным. В этом случае температура является только функцией координат.

$$t = f_1(x, y, z), \frac{\partial t}{\partial \tau} = 0 \quad (3.2)$$

Зависимость (3.2) является аналитическим выражением для нестационарного поля.

Температура может быть функцией одной, двух или трех координат. Соответственно этому и температурное поле называется одно-, двух- и трехмерным.

Наиболее простой вид имеет уравнение одномерного стационарного температурного поля.

$$t = f_3(x), \frac{\partial t}{\partial y} = \frac{\partial t}{\partial z} = 0, \frac{\partial t}{\partial \tau} = 0$$

Введем понятие температурного градиента. Для этого соединим точки тела, имеющие одинаковую температуру, и получим поверхность, называемую изотермической. Температура в теле изменяется только в направлениях, пересекающих изотермические поверхности. При этом наибольший перепад будет в направлении нормали к изотермической поверхности. Градиент температуры есть вектор, направленный по нормали к изотермической поверхности в сторону возрастания температуры и численно равный производной от температуры по этому направлению, т.е.

$$grad t = \lim_{\Delta n \rightarrow 0} \frac{\partial t}{\partial n} = \frac{\partial t}{\partial n}$$

Проекции вектора $grad t$ на координатные оси будут равны

$$(grad t)_{x,y,z} = \frac{\partial t}{\partial x} + \frac{\partial t}{\partial y} + \frac{\partial t}{\partial z}$$

Используя понятие градиента запишем аналитическое выражение основного закона теплопроводности – закона Фурье, установленного автором экспериментально.

$$dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF \cdot d\tau \quad (3.3)$$

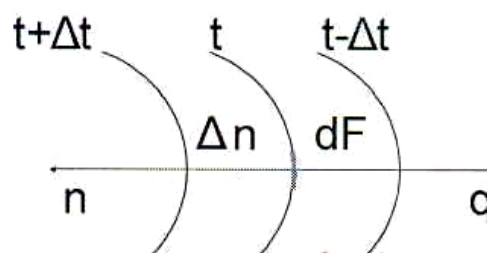


Рисунок 3.1 Изотермические поверхности

Согласно этому закону количество тепла dQ , проходящее через элемент изотермической поверхности dF (рис. 3.1) за промежуток времени $d\tau$, пропорционален температурному градиенту. Коэффициент пропорциональности λ есть физический параметр вещества, и называется теплопроводность (коэффициент теплопроводности).

Количество тепла, проходящее в единицу времени через единицу площади изотермической поверхности называется мощностью теплового потока q или удельным тепловым потоком.

$$\vec{q} = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} \quad \left(\frac{\text{Дж}}{\text{с} \cdot \text{м}^2} = \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right) \quad (3.4)$$

Плотность теплового потока q есть вектор, направленный в сторону убывания температуры. Таким образом, векторы \vec{q} и $gradt$ лежат на одной прямой, но направлены в противоположные стороны. Этим и объясняется знак (-) в (3.3), (3.4).

Теплопроводность λ важный параметр, характеризующий способность тела проводить тепло.

$$\lambda = -\frac{\vec{q}}{gradt} \quad \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}} \right) \quad (3.5)$$

Из (3.5) следует, что λ представляет собой количество тепла, которое проходит в единицу времени через единицу изотермической поверхности при единичном температурном градиенте.

Для различных веществ λ различно, и в общем случае зависит от структуры, плотности, влажности, давления и температуры. Обычно для большинства технических материалов значения λ приведены в таблице. Порядок величины λ колеблется от $5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ у газов до $4 \cdot 10^2 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ у металлов.

3.1.1.1 Теплопроводность плоской стенки

а) Однородная стенка

Рассмотрим однородную стенку толщиной δ с теплопроводностью λ . На наружных поверхностях стенки поддерживаются постоянные температуры t_1 и t_2 . За счет постоянного теплового потока температура изменяется только вдоль оси x , т.е. поле одномерное.

Выделим внутри стенки слой толщиной dx . На основании закона Фурье можно записать $q = -\lambda \frac{dt}{dx}$ или $dt = -\frac{q}{\lambda} dx$.

Величина $q = const$ (стационарный режим) и поэтому $t = -\frac{q}{\lambda} x + c$

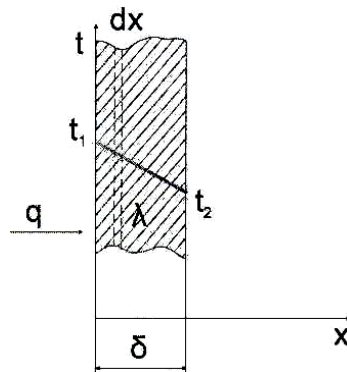


Рисунок 3.2 Однородная стенка в стационарном режиме

Постоянная интегрированная C определяется из граничных условий, а именно при $x=0 \quad t=t_1, \quad x=\delta \quad t=t_2$ и имеем $t_2 = -\frac{q}{\lambda} + t_1$

$$\text{Откуда } q = \frac{\lambda}{\delta}(t_1 - t_2) = \frac{\lambda}{\delta} \Delta t. \quad (3.6)$$

Значения $\frac{\lambda}{\delta}$ принято называть тепловой проводимостью, а $\frac{\delta}{\lambda}$ - тепловым (термическим) сопротивлением.

Выражение (3.6) получено при $\lambda = const$. В действительности часто $\lambda = \lambda(t)$ и тогда получаются более сложные зависимости [1].

б) Многослойная стенка

На практике часто приходится рассчитывать многослойные стенки (жилые дома, теплосиловые устройства и т.д.).

Пусть известны значения $t_1, t_4, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \delta_1, \delta_2, \delta_3$, а также известно, что тепловой контакт между поверхностями идеальный (рис. 3.3). Требуется определить тепловой поток, проходящий через стенку.

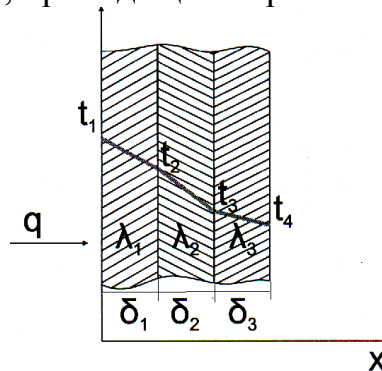


Рисунок 3.3 Многослойная стенка в стационарном режиме

При стационарном режиме тепловой поток q постоянен и для всех слоев одинаков. Поэтому на основании (3.6)

$$\left. \begin{aligned} q &= \frac{\lambda_1}{\delta_1}(t_1 - t_2) & t_1 - t_2 &= q \frac{\delta_1}{\lambda_1} \\ q &= \frac{\lambda_2}{\delta_2}(t_2 - t_3) & t_2 - t_3 &= q \frac{\delta_2}{\lambda_2} \\ q &= \frac{\lambda_3}{\delta_3}(t_3 - t_4) & t_3 - t_4 &= q \frac{\delta_3}{\lambda_3} \end{aligned} \right\} \rightarrow t_1 - t_4 = q \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} \right) \quad (3.7)$$

Искомый тепловой поток из (3.7) равен

$$q = \frac{t_1 - t_{n+1}}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}} = \frac{t_1 - t_{n+1}}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}}$$

3.1.1.2 Цилиндрическая стенка

а) Однослойная стенка

Рассмотрим цилиндрическую стенку с размерами $r_{вн}$, $r_{нар}$, l (рис.2.3), теплопроводностью λ , у которой известны температуры $t_{вн}$ и $t_{нар}$, причем $t_{вн} > t_{нар}$. Температурное поле одномерное.

Выделим внутри стенки кольцевой слой радиусом r и толщиной dr .

Согласно закону Фурье количество тепла, проходящего в единицу времени через этот слой, равно

$$Q = -\lambda F \frac{dt}{dr} = -2\lambda\pi r l \frac{dt}{dr}$$

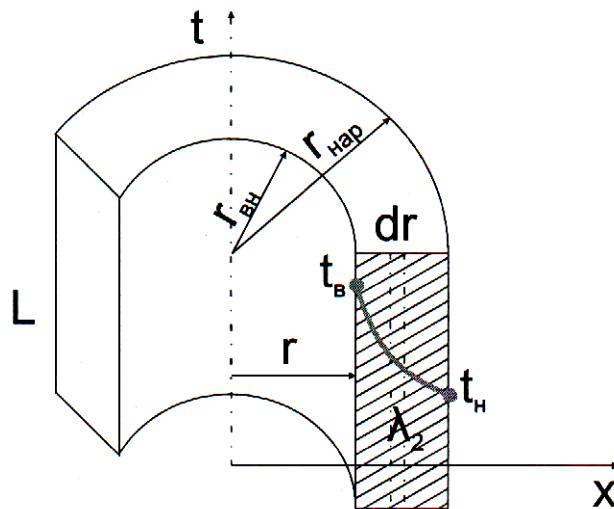


Рисунок 3.3 Цилиндрическая стенка в стационарном режиме

Разделив переменные, получим

$$dt = -\frac{Q}{2\pi\lambda} \frac{dr}{r}$$

После интегрирования $t = -\frac{Q}{2\pi\lambda} \ln r + c$.

Подставляя значения переменных на границах ($r=r_1, t=t_{вн}$ и при $r=r_2, t=t_{нар}$) и исключая постоянную C , получаем следующую расчетную формулу

$$Q = \frac{2\pi\lambda}{\ln \frac{r_2}{r_1}} (t_{вн} - t_{нар}) = \frac{t_{вн} - t_{нар}}{\delta_u} = \frac{\Delta t}{\delta_u}$$

$$\delta_u = \frac{2\pi\lambda}{\ln \frac{r_2}{r_1}}$$

Количество тепла, проходящего через стенку трубы, может быть отнесено к единице длины или площади, например

$$q_1 = \frac{Q}{l} = \frac{\pi \Delta t}{\frac{1}{2\pi \ln \frac{r_2}{r_1}}}$$

б) Многослойная стенка

Поступаем аналогично тому, как при выводе расчетных формул для многослойной плоской стенки

$$q_1 = \frac{Q}{F} = \frac{t_{вн} - t_{нар}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}}$$

3.1.2 Конвективный теплообмен. Основные понятие и определения

Под конвективным теплообменом будем понимать процесс передачи тепла конвекцией и теплопроводностью. Конвективный теплообмен между потоком жидкости или газа и поверхностью твердого тела называется конвективной теплоотдачей или просто теплоотдачей. Обычно в инженерных расчетах определяют теплоотдачу и используют для этого закон Ньютона – Рихмана

$$Q = \alpha F (t_c - t_{подн}), \text{ Вт}$$

где α – коэффициент теплоотдачи, физический смысл которого следующий: это то количество тепла, которым обмениваются единица площади стенки с жидкостью при единичной разности температур стенки и жидкости.

Теплоотдача является сложным процессом. Коэффициент α зависит от большого количества факторов, и основная сложность исследования конвективного теплообмена заключается в определении коэффициента теплоотдачи α .

В общем случае α может изменяться вдоль поверхности теплообмена и поэтому используют средний по поверхности коэффициент теплоотдачи и локальный или местный коэффициент теплоотдачи, соответствующий единичному элементу поверхности.

Различают свободную (естественную) конвекцию и вынужденную. При свободной конвекции газ движется за счет разности плотностей нагретых и холодных частиц жидкости, во втором – за счет внешних сил (насос, вентиляция и т.п.).

Интенсивность процесса теплоотдачи существенно зависит от режима течения жидкости. Как известно, имеются два основных режима течения: ламинарный и турбулентный. При ламинарном режиме течение имеет спокойный, струйчатый характер. При турбулентном – движение

неупорядоченное, вихревое. Изменение режима движения происходит при некоторой «критической» скорости.

В результате исследований О. Рейнольдс в 1883 г. установил, что в общем случае режим течения жидкости определяется не только скоростью, а особым безразмерным комплексом, названным числом или критерием Рейнольдса

$$Re = \frac{Vl}{\nu}$$

где V - скорость; l - определяющий размер; $\nu = \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{M^2}{c} \right)$ - коэффициент

кинематической вязкости.

Переход от ламинарного режима к турбулентному происходит при $Re = Re_{крит} = 2300$ (в трубах).

Процесс передачи тепла различен в зависимости от режима течения. При ламинарном режиме тепловой поток (количество тепла) передается теплопроводностью через слой жидкости. При турбулентном режиме такой способ переноса тепла сохраняется лишь в вязком подслое, а внутри турбулентного ядра перенос осуществляется путем интенсивного перемешивания частиц жидкости. В этих условиях интенсивность теплоотдачи в основном определяется термическим сопротивлением пристенного (пограничного) слоя, которое по сравнению с термическим сопротивлением ядра оказывается определяющим. В этом легко убедиться экспериментально (см. рис. 3.4).

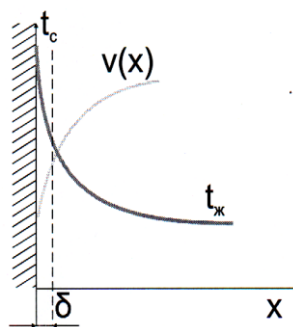


Рисунок 3.4 Изменение температур в пределах тонкого слоя

Как видно из рисунка 2.4, изменение температуры происходит в пределах тонкого слоя у поверхности, через который тепло передается путем теплопроводности. Следовательно, как для ламинарного, так и для турбулентного режима течения вблизи самой поверхности применим закон Фурье:

$$q = -\lambda grad t$$

или

$$q = \frac{\lambda_{жс}}{\delta} (t_c - t_{жс}) = \alpha (t_c - t_{жс})$$

$\alpha = \frac{\lambda_{жс}}{\delta}$, где δ - эффективная толщина пограничного слоя.

Коэффициент теплоотдачи a является сложной функцией различных величин. В общем случае

$$\alpha = \alpha(v, t_c, t_{жс}, \lambda_{жс}, \rho, C_{жс}, \mu, \Phi, l_i)$$

Коэффициент теплоотдачи определяют, главным образом, экспериментально, а результаты обобщаются на основе теории теплового подобия.

Из теории подобия следует, что протекание сложных процессов определяется не отдельными физическими величинами, а безмерными соотношениями из этих величин. Из опыта известно, например, что режим течения зависит от рода, температуры и скорости жидкости, а также от размеров трубы. А из теории следует, что режим течения определяется полностью значением числа Re .

Из критериев подобия составляются критериальные уравнения, которые полностью описывают рассматриваемый процесс. Сами же критерии устанавливаются на основе анализа уравнений, описывающих данный процесс. Например, уравнениями конвективного теплообмена являются уравнения теплоотдачи, энергии, движения, неразрывности.

Наиболее часто мы будем встречаться со следующими критериями: Nu, Re, Gr, Pr .

$Nu = \frac{\alpha l}{\lambda}$ - характеризует теплообмен на границе стенка – жидкость и является обычно искомой величиной, поскольку в него входит α .

$Re = \frac{vl}{\nu}$ - характеризует режим движения и показывает соотношение сил инерции и вязкости (трения).

$Gr = \frac{g\beta l^3(t_c - t_0)}{\nu^2}$ - характеризует подъемную силу, возникающую в жидкости вследствие разности плотностей.

$Pr = \frac{\nu}{\alpha}$ - является мерой подобия полей скоростей и полей температур.

В уравнениях приняты следующие обозначения: l - определяющий размер, v - скорость, β - температурный коэффициент объемного расширения теплоносителя, t_c - температура поверхности теплообмена, t_0 - температура теплоносителя, ν - коэффициент вязкости, α - температуропроводность.

В общем случае конвективного теплообмена критериальная зависимость имеет вид:

$$Nu = f(Re, Gr, Pr)$$

Остановимся более подробно на том, что означает понятие подобия физических явлений, а затем на подобии процессов конвективного теплообмена.

Основные положения теории подобия следующие:

1. Подобны те явления, которые имеют одинаковое физическое содержание и описываются одинаковыми математическими выражениями.

2. Вторым признаком – геометрическое подобие.

3. При анализе подобных явлений составлять можно только однородные величины и только в сходственные моменты времени. Однородными величинами называются также величины, которые имеют один и тот же физический смысл и одинаковую размерность. Два промежутка времени называются сходственными, если они имеют общее начало отсчета.

4. Подобие двух явлений означает подобие всех величин, характеризующих рассматриваемое явление.

Для процессов конвективного теплообмена различают условия подобия при естественной и вынужденной конвекции.

При естественной конвекции будут подобны те процессы, которые протекают в геометрически подобных системах, а так же для них должны быть подобны температурные поля на поверхностях теплообмена. При выполнении этих условий необходимо, чтобы определяющие критерии Gr и Pr численно были одинаковы, т.е.

$$Gr = idem, Pr = idem$$

И, следовательно, и $Nu = idem$.

Уравнение подобия или критериальное уравнение процессов теплообмена при свободной конвекции имеет вид

$$Nu = f(Gr, Pr)$$

При вынужденной конвекции будут подобны те процессы, которые протекают в геометрически подобных системах и у них подобны поля скоростей, температур и давлений во входном или начальном сечении. При выполнении этих условий два процесса будут подобны, если определяющие критерии Re и Pr численно одинаковы, т.е.

$$Re = idem, Pr = idem$$

И, следовательно, и $Nu = idem$.

Уравнение подобия при вынужденной конвекции запишется в виде

$$Nu = f(Re, Pr)$$

При постановке любого эксперимента необходимо знать заранее: какие величины надо измерять в опыте; как обрабатывать результаты опытов; какие явления подобны изучаемому, т.е. на какие явления можно распространить результаты опытов.

На эти вопросы отвечает теория подобия следующим образом:

В опытах нужно измерять все те величины, которые содержатся в критериях подобия изучаемого процесса.

Результаты опытов необходимо обрабатывать в критериях подобия и зависимости между ними представлять в виде критериальных уравнений.

Результаты опытов можно распространить на подобные явления, т.е. на качественно одинаковые явления, имеющие подобные условия однозначности и численно равные определяющие критерии.

Теория подобия формально позволяет уменьшить число переменных, от которых зависит изучаемое явление, а это существенно облегчает постановку и проведение эксперимента.

3.1.2.1 Теплоотдача при свободном движении жидкости

а) Теплоотдача в неограниченном пространстве

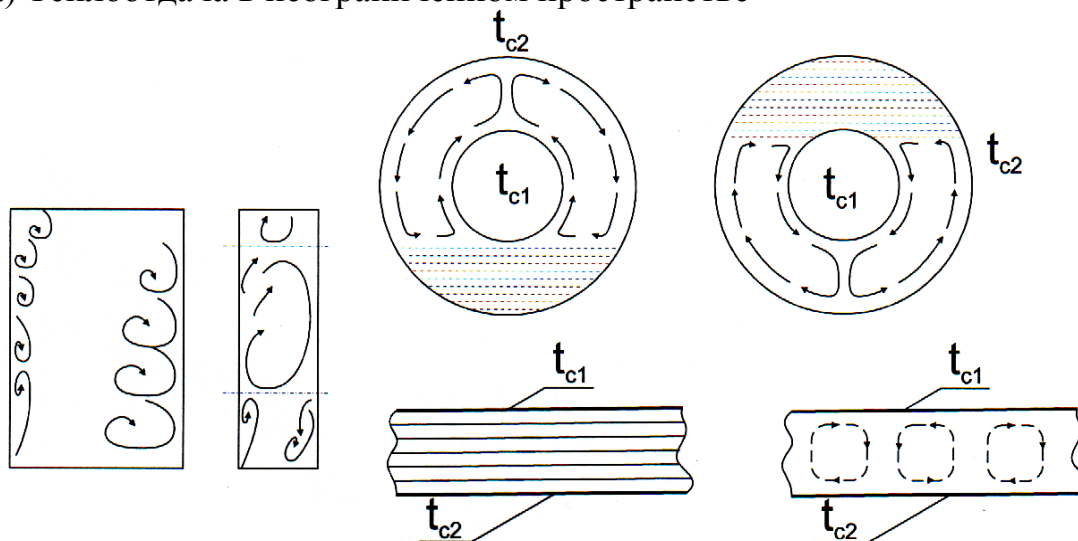


Рисунок 3.5 Циркуляция жидкости в различных каналах

В вертикальных каналах и щелях в зависимости от их толщины δ циркуляция жидкости (см. рис. 3.5) может протекать двояко: без взаимных помех и с возникновением циркуляционных контуров.

В горизонтальных каналах процесс определяется взаимным расположением нагретых и холодных поверхностей и расстояния между ними.

Для облегчения расчетов сложный процесс конвективного теплообмена обычно рассматривают как элементарное явление теплопроводности, вводя при этом понятие эквивалентного коэффициента теплопроводности $\lambda_{экв}$.

$$\lambda_{экв} = \frac{Q \cdot \delta}{F \cdot \Delta t},$$

где Q – количество тепла; δ – толщина прослойки; F – площадь теплообмена; Δt – перепад температуры.

Влияние конвекции учитывают коэффициентом конвекции $E_k = \frac{\lambda_{\text{экв}}}{\lambda}$,

где λ – теплопроводность жидкости.

Для свободного движения $E_k = E_k(Gr \cdot Pr)$

и для приближенных расчетов приняты следующие расчетные зависимости:

$$E_k = 0,18(Gr \cdot Pr)^{0,25}, \text{ если } 10^3 < Gr \cdot Pr$$

$$\text{или } E_k = A\sqrt{\delta^3 \Delta t}, A = 0,18 \frac{(\beta g Pr)^{0,25}}{\nu^{0,5}}$$

$$E_k = 1, \text{ если } Gr \cdot Pr < 1000.$$

3.1.2.2 Теплоотдача при вынужденном движении жидкости

а) Теплоотдача при движении жидкости в трубах

Напомним, что вынужденное движение происходит под действием насосов, вентиляторов и т.п. и режим движения жидкости зависит от значения числа Re .

Распределение скоростей в трубе в зависимости от режима движения показано на рисунке 2.6.

Расчетные формулы: $Nu = A_1 \cdot Re_{\text{жс}}^n \cdot Pr_{\text{жс}}^m \cdot Gr_{\text{жс}}^p$.

Напомним, что свободным называется движение вследствие разности плотностей нагретых и холодных частиц. Исследования интенсивности теплообмена в условиях свободного движения с различными по форме телами и различными жидкостями позволили получить критериальные зависимости для средних значений коэффициента теплоотдачи, а именно:

$$Nu_m = C(Gr \cdot Pr)_m^n \quad (3.8)$$

Значения параметров при различных условиях приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

| № | $Gr \cdot Pr$ | C | n | Режим течения |
|----|----------------------------------|-------|-----|---------------|
| 1. | $< 10^{-3}$ | 0,5 | 0 | плёночный |
| 2. | $10^{-3} \div 5 \cdot 10^2$ | 1,18 | 1/8 | ламинарный |
| 3. | $5 \cdot 10^2 \div 2 \cdot 10^7$ | 0,54 | 1/4 | развитый |
| 4. | $2 \cdot 10^7 \div 10^{13}$ | 0,135 | 1/3 | вихревой |

Для практических расчетов формула (3.8) громоздка и поэтому были получены расчетные формулы для определения a для тел различной конфигурации. Так, например,

а) для неограниченного цилиндра при условии $Gr \cdot Pr = 10^{-3} \div 5 \cdot 10^2$

$$\alpha = A_1 \left(\frac{t - t_c}{d_5} \right)^{\frac{1}{8}}, \quad A_1 = 1,18 (\beta g \text{Pr})^{\frac{1}{8}} \frac{\lambda_{жс}}{\nu_{жс}^{\frac{1}{4}}}$$

Коэффициенты A_1 табулированы и приводятся в литературе [1].

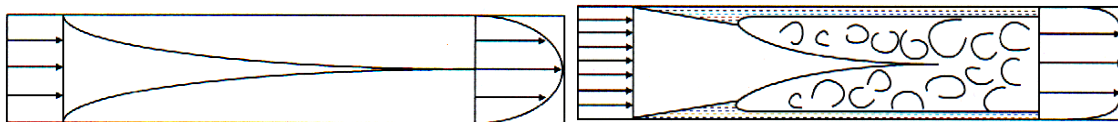
б) для плоских и цилиндрических поверхностей при

$$t - t_c < \left(\frac{840}{L} \right)^3; \quad n = \frac{1}{4}$$

Имеются, кроме таблиц, специальные номограммы для расчета в различных частных случаях.

б) Теплоотдача в ограниченных прослойках

Сравнительно редко приходится рассчитывать коэффициенты теплоотдачи и теплообмен в неограниченном пространстве. Значительно чаще приходится иметь дело с теплообменом в ограниченном пространстве. Исследование этого процесса значительно сложнее. Нагревание и охлаждение жидкости увязаны и разделить эти процессы невозможно. Вследствие наличия восходящих и нисходящих потоков здесь сильно усложняются условия движения. Они зависят как от формы и геометрических размеров, так и от рода жидкости и интенсивности теплообмена.



а)

б)

Рисунок 2.6 Распределение скоростей в трубе в зависимости от режима движения: а) ламинарный режим, б) турбулентный режим

а) $Re < 2 \cdot 10^3$, $A_1 = 0,15$; $n = 0,33$; $m = 0,43$; $p = 0,1$.

б) $Re > 10^4$, $A_1 = 0,021$; $n = 0,8$; $m = 0,43$; $p = 0,1$.

В литературе приводятся зависимости для расчетов теплоотдачи при обтекании плоской поверхности, одиночных труб, пучков труб и т.д. Структура этих формул аналогична приведенной выше.

3.1.3 Тепловое излучение. Законы теплового излучения

Как известно, носителями лучистой тепловой энергии являются электромагнитные колебания с длинами волн $0,7 \div 400$ мкм. Природа тепловых и световых лучей одна и та же и разница между ними лишь в длине волны. Следовательно, законы распространения, отражения и

преломления, установленные для световых лучей, справедливы и для тепловых.

Тепловое излучение свойственно всем телам, и каждое из них излучает энергию в окружающее пространство. При попадании на другие тела эта энергия частично поглощается, частично отражается и частично проходит сквозь тело. Та часть, которая поглощается, превращается снова в тепловую. В результате этого двойного взаимного превращения энергии и происходит лучистый теплообмен.

Суммарное излучение, проходящее через произвольную поверхность F в единицу времени, называется поток излучения Q . Лучистый поток, излучаемый с единицы поверхности по всем направлениям полусферического пространства, называется плотностью потока излучения

$$E = \frac{dQ}{dF}.$$

Различают монохроматическое (соответствующее узкому интервалу длин волн) и интегральное (суммарное по всем длинам волн) излучение.

Для характеристики свойств тела по отношению к тепловому излучению установились следующие понятия и определения. Пусть из всего количества энергии Q_o , падающей на тело, часть Q_A поглощается, часть Q_R отражается и часть Q_D проходит сквозь тело, так что

$$Q_A + Q_R + Q_D = Q_o \quad (3.9)$$

Разделив обе части равенства (3.9) на Q_o , получим

$$\frac{Q_A}{Q_o} + \frac{Q_R}{Q_o} + \frac{Q_D}{Q_o} = 1 \quad (3.10)$$

$\frac{Q_A}{Q_o} = A$ - характеризует поглощательную, $\frac{Q_R}{Q_o} = R$ - отражательную,

$\frac{Q_D}{Q_o} = D$ - пропускную способности тела. С учетом обозначений перепишем

(3.10)

$$A + R + D = 1$$

а) Если $A=1$, то $R=D=0$ и это означает что вся падающая энергия поглощается телом. Такие тела называются абсолютно черными.

б) Если $R=1$, то $A=D=0$ – вся энергия отражается и тела абсолютно белые.

в) Если $D=1$, то $A=R=0$ – вся энергия проходит и тела абсолютно прозрачны (диатермичны).

Абсолютно белых, черных, прозрачных тел в природе нет. Значения A , R , D зависят от природы тела, его температуры, спектра падающего излучения.

Рассмотрим основные законы теплового излучения.

а) Закон Планка. Для детального исследования процесса теплообмена важно знать закон распределения энергии излучения по

длинам волн при различных температурах. Величина, характеризующая это распределение, носит название спектральной плотности излучения E_λ и представляет собой излучательную способность тела для длин волн от λ до $\lambda+d\lambda$, отнесенная к рассматриваемому интервалу длин волн, т.е.

$$E_\lambda = \frac{dE}{d\lambda}$$

Закон изменения спектрального излучения или распространения энергии по длинам волн для абсолютно черного тела Планку удалось установить теоретически:

$$E_{\text{ол}} = \frac{C_1 \cdot \lambda^{-5}}{e^{C_2/\lambda T} - 1},$$

где $C_1 = 3,74 \cdot 10^{-16}$, Вт/м² и $C_2 = 1,44 \cdot 10^{-4}$ мК – постоянные Планка.

Из рисунка 2.7 видно, что с повышением температуры максимум излучения смещается в сторону более коротких волн. Связь между T и λ_{max} устанавливается **законом Вина**.

$$\lambda_{\text{max}} T = 2,9$$

Для реальных тел изменение плотности излучения от длины волны и температуры может быть установлено только на основе опытного изучения их спектра. При этом, если спектр излучения непрерывен и кривая $E_\lambda = f(\lambda)$ подобна соответствующей кривой для абсолютно черного тела при той же температуре, т.е. для всех длин волн $E_\lambda/E_{\lambda_0} = \text{const}$, то такое излучение называется серым. Опыт показывает, что излучение многих технических материалов является серым.

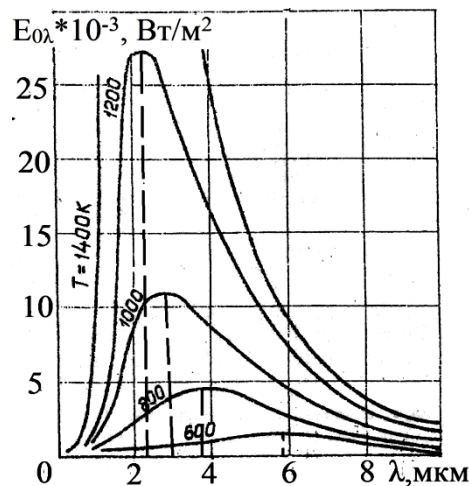


Рисунок 3.7 Интенсивность излучения для различных температур

б) Закон Стефана-Больцмана устанавливает зависимость излучательной способности тела от температуры. Для абсолютно черного тела

$$E_o = \sigma_o T^4, \tag{3.11}$$

где $\sigma_o = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$ - константа излучения абсолютно черного тела.

В технических расчетах закону Стефана-Больцмана придают более удобную форму

$$E_o = C_o \left(\frac{T}{100} \right)^4,$$

где $C_o = \sigma_o \cdot 10^8 = 5,67 \text{ Вт/(м}^2 \text{К}^4)$.

Для реальных (серых) тел опытами Стефана и др. было показано, что

$$E = C \left(\frac{T}{100} \right)^4, \quad (3.12)$$

где C – коэффициент излучения различен для разных тел и зависит от природы тела, состояния поверхности и температуры. $C < C_o$ и изменяется в пределах $0 \div 5,67$.

Сопоставляя (3.11) и (3.12) получил важную характеристику тела

$$\varepsilon = \frac{E}{E_o} = \frac{C(T/100)^4}{C_o(T/100)^4} = \frac{C}{C_o},$$

называемую степенью черноты тела. Она характеризует интегральное излучение тела, охватывающее все длины волн. Различают также спектральную степень черноты

$$\varepsilon_\lambda = \frac{E_\lambda}{E_{o\lambda}}$$

Значение ε изменяется в пределах от 0 до 1 и для многих материалов табулирована.

Зная ε , легко подсчитать энергию собственного излучения

$$E = \varepsilon \cdot E_o = \varepsilon \cdot C_o \left(\frac{T}{100} \right)^4$$

в) Закон Кирхгофа устанавливает связь между излучательной и поглощательной способностями и формулируется так: при термодинамическом равновесии отношение излучательной способности к поглощательной для всех видов тел одинаково и равно излучательной способности абсолютно черного тела, т.е.

$$\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \frac{E_o}{A_o} = E_o = F(\tau) \quad (3.13)$$

Возможны и иные записи закона Кирхгофа.

Поскольку $E = C \left(\frac{T}{100} \right)^4$, то подстав его в (3.13), получим

$$\frac{C_1}{A_1} = \frac{C_2}{A_2} = \dots = C_o \quad (3.14)$$

Откуда $C_1 = C_o A_1$; $C_2 = C_o A_2$ и т.д. и, следовательно

$$A_1 = \varepsilon_1, A_2 = \varepsilon_2 \text{ и т.д.}$$

т.е. при термодинамическом равновесии поглощательная способность и степень черноты тела численно равны между собой. Так как для реальных тел поглощательная способность всегда < 1 , то из (3.14) следует, что излучательная способность этих тел всегда меньше излучательной способности абсолютно черного тела при той же температуре. Следовательно, при любой температуре излучение абсолютно черного тела является максимальным.

Из закона Кирхгофа также следует, что излучательная способность тел тем больше, чем больше их поглощательная способность.

г) Закон Ламберта. Количество энергии, излучаемое телом, существенно зависит от направления излучения. Наибольшее количество энергии излучается по нормали. Изменение излучения по отдельным направлениям определяется законом Ламберта, согласно которому количество энергии, излучаемое элементом поверхности dF_1 в направлении элемента dF_2 (рис. 3.8) пропорционально количеству энергии, излучаемой по нормали $E_n dF_1$, умноженному на величину пространственного угла $d\omega$ и $\cos \varphi$ т.е.

$$d^2 Q_\varphi = E_n \cdot d\varpi \cdot \cos \varphi \cdot dF_1,$$

$$\text{где } E_n = \frac{E}{\pi} = \frac{1}{\pi} C \left(\frac{T}{100} \right)^4 = \frac{\varepsilon}{\pi} C_o \left(\frac{T}{100} \right)^4$$

$$\text{или } d^2 Q_\varphi = \frac{\varepsilon}{\pi} C_o \left(\frac{T}{100} \right)^4 d\varpi dF_1 \cdot \cos \varphi.$$

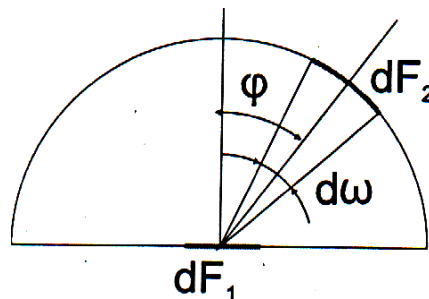


Рисунок 3.8 К выводу закона Ламберта

Закон Ламберта строго справедлив для абсолютно черного тела. Для серых тел справедлив только при $\varphi = 0 \div 60^\circ$.

Зная законы лучистого теплообмена, можно рассчитывать теплообмен между телами. Однако для реальных тел, произвольно расположенных в пространстве, получение расчетных зависимостей является непростым делом.

Рассмотрим простейший случай теплообмена между двумя плоскопараллельными плоскостями:

$$q_{1-2} = E_{эфф.1} - E_{эфф.2}, \quad (3.15)$$

где $E_{эфф.1,2}$ – эффективное излучение тел, равное сумме собственного отраженное излучения.

$$\left. \begin{aligned} E_{эфф.1} &= E_1 + (1 - A_1)E_{эфф.2} \\ E_{эфф.2} &= E_2 + (1 - A_2)E_{эфф.1} \end{aligned} \right\} \quad (3.16)$$

Решая систему (3.16) относительно $E_{эфф.1}$ и $E_{эфф.2}$, получаем

$$\left. \begin{aligned} E_{эфф.1} &= \frac{E_1 + E_2 - A_1 E_2}{A_1 + A_2 - A_1 A_2} \\ E_{эфф.2} &= \frac{E_1 + E_2 - A_2 E_1}{A_1 + A_2 - A_1 A_2} \end{aligned} \right\} \quad (3.17)$$

Подставляя значение (3.17) в (3.15), имеем

$$q_{1-2} = \frac{E_1 A_2 - E_2 A_1}{A_1 + A_2 - A_1 A_2}$$

Проведя, преобразования согласно закону Стефана-Больцмана получим окончательно:

$$q_{1-2} = \varepsilon_{np} C_o \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right],$$

где $\varepsilon_{np} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1}$ называется приведенной степенью черноты.

Аналогично может быть получена формула для двух тел, оно из которых находится внутри другого. В этом случае

$$Q_{1-2} = \varepsilon_{np} C_o \cdot F_1 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \cdot \varphi_{1-2}$$

$$\varepsilon_{np} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{F_1}{F_2} \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)}$$

В более сложных случаях (произвольное расположение двух или более поверхностей) вводят так называемые коэффициенты облученности, и расчеты при этом значительно усложняются.

Расчетная формула имеет вид:

$$Q_{1-2} = \varepsilon_{np} \cdot C_o \cdot \varphi_{1-2} \cdot F_1 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right],$$

где φ_{1-2} - коэффициент облученности, зависит от геометрической формы.

Чтобы интенсифицировать теплоотдачу излучением, необходимо увеличить температуру излучающего тела и увеличить степень черноты, и наоборот, чтобы уменьшить – снизить температуру и уменьшить степень черноты.

В тех случаях, когда температуру изменить нельзя для снижения теплоотдачи, а также для защиты от излучения применяются экраны. Наличие одного экрана между двумя поверхностями снижает теплообмен в 2 раза, наличие двух экранов – 3 раза и т.д.

3.1.4 Сложный теплообмен и теплоотдача

Разделение сложного процесса переноса тепла на элементарные – теплопроводностью, конвекцию и излучение – проводится, в основном, из методологических соображений. В действительности, эти явления протекают одновременно и, конечно, влияют друг на друга. Обычно результат совместного действия отдельных элементарных явлений приписывается одному из них, которое и считается главным. Так, например, при передаче тепла в пористом теле в качестве основного считают теплопроводность, а влияние конвекции и излучения в порах учитывается увеличением значения коэффициента теплопроводности.

При передаче тепла от одной жидкости к другой через разделяющую их стенку задача еще более усложняется. Количественной характеристикой в этом случае является коэффициент теплопередачи, значение которого определяет количество тепла, переданного в единицу времени через единицу поверхности от одной жидкости другой при разности температур между ними в 1 K . Расчетная формула имеет следующий вид:

$$Q = kF(t_1 - t_2),$$

где k - коэффициент теплопередачи.

Взаимная связь между коэффициентом теплопередачи и коэффициентом теплоотдачи или теплопроводности зависит от формы стенки. Рассмотрим теплопередачу через плоскую, цилиндрическую стенки, а также через ребристую поверхность.

3.1.4.1 Однослойная плоская стенка

Пусть имеется однородная плоская стенка теплопроводностью λ и толщиной δ .

С одной стороны стенка омывается горячей жидкостью с температурой $t_{ж1}$, с другой – холодной с температурой $t_{ж2}$. Температуры $t_{ж1}$ и $t_{ж2}$ поверхностей стенки неизвестны. Значения суммарных коэффициентов теплоотдачи соответственно равны a_1 и a_2 (см. рис. 3.9). Установим связь между коэффициентами k , a , λ .

При установившемся тепловом режиме количество тепла, переданной от горячей жидкости стенке, равно количеству тепла, переданному от стенки холодной жидкости.

Следовательно, для теплового потока можно написать три выражения:

$$\left. \begin{aligned} q &= \alpha_1(t_{ж1} - t_{c1}) \\ q &= \frac{\lambda}{\delta}(t_{c1} - t_{c2}) \\ q &= \alpha_2(t_{c2} - t_{ж2}) \end{aligned} \right\} \text{откуда} \begin{cases} t_{ж1} - t_{c1} = \frac{q}{\alpha_1} \\ t_{c1} - t_{c2} = \frac{q\delta}{\lambda} \\ t_{c2} - t_{ж2} = \frac{q}{\alpha_2} \end{cases}$$

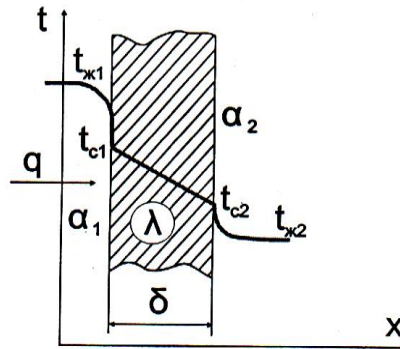


Рисунок 3.9 Теплообмен между 2-мя жидкостями через однослойную стенку

Сложив, получим $t_{ж1} - t_{ж2} = \frac{q}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$

Значение теплового потока равно

$$q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} (t_{ж1} - t_{ж2}) = k(t_{ж1} - t_{ж2})$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

Таким образом, для определения коэффициента теплопередачи k для плоской стенки, необходимо знать толщину стенки δ , коэффициент теплопроводности λ и значения коэффициентов теплоотдачи α_1 и α_2 .

Величина, обратная коэффициенту теплопередачи, называется полным термическим сопротивлением теплопередачи.

$$R = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \text{ или } R = R_{\alpha_1} + R_{\lambda} + R_{\alpha_2}$$

Для многослойной стенки аналогичным приемом можно получить:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

3.1.4.2 Однородная и разнородная цилиндрические стенки

Пусть имеется цилиндрическая трубчатая поверхность с размерами, указанными на рис. 3.10. Пусть известны также параметры α_1 ; α_2 ; λ ; $t_{ж1}$; $t_{ж2}$. Температуры t_{C1} и t_{C2} неизвестны.

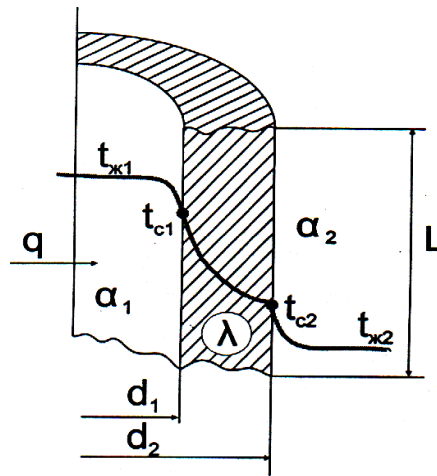


Рисунок 3.10 Теплообмен между 2-мя жидкостями через цилиндрическую стенку

Установим связь между α_1 ; α_2 ; λ с одной стороны и k с другой.

При установившемся тепловом режиме количество тепла, отданное горячей и воспринятое холодной жидкостями одно и то же.

Следовательно, можно записать

$$\left. \begin{aligned} q_\ell &= \frac{Q}{\ell} = \alpha_1 \pi d_1 (t_{ж1} - t_{C1}) \\ q_\ell &= \frac{2\pi\lambda(t_{C1} - t_{C2})}{\ln \frac{d_2}{d_1}} \\ q_\ell &= \alpha_2 \pi d_2 (t_{C2} - t_{ж2}) \end{aligned} \right\} \rightarrow \begin{cases} t_{ж1} - t_{C1} = \frac{q_\ell}{\pi} \frac{1}{\alpha_1 d_1} \\ t_{C1} - t_{C2} = \frac{q_\ell}{\pi} \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} \\ t_{C2} - t_{ж2} = \frac{q_\ell}{\pi} \frac{1}{\alpha_2 d_2} \end{cases}$$

$$t_{ж1} - t_{ж2} = \frac{q_\ell}{\pi} \left(\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2} \right)$$

$$\text{Откуда } q_\ell = \frac{\pi(t_{ж1} - t_{ж2})}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}} = k_\ell \pi (t_{ж1} - t_{ж2}),$$

$$k_\ell = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}}.$$

Аналогично для многослойной стенки:

$$k_\ell = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 d_{n+1}}}.$$

3.1.4.3 Теплопередача через ребристые поверхности

Как видно из приведенных выше формул, термические сопротивления $R = \frac{1}{k}$ цилиндрической стенки зависят от размеров теплоотдающих поверхностей. Отсюда следует, что увеличивая поверхность путем оребрения, можно существенно уменьшить термическое сопротивление и тем самым интенсифицировать процесс теплопередачи.

Пусть для ребристой поверхности (рис. 2.11) известны значения α_1 ; $t_{ж1}$; t_{c1} ; F_1 и α_2 ; $t_{ж2}$; t_{c2} ; F_2 .

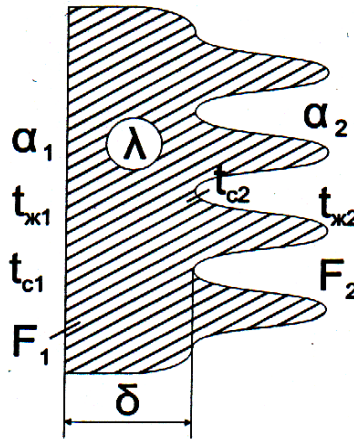


Рисунок 3.11 Теплопередача через стенку с ребристой поверхностью

При установившемся тепловом режиме

$$\left. \begin{aligned} Q &= \alpha_1 F_1 (t_{ж1} - t_{c1}) \\ Q &= \frac{\lambda}{\delta} F_1 (t_{c1} - t_{c2}) \\ Q &= \alpha_2 F_2 (t_{c2} - t_{ж2}) \end{aligned} \right\}$$

Применив прием, используемый ранее, получим:

$$t_{ж1} - t_{ж2} = Q \left(\frac{1}{\alpha_1 F_1} + \frac{\delta}{\lambda F_1} + \frac{1}{\alpha_2 F_2} \right)$$

Откуда $Q = k_{\rho} (t_{ж1} - t_{ж2})$,

$$k_{\rho} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 F_1} + \frac{\delta}{\lambda F_1} + \frac{1}{\alpha_2 F_2}}$$

При этом, если расчет вести на единицу гладкой поверхности, то получим:

$$q_1 = \frac{Q}{F_1} = k_1 (t_{ж1} - t_{ж2}),$$

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \cdot \frac{F_1}{F_2}}$$

Если же расчет вести на единицу ребристой поверхности, то расчетное уравнение принимает вид:

$$q_2 = \frac{Q}{F_2} = k_2(t_{жс1} - t_{жс2}),$$

$$k_2 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} \cdot \frac{F_2}{F_1} + \frac{\delta}{\lambda} \cdot \frac{F_2}{F_1} + \frac{1}{\alpha_2}}.$$

Отношение $\frac{F_2}{F_1}$ называется коэффициентом оребрения.

Таким образом, расчет теплопередачи ребристых поверхностей не представляет особого труда, если известны параметры и размеры поверхности.

Довольно часто приходится рассчитывать размеры ребер, количество их и способ размещения для интенсификации процесса теплопередачи.

3.1.5 Способы интенсификации теплопередачи

При решении практических задач в одних случаях требуется интенсифицировать процесс, в других, наоборот, всячески тормозить. Возможности осуществления этих требований вытекают из закономерностей протекания основных способов передачи тепла, рассмотренных в предыдущих параграфах.

Проводимость $\frac{\lambda}{\ell}$ стенки можно увеличить, уменьшая толщину ℓ и выбирая материал с большим коэффициентом теплопроводности λ .

Теплоотдачу конвекцией можно увеличить путем перемешивания жидкости и увеличения скорости движения.

Теплообмен излучением – путем увеличения степени черноты и температуры излучающей поверхности.

Вопрос о путях интенсификации процесса теплопередачи является непростым; правильный ответ может быть получен лишь на основе тщательного анализа частных условий теплопередачи.

3.1.6 Тепловая изоляция

Для того, чтобы снизить теплопередачу, необходимо увеличить термическое сопротивление. Для этого можно руководствоваться рекомендациями, обратными тем, которые приведены в предыдущем параграфе. В большинстве же случаев поставленная цель достигается путем применения тепловой изоляции.

а) Виды изоляции. Для тепловой изоляции применяют любые материалы с низкой теплопроводностью. Собственно изоляционными обычно называют материалы, у которых $\lambda \leq 0,2 \frac{Вт}{м \cdot К}$. Примеры: асбест, слюда, дерево, пробка, опилки и др. естественные материалы. Однако

большинство эффективных теплоизоляционных материалов получают искусственно. К ним относятся: пенопласт, альфоль, различные полимеры, асбозурит, асбослюда и др. Часто в качестве изолятора используется воздух, но при этом тщательно следят, чтобы отсутствовала конвекция, поскольку при конвекции будет обратный эффект – интенсификация теплопередачи.

Эффективность изоляции существенно зависит от пористости и влажности материалов. Чем больше пористость и меньше влажность, тем меньше значение коэффициента теплопроводности. Свойства изоляционных материалов зависят от уровня температур.

Объективное представление об изоляции дает не теплопроводность материала, а теплопроводность всей конструкции в целом. При расчете изоляции следует придерживаться следующего порядка:

устанавливаются допустимые тепловые потери объекта при наличии изоляции;

выбирают сорт изоляции и, задавшись температурой на поверхности изоляции, определяют среднюю температуру последней, по которой определяют значения теплопроводности;

определяют толщину изоляции, при этом термическое сопротивление теплоотдачи от горячей жидкости к стенке пренебрегают и считают, что температуры стенки и жидкости одинаковы.

Выбор изоляции для трубопроводов имеет ряд особенностей, незнание которых может привести к тому, что применение изоляции вызовет интенсификации теплопередачи. Это связано с тем, что у изолированного трубопровода внешняя поверхность увеличивается, в связи с этим увеличиваются и тепловые потери. Анализ показывает, что изоляция выбрана правильно, если

$$\lambda_{из} < \frac{\alpha_2 d_2}{2} \cdot k,$$

где d_2 – наружный диаметр трубопровода; α_2 – коэффициент теплоотдачи от внешней поверхности к окружающей среде; $k = \frac{\ln \frac{d_{из}}{d_2}}{\frac{d_{из}}{d_2}} \geq 1$ –

безразмерный коэффициент.

Характер изменения тепловых потерь трубопровода Q_l в зависимости от толщины изоляции $\delta_{из}$ показан на рисунке 2.12.

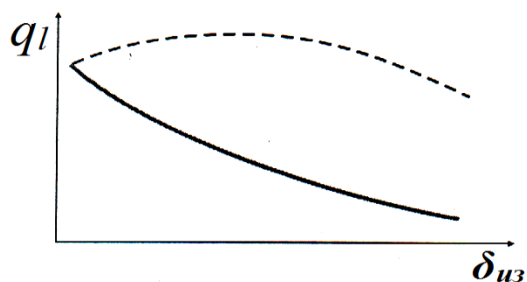


Рисунок 3.12 Характер изменения тепловых потерь трубопровода в зависимости от толщины изоляции

3.2. Тепловые потери зданий и сооружений и методы их определения

Проблема энергосбережения является важной частью социально-экономической политики государства. В 2009 г. был утвержден Федеральный закон № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Особое внимание в нем уделено энергетической эффективности зданий, строений, сооружений, поскольку значительная часть территории России находится за Полярным кругом, где отопительный сезон достигает 300 дней в году. Наиболее жесткие требования по эффективному использованию тепловой энергии предъявляются к жилым зданиям и сооружениям. Удельное энергопотребление жилых зданий в России (85, Вт·ч/м²·К·сут) существенно выше, чем в зарубежных странах (Швеция — 34, США — 44) [2].

Теплозащита отапливаемого здания является одним из важнейших эксплуатационных критериев оценки его качества, поскольку от него зависят благоприятный микроклимат зданий, тепловые потери в зимнее время, температура внутренней поверхности ограждения. Эта характеристика определяет расходы на отопление помещений и поддержание в них нормативного микроклимата.

3.2.1 Структура тепловых потерь

Тепловую энергию, бесцельно уходящую за пределы здания, называют тепловыми потерями. Тепловые потери типичных жилых домов и других зданий происходят по трем основным причинам:

1. Вследствие теплопроводности через стены, крыши и полы, а также вследствие (но в гораздо меньшей степени) излучения и конвекции.
2. Вследствие теплопроводности и меньшей степени путем излучения и конвекции через окна и иное остекление.

3. Путем конвекции и перетока воздуха через элементы наружного ограждения здания, который обычно происходит через открытые окна, двери и вентиляционные отверстия (принудительно или естественно) или путем инфильтрации, т.е. проникновения воздуха через щели в ограждающих конструкциях здания, например по периметру дверных и оконных рам.

В зависимости от того, имеет ли здание хорошую изоляцию или нет, много в нем окон или мало, наблюдается ли через него движение воздуха или нет, каждый из этих трех факторов составляет 20...50% общих тепловых потерь здания. Основные источники тепловых потерь здания почти невозможно рассматривать независимо друг от друга.

В связи с этим выделяют две вида тепловых потерь:

1. Трансмиссионные потери, которые складываются из потоков тепла, которое помещение отдает через ограждающие конструкции.

2. Вентиляционные (инфильтрационные) потери, под которыми понимается количество тепла, необходимое для нагрева до температуры помещения холодного воздуха, проникающего через негерметичности окна и в результате вентиляции.

Трансмиссионные тепловые потери в основном зависят от:

1. Разницы температур в доме и на улице (чем разница больше, тем потери выше),

2. Теплозащитных свойств стен, окон, перекрытий, покрытий (или, как говорят ограждающих конструкций).

Наружные ограждения обычно имеют различную теплоустойчивость. Через ограждения с малой теплоустойчивостью (окна и легкие конструкции) теплопотери при похолодании будут резко возрастать, практически следуя во времени за изменениями температуры наружного воздуха. Через теплоустойчивые ограждения (стены, перекрытия) потери теплоты в период резкого похолодания возрастают немного, и во времени эти изменения теплопотерь будут значительно отставать от понижения наружной температуры.

$$Q_m = Q_{ст} + Q_{ок} + Q_{вх.дв.}$$

$Q_{ст}$ – теплота, уносимая через наружные стены; $Q_{ок}$ – теплота, уносимая через окна, $Q_{вх.д}$ – теплота, уносимая через входную дверь.

Разные типы остекления и конструкции стен существенно различаются по количеству проходящего через них тепла. Например, двойное остекление пропустит тепла вдвое меньше, чем одинарное, а стена с хорошей изоляцией — около 1/30 (около 4%) того количества тепла, которое проходит через одинарное остекление. Одинаковое количество тепла будет потеряно через хорошо изолированную стену 9x2,5 м и через окно с одинарным остеклением 1,2x0,6 м.

Вентиляционные тепловые потери. Количество наружного воздуха, поступающего в помещение в результате инфильтрации, зависит от конструктивно-планировочного решения помещения, направление и скорости ветра, температуры воздуха, герметичности конструкций окон и дверей. Общий процесс обмена воздухом между помещениями с наружным воздухом, который происходит под действием естественных сил и работы искусственных побудителей движения воздуха, называют воздушным режимом здания. Воздухообмен происходит через все воздухопроницаемые элементы под действием разности давления.

3.2.2 Сопротивление теплопередаче

Одним из наиболее важных теплоэнергетических показателей зданий и сооружений является сопротивление теплопередаче элементов ограждающих конструкций (несущие стены, перекрытия, кровля, окна, двери и другие аналогичные конструктивные элементы зданий и сооружений), под которым обычно понимают сумму конвективных сопротивлений на наружной и внутренней поверхностях стен и суммарное кондуктивное сопротивление слоев ограждающей конструкции (ОК):

$$R = \frac{1}{\alpha_{вн}} + \sum_{i=1}^m \frac{h_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{нар}} \quad (3.18)$$

где $\alpha_{вн}$ и $\alpha_{нар}$ — коэффициенты теплоотдачи от воздуха к внутренней поверхности ОК и от наружной поверхности ОК к наружному воздуху, h_i и λ_i — толщина (м) и теплопроводность (Вт/м·К) i -го слоя. В уравнении (3.18) предполагается идеальный тепловой контакт между слоями ОК.

Как следует из литературы [3], вклад первого и последнего членов в правой части уравнения (3.18) в общее сопротивление незначителен и в зависимости от конструкции ОК не превышает 5 %.

3.2.3 Методы определения тепловых потерь

Для качественной и, что важнее, количественной оценки величины тепловых потерь, возникающих при эксплуатации зданий и сооружений, необходимо определить тепловое сопротивление ОК. При этом принципиально возможно использовать два подхода: нестационарный и стационарный. Сильной стороной нестационарного подхода определения теплового сопротивления ОК является относительно малое время измерений, необходимое для расчетов (менее одного рабочего дня).

При стационарном подходе время измерений составляет 15 суток и более [4, 5]. Авторы на основе расчетно-экспериментальных исследований утверждают, что установившееся тепловое состояние ОК в зависимости от тепловой инерции достигается в течение 120—150 часов. При этом необходимо выполнять многократные измерения температурного напора $\Delta t(\tau)$ (разности температуры воздуха внутри и вне помещения).

Предложенный А. В. Шишкиным [2] подход заключается в решении в общем виде дифференциального уравнения нестационарной теплопроводности с начальными и граничными условиями с дальнейшей подстановкой результата в уравнение теплового баланса на поверхности теплообмена с атмосферой. Как утверждает автор, при этом подходе можно получить решение только для наружной поверхности ОК. Но приведенные в работе [2] формулы для расчета температуры и удельного теплового потока на наружной поверхности ОК громоздки и малоприспособлены для использования. Однако подход, основанный на решении дифференциального уравнения нестационарной теплопередачи, является перспективным.

Применять его возможно практически в любое время года, в неотапливаемых помещениях, его реализация не требует продолжительного времени.

Представим метод решения задачи с помощью параметрической идентификации тепловых потоков и уточнения теплофизических свойств материалов ОК [6]. Поскольку температура внутри помещения системой теплоснабжения поддерживается практически постоянной, то на величину тепловых потерь существенно влияют коэффициент теплоотдачи на наружной поверхности ОК и температура наружного воздуха. Термическое сопротивление ОК с изменением температуры внутренней поверхности стенки изменяется незначительно, поэтому, измерив температуру наружной поверхности ОК и рассчитав или измерив удельный тепловой поток через исследуемый участок ОК, можно вычислить термическое сопротивление рассматриваемого участка ОК.

Динамика одномерного теплопереноса в ОК может быть описана системой обыкновенных дифференциальных уравнений. Математические модели, в которых выполнена дискретизация пространства теплопереноса вдоль одной оси, а время считается непрерывным, принято называть дифференциально-разностными моделями (ДРМ) [7].

Предлагается использовать ДРМ в качестве основной универсальной модели теплопереноса в одномерных стенках ОК различных тепловых схем. В качестве примера рассмотрим однородную стенку, которая может быть представлена в виде теплоизолированной на боковой поверхности пластины толщиной $h = 0,2$ м с теплофизическими свойствами: $\lambda = 0,076$ Вт/м·К, $c_p = 1,69 \cdot 10^5$ Дж/м³·К, где λ , c , ρ — теплопроводность, теплоемкость, плотность материала ОК. На рисунке приведены тепловая схема (а) и топология (б) ОК в виде пластины ($t_{ст.вн}$ и $t_{ст.нар}$ — температура внутренней и наружной стенки соответственно, q — тепловой поток).

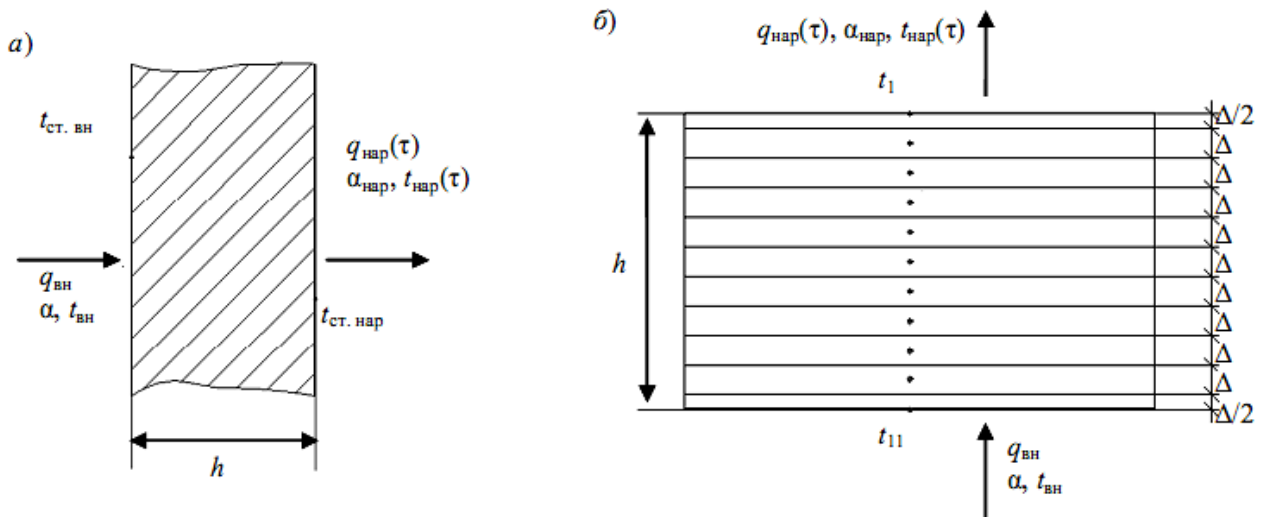


Рис. 3.14. Тепловая модель (а) и топология ДРМ (б)

Для построения ДРМ пластину по толщине h , разбиваем на n слоев (в данном случае $n = 11$) с температурой t_1, t_2, \dots, t_{11} . Средние значения температуры слоев, отнесенные к их центрам, составляют вектор состояния пластины. При этом для расчетов толщину граничных слоев удобно установить как $\Delta/2$, а средние значения их температуры — t_1 и t_{11} — отнести к торцевым поверхностям.

Для каждого слоя составим уравнение теплового баланса между изменением его теплосодержания и потоками тепла от соседних слоев, а для граничных слоев — от внешней и внутренней среды при постоянных теплофизических характеристиках. Проведя преобразование уравнений, получим ДРМ в развернутой форме:

$$\begin{cases} \frac{dt_1}{d\tau} = -\frac{2a}{\Delta^2}t_1 + \frac{2a}{\Delta^2}t_2 - \frac{2q}{c\rho\Delta} \\ \dots \\ \frac{dt_i}{d\tau} = \frac{a}{\Delta^2}t_{i-1} - \frac{2a}{\Delta^2}t_i - \frac{a}{\Delta^2}t_{i+1} \\ \dots \\ \frac{dt_{11}}{d\tau} = \frac{2a}{\Delta^2}t_{10} - \left(\frac{2a}{\Delta^2} + \frac{2\alpha}{c\rho\Delta}\right)t_{11} + \frac{2\alpha}{c\rho\Delta}t_{cp} \end{cases} \quad (3.19)$$

где $a = \lambda/c\rho$ — температуропроводность материала стенки.

Окончательно ДРМ (3.19) можно записать в векторно-матричной форме [3]:

$$\frac{d\mathbf{T}}{d\tau} = F\mathbf{T} + G\mathbf{U}$$

где $\mathbf{T} = |t_1 \ t_2 \ \dots \ t_{11}|^T$ — (11×1)-вектор состояния, $\mathbf{U} = q(\tau)$ — (1×1)-вектор управления (входных воздействий),

$G = \left| \begin{array}{cccc} 2 & 0 & \dots & 2\alpha \\ c_1\rho_1\Delta_1 & & & c_3\rho_3\Delta_3 \end{array} \right|^T$ — (11×1)-матрица управления. Матрица обратных связей F размерности (11×11) имеет обычную трехдиагональную форму.

Предложенный подход был использован для восстановления плотности теплового потока по измеренным значениям температуры наружного воздуха для ряда зданий Вологодской области [2].

Полученные результаты хорошо совпадают с данными, приведенными в работе [2]. Изложенная методика прошла многократную апробацию как для восстановления тепловых потоков, так и для уточнения теплофизических свойств материалов ОК, и в настоящее время используется различными организациями [6].

В работе [8] рассмотрен перспективный нестационарный метод восстановления тепловых потоков, проходящих через ОК различных зданий и сооружений, который позволяет проводить исследования в режиме реального времени.

3.2.4 Оценка удельной тепловой характеристики объекта

Для теплотехнической оценки здания пользуются величиной его удельной отопительной характеристики q_0 , которая отражает расход теплоты, приходящейся на единицу отапливаемой кубатуры здания.

Удельная отопительная характеристика в зависимости от имеющихся исходных данных может быть получена либо по справочным данным, либо расчетным путем.

В настоящее время имеется значительный объем методических рекомендаций по отраслевому нормированию расхода тепловой энергии на обогрев зданий с указанием численных значений отопительных характеристик в зависимости от типа и размера здания.

Величина q_0 , Вт/(м³·°С), определяется как

$$q_0 = \frac{Q_{зд}}{V(t'_в - t_{нро})\alpha},$$

где $Q_{зд}$ – суммарные потери всех отапливаемых помещений, Вт; V – объем отапливаемой части по наружному обмеру, м³; $t'_в$ – температура воздуха в здании, °С, α – поправочный коэффициент, учитывающий значение температуры наружного воздуха $t_{нро}$.

Для сопоставления фактической удельной отопительной характеристики здания со справочным ее значением в выражение для

расчета введен поправочный коэффициент α , который для жилых и общественных зданий может быть определен по формуле

$$\alpha = 0,54 + \frac{22}{t'_g - t_{нро}}$$

Отклонение величины q_0 от аналогичной, взятой из справочника (q_0^c), не должно составлять более 15 %, т.е.

$$\Delta = \frac{q_0^c - q_0}{q_0^c} 100 \leq 15\%.$$

Следует отнестись с особым вниманием к достоверности теплотехнического расчета ограждений и определения теплопотерь, если отклонение составляет более 15 %. При правильно произведенных расчетах чрезмерное отклонение может быть вызвано:

- а) сложной формой здания в плане (с развитой поверхностью наружных ограждений);
- б) особо увеличенной площадью остекления;
- в) весьма небольшим значения коэффициента теплопередачи ограждений;
- г) расположением помещений с повышенной температурой внутреннего воздуха с северной стороны здания и т.д.

3.3 Способы минимизации тепловых потерь

3.3.1 Мероприятия по энергосбережению в зданиях и сооружениях

При разработке мероприятий по энергосбережению или проведению энергоаудита из проекта здания определяют параметры всех элементов систем отопления, вентиляции и кондиционирования и их расчетные характеристики. Необходимо также уточнение годового режима работы систем управления и измерения параметров воздуха. Расчетную нагрузку установок вентиляции и кондиционирования определяют из проекта предприятия или организации. При отсутствии таких данных ее можно определить аналитическими методами с учетом наружного и внутреннего объема зданий, удельной вентиляционной характеристики и температуры воздуха внутри и вне здания. Основными характеристиками, которые должны определяться при обследовании систем вентиляции, являются: фактические коэффициенты загрузки, время работы установок в течение суток, температура воздуха внутри помещения и средняя температура наружного воздуха, кратность воздухообмена.

Мероприятия по энергосбережению в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха сводятся к следующему.

1. Применение экономически целесообразного сопротивления теплопередачи наружных ограждений при строительстве и

дополнительного утепления наружных стен при реконструкции зданий. Мероприятие предназначено для увеличения сопротивления теплопередачи наружных стен и снижения тепловых потерь здания за счет улучшения его теплозащитных свойств и применения эффективных теплоизоляционных материалов.

2. Устройство вентилируемых наружных стен. Мероприятие предназначено для повышения уровня тепловой защиты наружных стен.

3. Тепловая защита наружной стены в месте установки отопительного прибора. Мероприятие предназначено для снижения тепловых потерь от наружных ограждений (стены), к которым прилегают отопительные приборы.

4. Устройство вентилируемых окон. Мероприятие предназначено для сокращения воздухопроницаемости и увеличения сопротивления теплопередачи оконных блоков.

5. Установка дополнительного (тройного) остекления. Мероприятие предназначено для сокращения воздухопроницаемости и увеличения сопротивления теплопередачи оконных блоков

6. Применение теплопоглощающего и теплоотражающего остекления. Мероприятие предназначено для сокращения тепlopоступлений в помещения от солнечной радиации, что приводит к комфорту в помещениях.

7. Устройство застекленных лоджий. Мероприятие предназначено для сокращения расхода проникающего в помещение наружного холодного воздуха в зимний период и повышения температуры в лоджии (за наружной стеной помещения).

3.3.2 Мероприятия по энергосбережению в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха

1. Периодический режим работы системы отопления.

Периодический режим работы системы отопления применяют в производственных, гражданских, учебных, спортивных, торговых, административных зданиях, используемых для работы 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 [9]:

- 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.

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 [9].

Наиболее гибким режимом эксплуатации служит комбинированная система отопления. Она состоит из базовой системы водяного отопления и дополнительной системы воздушного отопления. Воздушное отопление совмещается с приточной вентиляцией и в режиме форсированного нагрева работает в режиме полной рециркуляции воздуха.

Работа систем периодического отопления поддается автоматизации и программному управлению поддержания расчетного режима. На случай неожиданного резкого понижения температуры наружного воздуха в контрольных помещениях устанавливаются датчики допустимой минимальной температуры внутреннего воздуха. По сигналу от них включается система отопления в дополнительном режиме. Экономия энергии тем больше, чем продолжительнее период охлаждения. Для уменьшения продолжительности форсированного нагрева следует увеличить теплоустойчивость ограждений, максимально интенсифицировать теплоотдачу к ограждениям, применяя, например, направленные струи воздушного отопления или используя источники лучистой энергии (излучатели), направленные на ограждения.

2. Отопление помещений теплотой рециркуляционного воздуха. Теплоту рециркуляционного воздуха рекомендуется использовать для производств, в которых допускается рециркуляция воздуха, а также при температуре воздуха в верхней зоне более 30 °С и подачи воздуха на расстояние не более 15 м. Нагретый воздух забирается из верхней зоны

производственного помещения, очищается от пыли и вентилятором по воздуховодам нагнетается в приточный насадок (цилиндрической или щелевой формы). Энергосбережение обеспечивается за счет утилизации теплоты удаляемого воздуха.

3. Применение вращающихся регенеративных воздухо-воздушных утилизаторов теплоты .

4. Системы воздушного отопления. Системы воздушного отопления применяют для жилых, общественных, производственных, сельскохозяйственных зданий и сооружений, а также гостиниц, в которых функция отопления совмещается с вентиляцией. В системе воздушного отопления возможна полная или частичная рециркуляция воздуха. Воздух для отопления нагревается в калориферах или воздухоподогревателях горячей водой, паром, горячим воздухом или другим теплоносителем. Процесс тепломассообмена может осуществляться двумя путями [9]:

а) нагретый воздух по специальным каналам через воздухораспределительные решетки поступает в помещение и смешивается с внутренним воздухом;

б) нагретый воздух перемещается во внутренних каналах, окружающих помещение, нагревая при этом стенки помещения, теплота от которых передается внутреннему воздуху помещения. Охладившийся воздух по другим каналам возвращается в калорифер для повторного нагрева или выбрасывается частично в атмосферу, когда температура воздуха в помещении высокая.

Таким образом, система воздушного отопления может быть с полной рециркуляцией, когда воздух полностью возвращается для повторного нагрева, или частичной рециркуляцией, когда воздух частично выбрасывается в атмосферу и частично повторно нагревается.

Системы воздушного отопления фактически являются комбинированными системами отопления и вентиляции. Преимущества систем воздушного отопления: обеспечение равномерности температуры по объему помещения, возможность очистки и увлажнения воздуха, отсутствие отопительных приборов в помещении. Недостатки систем воздушного отопления: большие поперечные сечения воздуховодов по сравнению с трубами водяного и парового отопления, меньший радиус действия по сравнению с теми же системами, потери теплоты при недостаточной теплоизоляции воздуховодов.

Для снижения энергетических затрат на подогрев наружного воздуха возможно использование регенеративных теплообменников, позволяющих утилизировать теплоту горячего вытяжного воздуха. В системах воздушного отопления сокращаются потери теплоты за счет отсутствия радиаторных ниш – участков наружных ограждений, имеющих место в водяных и паровых системах отопления. Энергосбережение при

применении воздушного отопления достигается и за счет автоматизации системы при малой теплоемкости воздуха, а также за счет возможного поддержания в нерабочее время в помещении более низкой температуры воздуха и быстром нагреве помещения перед началом рабочего дня.

5. Периодический режим работы систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Периодические режимы работы систем вентиляции и кондиционирования воздуха применяют для стабилизации температуры, влагосодержания и газового состава воздуха. Они наиболее эффективны при обслуживании помещений большого объема в общественных зданиях с переменным заполнением (зрительные, торговые, спортивные залы, залы ожидания), где одновременно изменяются температура, влажность и состав воздуха (содержание углекислого газа и кислорода).

Снижение энергопотребления системами вентиляции и кондиционирования воздуха обеспечивается изменением расхода воздуха требуемых параметров, применением сложных и дорогостоящих воздухораспределителей, использованием совершенных методов регулирования работы вентилятора, сложной системы автоматизации.

Альтернативным способом регулирования систем может служить периодическое вентилирование помещений в зависимости от состояния воздуха помещения, чем и обеспечивается экономия электрической и тепловой энергии. Продолжительность перерыва зависит от кратности воздухообмена, объема помещения, состава воздуха. Функциональные схемы автоматического управления контролируют концентрацию углекислого газа, изменения влажности и температуры воздуха.

6. Устройство воздушных завес. Воздушные завесы устанавливают при входе, у открытых проемов в общественных и промышленных зданиях и сооружениях, цехах, торговых центрах, магазинах, в многоэтажных жилых зданиях при часто открывающихся входных дверях или со значительными по площади воротами. Мероприятие направлено на снижение затрат теплоты на нагрев воздуха, поступающего через входы, въезды и проемы. Применяют комбинированные воздушно-тепловые завесы с тамбуром и без него, а забор воздуха осуществляется из помещения или снаружи.

Воздушная завеса состоит из двух, симметрично расположенных пар, вертикальных воздухораспределительных стояков, установленных внутри помещения. Внутренняя пара стояков, расположенная ближе к помещению, подает подогретый (до 60 °С) в калориферах воздух, а наружная пара стояков подает не подогретый воздух, забираемый из помещения. При закрытых воротах наружная пара стояков отключается, а внутренняя завеса работает в режиме отопления. При открывании ворот к работе подключается и наружная пара стояков. Энергосбережение

достигается за счет снижения потребности в теплоте на нагрев приточного воздуха и затрат электроэнергии на его перемещение.

7. Система отопления помещений с применением газовых инфракрасных излучателей. Система предназначена для обогрева постоянных и временных рабочих мест производственных и вспомогательных помещений; помещений и конструкций на открытых и полуоткрытых площадках в процессе строительства зданий и сооружений; систем снеготаяния, на кровлях зданий и сооружений. Отопительными приборами служат горелки инфракрасного излучения. В горелке используется газ низкого давления с предварительным смешением газа и воздуха, а температура излучающей поверхности достигает примерно 850 °С. При такой температуре около 60 % теплоты, выделяющейся при сгорании газа, передается излучением в виде инфракрасных (тепловых) лучей. Размещение горелок в помещении или на открытой площадке, число их рядов, расстояние между горелками в ряду, высоту их подвески над полом, угол наклона горелок, определяется исходя из норм облученности и типа горелок. Энергосбережение достигается за счет уменьшения отапливаемого объема помещения, отсутствия перегрева верхней зоны помещения, малой тепловой инерции и применения автоматики управления.

8. Газовоздушное лучистое отопление. Газовоздушное отопление применяется для производственных помещений, сборочных, механических, ремонтных цехов, депо, гаражей, ангаров. Функцию отопительных приборов выполняют трубопроводы с высокой температурой, проложенные в верхней зоне помещения, не ниже 4,5 м от пола. Внутри труб циркулирует смесь нагретого воздуха с продуктами сгорания топлива, чем обеспечивается высокая температура трубопроводов. Передача теплоты с поверхности труб к воздуху помещения происходит за счет суммарного теплообмена – конвекцией и лучеиспусканием. Однако, чем выше температура трубопровода, тем больше доля передачи теплоты за счет лучистого теплообмена. Теплоизлучающие трубы имеют диаметр до 0,4 м и собирают на фланцах. Для уменьшения потерь теплоты в верхнюю часть или неработающую зону помещения трубы закрывают сверху эффективной тепловой изоляцией, а сбоку вдоль труб устанавливают продольные металлические экраны (козырьки), желательны с высокой степенью черноты (окрашенные козырьки). Температура теплоносителя, циркулирующего по трубопроводам, должна исключать эффект точки росы на внутренней поверхности труб и низкотемпературной коррозии. Энергосбережение достигается за счет отсутствия перегрева верхней зоны и сохранения условий теплового комфорта в рабочей зоне [9].

9. Применение теплонасосных установок и энергии низкого потенциала (конденсата, воздуха).

Заключение к третьей главе

Рассмотренные во второй главе основные механизмы передачи тепла (теплопроводность, конвекция, излучение) и описывающие их законы позволяют составить представление о физической подоплеке мероприятий по энергосбережению и о фундаментальных ограничениях, накладываемых природой на нашу деятельность в этой сфере.

Существующие методы определения тепловых потерь либо сложны и потому мало распространены (нестационарные методы), либо занимают много времени и требуют выполнения весьма специфичных условий (стационарные методы), что снижает их точность.

Приведенные рекомендации по снижению тепловых потерь в некоторых случаях труднореализуемы, либо не приносят достаточного эффекта.

Вышеизложенный материал позволяет сделать вывод о структурной сложности тепловых потерь и необходимости комплексного неформального индивидуального подхода к проведению мероприятий по сбережению тепловой энергии в каждом конкретном случае.

Важной проблемой, от решения которой во многом зависит эффективность и экономических эффект реализации мероприятий по энергосбережению, является проблема учета и контроля потребления энергетических ресурсов.

Список литературы к третьей главе

1. Михеев М. А., Михеева И. М. Основы теплопередачи. Изд. 2-е, стереотип. М., «Энергия», 1977. — 344 с.
2. Шишкин А. В. Разработка методики расчета теплового сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций с использованием тепловизионной диагностики. Дис. ... канд. техн. наук. СПб, 2001.
3. ГОСТ 26254-84 Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций.
4. Пилипенко Н. В. Методы параметрической идентификации в нестационарной теплометрии. Ч. 1 // Изв. вузов. Приборостроение. 2003. Т. 46, № 8. С. 50—54.

5. Пилипенко Н. В. Методы параметрической идентификации в нестационарной теплотометрии. Ч. 2 // Изв. вузов. Приборостроение. 2003. Т. 46, № 10. С. 67—71.

6. Пилипенко Н. В., Сиваков И. А. Метод определения нестационарных тепловых потоков и теплопроводности путем параметрической идентификации // Измерительная техника. 2011. № 3. С. 48—51.

7. Pilipenko N. Parametrical identification of differential-difference heat transfere models in non-stationary thermal measurements // Heat Transfer Research. 2008. Vol. 39, N 4. P. 311—315.

8. Пилипенко Н.В., Гладских Д.А. Нестационарная теплотометрия зданий и сооружений // Изв. вузов. Приборостроение. 2011. Т. 54, № 12. С. 74—77.

9. Фокин В.М. Основы энергосбережения и энергоаудита. М.: «Издательство Машиностроение-1», 2006. 256 с.

ГЛАВА 4

Учет и контроль потребляемых ресурсов. Выбор адекватных методов и средств учета энергии

4.1 Расчетные методы учета тепловой энергии

Согласно «Правилам учета тепловой энергии и теплоносителей» [1] учет может проводиться расчетными, расчетно-приборными и приборными методами в зависимости от того к какой категории групп потребителей относится предприятие. Рассмотрим расчетные и приборные методы.

Определение количественных показателей расхода теплоты на систему отопления в зависимости от имеющихся исходных данных может проводиться несколькими вариантами:

- по укрупненным показателям;
- по поверхности нагрева установленных отопительных приборов;
- по определению теплопотерь через ограждающие конструкции здания.

При анализе систем отопления зданий и сооружений со значительными тепловыделениями внутри помещений необходимо учитывать теплоизбытки от работающего оборудования, систем освещения и т.д., и корректировать расчетную отопительную нагрузку.

Определение расхода теплоты на отопление и приточную вентиляцию по укрупненным показателям для обеспечения нормативных санитарно-гигиенических условий в помещениях проводится следующим образом. Максимальный часовой расход теплоты на отопление [1]:

$$Q_{\text{ч}}^{\circ} = g_0 V (t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}}) * 10^{-6} \text{ Гкал/час} , \quad (4.1)$$

где g_0 – удельная отопительная характеристика здания, Гкал/(м³час°С); V – объем здания (корпуса) по наружным размерам, м³; $t_{\text{вн}}$ – температура внутри помещения принимается по СНиП 2.04.05-91 "Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха в зависимости от функционального назначения здания (корпуса)", °С; $t_{\text{нар}}$ – расчетная температура наружного воздуха принимается по СНиП 2.01.01-82 "Строительная климатология и геофизика" для соответствующего региона страны.

Для теплотехнической оценки здания пользуются величиной его удельной отопительной характеристики g_0 , которая отражает расход теплоты, приходящейся на единицу отапливаемой кубатуры здания.

Удельная отопительная характеристика в зависимости от имеющихся исходных данных может быть получена либо по справочным данным, либо расчетным путем.

В настоящее время имеется значительный объем методических рекомендаций по отраслевому нормированию расхода тепловой энергии на обогрев зданий с указанием численных значений отопительных характеристик в зависимости от типа и размера здания.

Величина g_0 , Вт/(м³·°С), определяется как

$$g_0 = \frac{Q_{зд}}{V(t'_в - t_{нро})\alpha}, \quad (4.2)$$

где $Q_{зд}$ - суммарные потери всех отапливаемых помещений, Вт; V - объем отапливаемой части по наружному обмеру, м³; $t'_в$ - температура воздуха в здании, °С, α - поправочный коэффициент, учитывающий значение температуры наружного воздуха $t_{нро}$

Годовой расход теплоты на отопление при нормативных условиях работы системы отопления будет определяться:

$$Q_{год} = \beta Q_{ч^o} [(t_{вн} - t_{ср^o}) / (t_{вн} - t_{нар})] * \tau * 10^{-6} \text{ Гкал/год}, \quad (4.3)$$

где β - коэффициент, учитывающий эксплуатационные потери теплоты в системе отопления. Для зданий, проект которых выполнен до 1988 г., $\beta = 1,13$, для зданий проект которых выполнен после 1988 г., $\beta = 1,07$; $t_{ср^o}$ - средняя температура наружного воздуха в отопительный период принимается по СНиП 2.01.01-82; τ - нормативная продолжительность отопительного периода в часах принимается по СНиП 2.01.01-82.

Максимальный часовой расход теплоты на приточную вентиляцию определяется по формуле:

$$Q_{ч^в} = g_v V (t_{вн} - t_{нар}) * 10^{-6} \text{ Гкал/час}, \quad (4.4)$$

где g_v - удельная вентиляционная характеристика здания (по справочным данным или расчету), Ккал/м³час °С; V - объем здания (корпуса) по наружным размерам, м³; $t_{вн}$ - температура внутри помещения принимается по СНиП 2.04.05-91 в зависимости от функционального назначения здания (корпуса), °С.

По данному СНиПу $t_{нар}$ для расчета системы отопления и вентиляции принимается одного и того же значения.

Годовой расход теплоты на приточную вентиляцию при нормативных условиях работы:

$$Q_{год}^в = Q_{ч^в} [(t_{вн} - t_{ср^o}) / (t_{вн} - t_{нар})] * \tau_v * 10^{-6} \text{ Гкал/год}, \quad (4.5)$$

где τ_v - продолжительность работы приточной вентиляции в год в часах.

Следует заметить, что при определении расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию по укрупненным показателям существенное

влияние на конечный результат оказывают коэффициенты, учитывающие долю отапливаемой и вентилируемой частей. При обследовании зданий, имеющих сложную конфигурацию с различными пристройками и подвалами, а также в том случае, когда часть помещений здания не отапливается, трудно правильно оценить значения указанных коэффициентов и, следовательно, конечный результат может иметь достаточно большую погрешность. Поэтому в этом случае определение расхода теплоты на отопление необходимо проводить по поверхности нагрева и типу фактически установленных отопительных приборов. В этом случае часовой расход тепловой энергии определяется по формуле:

$$Q_{от}^ч = F K (t_{ср}^с - t_{вн}) \beta \quad \text{Гкал/ч}, \quad (4.6)$$

где: F - поверхность нагрева отопительных приборов, м^2 (по факту); K - коэффициент теплопередачи нагревательных приборов, $\text{Гкал/м}^2\text{ч}^0\text{С}$; $t_{ср}^с$ - средняя температура сетевой воды (в соответствии с температурным графиком; в случае парового отопления - температура насыщенного пара), $^0\text{С}$; $t_{вн}$ - температура внутри помещений, $^0\text{С}$; β - коэффициент, учитывающий остывание в трубах систем отопления.

Удельная отопительная характеристика здания при соответствии его конструктивных характеристик проектным данным может быть определена по потерям теплоты через ограждающие конструкции помещения (в соответствии со СНиП 2.04.05-91):

$$g_o = (1/RV) * (F_c * \gamma_{ок} + F_{п} * (\gamma_{шт} + \gamma_{пл})) \quad \text{Ккал/(\text{м}^3\text{час}^0\text{С})}, \quad (4.7)$$

где R - сопротивление теплопередаче наружной стены, $\text{м}^2\text{х часх}^0\text{С/Ккал}$; V - наружный объем здания; F_c - площадь наружных стен; $F_{п}$ - площадь здания в плане; $\gamma_{ок}$, $\gamma_{шт}$, $\gamma_{пл}$ - коэффициенты, учитывающие увеличение теплопотерь соответственно через окна, потолок, пол.

Суммарный максимальный часовой расход теплоты на отопление и вентиляцию равен:

$$\Sigma Q_{ч} = Q_{ч}^o + Q_{ч}^в \quad \text{Гкал/час}$$

Максимальный расход сетевой воды в системе отопления и вентиляции будет равен:

$$G_{в} = \Sigma Q_{ч}^o * 10^3 / (t_{пр} - t_{об}) \quad \text{т/час},$$

где $t_{пр}$ и $t_{об}$ - температура прямой и обратной воды в системе теплоснабжения ($\Delta t = 95-70^0\text{С}$; $\Delta t = 130-70^0\text{С}$; $\Delta t = 150-70^0\text{С}$).

Суммарный годовой расход теплоты на отопление и вентиляцию при нормативных условиях составит:

$$\Sigma Q_{год}^{o+в} = Q_{год}^o + Q_{год}^в \quad \text{Гкал/год}$$

Расчетно-нормативное количество теплоты учитывает то количество теплоты, которое необходимо для обеспечения нормативных условий обогрева корпуса (здания). При этом, имеется ввиду, что система

приточной вентиляции функционирует полностью и находится в технически исправном состоянии, а система отопления работает в расчетном режиме.

Однако, для оценки теплотребления в базовом году необходимо провести еще один расчет при фактических параметрах $t_{\text{в}}^{\text{ф}}$ и τ , которые были в отопительный период данного города.

Как показывает анализ статистических данных, $t_{\text{в}}^{\text{н}}$ и τ (по СНиПу) отличаются от фактических значений $t_{\text{в}}^{\text{ф}}$ и τ (в базовом году). За последние годы фактические значения $t_{\text{в}}^{\text{ф}}$ и τ не достигали значений по СНиПу. Так например, для Москвы $t_{\text{в}}^{\text{н}}$ (по СНиПу) = -3,6°C, а в период 1996-1998 г.г. фактическое значение $t_{\text{в}}^{\text{ф}}$ (по данным теплосети) = -1,77-1,89°C. Продолжительность отопительного периода для Москвы (по СНиПу) 213 суток, фактически (по данным теплосети) отопительный период в 1996-1998 г.г. составлял 208-211 суток.

Поэтому для анализа теплотребления учреждения на отопление и вентиляцию необходимо провести сравнение расчетных данных при фактической продолжительности отопительного сезона и средней фактической температуре наружного воздуха в отопительный период в базовом году с отчетными данными по теплотреблению (по счетам на оплату) за отчетный базовый год.

Разница ΔQ указывает на имеющийся потенциал энергосбережения в системе отопления и вентиляции за счет нерационального расхода. Если данные нормативного расчета при $t_{\text{в}}^{\text{н}}$ и τ (фактические значения в базовом году) выше отчетных, это указывает на то, что вследствие неисправного состояния оборудования приточных систем и отопления, искусственного занижения температуры прямой воды (путем прикрывания задвижек), происходит недополучение тепловой энергии и снижение температуры внутри помещений против нормативных значений, что подтверждается, как правило, контрольными замерами температуры воздуха внутри помещений.

Результаты расчета расходов тепла на отопление и вентиляцию могут быть использованы при составлении теплового баланса и разработке энергетического паспорта.

4.1.1 Расход тепловой энергии на воздушно-тепловые завесы

При наличии воздушно-тепловых завес дверей и ворот на обследуемом объекте необходимо учесть затраты тепловой энергии. В этом случае общий расход теплоты на вентиляцию складывается из расхода теплоты на общеобменную приточную вентиляцию и локальную приточную вентиляцию (тепловые завесы).

Годовой расход теплоты на воздушно-тепловые завесы за отопительный период определяется по формуле:

$$Q_{ВТЗ} = q_{ВТЗ} \times [C_v(t_{ВТЗ} - t_{отб}) / \eta_{исп} \eta_{пт}] \times \tau_{ВТЗ} \tau_p \times h_{ВТЗ} \times 10^{-6} \text{ (Гкал/год)}, \quad (4.8)$$

где $q_{ВТЗ}$ – часовой расход воздуха завесы, кг/час; C_v – удельная теплоемкость воздуха, ккал/кг °С; $t_{ВТЗ}$ – температура воздуха завесы после калорифера, °С; $t_{отб}$ – температура воздуха в помещении в зоне отбора, °С; $\eta_{исп}$ – коэффициент полезного использования тепла; $\eta_{пт}$ – коэффициент, учитывающий потери тепла с пролетным паром; $\tau_{ВТЗ}$ – продолжительность работы тепловой завесы в сутки; τ_p – число рабочих суток за отопительный период; $h_{ВТЗ}$ – количество воздушно-тепловых завес.

Расчет часового расхода воздуха завесы, $q_{ВТЗ}$ проводится по формуле:

$$q_{ВТЗ} = 3600 \times \varphi \times \mu \times H_{гр} \times V_{гр} \times \sqrt{[g \times H_{гр} \times (\rho_n - \rho_{вн}) \times \rho_n]} \text{ кг/час}, \quad (4.9)$$

где φ – отношение количества воздуха подаваемого в завесу, к общему количеству воздуха, проходящего через ворота. Для боковых завес $\varphi = 0,7$; μ – коэффициент расхода воздуха при действии завесы – определяется в зависимости от отношения: $V_{гр}/2b$, (где $V_{гр}$ – ширина ворот, м; b – ширина выпускного патрубка завесы, м), а также величины φ и угла выпуска струи воздуха β . При $\beta = 45^\circ$ и $\varphi = 0,7$ оптимальное соотношение $V_{гр}/2b = 30$; g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/сек}^2$; ρ_n и $\rho_{вн}$ – плотность воздуха снаружи и внутри.

Температура воздуха завесы после калорифера, $t_{ВТЗ}$ – определялась по формуле:

$$t_{ВТЗ} = \{(t_{сн} - t_{к^{сп}}) / [\varphi(1 - q_{пот}/q_{ВТЗ})]\} + t_{к^{сп}} \text{ } ^\circ\text{С},$$

где $t_{сн}$ – температура воздуха в цехе вблизи ворот; $q_{пот}/q_{ВТЗ}$ – отношение количества тепла теряемого с воздухом, уходящим через открытый проем наружу, к тепловой мощности завесы (k – коэффициент потери тепла завесой); $t_{отб}$ – значение температуры воздуха в помещении в зоне отбора.

4.1.2 Расход тепловой энергии на горячее водоснабжение

Расчетные оценки потребления горячей воды на хозяйственно-бытовые нужды при отсутствии приборного учета внутри зданий и сооружений проводятся в соответствии с нормами СНиП 2-04-01-85 "Внутренний водопровод и канализация зданий".

Существует несколько вариантов определения количественных оценок расхода горячей воды на хозяйственно-бытовые нужды:

- по нормам потребления горячей воды на человека в сутки и количеству потребителей;
- по фактически установленным водоразборным устройствам и времени их функционирования в сутки;
- комбинированным способом.

Годовой расход горячей воды на хозяйственно-бытовые нужды по количеству потребителей (работающих, учащихся и т.д.) проводится по формуле:

$$G_{ГВ}^6 = q_{ГВ}^6 \times N_p \times \tau_p \times 10^{-3} \text{ (м}^3\text{/год)}, \quad (4.10)$$

где: $q_{ГВ}^6$ - норма расхода горячей воды потребителями, л/сутки; N_p - количество потребителей; τ_p - количество рабочих дней в году.

Годовой расход горячей воды по количеству установленных водоразборных устройств определяется следующим образом:

$$G_{ГВ}^{6У} = \Sigma(q_{ГВ}^{6У} \times m) \times \tau_p \times 10^{-3} \text{ (м}^3\text{/год)}, \quad (4.11)$$

где: $q_{ГВ}^6$ - норма расхода горячей воды потребителями, л/сутки; m - количество однотипных водоразборных устройств.

Расход тепловой энергии для нагрева воды в водоразборной точке определяется по формуле:

$$Q_{ГВ} = G_{ГВ} C_v \rho_v (t_{ГВ} - t_{ХВ}) m 10^{-6} \text{ Гкал/год}, \quad (4.12)$$

где $G_{ГВ}$ - расход горячей воды в соответствии с нормами, м³/год; C_v - удельная теплоемкость воды; ρ_v - плотность воды; $t_{ГВ}$ и $t_{ХВ}$ - среднегодовая температура горячей воды и исходной воды; m - количество водоразборных точек.

Следует заметить, что первые два варианта не позволяют оценить требуемый в соответствии с нормами расход тепловой энергии на нужды горячего водоснабжения.

Первый вариант не учитывает всего потребления горячей воды на хозяйственно-бытовые нужды, в частности:

- на душевые сетки;
- на нужды столовой (приготовление пищи, мытье посуды);
- на полив территорий;
- на нужды прачечной (при ее наличии) и т.д.

Второй вариант оценивает потребление горячей воды на хозяйственно-бытовые нужды фактически установленными водоразборными устройствами. Однако их количество может существенно отличаться от необходимого числа, определяемого нормами из СНиП 2-04-01-85 и, следовательно, расчетное значение расхода горячей воды будет не соответствовать нормативному.

В связи с указанными недостатками каждого варианта, на практике получил распространение комбинированный способ определения расхода тепловой энергии на горячее водоснабжение, использующий методическое обеспечение обоих вариантов.

4.1.3 Применение программно-информационных средств для автоматизации расчетов составляющих теплового баланса

Как показывает практика, основная часть времени (в среднем 30-70%, в зависимости от вида обследования) приходится на сбор, обработку и уточнение исходной информации. Учитывая то, что в настоящее время значительно возрос объем работ, связанный с проведением энергетических обследований, наиболее оптимальным средством, позволяющим сократить время обследования, одновременно хранить исходную информацию и результаты расчетов нескольких объектов, содержать нормативные документы и методики различного вида обследований, являются программно-информационные комплексы.

Анализ предлагаемых в настоящее время программных разработок показывает, что большинство из них сводится к проведению нормативных расчетов энергопотребления в соответствии со СНиП и представляют собой пакеты прикладных программ для оценки отдельных видов используемых энергоресурсов (электроэнергия, тепловая энергия, вода). Другая часть разработок сводится к автоматизации процедур ввода, хранения и вывода в соответствующие формы расчетной информации, отраженной в договорах с энергоснабжающими организациями (максимальные часовые, среднегодовые нагрузки, лимиты энергопотребления и т.д.) и фактической информации, полученной по показаниям счетчиков коммерческого учета.

Следует заметить, что нормативные расчеты, изложенные в материалах СНиПов, используются в основном при проектных разработках. С момента реализации проекта, как правило, вносится много изменений, поэтому в процессе энергоаудита реальных объектов при оценке расходной части балансов приходится использовать различные варианты расчета отдельных составляющих.

Центральная задача, решаемая в процессе функционирования программно-информационного комплекса, заключается в обеспечении возможности ввода, обработки, хранения и представления в удобном для анализа виде всего перечня собранной об объекте информации, необходимого для определения потенциала энергосбережения и выработки энергосберегающих мероприятий по соответствующим системам энергопотребления.

4.2 Приборные методы учета тепловой энергии

Для приборов учета тепловой энергии и теплоносителя принято краткое название – теплосчетчики.

Теплосчетчик (ТС) состоит из двух основных функционально самостоятельных частей: тепловычислителя (ТВ) и датчиков (расхода, температуры и давления теплоносителя).

Классификация теплосчетчиков (по ГОСТ Р 51649-2000).

В зависимости от количества измерительных каналов теплосчетчики могут иметь следующие исполнения:

- одноканальные, имеющие один измерительный канал количества теплоты;
- многоканальные, имеющие два и более измерительных каналов количества теплоты и других физических величин.
- В зависимости от способа представления измерительной информации теплосчетчики могут иметь следующие исполнения:
 - со встроенным цифровым отсчетным устройством;
 - со встроенным цифробуквенным отсчетным устройством;
 - со стационарно подключенным цифробуквенным печатающим устройством (принтером);
 - с переносным принтером;
 - со стационарно подключенным устройством съема, формирования отчетов, хранения и представления измерительной информации;
 - с переносным устройством съема, хранения, записи измерительной информации и вывода на дисплей внешнего, в том числе удаленного компьютера;
 - со стационарно подключенным компьютером и непосредственным оперативным представлением измерительной информации на его дисплей;
 - со стационарно подключенным устройством (модемом) передачи измерительной информации на дисплей внешнего, в том числе удаленного компьютера;
 - с переносным устройством (модемом) передачи измерительной информации на дисплей внешнего, в том числе удаленного компьютера.

Теплосчетчики могут иметь исполнения, сочетающие различные виды указанных устройств.

Состав теплосчетчика:

- тепловычислитель;
- преобразователи расхода;
- преобразователи температуры;
- преобразователи давления;

- устройства передачи и представления измерительной информации.

Тепловычислитель

– средство измерений, предназначенное для определения количества теплоты по поступающим на его вход сигналам от средств измерений параметров теплоносителя (ГОСТ Р 51649-2000).

– устройство, обеспечивающее расчет количества теплоты на основе входной информации о массе, температуре и давлении теплоносителя (Правила учета тепловой энергии).

Более подробное определение: тепловычислитель - это вторичный электронный измерительный прибор, обеспечивающий измерение температур в подающем и обратном трубопроводах и их разницы, расчет приращений потребленной тепловой энергии по измерительным сигналам расхода и разнице температур, сохранение в энергозависимой памяти измеренных значений параметров.

Измерительный преобразователь расхода объема, массы, давления, температуры – средство измерений, предназначенное для выработки сигнала о расходе (объеме, массе, давлении, температуре) в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем (ГОСТ Р 51649-2000).

П. 5.2 Правил учета тепловой энергии устанавливаю достаточно широкие рамки выбора приборов учета.

Датчики расхода – наиболее важный элемент ТС в смысле влияния на его технические и потребительские характеристики. Не будет преувеличением сказать, что именно датчик расхода определяет качество ТС.

Для определенности поясним термин “датчик расхода”.

В качестве датчика расхода могут применяться: функционально завершенное самостоятельное устройство (расходомер, расходомер-счетчик или счетчик), для которого принято обобщенное название - преобразователь расхода (ПР), либо первичный преобразователь расхода (ППР), способный функционировать только совместно с ТВ конкретного типа.

В первом случае датчик расхода формирует унифицированный выходной сигнал (импульсный, токовый), который может обрабатываться различными ТВ, чьи входы согласованы с выходными сигналами датчика расхода. Такой комплектацией теплосчетчика в определенной степени обеспечивается унификация приборов учета тепла.

Преобразователь расхода состоит из первичного и вторичного преобразователей расхода. Вторичный преобразователь расхода (ВПР) – это электронный блок, который может быть конструктивно объединен с

ППР, а может иметь отдельное исполнение. В некоторых случаях ВПР является функциональной частью ТВ, причем ВПР и ТВ монтируются в одном корпусе и иногда на одной плате.

Существуют различные способы измерения расхода теплоносителя (теплофикационной воды), например: электромагнитный, ультразвуковой, вихревой и прочие. По способу измерения расхода, реализованному в теплосчетчике, принято кратко называть теплосчетчик электромагнитным, ультразвуковым, вихревым и т.д.

В подавляющем большинстве теплосчетчиков выполняется измерение объемного расхода теплоносителя и последующее вычисление массового расхода на основе данных о температуре и плотности (температура измеряется, плотность вычисляется).

Датчики температуры не имеют сколько-нибудь существенных особенностей, нуждающихся в специальном обсуждении. Обычно в качестве датчиков температуры в составе теплосчетчика применяют подобранные (по метрологическим характеристикам) пары термосопротивлений, которые подключаются к ТВ по двух-, трех- или четырехпроводной схеме. ТВ выполняет измерение величины активного сопротивления термосопротивления, компенсацию погрешностей, вносимых линиями связи, и вычисление температуры теплоносителя.

Датчики давления (ДД) также в незначительной степени влияют на технические и потребительские свойства теплосчетчика (тем более, что для большинства практически важных случаев применения ТС использование ДД необязательно; обязательной является регистрация давления только на источниках тепловой энергии и у потребителей с открытой системой теплоснабжения). Обычно ДД имеют унифицированный токовый выход 4..20, 0..20 или 0..5мА, а ТВ – сопрягаемый с ним вход.

Зачастую в ТВ не предусмотрена возможность подключения ДД. Если такая возможность существует, следует иметь в виду, что для питания ДД может потребоваться дополнительный источник напряжения (если он не встроен в ТВ).

Температура и давление теплоносителя являются исходными параметрами для определения удельной энтальпии теплоносителя.

В последнее время все чаще ощущается потребность в регистрации фактического давления в системе с целью контроля параметров теплоснабжения и разрешения споров с теплоснабжающей организацией.

Номенклатура теплосчетчиков, допущенных к применению в коммерческих узлах учета тепловой энергии, очень широка (сотни наименований приборов отечественного и импортного производства). Выбор примеров, помещенных в данной статье, обусловлен результатами предварительного анализа, а также накопленным практическим опытом

авторов. В любом случае, авторы не претендуют на окончательность и бесспорность высказанных суждений.

Рассмотрим кратко основные способы измерения расхода теплоносителя (теплофикационной воды) и их особенности.

Наибольшее распространение получили следующие способы измерения переменного расхода: переменного перепада давления на сужающих устройствах; ультразвуковые; электромагнитные; вихревые; тахометрические [16].

4.2.1 Метод переменного перепада давления

До настоящего времени на источниках теплоты (ТЭЦ, РТС и т.д.) традиционно в основном применяются расходомеры переменного перепада давления на сужающих устройствах (диафрагмах, соплах, трубах Вентури).

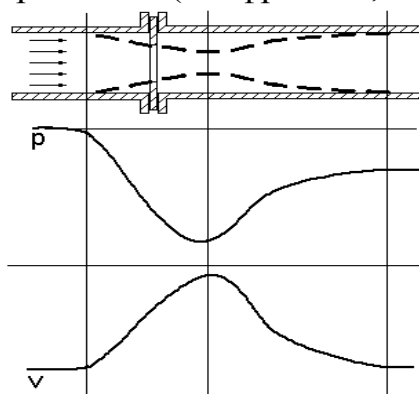


Рис. 4.1. Изменение давления p и средней скорости v потока при прохождении через диафрагму

При прохождении потока среды через отверстие шайбы скорость среды повышается, давление за шайбой уменьшается (рис. 4.1), а перепад давления до и после диафрагмы зависит от расхода измеряемой среды: чем больше количество вещества, тем больше перепад. Разность давлений до и после диафрагмы измеряется дифференциальным манометром, по данным которого можно вычислить скорость протекания жидкости через отверстие шайбы. Нормальная диафрагма выполняется в виде диска (из нержавеющей стали) толщиной 3...6 мм с центральным отверстием, имеющим острую кромку, и должна располагаться со стороны входа жидкости или газа и устанавливаться между фланцами на прямом участке трубопровода.

Особенности метода измерения:

- может быть применен для измерения пара и воды;
- при условии соблюдения требований Правил РД 50-411-83 не нуждается в градуировке на теплоносителе;
- применение приводит к потерям давления на сужающем устройстве;
- динамический диапазон 1:3, т.е. обеспечивает измерение, начиная с величин расхода 30 % верхнего предела;

- требует протяженных прямолинейных участков трубопровода (несколько десятков Ду) до и после места установки сужающего устройства;
- зависимость показаний расходомера от параметров измеряемой среды (давления, температуры).

Эти расходомеры обладают рядом достоинств, основными из которых являются: высокая надежность измерений и низкая зависимость качества измерений от физико-химических свойств измеряемой жидкости. Однако эти приборы имеют и недостатки, например, такие как: узкий динамический диапазон, нелинейность характеристик, высокое гидравлическое сопротивление, оказываемое потоку жидкости первичным преобразователем, необходимость демонтажа для ежегодной поверки, сложность эксплуатации, сложный монтаж, требуемые длинные прямые участки (трубопровода до и после места установки ППР). Эти недостатки затрудняют применение данных приборов, и становятся очевидными в сравнении с преимуществами, создаваемыми применением современных приборов других типов.

4.2.2 Тахометрический метод измерения расхода

Тахометрические расходомеры основаны на измерении частоты вращения аксиальной или тангенциальной лопастной турбинки. Поток, воздействуя на наклонные лопасти турбинки, сообщает ей вращательное движение с угловой скоростью, пропорциональной расходу.

В качестве чувствительного элемента в приборах этого типа используется крыльчатка (или турбина), которая приводится во вращение потоком контролируемой воды (рис. 4.2). Принцип действия тахометрических расходомеров основан на измерении количества оборотов крыльчатки или турбины (число оборотов зависит от скорости потока воды). Турбинные счетчики отличаются от крыльчатых тем, что ось вращения крыльчатки в них расположена параллельно направлению движения воды (крыльчатку расположенную таким образом принято называть турбиной), а в крыльчатых - перпендикулярно.

Достоинством крыльчатых счетчиков, по сравнению с турбинными, является низкий порог чувствительности (возможность более точно измерять небольшие расходы воды). Основными недостатками крыльчатых счетчиков являются низкая пропускная способность и практически полное перекрытие прохода в случае заклинивания крыльчатки. Главная проблема при эксплуатации тахометрических теплосчетчиков – качество воды. Установка механического фильтра или «грязевика» в данном случае обязательна. Обычно приборы этого типа используют для поквартирного учета тепла, а также на небольших объектах.

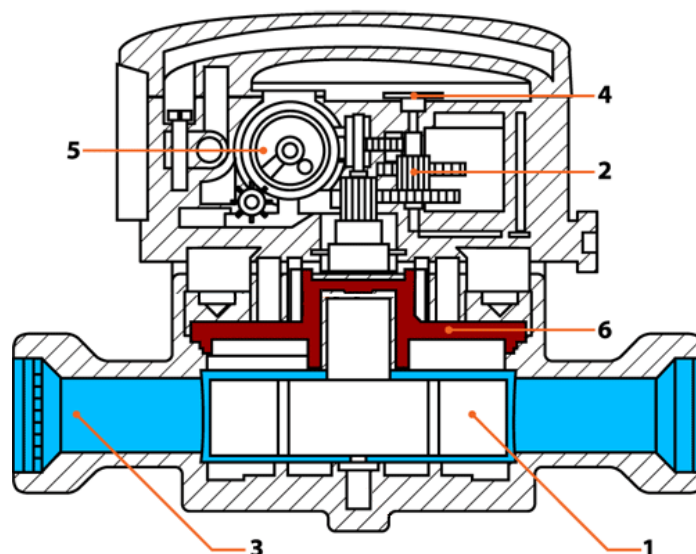


Рис. 4.2. Схема крыльчатого преобразователя расхода [16].

1 – крыльчатка, 2 – механизм счетчика, 3 – теплоноситель,
4 – масштабирующий механический редуктор, 5 индикаторное устройство,
6 – герметичная перегородка.

Особенности метода измерения:

- первичный преобразователь не нуждается в питании;
- доступен каждому потребителю, т.к. прост в эксплуатации, обслуживании, ремонте и является одним из самых недорогих приборов;
- обеспечивает измерение в диапазоне (до 1:50) измерения скорости потока;
- не требует протяженных прямолинейных участков трубопровода (как правило, это 5Ду до прибора и 1Ду после)
- в полости трубопровода помещается вращающийся элемент конструкции;
- не обеспечивает измерения мгновенного расхода;
- ограничения по верхнему пределу температуры воды;
- критичен к твердым и вязким примесям в воде, для надежной работы необходим фильтр на входе прибора.

Такие расходомеры обеспечивают высокие точность измерений и чувствительность, малоинерционны, слабочувствительны к физико-химическим свойствам жидкости, не требуют длинных прямых участков (4..5Ду). До недавнего времени их неоспоримым и решающим достоинством была относительно невысокая цена.

Вместе с тем, турбинные расходомеры быстро загрязняются и выходят из строя, имеют трущиеся механические части, узкий динамический диапазон, создают значительное гидравлическое сопротивление, которое увеличивается из-за обязательной установки

фильтра. В связи с уменьшением цен на электромагнитные приборы, ценовая привлекательность турбинных расходомеров перестала быть решающей.

К наиболее крупным отечественным производителям турбинных расходомеров можно отнести ОАО “Мытищинская теплосеть” & ЗАО “Тепловономер” (г. Мытищи Московской обл.).

4.2.3 Вихревой метод измерения расхода

Вихревой метод измерения расхода основан на измерении частоты отрыва вихрей (вихревая “дорожка Кармана”), возникающих при обтекании потоком жидкости погруженного в нее тела обтекания. Частота вихрей пропорциональна средней скорости потока, а амплитуда колебаний давления – пропорциональна квадрату средней скорости (скоростному напору). Измерение частоты может выполняться при помощи ультразвуковых или электромагнитных датчиков, датчиков давления. Вихревой метод применяется также для измерения расхода пара и газовых сред.

При обтекании жидкостью или газом твердого тела за ним образуется вихревой след, частота вихреобразования пропорциональна скорости течения. Измерение частоты пульсаций в вихревом следе позволяет получить сигнал, пропорциональный скорости потока и при определенных условиях - его расходу (рис. 4.3).

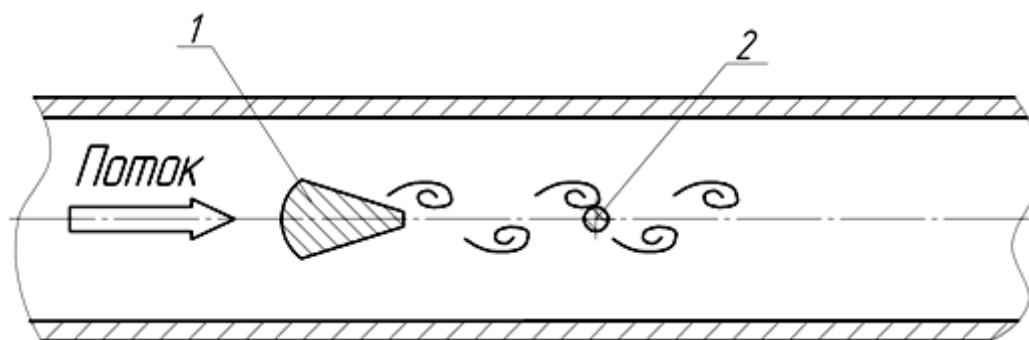


Рис. 4.3. Схема измерения в вихревом преобразователе расхода.
1 – тело обтекания, 2 – датчик, регистрирующий вихревые пульсации.

Особенности метода измерения:

- может быть применен для измерения пара и воды;
- обеспечивает измерение в широком диапазоне (до 1:50) измерения скорости потока;
- необходимо размещение в полости трубопровода тела обтекания, частично "затеняющего" сечение канала;
- требует протяженных прямолинейных участков трубопровода ($L1 = 10Dy$ до прибора и $L3 = 5Dy$ после места установки тела обтекания);

- независимость показаний от параметров измеряемой среды (давления, температуры).

Для вихревых расходомеров характерны следующие положительные особенности: они малочувствительны к физико-химическим свойствам жидкости, одинаково удобны для выполнения измерений на трубопроводах малых и больших диаметров, обеспечивают хорошую точность измерений и быстроедействие.

Для трубопроводов малых диаметров вихревые расходомеры обычно конструктивно выполняются вместе с измерительным участком. Для трубопроводов большого диаметра применяются расходомеры погружного типа (тело обтекания размещается по оси потока на специальной штанге).

Однако данные расходомеры не получили широкого распространения. По-видимому, это объясняется присущими им недостатками. В частности, тело обтекания создает дополнительное гидравлическое сопротивление потоку, легко загрязняется и поэтому перед расходомером необходимо устанавливать фильтр (который также увеличивает гидравлическое сопротивление). Характеристики расходомера недостаточно стабильны, динамический диапазон недостаточно широк (соизмерим с динамическим диапазоном ультразвуковых расходомеров и в несколько раз меньше динамического диапазона электромагнитных расходомеров), требуемые прямые участки довольно велики – (10..20)Ду.

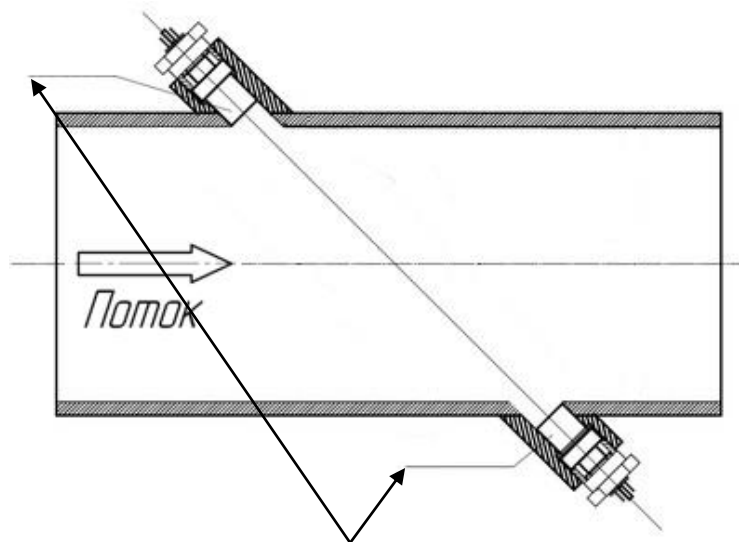
Вихревые расходомеры производятся на таких российских предприятиях, как ЗАО “ИВК-Саяны” (Москва), Промышленная группа “Метран” (г. Челябинск), ЗАО НПО “Промприбор” (г. Калуга), ЗАО “Флоукор” (Москва), планируется начать производство вихревых расходомеров на ЗАО “Взлет” (С.-Петербург).

4.2.4 Ультразвуковой метод измерения расхода

Для выполнения измерений расхода на трубопроводах большого диаметра, по-видимому, наиболее перспективными являются ультразвуковые расходомеры. На многих источниках тепловой энергии расходомеры данного типа постепенно вытесняют традиционные расходомеры переменного перепада давления.

Ультразвуковые расходомеры достаточно широко применяются и в теплосчетчиках, устанавливаемых у потребителей тепловой энергии (на трубопроводах небольшого диаметра).

Существует ряд разновидностей ультразвукового метода измерения расхода: времяимпульсный, доплеровский, корреляционный. Во всех случаях контролируемый поток пронизывается ультразвуком, а его скорость определяется по времени, за которое ультразвук проходит путь от излучателя до приемника, так как скорость распространения звуковой волны в движущейся среде равна геометрической сумме скорости звука в неподвижной среде и скорости среды (рис. 4.4).



Приемники-излучатели ультразвуковых колебаний

Рис. 4.4. Схема ультразвукового преобразователя.

Особенности метода измерения:

- не содержит элементов конструкций в потоке;
- обеспечивает измерение в широком диапазоне (до 1:50) измерения скорости потока;
- критичен к образованию слоев накипи на внутренней поверхности трубы;
- требует протяженных прямолинейных участков трубопровода (10Dy и более до прибора и 5Dy после).

Ультразвуковые датчики расхода обладают следующими преимуществами: не создают гидравлического сопротивления потоку среды, обеспечивают сравнительно широкий динамический диапазон и высокую линейность измерений, имеют высокую точность и надежность, могут поверяться беспроточными (имитационными) методами без демонтажа с трубопровода.

Для ультразвуковых расходомеров характерны требуемые длинные прямые участки, необходимость выполнения высокоточных линейных измерений при монтаже, чувствительность к “завоздушиванию” среды, чувствительность к состоянию внутренней поверхности трубопровода (если применяются накладные датчики расхода).

Появление многолучевых ультразвуковых расходомеров позволило сократить длины прямых участков в несколько раз, применение измерительных участков, изготовленных в заводских условиях, исключает необходимость выполнения высокоточных линейных измерений непосредственно на трубопроводе, возможность выбора между врезными и

накладными датчиками позволяет учесть состояние внутренней поверхности трубопровода.

В настоящее время наиболее крупным отечественным производителем ультразвуковых расходомеров является ЗАО “Взлет” (С.-Петербург). Большое распространение получили ультразвуковые расходомеры производства АО “Центрприбор” (Москва), “Альбатрос Инжиниринг РУС” (Москва), НПП “Сигнур” (Москва) и другие.

Можно выделить следующие основные методы ультразвуковых измерений: временной метод; корреляционный метод; частотный, фазовый и доплеровский методы.

Временной метод измерения основан на излучении в акустический канал расходомера, расположенный под углом к вектору скорости потока жидкости, ультразвуковых сигналов по направлению потока и против него. Измеренная разность времен прохождения сигналов определяется скоростью потока жидкости. Данный метод измерения получил наибольшее распространение.

Частотный метод заключается в измерении разности частот повторения коротких ультразвуковых импульсов или “пакетов” ультразвуковых колебаний, направляемых одновременно по потоку и против него. Измеренная разностная частота пропорциональна скорости потока.

Доплеровский метод измерений основан на эффекте Доплера и является разновидностью частотного метода.

Преимуществами рассмотренных ультразвуковых методов измерений являются: возможность обеспечения высокого быстродействия расходомеров, позволяющего измерять с высокой точностью пульсирующие расходы с частотой пульсаций до 10^4 Гц.

Недостатки - высокая зависимость качества измерений от физико-химических свойств жидкости (ее температуры, давления, концентрации и т.п.), от профиля распределения скоростей потока жидкости и от точности монтажа первичных преобразователей.

Корреляционный метод измерения основан на измерении времени перемещения неоднородностей потока между двумя заданными сечениями трубопровода. Неоднородности потока модулируют ультразвуковые сигналы, распространяющиеся в плоскости упомянутых сечений. Ввиду малости расстояния, которое проходит поток жидкости между этими сечениями, сигналы в них модулируются приблизительно одинаково одними и теми же неоднородностями. Для определения скорости потока измеряется время между появлением сигналов с максимальным коэффициентом корреляции в заданных сечениях трубопровода.

Для корреляционного метода измерения характерны большой динамический диапазон, слабая зависимость точности измерений от

физико-химических свойств жидкости, качества трубопровода и от точности монтажа первичных преобразователей. Недостаток метода - большое время реакции прибора на изменение расхода.

Частота ультразвуковых колебаний обычно выбирается близкой к 1 МГц.

Ультразвуковые расходомеры для трубопроводов небольших диаметров, как правило, изготавливаются с измерительными участками, на которых установлены врезные ППР.

Проверка ультразвуковых расходомеров может выполняться имитационным или проливным методами.

Для измерения расхода в трубопроводах большого диаметра (обычных для источников тепловой энергии) следует отдавать предпочтение многолучевым и многоканальным расходомерам, в которых предусмотрена компенсация температурного влияния на скорость ультразвука, возможность применения как накладных, так и врезных датчиков; которые укомплектованы готовыми измерительными участками, имеют максимальное допустимое расстояние между ППР и вычислительным блоком расходомера, работоспособны при температуре теплоносителя до 180°C; ППР хорошо защищены от действия окружающей среды.

На источниках тепловой энергии распространена ситуация, когда имеется большое число точек измерения расхода (подающие, обратные магистрали, подпиточные трубопроводы, технологические трубопроводы и т.д.). Поэтому совершенно необходимо, чтобы расходомеры имели аппаратные и программные средства организации информационной сети. Очевидно, что объединение расходомеров в сеть и их интеграция в существующую автоматизированную систему управления существенно упрощаются, если применяются приборы одного производителя.

4.2.5 Электромагнитный метод измерения расхода

Принцип действия электромагнитных расходомеров основан на измерении ЭДС, индуцированной в электропроводной жидкости, которая движется, пересекая силовые линии постоянного или переменного магнитного поля (эффект Фарадея).

При протекании воды в магнитном поле возникает электрическое поле, потенциал которого пропорционален скорости потока (рис. 4.5). Преимущество электромагнитных расходомеров состоит в том, что они не создают дополнительного гидравлического сопротивления в сети. Недостатками электромагнитных расходомеров являются: снижение точности измерения при налипании осадков на рабочие поверхности; дестабилизация показаний счетчика (смещение нуля, появление систематических погрешностей и др.) из-за блуждающих токов на

трубопроводах (требуется надежное заземление прибора); невозможность работы от автономного источника питания.

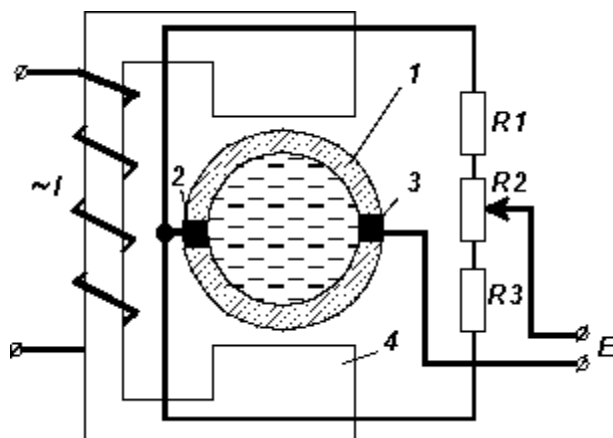


Рис. 4.5. Электромагнитный расходомер [16]

1 – трубопровод, 2, 3 – электроды, 4 – электромагнит переменного тока, R1-R3 - низкоомный делитель напряжения, для компенсации э.д.с. трансформаторной помехи. Для снижения емкостных помех цепи электродов (сигнал о величине расхода E) экранируются.

Особенности метода измерения:

- не содержит элементов конструкции в потоке, не искажает профиля потока, не создает застойных зон и местных сопротивлений;
- обеспечивает измерение в широком диапазоне (до 1:100) измерения скорости потока;
- критичен к "замазыванию" внутренней поверхности трубы.

Электромагнитные расходомеры обеспечивают высокую точность измерений (часто применяются в качестве образцовых приборов), практически нечувствительны к загрязнению и физико-химическим свойствам жидкости (единственное ограничение для современных приборов – жидкость должна быть электропроводной с удельной проводимостью не менее 10^{-5} См/м), имеют широкий динамический диапазон (до 200) и способны измерять очень малые расходы, создают минимальное гидравлическое сопротивление потоку, нечувствительны к осесимметричным изменениям профиля распределения скоростей потока, имеют высокое быстродействие, не требуют длинных прямых участков до и после места установки прибора: $(4...8)D_u$.

Электромагнитные расходомеры, в основном, применяются на трубопроводах небольшого диаметра (до D_u300).

Основные российские производители электромагнитных расходомеров: ЗАО "Взлет" (С.-Петербург), ПО "Машзавод "Молния" (Москва), ООО "ТБН энергосервис" (Москва), НПФ "ТЭМ-сервис" (Москва), ЗАО "АСВЕГА-М" (Москва), ЗАО "Теплоком" (С.-Петербург),

ЗАО “Промсервис” (г. Димитровград Ульяновской обл.), ЗАО “ВТК Энерго” (г. Киров), ГУП РФ Владимирский завод “Эталон” Госстандарта России (г. Владимир), ОАО “Арзамасский приборостроительный завод” (г. Арзамас Нижегородской обл.) и др.

Электромагнитные расходомеры для трубопроводов большого диаметра в России выпускаются ПО “Машзавод “Молния” (Москва), “ТБН-энергосервис” (Москва). Они существенно отличаются от электромагнитных расходомеров для трубопроводов небольшого диаметра. До настоящего времени данные приборы не получили широкого распространения. По-видимому, это объясняется сложностью их монтажа, недостаточной стабильностью характеристик, необходимостью поверки проливным методом (поверочные проливные стенды для труб большого диаметра уникальны и имеются только в Казани, Москве, С.-Петербурге).

4.2.6 Датчики температуры

В качестве датчиков температуры, входящих в комплект теплосчетчика, применяются термопреобразователи сопротивления с платиновым чувствительным элементом. Действие термометров сопротивления основано на использовании зависимости электрического сопротивления вещества от температуры. В основном, используются три модификации, которые отличает друг от друга номинальное значение сопротивления чувствительного элемента: Pt 100, Pt 500, Pt 1000 (100, 500 и 1000 Ом при 0 °С соответственно). Чем больше сопротивление, тем ниже ток питания датчика.

Датчики устанавливаются способом прямого погружения или в защитных гильзах. В комплект аксессуаров для монтажа теплосчетчиков входят втулки и прокладки (с помощью которых датчик может быть вмонтирован в отвод тройника), штуцер на трубопроводе, грязевик, кран-фильтр и т.д. Предлагается также специальная арматура (например, шаровые краны) со штатным местом для установки термодатчика. В некоторых моделях теплосчетчиков один из термопреобразователей – встроенный, что упрощает монтаж комплекта.

Выбор схемы подключения преобразователей температуры (по 2-х, 3-х или 4-х проводной линии связи) с тепловычислителем должен выполняться согласно их документации. При 2-х и 3-х проводной линии будет существенная дополнительная погрешность измерений от длины линии и температуры окружающей ее среды.

4.2.7 Преобразователи давления

Преобразователи давления (датчики давления) предназначены для непрерывного преобразования значения измеряемого параметра давления абсолютного, избыточного, разрежения, давления-разрежения,

гидростатического и разности давлений среды в унифицированный токовый выходной сигнал.

Преобразователи разности давлений могут использоваться для преобразования значений уровня жидкости, расхода жидкости или газов, а преобразователи гидростатического давления – для преобразования уровня жидкости в унифицированный токовый выходной сигнал.

Принцип действия преобразователей основан на воздействии измеряемого давления (разности давления) на мембраны измерительного блока, либо на мембрану тензопреобразователя, что вызывает деформацию упругого чувствительного элемента и изменение сопротивления тензорезисторов тензопреобразователя. Это изменение преобразуется в электрический сигнал, который передается от тензопреобразователя из измерительного блока в электронный блок, и далее в виде стандартного токового унифицированного сигнала.

4.2.8 Требования предъявляемые к теплосчетчикам

Основными требованиями, предъявляемыми к теплосчетчикам, являются [4-7]:

- теплосчетчики должны иметь сертификат Госстандарта РФ об утверждении типа средства измерения, быть зарегистрированы в Государственном реестре средств измерений и иметь заключение Главгосэнергонадзора;

- теплосчетчики должны обеспечивать измерение тепловой энергии с относительной погрешностью не более 5% при разности температур в подающем и обратном трубопроводах от 10 до 20⁰С, и не более 4% при разности температур более 20⁰С;

- приборы, измеряющие массу (объем) теплоносителя (в составе теплосчетчика), должны иметь относительную погрешность не более 2% в диапазоне расхода воды от 4 до 100%;

- измерение температуры теплоносителя должно выполняться с абсолютной погрешностью $\Delta t \leq \pm (0,6+0,004t)$, где t – температура теплоносителя;

- приборы, регистрирующие давление теплоносителя, должны обеспечивать его измерение с относительной погрешностью не более 2%.

Под системностью будем понимать возможность при помощи одного типа приборов обеспечить учет как на источниках тепла, так и у потребителей и возможность интеграции в автоматизированные системы сбора, накопления, обработки и отображения информации, а также управления потреблением тепла.

Учет тепловой энергии у потребителей и на источниках тепла, организованный с использованием приборов одного типа позволит уменьшить или исключить методические погрешности метода измерения и аппаратные погрешности используемых приборов.

Источники тепла подают в тепловые сети теплоноситель по трубопроводам, как правило, диаметром 400-1200 мм. Потребители получают теплоноситель, как правило, по трубопроводам диаметром от 50 до 400 мм.

В таком диапазоне значений диаметров трубопроводов могут быть использованы теплосчетчики производства фирм ЗАО “Взлет” (С.-Петербург), ООО “ТБН энергосервис” (Москва), ПО “Машзавод “Молния” (Москва), ЗАО “Центрприбор” (Москва), “Альбатрос Инжиниринг РУС” (Москва).

Возможность интеграции теплосчетчика в автоматизированные системы определяется, с одной стороны, технической возможностью считывания информации из оперативно-запоминающего устройства (ОЗУ) теплосчетчика в ЭВМ и, с другой стороны, наличием специального сертифицированного программного обеспечения, позволяющего реализовать подобный обмен информацией. Часто очень полезным может оказаться наличие у теплосчетчика дополнительных унифицированных выходов, дублирующих, например, каналы измерения расходов. В этом случае оказывается возможной простая интеграция теплосчетчика в существующую автоматизированную систему, построенную на базе какого-либо контроллера.

Надежность, как свойство теплосчетчика, проявляется в процессе его эксплуатации и определяется надежностью входящих в его состав элементов. Основным элементом, надежность которого фактически определяет надежность теплосчетчика в целом, является расходомер. Свойства расходомеров, используемых для измерения расхода теплоносителя, подробно проанализированы выше. Отметим только, что надежность работы теплосчетчика во многом зависит от качества монтажа и соблюдения правил эксплуатации теплосчетчика.

Технологичность монтажа теплосчетчика определяется свободой выбора метода и конкретного места его монтажа, а также затратами на монтаж.

Свобода выбора места монтажа теплосчетчика определяется ограничениями, накладываемыми на длину “прямых” участков трубопровода до первичных преобразователей и после них, а также допускаемыми длинами линий связи между датчиками и ТВ.

Затраты на эксплуатацию теплосчетчиков определяются периодичностью и содержанием работ по их обслуживанию и периодической проверке. Наибольшая продолжительность межповерочного периода для современных теплосчетчиков составляет 3-5 лет.

По содержанию периодической проверки преимущество имеют теплосчетчики, для которых существует утвержденная методика проверки имитационным методом.

На источниках тепловой энергии выбор теплосчетчика осуществляет теплоснабжающая организация по согласованию с Госэнергонадзором. Потребитель вправе выбрать теплосчетчик самостоятельно по согласованию с теплоснабжающей организацией (при возникновении разногласий арбитром выступает Госэнергонадзор).

В первую очередь проверяется “легитимность” прибора.

Если прибор удовлетворяет формальным требованиям, следует перейти к творческой стадии выбора.

При выборе теплосчетчиков для узлов учета на источниках тепловой энергии можно рекомендовать следующую последовательность действий:

1. Выбрать производителя теплосчетчика.

– производитель должен иметь хорошую репутацию, достаточно продолжительное время работать на рынке теплосчетчиков, иметь хорошо оснащенное современное серийное производство (сертифицированное на соответствие требованиям ГОСТ Р ИСО 9002-96), желательно чтобы он самостоятельно производил и тепловычислители и расходомеры; следует избегать производителей, имеющих “производство на коленке”; косвенным внешним признаком уровня производства могут быть эргономические и эстетические свойства выпускаемых приборов (применение уникальных корпусов, окраски, качество обработки материалов и проч.);

– производитель должен иметь не сильно удаленные от места установки приборов дилерские и сервисные центры, выполняющие не только ремонт приборов, но и организующие их поверку (не обязательно на собственных установках) и обучение обслуживающего персонала;

– иногда потребности приборного учета могут быть удовлетворены приборами, основанными на различных методах измерения (например, ультразвуковые или вихревые теплосчетчики – для трубопроводов большого диаметра, электромагнитные расходомеры – для технологического учета на трубопроводах малого диаметра). В этом случае удобно (но необязательно), чтобы один производитель самостоятельно выпускал всю требуемую номенклатуру приборов;

– целесообразно работать с производителем, готовым предоставить всю техническую информацию о приборе, которая может понадобиться при установке и эксплуатации прибора. Например, при интеграции теплосчетчика в АСУ и диспетчеризации.

2. Оценить потребительские качества приборов (сложность монтажа, надежность, удобство эксплуатации) на основе анализа технической документации, отзывов организаций, где эти приборы установлены, в результате пробных испытаний, выполненных самостоятельно. Обратить особое внимание на периодичность поверки и метода ее проведения

(имитационный или проливной). Порядок проведения поверки регламентируется утвержденной Госстандартом методикой поверки.

3. Оценить технические характеристики теплосчетчиков.

– метрологические характеристики, динамический диапазон. Следует иметь в виду, что интерес представляет динамический диапазон прибора, в котором обеспечивается выполнение требований к метрологическим характеристикам теплосчетчика как коммерческого прибора;

– требования к длинам прямых участков;

– предельные значения параметров теплоносителя, при которых теплосчетчик нормально функционирует;

– стойкость элементов теплосчетчика (датчиков, тепловычислителя) к – действию окружающей среды;

– ограничения на длины линий связи;

– реализуемые алгоритмы вычисления тепловой энергии, напрямую связанные с числом каналов измерения параметров теплоносителя;

– наличие интерфейсов, унифицированных выходов, позволяющих интегрировать прибор в существующую АСУ;

– наличие специального сертифицированного программного обеспечения, позволяющего решить последнюю задачу.

4. Выполнить оценку экономических затрат на приобретение и установку прибора.

4.3 Погрешности определения тепловой энергии.

Аттестация и поверка приборов учета

В настоящее время в области учета количества теплоты и массы теплоносителя возникает множество проблем, основные из которых можно классифицировать следующим образом [14]:

- нормирование тепло- и водосчетчиков по расходу, массе (объему) теплоносителя;
- нормирование теплосчетчиков по количеству теплоты;
- сертификация теплосчетчиков;
- защита приборов учета от несанкционированного вмешательства.
- Рассмотрим каждую из этих проблем.
- Нормирование тепло- и водосчетчиков
- по расходу, массе (объему)
- теплоносителя

В соответствии с Правилами учета тепловой энергии и теплоносителя [1] водосчетчики должны обеспечивать измерение массы (объема) теплоносителя с относительной погрешностью не более 2% в диапазоне расхода воды от 4 до 100%.

Сразу возникает вопрос: «Каким образом нормируются водосчетчики в диапазоне расходов от 0 до 4%?» Отметим, что этот вопрос актуален

только для водосчетчиков, установленных в системе ГВС, в которой расход может изменяться от 0 до максимального значения. В бюллетене Госэнергонадзора «Теплоснабжение» № 4 (11) от 1998 г. на этот вопрос был дан следующий ответ: «Правила не регламентируют условий эксплуатации приборов учета, измеряющих массу теплоносителя. К числу таких условий относится и диапазон измерения расхода теплоносителя. Согласно п. 5.2.1 «Правил» эти условия определяются договором на отпуск и потребление тепловой энергии. В частности, применительно к водосчетчикам диапазон измерения расхода теплоносителя, определенный Договором, должен полностью размещаться в пределах диапазона расхода воды, в котором используемый прибор обеспечивает измерение массы теплоносителя с относительной погрешностью не более 2%».

Если на практике эти вопросы действительно регламентируются Договором между потребителем и энергоснабжающей организацией, то вопрос вроде бы снят с повестки дня. Однако автор не встречал на практике таких договоров. Договор на отпуск тепловой энергии и теплоносителя составляется на основе проектных нагрузок, в которых, как правило, указывается максимальное значение расхода G_{max} .

Как правило, энергоснабжающая организация в одностороннем порядке устанавливает отсечку в размере 2% от G_{max} , мотивируя это тем, что вне этого диапазона погрешность водосчетчика не нормируется.

На практике для тахометрических водосчетчиков относительная погрешность измерения объема нормируется как 2% в диапазоне от максимального до переходного, который, как правило, равен 4% от G_{max} и как 5% в диапазоне от переходного до максимального, т.е. в диапазоне менее 4% от G_{max} . Поэтому возникает вопрос: «Можно ли использовать тахометрические расходомеры (водосчетчики) в диапазоне измерения расхода менее 4% от G_{max} ?»

Ответ на этот вопрос дан в бюллетене Госэнергонадзора «Теплоснабжение» № 1 (20) от 2001 г., а именно: «Требования к точности измерений количества теплоносителей за пределами указанных диапазонов устанавливаются на уровне, определенном технической документацией применяемого прибора и подтвержденном Госстандартом России».

Таким образом, из ответа следует, что если в технической документации на водосчетчик и к указано, что в диапазоне от предела чувствительности (нуля) до G_{min} относительная погрешность измерения расхода не должна превышать 5 или 10% и это же прописано в методике поверки, согласованной с Госстандартом, то в этом случае водосчетчик нормируется в диапазоне не от 4 до 100%, а от физического нуля (предел чувствительности) до 100%. Что не противоречит Правилам [1], т.к. это официальный ответ Госэнергонадзора в ответ на п. 5.2 Правил!

Отметим, что в 2006 г. был принят ГОСТ Р ЕН 1434-1-2006 «Теплосчетчики» [2]. В данном документе нормируемая максимально допустимая погрешность датчика расхода установлена в зависимости от класса.

При этом только датчики расхода класса 1 соответствуют Правилам учета и то только в определенном диапазоне G_{max}/G , в частности при $G_{max}/G < 100$. Датчики расхода класса 2 и 3 ни при каких значениях расхода не соответствуют Правилам. Возникает вопрос о правомерности использования данного ГОСТа при коммерческих расчетах за потребленное количество теплоносителя.

Отметим, что большинство использующихся сегодня датчиков расхода нормированы в пределах от G_{min} до G_{max} , хотя в пределах от 0 до G_{min} они тоже что-то измеряют только с ненормированным значением погрешности. Возникает вопрос: «Следует ли нормировать водосчетчик в диапазоне от 0 (предел чувствительности) и производить в этом диапазоне измерения или при $G < G_{min}$ считать, что $G = G_{min}$?»

В [2] указано: «Если истинное значение расхода меньше допустимого, установленного изготовителем (это вовсе не означает, что $G_{доп} = G_{min}$), то регистрация показаний теплосчетчика не допускается». При этом отмечено, что значения расхода через «номинально закрытый вентиль» не следует регистрировать, т.е. очевидно, надо «установить» физический ноль.

4.3.1 Нормирование теплосчетчиков по количеству теплоты

Данный вопрос более сложный, чем нормирование по расходу, т.к. существует мнение, что теплосчетчики по количеству теплоты вообще не следует нормировать, речь идет о комбинированных теплосчетчиках, состоящих из составных частей, каждая из которых является средством измерения (СИ) со своими метрологическими характеристиками. Логика в данном случае следующая: комбинированные теплосчетчики подлежат поэлементной поверке. В этом случае определяется погрешность каждой составной части теплосчетчика, для которой нормирована погрешность измерения. В этом случае считается, что теплосчетчик в целом можно не поверять и поэтому его можно не нормировать по теплоте. Хотя, нужно отметить, что в [3] указано: «Погрешность теплосчетчика можно оценить, если каждая из составных частей теплосчетчика имеет нормированные характеристики».

Возникает вопрос: «Нужно ли оценивать погрешность теплосчетчика по вычислению количества теплоты и затем сравнивать ее с нормированной величиной или не нужно?»

Отметим, что в Правилах п. 5.2.2 четко указано, что теплосчетчики следует нормировать по количеству теплоты, а именно: «Теплосчетчики

должны обеспечивать измерение тепловой энергии с относительной погрешностью не более:

- 5% при разности температур в подающем и обратном трубопроводах от 10 до 20 °С;
- 4% при разности температур более 20 °С».

Таблица 4.1. Значения пределов допускаемой относительной основной погрешности

| $\Delta t, ^\circ\text{C}$ | $\delta Q, \%$ | | |
|----------------------------|---------------------|---------|---------|
| | Класс теплосчетчика | | |
| | 2 | 4 | 5 |
| $\Delta t < 10$ | ± 4 | ± 6 | ± 8 |
| $10 \leq \Delta t \leq 20$ | ± 3 | ± 5 | ± 7 |
| $\Delta t > 20$ | ± 2 | ± 4 | ± 5 |

В [4] предлагается нормировать теплосчетчики в зависимости от класса. Многие разработчики теплосчетчиков ссылаются при нормировании своей продукции на [6]. Справедливости ради надо отметить, что данный документ в настоящее время отменен и заменен на документ [3], в котором данные по нормируемым значениям количества теплоты отсутствуют.

В [2] в части нормирования по количеству теплоты сказано: «Погрешность комбинированных теплосчетчиков не должна превышать арифметической суммы максимально допустимых погрешностей его составных частей».

Отметим, что речь ведется только об одноканальных теплосчетчиках, т.е. теплосчетчиках, состоящих из одного преобразователя расхода, двух преобразователей температуры и одного вычислителя количества теплоты. Правила [1] рассчитаны на применение в системах теплоснабжения теплосчетчиков, измеряющих количество теплоты в закрытых системах и применительно к ним установлены нормы точности измерения количества теплоты. Заметим, что и в [2], и в [4] также нормируются только одноканальные теплосчетчики, предназначенные для закрытых систем теплоснабжения. Но, как видно из вышеизложенного, даже для таких простейших одноканальных измерительных систем нет единого мнения о нормировании погрешности вычисления количества теплоты. Если строго руководствоваться Правилами [1], то большинство теплосчетчиков как единых, так и комбинированных, не укладываются в норму 4% по вычислению количества теплоты, которая приведена в [1], хотя при этом они укладываются в нормы точности вычислений, приведенные в [2, 4, 6].

Проблемы нормирования теплосчетчиков по количеству теплоты тесно связаны с проблемами их поверки. Так в [3] указано, что теплосчетчики подлежат комплектной или поэлементной поверке.

Комплектная поверка - это метод непосредственного сличения поверяемого теплосчетчика с рабочим эталоном (эталонная установка или эталонный теплосчетчик). Однако в России, как известно, эталонные теплосчетчики отсутствуют, и поэтому нельзя говорить о комплектной поверке теплосчетчиков. Однако в соответствии с методикой поверки на некоторые выпускаемые в РФ теплосчетчики они поверяются комплектно, при этом искусственно применяются «эталон» в виде программных продуктов. Однако при этом возникает вопрос насколько это корректно.

Поэлементная поверка - это поверка, при которой определяют погрешность каждой из составных частей, если для них нормированы метрологические характеристики, и каждого измерительного канала. При этом в соответствии с [3] поверяются отдельно: преобразователи расхода; преобразователи температуры; тепловычислитель; измерительные каналы - преобразователи расхода - тепловычислитель; измерительные каналы - преобразователи температуры - тепловычислитель; измерительные каналы тепловычислителя по преобразованию и вычислению количества теплоты.

Далее в [3] указано, что погрешность теплосчетчика по вычислению количества теплоты можно оценить по погрешностям составных частей или измерительных каналов. В [2] предлагается алгебраическое сложение максимально допустимых погрешностей измерительных каналов теплосчетчика, в [5] - геометрическое сложение.

На практике нередко приходится сталкиваться со следующими фактами.

1. В паспорте на теплосчетчик стоит клеймо госповерителя о том, что он поверен. При этом теплосчетчик скомплектован из составных частей, на каждую из которых имеется свое свидетельство о поверке. В состав теплосчетчика входят комплект преобразователей температуры класса В, а в руководстве по эксплуатации указано, что должны использоваться преобразователи температуры класса А. На этом основании энергоснабжающая организация отказалась принимать узел учета с данным теплосчетчиком, мотивируя это тем, что метрологические характеристики его составных частей не соответствуют нормам точности, указанным в нормативно-технической документации (НТД) на данный теплосчетчик. Хотя при этом заметим, что теплосчетчик поверен как целое и поверены его составные части.

2. В паспорте на теплосчетчик стоит клеймо госповерителя о приемке и при этом в паспорте не проставлены ни тип, ни заводской номер преобразователей расхода и температуры, стоит только заводской номер тепловычислителя. Покупателю данного теплосчетчика предлагается

укомплектовать его самостоятельно на месте эксплуатации поверенными преобразователями расхода и температуры и затем вписать их тип и заводские номера в паспорт теплосчетчика. При этом, естественно, ни о каком нормировании по количеству теплоты речи не идет.

Как было отмечено выше, речь шла о закрытых системах теплоснабжения с одноканальными теплосчетчиками. Вопрос о нормировании многоканальных теплосчетчиков ни в одном из нормативных документов [1-3] не рассматривается.

Однако существует документ [7], а именно: ГОСТ Р 8.591-2002 «Теплосчетчики двухканальные для водяных систем теплоснабжения», в котором рассматриваются вопросы нормирования двухканальных теплосчетчиков, используемых в открытых системах теплоснабжения. В данном документе предлагается нормировать пределы допустимой относительной погрешности двухканальных теплосчетчиков по нормированным метрологическим характеристикам СИ, входящих в состав теплосчетчиков и с учетом предельных режимов работы данного теплосчетчика в условиях его эксплуатации. Под предельным режимом работы двухканального теплосчетчика подразумевают соблюдение следующих параметров:

- максимально возможное значение отношения масс теплоносителя, проходящего по обратному и подающему трубопроводу $f_{\max}=(M_2/M_1)_{\max}$; для теплосчетчиков, предназначенных для работы без ограничений разбора теплоносителя ($O^{\wedge}f^{\wedge}i$) принимают значение $f_{\max}=1$; если в технических документах на теплосчетчик указано значение $f_{\max}<1$, то нормирование осуществляют для указанного в технических документах значения f_{\max} , например, $f_{\max}=0,7$ (автор не встречал ни одного теплосчетчика, для которого в его НТД было бы указано значение f_{\max});
- минимально возможное значение температуры воды в подающем трубопроводе - $t_{1\min}$;
- минимально возможное значение температуры холодной воды;
- минимально возможное значение коэффициента $k=(t_1-t_2)/t_2$.

В зависимости от этих величин в [7] рассматриваются пределы допустимой относительной погрешности измерения 5ОДОП. Причем в [7] приведены два численных примера, для которых нормируемое значение погрешности 5ОДОП в обоих случаях получилось одинаковое и равное 4%. Это вызывает большое сомнение, т.к. в одном примере $k_{\min}=0,33$, что соответствует значению $t_2=0,67t_1$ (т.е. при $t_1=100$ ОС получаем $t_2=67$ ОС), а в другом $k_{\min}=0,05$, что соответствует значению $t_2=0,95t_1$ (т.е. при $t_1=100$ ОС получаем $t_2=95$ ОС). Так как в обоих случаях система теплоснабжения открытая с водоразбором, то в обоих случаях мы имеем перегрев «обратки», т.е. оба случая не соответствуют условиям

эксплуатации действующих систем теплоснабжения.

Отметим также, что в НТД ни на один теплосчетчик эти предельные режимы эксплуатации не указываются. Очевидно их можно, как это и предполагают Правила, взять из Договора на отпуск тепла, что также сомнительно, и на основании этих данных рассчитать 5ОДОП. Возникает вопрос: «Что делать, если, допустим, получим 5Одоп=10%?» А это вполне допустимый вариант!

4.3.2 Сертификация теплосчетчиков

Процедура сертификации теплосчетчиков проводится в соответствии с Правилами по метрологии ПР.50.2.009-94 [8]. Сертификат об утверждении средств измерений выдается Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии на основании положительных результатов испытаний СИ для целей утверждения их типа, которые производятся государственными научными и метрологическими центрами, аккредитованными в качестве ГЦИ СИ.

Испытания средств измерений для целей утверждения их типа проводят по программе, представляемой разработчиком СИ и утверждаемой руководителем СИ.

Программа испытаний может предусматривать определение метрологических характеристик конкретных образцов СИ и экспериментальную апробацию методики поверки (а может и не предусматривать - это как пожелает Заявитель). При этом в программу испытаний не включаются испытания на возможность несанкционированного вмешательства в программное обеспечение указанных СИ, поскольку разработчики не нормируют эти характеристики и не предусматривают такие испытания в представляемых проектах программ - ответ ГЦИ СИ ФГУ «Ростест-Москва» № 442/013-8 от 28.02.06 г. на запрос Хабаровского центра энергоресурсосбережения № 23/06 от 07.02.06 г.

На испытания СИ для целей утверждения их типа заявитель представляет:

- образец (образцы средств измерений); отметим, что испытания проходят конкретные тщательно подготовленные экземпляры СИ, однако при серийном производстве часть комплектующих может быть заменена на более дешевые, технология производства упрощена и т.д.; поэтому не факт, что серийный прибор имеет те же характеристики, что и проходивший испытания: получается, что производитель может продавать под этим «сертификатом» совсем другое СИ и уличить его будет невозможно [9];

- программу испытаний типа, утвержденную ГЦИ СИ;
- технические условия (если предусмотрена их разработка), подписанные руководителем организации разработчика; большинство

теплосчетчиков, с которыми сталкивался в своей практической деятельности автор, изготовлены на основании технических условий, но получить эти ТУ от разработчика практически невозможно; разработчики при этом ссылаются на коммерческую тайну;

- эксплуатационные документы (руководство по эксплуатации, руководство по монтажу и т.д.);

- нормативный документ по поверке при отсутствии раздела «Методика поверки» в эксплуатационной документации; при этом методику поверки разрабатывает сам разработчик и, следовательно, он определяет количество и положение точек, в которых следует выполнять поверку - у каждого разработчика свои точки поверки, автор даже знает теплосчетчики, в методике поверки которых написано: «Если расходомер не укладывается в нормативные пределы погрешности в данных точках, то можно выбрать любые другие точки в диапазоне от G_{min} до G_{max} и повторить поверку»; другими словами, внутри заявленного диапазона измерений есть поддиапазоны, в которых погрешность измерений не соответствует заявленной, но ни при сертификации и ни при поверке это невозможно установить и сертифицирующий, и поверяющий органы ни при чем - все делается по правилам; однако в какой части диапазона будет работать теплосчетчик на реальном объекте - это неизвестно и поэтому на объекте прибор может «врать», а при поверке показывать нормальный результат [9];

- документ организации-разработчика о допустимости опубликования описания типа в открытой печати - это вообще непонятно, т.е. разработчик вправе не разрешать публикацию описания типа, т.е. оно может являться «тайной за семью печатями», но в сертификате указано, что описание типа СИ приведено в приложении к настоящему сертификату, который публикуется в открытой печати.

Далее в [8] указано, что количество представляемых образцов СИ и экземпляров документов на испытания, а также необходимость представления дополнительных документов определяется программой испытания.

Итак, из вышеизложенного ясно, что при данном положении дел говорить о «единстве измерения» бессмысленно - каждый разработчик играет по своим, удобным ему правилам. Не секрет, что российские теплосчетчики, в отличие от импортных, реализуют многочисленные алгоритмы вычислений количества теплоты в открытых системах теплоснабжения и алгоритмы работы теплосчетчиков при нештатных ситуациях. Но самое неприятное заключается в том, что все функции теплосчетчика реализуются программно, а совершенствовать программное обеспечение (ПО) - это характерная черта российских производителей [9].

На практике происходит следующее [10]:

- разработчик разрабатывает теплосчетчик, подготавливает необходимый пакет документов для проведения испытаний с целью утверждения типа СИ, проводит испытания и получает необходимый сертификат;

- такой сертификат, точнее описание типа к нему, не содержит сведений о представленной на испытаниях версии ПО, т.е. после проведения испытаний для утверждения типа с какой-то конкретной версией ПО, новых версий может быть великое множество;

- при отсутствии утвержденного листинга первоначальной версии ПО идентифицировать и подтвердить ее сохранение при проведении очередной поверки практически невозможно;

- в эксплуатационной документации, чаще всего это Руководство по эксплуатации, как правило, указывается, например: аппаратная версия выше 1.0 и программная версия выше 1.0, т.е. версия может быть любой, при этом в паспорте на прибор конкретная версия, как правило, не указывается, и идентифицировать ее можно только на табло тепловычислителя;

- тем временем, разработчик продолжает разрабатывать и внедрять все новые и новые версии ПО и эксплуатационной документации и «обкатывать» за счет потребителей, на основании того, что он получил индульгенцию в виде сертификата об утверждении типа СИ на все мыслимые и немыслимые версии ПО и версии эксплуатационной документации.

Отметим также, что очень часто Методика поверки является частью Руководства по эксплуатации и изменяя этот документ без согласования с органом, выдавшим ему сертификат, разработчик может вносить изменения и в этот раздел и поэтому любая новая версия теплосчетчика, естественно, пройдет поверку. При этом новое ПО может «зашиваться» не только в новые приборы при их выпуске, но обновляться уже у старых, находящихся в эксплуатации приборов, например, привезенных в ремонт и для поверки. Автор сталкивался с приборами, которые не проходили периодическую поверку, но после их «прошивки» они успешно ее прошли.

Иными словами, если теплосчетчик прошел сертификацию с определенной версией ПО, а в процессе эксплуатации его ПО изменяется (при этом нет гарантии, что метрологические характеристики СИ не изменились) и в результате прохождения периодической поверки будет продлен его межповерочный интервал, то это будет уже совершенно другой прибор, но со старым сертификатом.

Отметим также, что при этом могут изменяться не только ПО теплосчетчика, но и его конструктивные и метрологические характеристики, а сертификат будет действовать старый.

4.3.3 Защита приборов учета от несанкционированного вмешательства в их работу

В п. 5.1.5 Правил [1] сказано: «Приборы узла учета должны быть защищены от несанкционированного вмешательства в их работу, нарушающего достоверный учет тепловой энергии, массы (объема) и регистрацию параметров теплоносителя».

В п. 5.2.3 ГОСТ Р51649-2000 [4] сказано: «Теплосчетчики должны быть снабжены защитными устройствами, предотвращающими возможность разборки, перестановки или переделки теплосчетчика без очевидного повреждения защитного устройства (пломбы); программное обеспечение теплосчетчиков должно обеспечивать защиту от несанкционированного вмешательства в условиях эксплуатации».

В п. 6.4 ГОСТ РЕН 1434-1-2006 сказано: «Теплосчетчик должен иметь защитное устройство, опломбированное таким образом, чтобы с момента опломбирования и установки, а также после установки теплосчетчика отсутствовала возможность снятия теплосчетчика или изменения его показаний без видимого повреждения счетчика или пломбы».

То есть во всех НТД на теплосчетчики и узлы учета указано, что приборы учета должны быть защищены от несанкционированного доступа.

В результате, что мы имеем на сегодняшний день. Несмотря на то, что имеется ряд действующей НТД, которые позволяют выполнять аттестацию алгоритмов и программ обработки данных при вычислении количества теплоты теплосчетчиками - измерительными системами, эта процедура не является обязательной. Так как ПО теплосчетчика применяется в области действия государственного метрологического контроля, то оно должно иметь надежную и проверяемую защиту от несанкционированного доступа с целью изменения версий ПО, алгоритмов, настроечных коэффициентов преобразователей и т.д. и контролироваться это должно со стороны надзорных органов Государственного и метрологического контроля и надзора. Такой контроль в настоящее время отсутствует. Большинство выпускаемых сегодня теплосчетчиков позволяют осуществлять несанкционированный доступ к настроечным характеристикам со стороны производителей и сервисных организаций даже после осуществления госповерки.

Большое количество теплосчетчиков не имеет сегодня никаких средств защиты от несанкционированного доступа, а если эти средства и имеются, то их легко обойти.

Заметим, что в Правилах по метрологии ПР.50.2.007-2001 [11], указано: «Места установки пломб, несущих на себе поверительные клейма, и их количество определяются в каждом конкретном случае при утверждении типа СИ». Однако подобное требование отсутствует в

правилах по проведению испытаний СИ и на сегодняшний день остается не реализованным.

В Правилах по метрологии ПР.50.2.006-2001 [13] указано: «В целях предотвращения доступа к узлам регулировки или элементам конструкции СИ, при наличии у СИ мест пломбирования, на СИ устанавливаются пломбы, несущие на себе поверительные клейма». То есть в соответствии с [13] поверитель должен запломбировать теплосчетчик таким образом, чтобы предотвратить несанкционированный доступ к узлам регулирования и настройки в местах, которые в соответствии с [11] должны быть указаны в каждом конкретном случае при утверждении типа СИ.

В соответствии с местной НТД все теплосчетчики, используемые для коммерческих расчетов, должны проходить входной контроль, после которого они пломбируются в соответствии с действующими требованиями. Каждый теплосчетчик после прохождения входного контроля пломбируется в соответствии с разработанными схемами пломбирования, которые исключают несанкционированный доступ к узлам регулирования и настройки.

На основании вышеизложенного можно заключить, что:

1. Нормативно-техническая база в области учета количества теплоты несовершенна и не отвечает реалиям сегодняшнего дня. Необходимо усовершенствовать существующую НТД и разработать новую, что предлагается в проекте Рекомендаций по метрологии «ГСИ. Энергия тепловая и масса теплоносителей в системах теплоснабжения при учетно-расчетных операциях. Методика выполнения измерений. Общие требования», разработанном ФГУП «ВНИИМС». В дополнение к данному документу хотелось бы разработать и утвердить алгоритм учета количества теплоты и массы теплоносителя при нештатных ситуациях, возникающих в процессе эксплуатации.

2. Испытания средств измерений (теплосчетчиков) для целей утверждения типа проводить по единой типовой программе испытаний, разработанной ГЦИ СИ и согласованной с ФГУП «ВНИИМС» или Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии. В этой программе, в частности, должны быть предусмотрены вопросы защиты от несанкционированного вмешательства в ПО теплосчетчиков, вопросы защиты от несанкционированного доступа к узлам регулировки и настройки, вопросы пломбирования с целью несанкционированного доступа.

3. В описании типа к сертификату должны быть указаны конкретный номер версии ПО, а также возможность ее проверки в процессе эксплуатации. Также в этом документе должны быть указаны конкретные версии эксплуатационной документации и методики поверки, например: Руководство по эксплуатации - версия 3.1 от 05.05.07 г., в которой в

разделе 10 приведена утвержденная методика поверки. Если в процессе эксплуатации произошли какие-нибудь изменения в ПО или эксплуатационной документации, то необходимо внести изменения в описание типа в листе «внесение изменений» и получить новый сертификат. Также в описании типа и эксплуатационной документации должны быть указаны конкретные места пломбирования с указанием, где устанавливается пломба госповерителя, защищающая узлы регулирования и настройки от несанкционированного доступа и где устанавливаются пломбы контролирующих органов, защищающие настроечные характеристики базы данных, не влияющие на метрологические характеристики теплосчетчика.

4.4 Учет потребления электрической энергии

Решение задачи учета электрической энергии в жилом секторе, офисных зданиях, торговых центрах, на промышленных объектах или других объектах, с большой концентрацией точек учета, всегда начинается с выбора оборудования – и прежде всего счетчика электроэнергии. Непрерывное развитие систем учета электроэнергии и информационных технологий влечет за собой повышение требований к точности, быстродействию и достоверности измеренных показателей.

Счётчик электрической энергии (электрический счётчик) — прибор для измерения расхода электроэнергии переменного или постоянного тока (обычно в кВт·ч или А·ч). Счетчики электроэнергии можно классифицировать по типу измеряемых величин, типу подключения и по типу конструкции [17].

По типу подключения все счетчики разделяют на *приборы прямого* включения в силовую цепь и *приборы трансформаторного* включения, подключаемые к силовой цепи через специальные измерительные трансформаторы.

По измеряемым величинам электросчетчики разделяют на *однофазные* (измерение переменного тока 220В, 50Гц) и *трехфазные* (380В, 50Гц). Все современные электронные трехфазные счетчики поддерживают однофазный учет. Также существуют трехфазные счетчики для измерения тока напряжением в 100В, которые применяются только с трансформаторами тока в высоковольтных (напряжением выше 660В) цепях.

По конструкции [17]: *индукционные, электронные, гибридные.*

Индукционным (электромеханическим электросчетчиком) называется электросчетчик, в котором магнитное поле неподвижных токопроводящих катушек влияет на подвижный элемент из проводящего материала. Подвижный элемент представляет собой диск, по которому

протекают токи, индуцированные магнитным полем катушек. Количество потребленной электроэнергии, в этом случае, прямо пропорционально числу оборотов диска.

Индукционные (механические) счётчики электроэнергии постоянно вытесняются с рынка электронными счетчиками из-за отдельных недостатков: отсутствие дистанционного автоматического снятия показаний, однотарифность, погрешности учёта, плохая защита от краж электроэнергии, а также низкой функциональности, неудобства в установке и эксплуатации по сравнению с современными электронными приборами. Индукционные счетчики хорошо подходят для квартир с низким энергопотреблением.

Электронным (статическим электросчетчиком) называется электросчетчик, в котором переменный ток и напряжение воздействуют на твердотельные (электронные) элементы для создания на выходе импульсов, число которых пропорционально измеряемой активной энергии. То есть измерения активной энергии такими электросчетчиками основаны на преобразовании аналоговых входных сигналов тока и напряжения в счетный импульс.

Измерительный элемент электронного электросчетчика служит для создания на выходе импульсов, число которых пропорционально измеряемой активной энергии. Счетный механизм представляет собой электромеханическое (имеет преимущество в областях с холодным климатом, при условии установки прибора на улице) или электронное устройство, содержащее как запоминающее устройство, так и дисплей. Электронные счетчики хорошо подходят для квартир с высоким энергопотреблением и для предприятий.

Основными достоинствами электронных электросчетчиков является возможность учета электроэнергии по дифференцированным тарифам (одно-, двух- и более тарифный), то есть возможность запоминать и показывать количество использованной электроэнергии в зависимости от запрограммированных периодов времени, многотарифный учет достигается за счет набора счетных механизмов, каждый из которых работает в установленные интервалы времени, соответствующие различным тарифам. Электронные электросчетчики имеют большой межповерочный период (4-16 лет).

Гибридные счётчики электроэнергии — редко используемый промежуточный вариант с цифровым интерфейсом, измерительной частью индукционного или электронного типа, механическим вычислительным устройством.

4.4.1 Устройство и принцип работы индукционного счетчика

На рис. 4.6. приведено устройство индукционного счетчика.

В зазоре между магнитопроводом 8 обмотки напряжения 7 и магнитопроводом 10 токовой обмотки 13 размещен подвижной алюминиевый диск 17, насаженный на ось 1, установленную в пружинящем подпятнике 15 и верхней опоре 5.

Через червяк 2, укрепленный на оси, и соответствующие зубчатые колеса вращения диска 17 передается к счетному механизму.

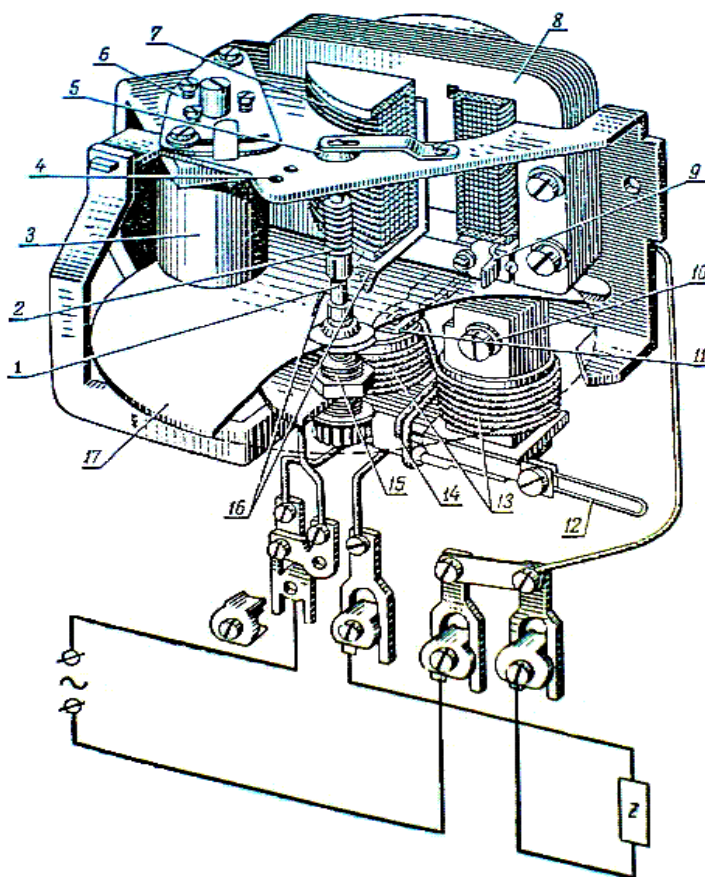


Рис. 4.6 Устройство индукционного счетчика [17]

Для прикрепления счетного механизма к счетчику имеется отверстие 4. Токовая обмотка 13, включаемая последовательно в исследуемую цепь, состоит из малого числа витков, намотанных толстым проводом (соответственно номинальному току счетчика).

Обмотка напряжения 7, включаемая в цепь параллельно, состоит из большего числа (8000 - 12000) витков, намотанных тонким проводом - диаметром 0,08 - 0,12 мм.

Когда к этой обмотке приложено переменное напряжение, а по токовой обмотке протекает ток нагрузки, в магнитопроводах 8 и 10 появляются переменные магнитные потоки, замыкающиеся через

алюминиевый диск. Переменные магнитные потоки, пронизывая диск, наводят в нем вихревые токи.

Эти токи, взаимодействуя с соответствующими потоками, образуют вращающий момент, действующий на подвижный алюминиевый диск. При помощи постоянного магнита 3, в поле которого вращается диск счетчика, создается тормозной (противодействующий) момент. Установившаяся скорость вращения диска наступает при равенстве вращающего и тормозного моментов.

Число оборотов диска за определенное время будет пропорционально израсходованной энергии или установившаяся равномерная скорость вращения диска будет пропорциональна мощности при условии, что вращающий момент, действующий на диск, пропорционален мощности цепи, в которую включен счетчик.

Трение в механизме индукционного счетчика приводит к появлению погрешностей в показаниях. Особенно велико влияние сил трения при малых (5-10% номинальной) нагрузках индукционного счетчика, когда отрицательная погрешность достигает 12 - 15%.

Для уменьшения влияния сил трения в счетчиках применяют специальные устройства, называемые компенсаторами трения. На рисунке это пластинка 11, перемещая которую, регулируют величину компенсационного момента. Величина этого момента пропорциональна напряжению. Поэтому, при повышении приложенного напряжения, компенсационный момент может оказаться больше момента трения и появляется так называемый самоход, для устранения которого предусмотрено противосамоходное устройство в виде стальных крючка и пластинки 16.

Важным параметром счетчиков электрической энергии переменного тока является также чувствительность или порог чувствительности, под которым понимают минимальную мощность, выраженную в процентах от номинальной, при которой диск счетчика начинает безостановочно вращаться.

Согласно ГОСТу, значение чувствительности для счетчиков разных классов точности должно быть не менее 0,5 - 1,5%. Порог чувствительности определяется значениями компенсационного момента и моментом торможения, создаваемым противосамоходным устройством.

4.4.2 Требования к электрическим счетчикам

1. Каждый установленный расчетный электрический счетчик должен иметь на винтах, крепящих кожух счетчика, пломбы с клеймом госповерителя, а на зажимной крышке - пломбу энергоснабжающей организации [17].

На вновь устанавливаемых трехфазных счетчиках должны быть пломбы государственной поверки с давностью не более 12 мес., а на однофазных счетчиках - с давностью не более 2 лет.

2. Расчетные электросчетчики, находящиеся в эксплуатации должны проходить государственную поверку в сроки указанные в техническом паспорте счетчика, но не реже одного раза в 16 лет.

3. Счетчики должны размещаться в легко доступных для обслуживания сухих помещениях, в достаточно свободном и не стесненном для работы месте с температурой в зимнее время не ниже 0°C.

Допускается размещение электрических счетчиков в неотапливаемых помещениях, а также в шкафах наружной установки при условии соответствующих паспортных характеристик их эксплуатации. Иначе должно быть предусмотрено стационарное их утепление на зимнее время посредством утепляющих шкафов, колпаков с подогревом воздуха внутри них электрической лампой или нагревательным элементом для обеспечения внутри колпака положительной температуры, но не выше +20°C.

4. Счетчики должны устанавливаться в шкафах, на панелях, щитах, в нишах, на стенах, имеющих жесткую конструкцию.

Допускается крепление электрических счетчиков на деревянных, пластмассовых или металлических щитках.

Высота от пола до коробки зажимов электрических счетчиков должна быть в пределах 0,8-1,7 м. Допускается высота менее 0,8 м, но не менее 0,4 м.

5. В местах, где имеется опасность механических повреждений счетчиков или их загрязнения, или в местах, доступных для посторонних лиц (проходы, лестничные клетки и т. п.), для счетчиков должен предусматриваться запирающийся шкаф с окошком на уровне циферблата.

6. Конструкции и размеры шкафов, ниш, щитков и т. п. должны обеспечивать удобный доступ к зажимам счетчиков. Кроме того, должна быть обеспечена возможность удобной замены счетчика и установки его с уклоном не более 1°. Конструкция его крепления должна обеспечивать возможность установки и съема счетчика с лицевой стороны.

7. В электропроводке к расчетным счетчикам наличие паяк и скруток не допускается.

8. Минимальное сечение медных проводов, присоединяемых к счетчикам - 2,5 мм кв., минимальное сечение алюминиевых проводов - 4 мм кв.

9. При монтаже электропроводки около счетчиков необходимо оставлять концы проводов длиной не менее 120 мм. Изоляция или оболочка нулевого провода на длине 100 мм перед счетчиком должна иметь отличительную окраску.

10. Для безопасной установки и замены счетчиков в сетях напряжением до 380 вольт, должна предусматриваться возможность отключения счетчика установленными до него на расстоянии не более 10 метров коммутационным аппаратом или предохранителями. Снятие напряжения должно предусматриваться со всех фаз, присоединяемых к счетчику.

4.4.3 Погрешности учета электрической энергии. Причины нарушения учета и неисправности индукционных счетчиков

Класс точности измерительного прибора — это обобщенная характеристика, определяемая пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей, а также другими свойствами, влияющими на точность, значения которых установлены в стандартах на отдельные виды средств измерений. Класс точности средств измерений характеризует их свойства в отношении точности, но не является непосредственным показателем точности измерений, выполняемых при помощи этих средств [17].

Для того чтобы заранее оценить погрешность, которую внесет данное средство измерений в результат, пользуются нормированными значениями погрешности. Под ними понимают предельные для данного типа средства измерений погрешности.

Погрешности отдельных измерительных приборов данного типа могут быть различными, иметь отличающиеся друг от друга систематические и случайные составляющие, но в целом погрешность данного измерительного прибора не должна превосходить нормированного значения. Границы основной погрешности и коэффициентов влияния заносят в паспорт каждого измерительного прибора. Основные способы нормирования допускаемых погрешностей и обозначения классов точности средств измерений установлены ГОСТ.

Выбор класса точности счетчиков зависит от назначения, способа включения и вида измеряемой энергии (активная или реактивная). По назначению счетчики можно разделить на следующие категории: расчетные и предназначенные для технического (контрольного) учета, а по способу включения — на счетчики непосредственного включения и включающиеся через измерительные трансформаторы тока и напряжения.

Класс точности счетчиков непосредственного включения должен быть при измерении активной энергии не ниже 2,5, а при измерении реактивной - не ниже 3,0. Для расчетных счетчиков, включенных через измерительные трансформаторы, класс точности при измерении активной и реактивной энергии должен быть не менее 2,0, соответственно для счетчиков технического учета - не ниже 2,0 и 2,5

Измеряя большую мощность, рекомендуется применять расчетные счетчики активной мощности класса не ниже 1,0, реактивной - не ниже 1,5.

При работе с расчетными счетчиками измерительные трансформаторы тока и напряжения должны иметь класс не ниже 0,5 (допускается использовать трансформаторы тока класса 1,0 при условии, что их действительная погрешность при нагрузке во вторичной цепи не более 0,4 Ом не превысит погрешности, допустимой для трансформаторов тока класса 0,5); для работы со счетчиками технического учета необходимо использовать трансформаторы класса не ниже 1,0

Нагрузка вторичных цепей измерительных трансформаторов не должна превышать номинальной для данного класса точности. Исходя из этого ориентировочно принимают сопротивление соединительных проводов, подводимых к вторичной цепи трансформатора, не более 0,2 Ом.

Нарушения учета могут быть вызваны следующими причинами:

- несоблюдение нормальных условий работы счетчика;
- неисправность счетчика; неисправность измерительных трансформаторов;
- повышенная нагрузка измерительных трансформаторов;
- повышенное падение напряжения в цепях напряжения;
- неправильная схема включения счетчика;
- неисправность элементов вторичных цепей.

Погрешности учета электроэнергии при нарушении правильного чередования фаз. При изменении чередования фаз магнитный поток одного вращающего элемента частично попадает в поле другого вращающего элемента. Поэтому в трехфазных двухдисковых счетчиках имеет место некоторое взаимное влияние вращающихся элементов, результатом которого является зависимость погрешности от чередования фаз. Счетчик регулируется и включается при прямом чередовании. Однако после ремонта силового оборудования чередование фаз может измениться, что вызывает увеличение погрешности при малых нагрузках (порядка 1% при нагрузке 10%).

Изменение чередования фаз может оказаться незамеченным, если в состав электроприемников не входят трехфазные двигатели.

Погрешности учета электроэнергии при несимметрии нагрузок. Несимметрия нагрузок в незначительной степени влияет на погрешность счетчика. Некоторое увеличение погрешности может иметь место при отсутствии нагрузки в одной фазе, что практически исключается. Выравнивание нагрузок по фазам преследует цель не только уменьшить потерн, но и повысить точность учета. На трехэлементный счетчик несимметрия нагрузок не оказывает влияния.

Погрешности учета электроэнергии при наличии высших гармоник тока и напряжения. Несинусоидальная форма тока в основном определяется электроприемниками с нелинейной характеристикой. К ним,

в частности, относятся газоразрядные лампы, выпрямительные установки, сварочные агрегаты и др.

Измерение электроэнергии при наличии высших гармоник производится с погрешностью, знак которой может быть как положительным, так и отрицательным.

При отклонении частоты на 1 Гц погрешность счетчика может достигать 0,5%. В современных энергосистемах номинальная частота поддерживается с большой точностью, и вопрос влияния частоты не имеет значения.

Погрешности учета электроэнергии при отклонении напряжения от номинальных значений. Существенное изменение погрешности счетчика возникает при отклонении напряжения от номинального более чем на 10%. Обычно приходится считаться с влиянием пониженного напряжения. При нагрузке счетчика менее 30% снижение напряжения приводит к изменению погрешности в отрицательную сторону из-за ослабления действия компенсатора трения. При нагрузках более 30% снижение напряжения приводит к изменению погрешности уже в положительную сторону. Это происходит из-за уменьшения тормозящего действия рабочего потока цепи напряжения.

Иногда счетчики с номинальным напряжением 380/220 В устанавливаются в сети 220/127 или даже 100 В. Этого делать, нельзя по вышеуказанным причинам. Еще раз напомним, что номинальное напряжение счетчика должно соответствовать фактическому.

Погрешности учета электроэнергии при изменении тока нагрузки. Нагрузочная характеристика счетчика зависит от тока нагрузки. Диск счетчика начинает вращаться при нагрузке 0,5—1%. Однако в области нагрузок до 5% счетчик работает неустойчиво.

В диапазоне 5—10% счетчик работает с положительной погрешностью, объясняемой перекомпенсацией (компенсационный момент превышает момент трения). При дальнейшем увеличении нагрузки до 20% погрешность счетчика становится отрицательной из-за изменения магнитной проницаемости стали при малых токах последовательной обмотки.

С наименьшей погрешностью счетчик работает в пределах от 20 до 100% нагрузки.

Перегрузка счетчика до 120% приводит к возникновению отрицательной погрешности из-за эффекта торможения диска рабочими потоками. Эти погрешности регламентируются ГОСТ. При дальнейшей перегрузке отрицательная погрешность резко возрастает.

Что же касается погрешности трансформатора тока, то она зависит от первичного тока нагрузки в значительно меньшей степени. Практически приходится считаться с погрешностью в области нагрузок менее 5—10 и

более 120%. Для правильной оценки нагрузки необходимо снять несколько суточных графиков (в различные дни недели и времена года).

Изменение коэффициента мощности в пределах 0,7— 1 не оказывает существенного влияния на погрешность счетчика. Электроустановки с более низким коэффициентом мощности не могут считаться удовлетворительными. При изменении температуры окружающей среды в большинстве случаев приходится считаться с влиянием отрицательной температуры. При отрицательной температуре около -15°C недоучет энергии может достигать 2— 3%. Рост отрицательной погрешности объясняется, в основном, изменением магнитной проницаемости тормозного магнита. При более низких температурах в счетчиках, имеющих смазку опор, может произойти сгущение смазки. Тогда при нагрузке менее 50% погрешность счетчика резко возрастет.

Влияние на показание счетчика внешних магнитных полей. Для избегания влияния внешних магнитных полей счетчик не следует устанавливать вблизи сварочных агрегатов, мощных токопроводов и других источников значительных магнитных полей.

Влияние положения счетчика на точность его показаний. На точность учета влияет положение счетчика. Ось счетчика должна быть строго вертикальной. Отклонение более чем на 3° вносит дополнительную погрешность из-за изменения момента трения в опорах. Положение счетчика и плоскости, на которой он установлен, проверяется по трем координатным осям.

Другие причины неисправности индукционного счетчика. Неисправность счетчика может возникнуть внезапно под влиянием резко неблагоприятных воздействий. К ним могут относиться удары и сотрясения, длительные перегрузки, короткое замыкание на присоединении, грозовые и коммутационные перенапряжения.

Счетчик также может постепенно переходить в неисправное состояние до истечения межремонтного срока. В результате преждевременного износа, вызванного неблагоприятными условиями эксплуатации, появляются различные дефекты: коррозия постоянного магнита, сердечников электромагнитов и других металлических частей, засорение зазоров, в которых вращаются диски, сгущение смазки; ослабление крепления деталей.

Погрешности учета при неправильной схеме включения индукционного счетчика

Неправильная схема включения счетчика может иметь место в двух случаях: если во время первоначальной проверки была допущена ошибка (или такая проверка вообще ранее не выполнялась) и если в процессе эксплуатации в схему вносились изменения. Поэтому во всех случаях нарушения учета правильность включения необходимо проверить заново.

К неисправностям элементов вторичных цепей относятся обрыв цепи напряжения или сгорание предохранителя на одной фазе, обрыв последовательной цепи. В большинстве случаев неисправности приводят к бездействию одного вращающегося элемента. Неисправности легко выявляются путем измерений токов и напряжений на зажимах счетчика.

Методы определения причины неисправности индукционного счетчика. Все неисправности счетчика обычно приводят к таким последствиям: остановка подвижной системы, завышенная погрешность, неправильная работа счетного механизма, самоход.

При неподвижном диске следует проверить наличие напряжения всех фаз на зажимах счетчика и значение тока в последовательных обмотках. Затем снимается векторная диаграмма. Если все измерения не выявили причину, то она кроется в неисправности счетчика.

Если имеются подозрения на большую погрешность счетчика, то необходимо произвести его контрольную поверку на месте установки. Поверка может производиться либо контрольным счетчиком, либо ваттметрами и секундомером. Применение образцового счетчика дает большую точность измерений.

Использование ваттметра и секундомера для определения погрешности счетчика возможно лишь в тех случаях, когда нагрузка неизменна во время измерений, либо она изменяется незначительно ($\pm 5\%$). Нагрузка должна быть не менее 10% номинальной. Если эти условия невыполнимы, счетчик следует снять и проверить его в лабораторных условиях.

Для контрольной поверки счетчика необходимо иметь механический секундомер и образцовые однофазные ваттметры класса 0,2 или 0,1 или трехфазный класса 0,2 или 0,5. Ваттметрами класса 0,2 можно поверять счетчики класса 2 и менее точные. Метрологические требования при этом будут удовлетворены. Применяя те же ваттметры для поверки счетчиков класса 1, необходимо вносить поправки, учитывающие погрешность образцовых приборов. Иногда включаются также два амперметра и два или три вольтметра.

Самоход счетчика приводит к завышенным показаниям, если нагрузка в какие-то периоды времени отсутствует. Проверить счетчик на отсутствие самохода можно путем отсоединения последовательных обмоток от предварительно закороченных токовых цепей.

Список литературы к четвертой главе

1. Правила учета тепловой энергии и теплоносителя. М., 1995.
2. ГОСТРЕН 1434-1-2006 «Теплосчетчики». М., 2006.
3. МИ 2573-2000 «Рекомендации. ГСИ. Теплосчетчики для водяных систем теплоснабжения. Методика поверки. Общие положения». М.-СПб., 1999.
4. ГОСТ Р 51649-2000 «Теплосчетчики для водяных систем теплоснабжения. Общие технические условия». М., 2001.
5. МИ 2399-97 «Рекомендации. ГСИ. Теплосчетчики СПТ960К. Методика поверки». М., 1997.
6. МИ 2164-91 «Рекомендация. ГСИ. Теплосчетчики, требования к испытаниям, метрологической аттестации, поверке. Общие положения». Ленинград, 1991.
7. ГОСТ Р 8.591-2002 «ГСИ. Теплосчетчики двухканальные для водяных систем теплоснабжения. Нормирование пределов допускаемой погрешности при измерениях потребленной абонентами тепловой энергии». М., 2003.
8. Правила по метрологии ПР. 50.2.009-94 «ГСИ. Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерений». М., 1994.
9. Анисимов Д.Л. Приборы учета тепла: маркетинг против метрологии // Новости теплоснабжения. 2007. №2. С. 49-55.
10. Осипов Ю.Н. Требования к защите теплосчетчиков от несанкционированного доступа к методам сохранения метрологических и эксплуатационных характеристик при выполнении монтажных работ и эксплуатации. СБ. «Коммерческий учет энергоносителей. Материалы 24-й международной научно-практической конференции. СПб., 2006.
11. Правила по метрологии ПР.50.2.007-2001 «ГСИ. Поверительные клейма». М., 2001.
12. Лукашов Ю.Е. Поговорим о правилах по поверке // Главный метролог. № 4. 2004.
13. Правила по метрологии ПР.50.2.006-2001 «ГСИ. Порядок проведения поверки средств измерений». М., 2001.
14. Канев С. Н. Еще раз о наболевших проблемах учета теплоносителей // Журнал «Новости теплоснабжения» №8 (84), 2007. – С. 47-55

15. Методические рекомендации по анализу систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Отраслевая информационно-аналитическая система "Учет и контроль потребления ТЭР"

16. Приборы учета тепловой энергии и теплоносителя. Отраслевая информационно-аналитическая система "Учет и контроль потребления ТЭР"

17. ГОСТ Р 52320-2005 Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока. Общие требования. Испытания и условия испытаний.

ГЛАВА 5

Энергетическое обследование и энергоаудит. Энергетический паспорт организации

5.1 Нормативно-правовая база проведения энергетических обследований

В первой главе мы достаточно подробно рассмотрели законодательную и нормативно-правовую базу энергосбережения и повышения энергетической эффективности в Российской Федерации. Повторим основные положения законодательства применительно к энергетическим обследованиям.

Как говорилось ранее после вступления в силу Федерального закона от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (Закон № 261-ФЗ) перед государственными учреждениями были поставлены новые задачи, связанные с обеспечением рационального использования энергетических ресурсов.

В соответствии с п.9 ст.2 Закона № 261-ФЗ учреждения относятся к одной из разновидностей организаций с участием государства или муниципального образования. В этой связи на учреждения распространяются требования, установленные Законом № 261 -ФЗ для организаций с участием государства или муниципального образования.

Можно выделить три основные группы требований в сфере энергосбережения и повышения энергетической эффективности, предъявляемых учреждениям:

- обеспечение учета используемых энергетических ресурсов и снижение объема потребляемых энергетических ресурсов;
- проведение обязательного энергетического обследования и требования к энергетической эффективности товаров, работ, услуг, размещение заказов на которые осуществляется для государственных или муниципальных нужд;
- требования к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организаций с участием государства или муниципального образования и организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности.

За несоблюдение некоторых из указанных требований в законодательстве предусмотрена административная ответственность в

виде штрафа, как для юридических лиц, так и для должностных лиц. В этой связи соблюдение установленных требований становится одной из первостепенных задач в деятельности учреждений.

В то же время законодательство об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности содержит отдельные экономические стимулы к энергосберегающему поведению и также предоставляет возможность государственным и муниципальным заказчикам заключать энергосервисные договоры (контракты).

Одним из важнейших мероприятий, без которого невозможно полноценное выполнение запланированных мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в Российской Федерации, безусловно, является проведение энергетического обследования.

В ст.16 Закона № 261-ФЗ для учреждений, как и иных организаций с участием государства или муниципального образования, установлено требование о проведении обязательного энергетического обследования.

Под энергетическим обследованием в п.7 ст.2 Закона № 261-ФЗ понимается сбор и обработка информации об использовании энергетических ресурсов в целях получения достоверной информации об объеме используемых энергетических ресурсов, о показателях энергетической эффективности, выявления возможностей энергосбережения и повышения энергетической эффективности с отражением полученных результатов в энергетическом паспорте.

Согласно ч.1 ст.15 Закона № 261-ФЗ энергетическое обследование может проводиться в отношении продукции, технологического процесса, а также юридического лица, индивидуального предпринимателя.

В отношении организации или учреждения объектом обязательного энергетического обследования являются не отдельные здания, строения и сооружения, принадлежащие на праве оперативного управления учреждению, а учреждение в целом, включая все его филиалы и иные структурные подразделения. Даже если учреждение размещается в здании или помещении на основании договора аренды, это не исключает необходимость прохождения таким учреждением обязательного энергетического обследования.

Учреждения обязаны организовать и провести первое энергетическое обследование до 31 декабря 2012 г., последующие энергетические обследования - не реже чем один раз каждые 5 лет.

Согласно ч.3 ст.16 Закона № 261-ФЗ в целях выявления лиц, в отношении которых энергетическое обследование является обязательным, федеральный орган исполнительной власти, уполномоченный на осуществление государственного контроля за соблюдением требования о проведении обязательного энергетического обследования в установленные

сроки, вправе запрашивать в соответствии со своей компетенцией и безвозмездно получать у:

1) организаций, осуществляющих продажу, поставки энергетических ресурсов, данные об объеме и о стоимости поставляемых ими энергетических ресурсов организациям, которые являются потребителями этих ресурсов;

2) органов государственной власти, органов местного самоуправления, организаций сведения и материалы, необходимые для осуществления государственного контроля за соблюдением требования о проведении обязательного энергетического обследования в установленные сроки.

Согласно ч.4 ст.15 Закона № 261-ФЗ деятельность по проведению энергетического обследования вправе осуществлять только лица, являющиеся членами саморегулируемых организаций в области энергетического обследования.

Статус саморегулируемой организации в области энергетического обследования может приобрести некоммерческая организация, основанная на членстве, деятельность которой соответствует нормам статьи 18 Закона № 261-ФЗ и Федеральному закону от 1.12.2007 г. № 315-ФЗ «О саморегулируемых организациях».

Основными требованиями к организациям-претендентам на получение звания саморегулируемой организации в области энергетического обследования в соответствии с ч.3 ст.18 № 261-ФЗ являются:

1) объединение в составе некоммерческой организации в качестве ее членов не менее чем двадцать пять субъектов предпринимательской деятельности или не менее чем сорок субъектов профессиональной деятельности либо объединение в составе некоммерческой организации в качестве ее членов не менее чем пятнадцать субъектов предпринимательской деятельности и не менее чем десять субъектов профессиональной деятельности;

2) наличие компенсационного фонда, сформированного за счет взносов членов саморегулируемой организации в области энергетического обследования, как способа обеспечения имущественной ответственности членов саморегулируемой организации в области энергетического обследования перед потребителями услуг, которая может возникнуть в результате причинения им вреда вследствие недостатков оказанных услуг по энергетическому обследованию;

3) наличие документов, в том числе стандартов и правил, обязательных для выполнения всеми членами саморегулируемой организации в области энергетического обследования.

К таким документам согласно ч.4 ст.18 № 261-ФЗ относятся:

1) порядок приема в члены саморегулируемой организации в области энергетического обследования и прекращения членства в такой организации;

2) стандарты и правила, регламентирующие порядок проведения энергетических обследований членами саморегулируемой организации в области энергетического обследования, в том числе стандарты и правила оформления энергетического паспорта, составленного по результатам энергетического обследования; стандарты и правила определения перечня мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности; стандарты и правила расчета потенциала энергосбережения (далее - стандарты и правила);

3) перечень мер дисциплинарного воздействия, которые могут быть применены в отношении членов саморегулируемой организации в области энергетического обследования за нарушение требований стандартов и правил;

4) стандарты раскрытия информации о деятельности саморегулируемой организации в области энергетического обследования и о деятельности ее членов.

Приказом Минэнерго России от 22.06.2010 г. № 283 был утвержден Административный регламент исполнения Министерством энергетики Российской Федерации государственной функции по ведению государственного реестра саморегулируемых организаций в области энергетического обследования. По состоянию на 17 февраля 2012 г. в реестр саморегулируемых организаций в области энергетического обследования было внесено более сотни заявителей.

Основными целями энергетического обследования в соответствии со ст.15 Закона № 261 -ФЗ являются:

- получение объективных данных об объеме используемых энергетических ресурсов;
- определение показателей энергетической эффективности;
- определение потенциала энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- разработка перечня типовых, общедоступных мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности и проведение их стоимостной оценки.

По результатам энергетического обследования составляется энергетический паспорт и проводившее обследование лицо, передает его лицу, заказавшему проведение энергетического обследования. Энергетический паспорт учреждения должен соответствовать Требованиям к энергетическому паспорту, составленному по результатам обязательного энергетического обследования, и энергетическому паспорту, составленному на основании проектной документации приказом

Минэнерго России от 19.04.2010 г. № 182. При этом копия энергетического паспорта направляется соответствующей саморегулируемой организацией в области энергетического обследования в Минэнерго России в соответствии Правилами направления копии энергетического паспорта, составленного по результатам обязательного энергетического обследования, утвержденными этим же приказом.

Энергетический паспорт, составленный по результатам энергетического обследования, должен содержать информацию об оснащенности приборами учета используемых энергетических ресурсов; об объеме используемых энергетических ресурсов и о его изменении; о показателях энергетической эффективности; о величине потерь переданных энергетических ресурсов (для организаций, осуществляющих передачу энергетических ресурсов); о потенциале энергосбережения, в том числе об оценке возможной экономии энергетических ресурсов в натуральном выражении.

Кроме прочего, предусматривается содержание в энергетическом паспорте информации о перечне типовых мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности. Также по соглашению между лицом, заказавшим проведение энергетического обследования, и лицом, проводящим энергетическое обследование, предусмотрена возможность разработки по результатам энергетического обследования отчета, содержащего перечень мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, отличных от типовых, общедоступных мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

Целесообразно при формировании конкурсной документации на проведение энергетического обследования в техническом задании указать в составе работ составление перечня мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, отличных от типовых, общедоступных мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, или же непосредственно разработку программы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности учреждения.

В ст.17 Закона № 261-ФЗ приводятся полномочия и обязанности органов исполнительной власти относительно сбора и анализа данных энергетических паспортов, составленных по результатам энергетических обследований.

Так на органы исполнительной власти возлагаются обязанности сбора, обработки, систематизации, анализа, использования данных энергетических паспортов, составленных по результатам обязательных энергетических обследований, а также данных энергетических паспортов, составленных по результатам добровольных энергетических обследований.

Уполномоченный федеральный орган исполнительной власти вправе запрашивать и получать у саморегулируемых организаций в области энергетического обследования данные о проведенных в добровольном порядке энергетических обследованиях.

Информация, полученная при обработке, систематизации и анализе данных энергетических паспортов, составленных по результатам обязательных и добровольных энергетических обследований, используется в целях получения объективных данных об уровне использования органами и организациями энергетических ресурсов, о потенциале их энергосбережения и повышения энергетической эффективности, о лицах, достигших наилучших результатов при проведении энергетических обследований, об органах и организациях, имеющих наилучшие показатели в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, об иных получаемых в результате энергетического обследования показателях.

Согласно ч.8 ст.9.16 КоАП несоблюдение сроков проведения обязательного энергетического обследования влечет наложение административного штрафа на должностных лиц в размере от 10 тыс. до 15 тыс. рублей; на юридических лиц - от 50 тыс. до 250 тыс. рублей.

5.2 Энергетическое обследование и энергоаудит

Энергетическому обследованию и энергоаудиту подлежат все предприятия, организации и фирмы независимо от организационно-правовых форм и форм собственности не реже одного раза в 5 лет и по их результатам составляется или обновляется энергетический паспорт. Затраты на проведение энергоаудита бюджетных, муниципальных предприятий и унитарных предприятий и организаций оплачиваются за счет средств, выделяемых из федерального бюджета, бюджета области или бюджета органов самоуправления [1].

Согласно ФЗ-261 энергоаудиторские фирмы должны обладать правами юридического лица, иметь лицензию на право проведения энергетических обследований, необходимое метрологическое (инструментальное), приборное и методологическое обеспечение, опыт выполнения работ, располагать квалифицированным и аттестованным персоналом.

В настоящее время нет конкретных требований, какое минимально необходимое метрологическое (инструментальное) и методическое обеспечение должно быть в энергоаудиторской фирме для того, чтобы она имела право проводить энергетические обследования; какую квалификацию должен иметь персонал и кем он должен быть аттестован; какой опыт должен иметь персонал для выполнения работ.

К настоящему времени энергоаудиторские фирмы реализуют на практике, как правило, свои методики проведения обследования энергетического хозяйства в целом и его отдельных систем, участков, агрегатов (топлива, тепловой и электрической энергии, горячей и холодной воды, воздуха, пара и др.).

Правила проведения энергетических обследований организаций предполагают шесть видов: предпусковое и первичное (перед эксплуатацией); периодическое (повторное); внеочередное; локальное; экспрессобследование. Однако практика проведения энергоаудита в нашей стране и за рубежом показала, что при решении проблем энергосбережения и лимита потребления энергоресурсов, энергоаудит достаточно проводить в два этапа: экспресс-обследование и углубленные энергетические обследования [1].

Предварительно составляется программа энергоаудита, для чего собирают основные характеристики обследуемого предприятия: общие сведения, организационная структура; схема и состав основных потребителей (зданий) по видам энергоресурсов; установленные мощности подразделений, ассортимент выпускаемой или продаваемой продукции (пара, электроэнергии, горячей воды); цены (тарифы) на энергоресурсы. В оценке степени достоверности информации на предварительном этапе участвуют обследующая организация и предприятие.

Источниками информации являются:

- беседы с руководством и техническим персоналом;
- схемы энергосбережения и учета энергоресурсов;
- отчетная документация и счета по учету энергоресурсов;
- суточные, недельные и месячные графики нагрузки;
- данные по объему произведенной продукции, ценам и тарифам;
- техническая документация на технологическое и вспомогательное оборудование (технологические схемы, спецификации, режимные карты, регламенты и т.д.);
- отчетная документация по ремонтным, наладочным, испытательным и энергосберегающим мероприятиям;
- перспективные программы энергосбережения, проектная документация на технологические или организационные усовершенствования, планы развития предприятия.

Предприятие должно предоставить энергоаудиторам всю имеющуюся документальную информацию за последний год (или 24 месяца) и должно отвечать за достоверность предоставленной информации. В конце предварительного этапа составляется программа основного этапа энергоаудита, которая согласовывается с руководством предприятия и подписывается двумя сторонами.

По результатам экспресс-обследования определяют состояние энергетического хозяйства предприятия и нерациональные потери энергии, оценивают по укрупненным показателям энергетический баланс предприятия, определяют основные направления снижения энергетических затрат [1].

При проведении углубленных обследований помимо указанного выше проводят сравнение фактических и нормируемых затрат энергии на технологию, отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, собственные нужды, оценивают возможный потенциал энергосбережения при использовании различных энергосберегающих мероприятий.

5.2.1 Цели и этапы проведения энергетического обследования

Цель энергетического обследования и энергоаудита: определение эффективности использования тепловой и электрической энергии, оценка потенциала энергосбережения учреждения, разработка эффективных схем и мероприятий рационального и эффективного использования энергетических ресурсов.

Энергоаудит предполагает следующие методологические этапы [1]:

1) первичный обзор статистической, документальной и технической информации по всем видам энергетической деятельности предприятия и составление программы энергоаудита;

2) инструментальное и термографическое обследование всех потребителей тепловой и электрической энергии;

3) исследование энергетического баланса предприятия;

4) обработка полученной или собранной информации и аналитический обзор по всем видам энергетической деятельности предприятия;

5) оценка энергоэффективности теплотехнического, теплоэнергетического и теплотехнологического оборудования, теплогенерирующих установок, систем отопления и вентиляции, горячего водоснабжения, пароснабжения, сбора и возврата конденсата, холодоснабжения, электроснабжения, использования вторичных энергоресурсов;

6) разработка основных рекомендаций и мероприятий по энергосбережению, учету топлива, воды, электрической и тепловой энергии;

7) оформление отчета и составление энергетического паспорта.

5.2.2 Статистическая, документальная и техническая информация

Статистическая информация включает в себя [1]:

• общие сведения, информацию об организационной структуре учреждения/предприятия и его подразделений;

- генеральный план, местоположение зданий, сооружений, цехов, линий, котельных, технологических и производственных процессов;
- ассортимент выпускаемой продукции;
- состав потребляемых энергоресурсов и системы управления энергоресурсами предприятия и его подразделений;
- основные потребители по видам энергоресурсов;
- установленные мощности подразделений;
- наличие учета энергоресурсов и планы развития предприятия.

Документальная информация включает в себя:

- паспорта оборудования, режимные карты установок и агрегатов;
- графики нагрузки оборудования;
- цены (тарифы) на энергоресурсы;
- бухгалтерскую и техническую документацию по энергетическим показателям; коммерческий и технический учет расходования ТЭР;
- документацию по ремонтным, наладочным, испытательным и энергосберегающим мероприятиям;
- программы и проектную документацию на технологические или организационные усовершенствования.

Техническая информация включает в себя:

- технологические и электрические схемы различных систем энергоснабжения, электроснабжения в сетях до 1 кВ и свыше 1 кВ, электроосвещения, трансформаторных подстанций;
- тепловые и аксонометрические схемы систем теплоснабжения, отопления, горячего водоснабжения, пароснабжения, конденсаторов, приточной и вытяжной вентиляции, кондиционирования воздуха;
- технологические и аксонометрические схемы систем газоснабжения, холодоснабжения, водоснабжения и водоотведения;
- тепловые и технологические схемы котельных, топливопотребляющих установок, технологического потребления газа и использования моторного топлива, схемы использования ВЭР.

5.2.3 Инструментальное обеспечение энергетического обследования

5.2.3.1 Инструментальное обследование потребителей

Инструментальное (в том числе и термографическое) обследование всех потребителей тепловой и электрической энергии проводится для дополнения статистической, документальной и технической информации, недостающей для оценки эффективности использования энергии, или при возникновении сомнения в достоверности при обзоре информации.

Обычно при инструментальном обследовании проводится [1]:

1. Измерение освещенности, электрических параметров трехфазных, однофазных и высоковольтных систем. Замеры осуществляются приборами для измерения, регистрации и анализа параметров

электрооборудования и электрических сетей, такими как люксметры, мониторы напряжения, анализаторы электропотребления.

2. Измерение температуры, влажности и скорости. Для измерений температуры, влажности и скорости среды, веществ, теплоносителей, материалов, изделий необходимо иметь измерительный комплекс, функциональная схема которого включает датчики, блок обработки данных, термоэлектродные провода. Датчики находятся в контакте с исследуемой средой (телом) и служат своего рода «преобразователями» температуры, влажности и скорости в иной физической параметр, подлежащий измерению. Их подключают к входам прибора – блока обработки данных.

3. Измерение давления. Для измерения давления используются барометры, манометры, вакуумметры, тягомеры и др., которые измеряют барометрическое или избыточное давления, а также разрежение в мм вод. ст., мм рт. ст., МПа, кгс/см² кгс/м² и др.

4. Измерение расхода. Для измерения расхода жидкостей (воды, нефтепродуктов), газов и пара применяют расходомеры или ротаметры.

5. Газоанализаторы предназначены для контроля полноты сгорания топлива, избытка воздуха и определения в продуктах сгорания объемной доли углекислого газа, кислорода, окиси углерода, водорода, метана.

Подробный обзор используемых приборов учета и физических принципов, лежащих в основе их работы, приведен в предыдущей лекции.

5.2.3.2 Погрешности инструментального обследования

Любые измерительные системы не могут обеспечить измерения действительного значения температуры, расхода или давления теплоносителя, влажности, содержания газов или компонентов, поскольку физические принципы и исходные условия проведения измерений в той или иной степени оказываются нарушенными [1]. Результат инструментального измерения значений температуры, влажности, расхода или давления теплоносителя будет отличаться от их действительного значения на характеристику метода или прибора, называемую абсолютной погрешностью измерения параметра.

Любая погрешность измерения может выражаться в долях действительного значения измеряемого параметра и называется относительной погрешностью измерения. Погрешность измерения определяется приближенно с определенной точностью в зависимости от метода, условий и применяемых средств измерений, способа фиксации результата, числа наблюдений и методов обработки полученных данных.

Абсолютную погрешность измерения разделяют на три составляющие: методическую, инструментальную и погрешность наблюдения.

Методическая погрешность измерения возникает из-за неточности выполнения методики измерений, недостаточной изученности явлений и неточности реализации теоретических предпосылок.

Инструментальная (приборная) погрешность измерения возникает из-за несовершенства средств измерения и использования этих средств в условиях, отличающихся от нормальных. Инструментальную погрешность разделяют на две составляющие: основную и дополнительную. Основная характеризует возможности средств измерений в нормальных условиях, а дополнительная учитывает влияние отклонений от этих условий. Паспорт или сертификат каждого прибора должен нормировать и регламентировать метрологические характеристики измерений в известных рабочих условиях. Приборную погрешность снижают путем применения современных контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации, а также ЭВМ.

Погрешность регистрации наблюдения определяется квалификацией и особенностями наблюдателя и возникает в результате неправильного отсчета и снятия показаний, расшифровки записей и результатов регистрации.

Систематической погрешностью измерения параметра называют составляющую погрешности измерения, которая остается постоянной или закономерно изменяется в процессе измерений (либо при их повторении).

Систематическую погрешность оценивают расчетным путем или экспериментально, а затем вводят соответствующую поправку в результат измерения параметра либо самого метода.

Случайной погрешностью измерения называют составляющую погрешности измерения, которая заранее не предсказуема и изменяется случайным образом при повторных измерениях параметра теми же средствами измерения. Закономерности проявления случайной погрешности и оценка ее могут быть выявлены при многократных наблюдениях с последующей статистической обработкой результатов измерений. В полученное значение случайной погрешности войдет и та часть систематической погрешности, которая из-за сложности и приближенности оценки не могла быть ранее учтена.

Измеряемые параметры среды, веществ, материалов и изделий могут быть стационарными (постоянными) или нестационарными (изменяться во времени). В зависимости от этого погрешность измерения подразделяют на статическую и динамическую. Например: погрешность измерения нестационарной температуры включает в себя статическую и динамическую составляющую. Погрешность измерения стационарной температуры включает в себя только статическую, а динамическая составляющая равна нулю.

Статическая составляющая погрешности зависит от многих факторов: измерения параметров твердых тел, жидкостей, газов, движущихся сред или высокоскоростных потоков, монтажа датчика на поверхности или внутри тела (материала, изделия, массива), с высокой или низкой теплопроводностью, при установке в пазу, цилиндрическом канале или с использованием защитных экранов, применения контактных или бесконтактных способов. Существенно влияют на статическую составляющую погрешности направление теплового воздействия на исследуемый объект (нагрев или охлаждение), теплообмен между отдельными элементами, теплоотдача излучением и его окружением в газообразных, частично прозрачных и других объектах, влияние внутренних источников теплоты, характер изменения температуры и др.

Динамическая составляющая погрешности вызвана скоростью изменения исследуемого параметра от времени и невозможностью из-за инерционных свойств регистрации мгновенных значений средствами измерения. В результате каждый из применяемых приборов вносит в результат измерения дополнительную инструментальную погрешность, зависящую от конструкции и принципа действия.

Результирующая погрешность всего измерительного комплекса определяется суммой погрешностей каждого отдельного элемента, который может иметь свои погрешности. Суммирование всех составляющих погрешностей определяет методическую погрешность измерительного комплекса. Принимая меры защиты (хороший контакт, увеличение числа измерений, применение совершенных измерительных приборов), можно уменьшить инструментальную, случайную и статическую погрешности до необходимого минимального значения.

Анализ источников погрешностей [2, 3] показывает, что быстроедействие современных регистрирующих приборов, особенно электронных, исчисляется долями секунд, а процессы между датчиком и средой могут занимать значительно большее время. Количественный анализ методических погрешностей в конечном итоге заключается в обосновании и выборе математической модели методологического и термографического обследования.

5.2.4 Аналитический обзор энергетической деятельности

Обработка полученной или собранной информации, анализ и аналитический обзор проводятся по всем видам энергетической деятельности предприятий.

Анализ полученной или собранной информации необходим:

- для определения приоритетных направлений энергетических обследований;
- для согласования технического задания, календарного плана и программы проведения энергетического обследования;

- для доработки и утверждения форм энергетического паспорта предприятия.

- для финансовой оценки прямых потерь в денежном выражении.

Эффективность систем энергоснабжения и анализ их работы определяются и проводятся для различных схем и режимов. Эффективность тепловых потребителей и систем теплоснабжения, а также анализ их работы определяются и проводятся для различных технологических и тепловых схем и режимов. Аналитический обзор проводится по всем видам энергетической деятельности предприятия.

5.3 Тепловой баланс зданий и сооружений

Тепловой баланс зданий и сооружений позволяет установить соотношение между тепловыми потерями и количеством тепла, выделяемым различными источниками внутри зданий и сооружений.

В общем случае составление тепловых балансов позволяет определить КПД установки, расход топлива или электроэнергии для получения единицы тепловой энергии, расход пара (или другого теплоносителя) для получения единичной продукции. Тепловой баланс это соотношение, связывающее приход и расход теплоты и составляется на единицу выпускаемой продукции, на 1 кг твердого или жидкого топлива, на 1 м³ газообразного топлива или в процентах, %, от введенной (суммарной) располагаемой теплоты.

Полученная информация о тепловом балансе организации или предприятия используется для исследования либо отдельного объекта, либо организации в целом. Методы анализа полученной информации делятся на физические и финансовые [1].

Физический метод исследования оперирует с физическими или натуральными параметрами и имеет целью определение характеристик эффективности энергоиспользования. Он включает следующие этапы:

1. Все данные энергопотребления приводятся к единой международной системе измерения – СИ.

2. Определяется состав объектов: отдельные потребители, подразделения, технологические линии, цеха или предприятие в целом.

3. Проводится распределение потребляемой энергии по отдельным объектам, а также видам энергоресурсов и энергоносителей: электроэнергия, пар, горячая вода, топливо (твердое, жидкое, газообразное).

4. Определяются факторы, влияющие на потребление энергии: температура наружного воздуха (для систем отопления и вентиляции), расход топлива в паровых теплогенераторах (для систем пароснабжения) и

водогрейных котлах (для систем теплоснабжения), электрической энергии (для технологического оборудования, холодильников).

5. Вычисляется удельное энергопотребление по отдельным видам энергоресурсов и объектам, которое определяется отношением энергопотребления к выпуску продукции (Вт или 1 кг топлива/на единицу продукции). Значение полученного удельного энергопотребления сравнивается с нормативными значениями, после чего делается вывод об эффективности энергоиспользования как по отдельным объектам, так и по предприятию в целом. Нормативные значения могут быть заданы, рассчитаны или взяты из периодической литературы.

6. Определяются прямые потери различных энергоносителей за счет потерь электроэнергии, утечек воды или конденсата, недогрузки или простоя оборудования, потерь теплоты (с уходящими топочными газами, химический и механический недожог, от наружных ограждений в окружающую среду), некачественной эксплуатации и других выявленных нарушений.

7. Выявляются наиболее неблагоприятные объекты с точки зрения эффективности энергоиспользования.

Финансовый метод исследования оценивает прямые потери в денежном выражении и проводится параллельно с физическим методом исследования. Он придает экономическое обоснование выводам, полученным на основании физического метода исследования и позволяет вычислить распределение затрат на энергоресурсы по всем объектам энергопотребления и видам энергоресурсов. Финансово-экономические критерии имеют важное значение при исследовании энергосберегающих рекомендаций и проектов.

В данной лекции рассмотрен метод составления энергетических балансов здания и сооружений на примере квартиры в многоквартирном доме. Более широкий подход к составлению тепловых балансов приводится в литературе [1].

В осенне-зимний период создание приемлемого теплового режима помещения обеспечивается преимущественно посредством системы отопления. В расчетах тепловых балансов гражданских помещений учитываются также тепловыделения бытовых электроприборов, особенно если они работают длительное время; теплоотдача от человека, а для производственных помещений - и другие источники тепла.

При этом помещение теряет теплоту через наружные ограждения (окна и стены), она также расходуется на нагревание наружного воздуха, проникающего через неплотности ограждений или вентиляционные отверстия и каналы.

В установившемся режиме потери равны поступлениям теплоты. Посредством расчета всех составляющих поступления и расхода теплоты

определяется избыток или дефицит теплоты. Дефицит теплоты указывает на необходимость установки дополнительных источников тепла; избыток теплоты на количественном уровне устраняется вентиляцией, на качественном – уменьшением площади или заменой отопительных приборов.

Уравнение теплового баланса для квартиры для стационарного режима имеет вид [4]:

$$Q_{огр} + Q_{инф} = Q_{СО} + Q_{быт.приб.} + Q_{ч}, \text{ [Вт]} \quad (5.1)$$

где $Q_{огр}$ - теплота, уносимая через ограждения;

$Q_{инф}$ - теплота, расходуемая на нагрев инфильтрующегося воздуха;

$Q_{СО}$ - теплота, поступающая от системы отопления;

$Q_{быт.приб.}$ - теплота, выделяемая бытовыми электроприборами;

$Q_{ч}$ - теплота, выделяемая человеком.

Распишем каждое из составляющих уравнения теплового баланса и обозначим все входящие в уравнения величины.

Теплота, уносимая через ограждения. Указанные составляющие уравнения теплового баланса следует определять с округлением до 10 Вт по формуле [4]:

$$Q_i = A_i(t_p - t_{ext})(1 + \sum \beta_i) \frac{n}{R_i}, \quad (5.2)$$

где i - стены или окна;

A_i - площади соответственных наружных ограждений, м², правила обмера которых следующие:

а) площади окон, дверей измеряются по наименьшему строительному проему,

б) площади наружных стен измеряются:

в плане – по внешнему периметру между наружным углом и осями внутренних стен,

по высоте (в средних этажах) – от поверхности пола до поверхности пола следующего этажа,

в) при необходимости определения теплопотерь через внутренние ограждения их площади берутся по внутреннему обмеру;

t_p, t_{ext} - температуры воздуха, расчетная в помещении и наружная для холодного периода года соответственно, °С, согласно [4, 5];

β_i - добавочные потери теплоты в долях от основных потерь, определяемые для наружных ограждений в зависимости от их ориентации на сторону света, согласно [4];

$$Q_{инф} = 0.28 \sum_i G_i c(t_p - t_{ext}) k$$

- коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху по [6];

R_i - сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$, следует определять по [6] по формуле:

$$R_i = \frac{1}{\alpha_e} + R_k + \frac{1}{\alpha_n}, \quad (5.3)$$

где α_e — коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, находится из таблиц [6];

$R_k = \delta / \lambda$ — термическое сопротивление ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$,

где δ - толщина данного слоя в составе ограждающей конструкции, м,

λ - теплопроводность данного слоя в составе ограждающей конструкции, $\text{Вт} / (\text{м} \cdot \text{°C})$;

Для многослойных ограждающих конструкций определяется по формуле [6]:

$$R_k = R_1 + R_2 + \dots + R_N, \quad (5.4)$$

где R_1, R_2, R_N - термические сопротивления каждого из слоев ограждения;

α_n — коэффициент теплоотдачи (для зимних условий) наружной поверхности ограждающей конструкции, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, находится из таблиц [7].

Теплота, расходуемая на нагрев инфильтрующегося воздуха. Расчет проводится согласно [4, 6].

Расход теплоты $Q_{\text{инф}}$, Вт, на нагревание инфильтрующегося воздуха в помещениях жилых и общественных зданий при естественной вытяжной вентиляции, не компенсируемого подогретым приточным воздухом, следует принимать равным большей из величин, полученных из расчета по формулам (5.5) и (5.9), указанным ниже [4].

$$Q_{\text{инф}} = 0.28 \sum_i G_i c (t_p - t_{\text{ext}}) k, \text{ Вт} \quad (5.5)$$

где G_i - расход инфильтрующегося воздуха, кг/ч, через ограждающие конструкции помещения, определяемый по формуле (5.6);

c - удельная теплоемкость воздуха, равная $1000 \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot \text{К})$;

k - коэффициент учета влияния встречного теплового потока в конструкциях, равный:

- а) 0,7 - для стыков панелей стен и окон с тройными переплетами,
- б) 0,8 - для окон и балконных дверей с отдельными переплетами,
- в) 1,0 - для одинарных окон, окон и балконных дверей со спаренными переплетами и открытых проемов.

Расход инфильтрующегося в помещение воздуха G_i , кг/ч, через неплотности наружных ограждений следует определять по формуле [4]:

$$G_i = 0.216 \sum A_1 \Delta p_i^{0.67} / R_u + \sum A_2 G_H \left(\Delta p_i / \Delta p_1 \right)^{0.67} + 3456 \sum A_3 \Delta p_i^{0.5} + 0.5 \sum l \Delta p_i / \Delta p_1 \quad (5.6)$$

где A_1 , A_2 - площади наружных ограждающих конструкций, м^2 , соответственно световых проемов (окон, балконных дверей, фонарей) и других ограждений;

A_3 - площадь щелей, неплотностей и проемов в наружных ограждающих конструкциях, м^2 ;

Δp_i , Δp_1 — расчетная разность давлений, определяемая по формуле (5.7), между давлениями на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций соответственно на расчетном этаже при $\Delta p_1 = 10$ Па;

Разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций Δp_i , Па, следует определять по формуле [6]:

$$\Delta p_i = 0.55H(\gamma_n - \gamma_e) + 0.03\gamma_n V^2, \quad (5.7)$$

где H - высота здания (от поверхности земли до верха карниза), м;

γ_n , γ_e - удельный вес соответственно наружного и внутреннего воздуха, Н/м^3 , определяемый по формуле

$$\gamma = \frac{3463}{273+t}, \quad (5.7a)$$

V - максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, м/с;

R_u — сопротивление воздухопроницанию, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$ определяемое для окон и балконных дверей по формуле [6]:

$$R_u = \frac{1}{G_H} \left(\frac{\Delta p_i}{\Delta p_1} \right)^{2/3} \quad (5.8)$$

G_H — нормативная воздухопроницаемость наружных ограждающих конструкций, $\text{кг} / (\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, находится из таблицы в [6];

l — длина стыков стеновых панелей, м.

$$Q_{\text{инф}} = 0.28L_n \rho_e c (t_p - t_{\text{ext}}) k, \quad \text{Вт} \quad (5.9)$$

где L_n - расход удаляемого воздуха, $\text{м}^3 / \text{ч}$, не компенсируемый подогретым приточным воздухом; для жилых зданий - удельный нормативный расход $3 \text{ м}^3 / \text{ч}$ на 1 м^2 жилых помещений;

ρ_e - плотность воздуха в помещении, $\text{кг} / \text{м}^3$.

Теплота, поступающая от системы отопления. Тепловая потребность помещения, которую должна обеспечивать система отопления, есть (см. формулу (5.1)):

$$Q_{\text{нотр}} = Q_{\text{огр}} + Q_{\text{инф}} - Q_{\text{быт.приб.}} - Q_v, \quad \text{Вт} \quad (5.10)$$

Одновременно

$$Q_{нотр} = Q_{рад} + Q_{подв}, \text{ Вт} \quad (5.11)$$

отсюда найдем:

$$Q_{рад} = Q_{нотр} - Q_{подв}, \text{ Вт} \quad (5.11a)$$

где $Q_{рад}$ - теплоотдача от радиаторов, Вт;

$Q_{подв}$ - теплоотдача от подводящих трубопроводов, Вт.

С помощью формул (5.10) и (5.11a) нужно найти и сопоставить действительную и требуемую теплоотдачу от радиаторов в квартире. При этом следует:

1. Найти $Q_{рад}^0$ - действительную теплоотдачу от радиаторов - из таблиц [4, 5] в зависимости от типа радиаторов, количества секций и расчетной температуры воздуха в помещении;

2. Найти $Q_{подв}$ по изложенной ниже методике и, подставив ее в формулу (5.11a), получить $Q_{рад}^m$ - требуемую теплоотдачу - и сопоставить ее с $Q_{рад}^0$.

$Q_{подв}$ найдем по методике, изложенной в [8]. Для этого по таблице определим площадь в эквивалентных квадратных метрах (экм) одного метра неизолированного участка трубопровода f_0 в зависимости от его диаметра. Найдем теплоотдачу с 1 экм по формуле:

$$q_0 = (4.815 + 0.03\Delta t)\Delta t, \quad (5.12)$$

где Δt - разность между температурой воды, поступающей в радиатор и расчетной температурой воздуха в помещении.

Тогда теплоотдача от подводящих труб вычисляется по формуле:

$$Q_{подв} = \sum f_0 q_0 L \beta_{тр}, \quad (5.13)$$

где $\beta_{тр}$ - поправочный коэффициент на статус подводящих трубопроводов и равен:

- а) 0.5 – для стояков;
 - б) 0.9 – для подводов к радиаторам;
 - в) 0.25 – для магистралей над потолком;
 - г) 0.75 - для магистралей под потолком;
- L - длина отдельных участков, м.

Теплоотдача с гладкотрубного змеевика $Q_{зм}$ в ванной рассчитывается по формуле, указанной в [8], Вт:

$$Q_{зм} = \frac{q_0^{эк} F_0}{\beta_1 \beta_2 \beta_3 \beta_4} \quad (5.13a)$$

где F_0 - площадь требуемой теплоотдающей поверхности змеевика, экм;

$\beta_1 = 1.0$ (для ванной комнаты); 1.03 (для других помещений)- поправочный коэффициент на остывание воды в трубопроводах;

$\beta_2 = 0.95$ – коэффициент учета числа секций;

$\beta_3 = 1.14$ (для ванной комнаты); 0.95 (для других помещений) – коэффициент учета способа подвода теплоносителя к нагревательному прибору и изменение теплоотдачи в зависимости от относительного расхода воды;

$\beta_4 = 1.0$ – коэффициент учета способа установки нагревательного прибора и различные укрытия.

Теплоотдача от бытовых электроприборов вычисляется по формуле[9]:

$$Q_{\text{быт.приб.}} = N\eta\tau, \text{ Вт} \quad (5.14)$$

где N - потребляемая прибором мощность, Вт;

η - коэффициент, учитывающий переход электрической энергии в тепловую;

τ - время работы прибора, с/сут.

Теплоотдача от человека вычисляется по формуле [9]:

$$Q_{\text{ч}} = n\beta_1\beta_2(2.16 + 8.87\sqrt{V_{\text{с}}})(35 - t_p)\tau_{\text{проб}}, \text{ Вт} \quad (5.15)$$

где n - количество человек в квартире;

β_1 - коэффициент, учитывающий интенсивность физической нагрузки:

- легкая работа 1.0,
- средняя работа 1.07,
- тяжелая работа 1.15;

β_2 - коэффициент, учитывающий утепленность одежды:

- легкая одежда 1.0,
- одежда средней утепленности 0.66,
- одежда высокой утепленности 0.5;

$V_{\text{с}}$ - подвижность воздуха в помещении, $0.10 - 0.12$ м/с;

$\tau_{\text{проб}}$ - время пребывания людей в помещении, с/сут.

Оценка удельной тепловой характеристики квартиры. Удельную тепловую характеристику квартиры можно рассчитать по формуле [9]:

$$q = \frac{Q_{\text{кв}}}{V_{\text{кв}}(t_p - t_{\text{ext}})}, \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}) \quad (5.16)$$

где $Q_{\text{кв}}$ - расчетные тепловые потери через наружные ограждения всеми помещениями квартиры, Вт;

$V_{\text{кв}}$ - объем квартиры по внешнему обмеру, м^3 .

Расчет годовых затрат теплоты. В [7] указывается, что для Санкт-Петербурга месяцы с октября по апрель включительно есть месяцы со среднемесячной температурой менее 8 $^\circ\text{C}$. Согласно [8], продолжительность отопительного сезона составляет 219 суток. При этом

средняя температура наружного воздуха в отопительный сезон составляет -2.2 °С.

Найдем годовые затраты теплоты по формуле [9]:

$$Q_{om, год} = 24 \cdot 3600 \frac{Q_{om}}{t_p - \overline{t_{oc}}} (\overline{t_p} - \overline{t_{oc}}) \Delta Z_{oc}, \text{ ГДж} \quad (5.17)$$

где Q_{om} - установочная тепловая мощность системы отопления по укрупненным показателям, Вт:

$$Q_{om} = 1.07 q V_{кв} (t_p - t_{ext}) \quad (5.18)$$

$\overline{t_{oc}}$ - средняя температура наружного воздуха в отопительный сезон, °С;

ΔZ_{oc} - продолжительность отопительного сезона, сут.

Таким образом вычислив все вышеприведенные компоненты можно составить тепловой баланс помещения, оценить его удельную тепловую характеристику и годовые затраты на отопление и выработать перечень мероприятий по сбережению тепловой энергии.

5.3.1 Нормирование потребления тепловой и электрической энергии

Нормирование расхода топливно-энергетических ресурсов – это установление плановой меры их потребления. Норма расхода ресурса - экономическая мера потребления этого ресурса на единицу продукции (работы, услуги) определенного качества в планируемых условиях производства.

Основной задачей нормирования является внедрение в практику планирования технически и экономически обоснованных прогрессивных норм расхода топлива, тепловой и электрической энергии с целью наиболее эффективного и рационального использования их при достижении их максимальной экономии. Нормы расхода топлива и энергии на нужды зданий жилищно-гражданского назначения служат для планирования потребления этих ресурсов, оценки эффективности их использования и для внедрения внутрипроизводственного хозрасчета.

Основными направлениями расходов топлива и энергии в зданиях жилищно-гражданского назначения являются: отопление жилых зданий; отопление и вентиляция общественных зданий и сооружений; горячее водоснабжение; холодное водоснабжение; пищеприготовление; электросиловая нагрузка; электронагревательная нагрузка; электроосвещение.

Для обеспечения требуемого теплового режима помещений зданий жилищно-гражданского назначения и удовлетворение санитарно-гигиенических нужд расходуется тепловая энергия источников централизованного теплоснабжения и котельно-печное топливо в

установках децентрализованного теплоснабжения. Нормирование расхода тепловой энергии осуществляют для зданий жилищно-гражданского назначения, подключенных к тепловым сетям центрального теплоснабжения и снабжаемых горячей водой от этих источников энергии [10].

Нормирование расхода электрической энергии осуществляют для всех зданий жилищно-гражданского назначения, подключенных к электрическим сетям системы централизованного электроснабжения. В зданиях жилищного фонда нормированию подлежит лишь расход электроэнергии на общедомовые нужды. Расход электроэнергии населением не нормируют.

Для расчета норм расхода топлива, тепловой и электрической энергии основными исходными данными являются [10]:

- первичная техническая и технологическая документации;
- технологические регламенты и инструкция, экспериментально проверенные энергобалансы и нормативные характеристики энергетического и технологического оборудования, сырья, паспортные данные оборудования, нормативные показатели, характеризующие наиболее рациональные и эффективные условия производства - коэффициент использования мощности, нормативы предельного расхода энергоносителей в производстве, удельные тепловые характеристики для расчета расхода за отопление и вентиляцию, нормативы потерь энергии при передаче и преобразовании и другие показатели;
- данные об объемах и структуре производства работы;
- данные о плановых и фактических удельных расходах топлива и энергии за прошедшие годы, а также акты проверок использования их в производстве;
- данные передового опыта отечественных и зарубежных предприятий, выпускающих аналогичную продукцию, по экономному и рациональному использованию энергии и достигнутым удельным расходам;
- план организационно-технических мероприятий по экономии топлива и энергии.

Норматив предельного расхода топлива, тепловой и электрической энергии за единицу работы является расчетным показателем, устанавливаемым с учетом лучших мировых достижений научно-технического прогресса. Норматив предназначен для оценки прогрессивности использования энергетического ресурса в планируемом к производству оборудовании.

Детальный порядок нормирования потребления различных видов топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) широко представлен в литературе

и в качестве примера можно рекомендовать «Методические указания по расчету норм расхода ТЭР для зданий жилищно-гражданского назначения» [10].

5.4 Оценка потенциала энергосбережения организации

Оценка энергоэффективности теплоэнергетического и тепло-технологического оборудования, теплогенерирующих установок, систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, пароснабжения, сбора и возврата конденсата, холодоснабжения, электроснабжения, использования вторичных энергоресурсов сводится к следующим основным мероприятиям [1].

1. Энергоэффективность систем электроснабжения включает эффективность системы освещения, электротехники и электроники, электрические сети, электрические машины и аппараты промышленных предприятий и объектов жилищно-коммунального хозяйства.

2. Энергоэффективность в вопросах теплообмена базируется на законах теплопроводности, конвективного, лучистого и сложного теплообмена, а также затрагивает вопросы интенсификации теплопередачи в теплообменных аппаратах, теплообмена излучением между телами и в газах, при кипении и конденсации, теорию использования теплоты для отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, технологических нужд промышленности и ЖКХ.

3. Энергоэффективность теплогенерирующих установок затрагивает вопросы расчета паровых и водогрейных котельных агрегатов, гелиоустановок, геотермальных установок, котлов-утилизаторов, теплонасосных установок. Разработка методик расчета ТГУ, горения, теплового баланса, топочных камер, конвективных поверхностей нагрева, расхода топлива позволяет выбрать наиболее экономичный и энергосберегающий вариант работы теплогенератора.

4. Энергоэффективность производственных и отопительных котельных основывается на проектировании и расчете рациональных тепловых схем котельных для закрытых и открытых систем теплоснабжения, экономии энергоресурсов при работе паровых и водогрейных котельных установок, экономии и сбережении воды в котельной, использовании современных приборов регулирования, контроля, управления и экономии энергоресурсов при эксплуатации котельных.

5. Энергоэффективность тепловых сетей касается вопросов повышения качества воды для систем теплоснабжения, использования современных теплообменников на тепловых пунктах, установки приборов расхода воды и учета теплоты, применения современных технологий

тепловой изоляции, замены элеваторных узлов на смесительные установки с датчиками температуры и расхода.

6. Энергоэффективность теплотехнологий охватывает разработку критериев энергетической оптимизации при производстве, передаче или сбережении тепловой энергии, баланса теплоты, интенсификации процессов теплопередачи, современных способов сжигания топлива, использования холодильных установок, тепловых насосов и тепловых трубок, эффективной тепловой изоляции, разработке методик расчета техникоэкономических показателей.

7. Энергоэффективность зданий и сооружений строится на сбережении теплоты в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Энергосбережение в зданиях и сооружениях включает в себя различные устройства: вентилируемых наружных стен, вентилируемых окон, трехслойного или теплоотражающего (в инфракрасном излучении) остекления, дополнительного утепления наружных ограждений, теплоизоляции стен за отопительным прибором, устройств застекленных лоджий.

Кроме того, для энергосбережения в зданиях и сооружениях возможно применение воздушного отопления от гелиоустановок, а также с использованием теплонасосных установок и энергии низкого потенциала (конденсата, воды, воздуха).

В промышленных зданиях и сооружениях в дополнение к этому возможно применение газовых инфракрасных излучателей, периодического режима отопления, локального обогрева рабочих площадок теплотой рециркуляционного воздуха из верхней зоны помещения, прямое испарительное охлаждение воздуха, использование вращающихся регенеративных воздухо-воздушных утилизаторов теплоты.

8. Энергоэффективность альтернативных (нетрадиционных и возобновляемых) источников энергии опирается на применении солнечных коллекторов и электростанций, тепловых насосов, гелиоустановок, фотоэлектрических и ветроэнергетических установок.

9. Энергоэффективность вторичных энергоресурсов (ВЭР) требует использования горючих, тепловых и ВЭР избыточного давления. Энергосбережение за счет использования ВЭР включает утилизацию теплоты уходящих топочных газов и воздуха, установки контактных теплообменников, использование холодильных установок в качестве нагревателей воды, использование теплоты сепараторов пара и пара вторичного вскипания конденсата, рециркуляцию сушильного агента.

10. Энергоэффективность систем сжатого воздуха на предприятиях оценивается отношением мощности компрессора, необходимой для поддержания давления в системе сжатого воздуха при неработающем предприятии, к средней мощности компрессора в период работы. На

предприятию должен быть список потребителей и схема распределения сжатого воздуха с указанием давления и размеров, а также временные графики работы. Энергоэффективность оценивается по объемам потребления сжатого воздуха и возможных мест утечек, работой клапанов на компрессорах, систем охлаждения компрессоров, систем регулирования воздухообмена в зависимости от нагрузок, температуры всасываемого воздуха и температуры сжатого воздуха.

11. Энергоэффективность систем водоснабжения и водоотведения предприятия оценивается по каждому виду используемой на предприятии воды (питьевой, технической), с указанием размеров труб, насосов и их характеристик (КПД, коэффициентов загрузки и мощности, наличия систем регулирования, режим работы). Энергоэффективность систем водоснабжения оценивается по утечкам, потерям давления и расходу воды. Энергоэффективность систем водоотведения оценивается количеством дренажных, ливневых и фекальных стоков.

12. Энергоэффективность холодильных установок на предприятиях оценивается путем исследования: характеристик электроприводов компрессоров, вентиляторов и насосов, системы регулирования температуры у потребителя, соблюдения параметров холодильного агента, состояния теплоизоляции трубопроводов и камер, расхода охлаждающей воды и ее температуры на входе и выходе.

На предприятиях наибольшее распространение имеют компрессионные и абсорбционные холодильные установки. Причем абсорбционные установки более энергоемкие, чем компрессионные. При энергоаудите определяют параметры холодильных установок, их режим работы и загрузку и следует знать, что все холодильные установки должны работать при возможно максимальной загрузке.

13. Энергоэффективность систем топливоснабжения предприятия определяется отдельно по каждому виду топлива (газ, мазут), в зависимости от давления, температуры и режимов работы систем топливоснабжения. Энергобаланс составляется по каждому виду топлива.

5.4.1 Разработка мероприятий по энергосбережению

При разработке рекомендаций необходимо выполнить следующие мероприятия [1].

1. Обосновать техническую суть предлагаемого усовершенствования, а также принципы получения экономии тепловой и электрической энергии в денежном эквиваленте.

2. Предопределить состав оборудования, необходимого для реализации рекомендации, его примерную стоимость, стоимость доставки, установки и ввода в эксплуатацию.

3. Рассчитать фактические показатели энергоэффективности и выявить причины их несоответствия нормативным показателям.

4. Рассчитать потенциальную экономию в физическом и денежном выражении на год и, возможно, на несколько лет вперед.

5. Рассмотреть все возможные формы снижения затрат, например изготовление и монтаж оборудования силами самого предприятия.

6. Найти возможные побочные эффекты от внедрения рекомендаций, влияющих на реальную экономическую эффективность.

7. Разработать организационно-технические мероприятия, направленные на повышение эффективности использования ТЭР по каждому показателю.

8. Провести ранжирование мероприятий по их энергетической эффективности, требуемым затратам и срокам окупаемости.

9. Провести оценку требуемых затрат для реализации энергосберегающих мероприятий, определить их технико-экономическую эффективность, сроки окупаемости.

10. Установить перечень работ, необходимых для реализации конкретных энергосберегающих мероприятий.

11. Дать оценку общего эффекта от предлагаемых рекомендаций с учетом всех вышеперечисленных пунктов.

Этап согласования отчетной документации по энергосбережению включает следующие мероприятия [1].

1. Акт (отчет) о выполненном энергетическом обследовании.

2. Выбор методики определения потенциала энергосбережения.

3. Результаты определения потенциала энергосбережения.

4. Выбор экономически обоснованной программы, рекомендаций и мероприятий по повышению эффективности использования ТЭР, снижению затрат на топливо и энергоснабжение.

5. Мероприятия по энергосбережению.

6. Топливо-энергетический баланс предприятия.

7. Энергетический паспорт предприятия.

Все рекомендации и мероприятия по оценке экономической эффективности следует классифицировать по трем основным категориям:

1) малозатратные – воплощаются в порядке текущей деятельности предприятия;

2) средnezатратные – осуществляются за счет средств предприятия;

3) высокзатратные – требуют дополнительных денежных средств или инвестиций и реализуются привлечением кредитов и займов.

В заключение все энергосберегающие рекомендации сводятся в одну таблицу, в которой они располагаются по трем категориям, перечисленным выше.

5.5 Энергетический паспорт и отчет о проведении энергетического обследования

Отчет по энергосбережению включает в себя информационный и аналитический обзор по всем видам энергетической деятельности предприятия. В пояснительной записке представляется вся информация об обследуемом учреждении, имеющая отношение к вопросам энергоиспользования, а также его общая характеристика.

В аналитической части приводится физический и финансовоэкономический анализ эффективности энергоиспользования, обосновываются энергосберегающие рекомендации и порядок их выполнения. Сводная таблица энергосберегающих рекомендаций выносится в начало или конец отчета и оформляется в виде общих выводов (резюме).

Отчет должен быть кратким и конкретным, все таблицы, расчеты, материалы обследования следует выносить в приложения. Основные числовые данные (состав энергоресурсов, ассортимент выпускаемой продукции, структуру энергопотребления, структуру затрат на энергоносители и ряд других) необходимо представлять в виде таблиц, графиков и круговых диаграмм. Суточные, недельные и годовые графики потребления различных видов энергоресурсов следует представлять в виде линейных или столбчатых графиков.

Энергетический паспорт потребителя ТЭР включает [1]:

- титульный лист энергетического паспорта потребителя ТЭР;
- общие сведения о потребителе ТЭР;
- сведения об общем потреблении энергоносителей;
- информацию о трансформаторных подстанциях;
- информацию о собственном производстве электрической и тепловой энергии, а также годовой баланс потребления электроэнергии;
- сведения о потреблении (производстве) тепловой энергии;
- информацию о составе и работе котельных;
- сведения о теплотехнологическом оборудовании;
- годовой баланс потребления тепловой энергии;
- сведения о потреблении котельно-печного и моторного топлива;
- сведения об использовании вторичных энергоресурсов, альтернативных топлив, возобновляемых источников энергии;
- сведения о показателях эффективности использования ТЭР;
- сведения об энергосберегающих мероприятиях по каждому виду ТЭР.

Типовые формы энергетического паспорта могут быть дополнены и утверждены в составе соответствующего нормативного документа.

В заключение темы отметим, что энергетическое обследование, энергоаудит, составление энергетических балансов зданий и сооружений, а

так же расчеты нормативных и действительных расходов ТЭР и, в конечном счете, составление энергетического паспорта организации или предприятия являются неотъемлемой частью мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности подотчетной организации.

Список литературы к пятой главе

1. Фокин В.М. Основы энергосбережения и энергоаудита. М.: «Издательство Машиностроение-1», 2006. 256 с.
2. Теплообмен и теплотехнический эксперимент: Справочник / Под общ. ред. В.А. Григорьева и В.М. Зорина. М.: Энергоиздат, 1982. 512 с.
3. Теплотехнический справочник / Под общ. ред. В.Н. Юрьева и П.Д.Лебедева. М.: Энергия, 1976. Т. 2. 896 с.
4. СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».
5. СНиП 2.04.07-86 «Тепловые сети».
6. СНиП II-3-79 «Строительная теплотехника».
7. СНиП 2.01.01- 82 «Строительная климатология и геофизика».
8. Богословский В.Н. и др. Отопление и вентиляция: Учебник для вузов / В. Н. Богословский, В. П. Щеглов, Н. Н. Разумов. – 2-е изд., перераб и доп. – М.: Стройиздат, 1980. – 295 с.
9. Богословский В.Н., Сканава А.Н. Отопление: Учебник для вузов. - М.:Стройиздат, 1991. – 735 с.
10. Методические указания по расчету норм расхода ТЭР для зданий жилищно-гражданского назначения - М.: ОНТИ АКХ им. К.Д. Памфилова, 1987. - 42 с
11. Пример энергетического паспорта // www.energo-pasport.com
12. Шаблон энергетического паспорта // www.energo-pasport.com

ГЛАВА 6

Методы и средства повышения энергетической эффективности

В предыдущих главах показана важная роль энергосбережения как основополагающего фактора развития экономики и повышения энергетической безопасности Российской Федерации; рассмотрены физические законы и принципы, лежащие в основе всех мероприятий по энергосбережению, особенности учета потребления ресурсов и погрешности, возникающие при различных способах учета; уделено значительное внимание изучению нормативно-правовой и законодательной базы, регулирующей отношения в данной области, а также экономическим и информационным аспектам энергосбережения.

Не раз отмечалось, что принятие Федерального закона от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» поставило перед учреждениями новые задачи, связанные с обеспечением рационального использования энергетических ресурсов. В частности, бюджетным организациям предписано ежегодное снижение энергопотребления в сопоставимых условиях на три процента от уровня потребления 2009 г.

Выполнение данного требования действующего законодательства невозможно без проведения организационных и технических мероприятий, направленных на энергосбережение и повышение энергетической эффективности, поэтому специалист, ответственный за энергосбережение в организации, обязан иметь представление о типовых мероприятиях, установленных законодательством и/или применяемых на практике, а также о существующих альтернативных путях развития энергетики, связанных с развитием использования возобновляемых и вторичных энергетических ресурсов.

6.1 Типовые мероприятия по повышению эффективности потребления тепловой и электрической энергии

В соответствии с ФЗ №261, статья 15, часть 1, одной из основных целей энергетического обследования является разработка перечня типовых общедоступных мероприятий (ТДМ) по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

Согласно Приказу Минэнерго РФ от 19.04.2010 г. №182, перечень ТДМ по энергосбережению составляется по форме согласно приложению

№21 Требования к энергетическому паспорту. При этом ТДМ делятся на три группы:

- организационные, малозатратные;
- средnezатратные;
- долгосрочные, крупнозатратные.

В перечне ТДМ рассматриваются, в основном, мероприятия для энергосберегающих и энергопотребляющих систем общего характера. При выборе мероприятий по конкретным технологическим процессам следует руководствоваться справочными документами для конкретных отраслей.

ТДМ общего характера подразумевают необходимость рассмотрения учреждения как целого, а также оценки потребностей и назначения различных систем, их энергетических характеристик и их взаимодействия. Кроме того, эти ТДМ включают следующие подходы [1]:

- Анализ и сравнение эффективности различных систем.
- Планирование мероприятий и инвестиций по оптимизации энергоэффективности с учетом экономической целесообразности и влияния на различные природные среды.
- В случае новых систем – оптимизация энергоэффективности при проектировании установки, агрегата или системы, а также при выборе технологических процессов.
- В случае существующих систем – оптимизация энергоэффективности посредством надлежащей эксплуатации и менеджмента, включая регулярный мониторинг и техническое обслуживание.

Поэтому ТДМ для отдельных систем, процессов и типов оборудования подразумевают, что ТДМ общего характера также применяются на соответствующих установках как часть их оптимизации. ТДМ для обеспечения энергоэффективности часто встречающихся видов деятельности, систем и процессов на установках можно охарактеризовать следующим образом.

Утилизация тепла

- Цели ТДМ состоят в поддержании КПД теплообменников посредством методов, названных ниже:
 - Периодический мониторинг КПД.
 - Предотвращение образования отложений и накипи или их удаление.

Методы для процессов охлаждения и соответствующие им ТДМ состоят в поиске полезного применения отходящего тепла вместо его рассеяния в процессе охлаждения. Там, где охлаждение необходимо, следует рассмотреть возможность применения свободного охлаждения (с использованием атмосферного воздуха).

Когенерация

- Цели ТДМ состоят в поиске возможностей для когенерации. При этом потребители могут находиться в пределах установки или за ее пределами (третья сторона).

Во многих случаях государственные органы (местного, регионального или федерального уровня) оказывают содействие в достижении соглашения с третьей стороной или сами являются таковой, см. ФЗ №190 «О теплоснабжении».

При снабжении электроэнергией цели ТДМ состоят в:

- повышении коэффициента мощности в соответствии с требованиями местного поставщика электроэнергии при помощи доступных методов;
- проверке системы энергоснабжения на наличие высших гармоник и, при необходимости, использовании фильтров;
- оптимизации эффективности системы энергоснабжения.

Подсистемы с электроприводом

Замена электродвигателей энергоэффективными двигателями (ЭЭД) и приводами переменной скорости представляет собой одну из очевидных мер повышения энергоэффективности. Однако целесообразность таких мер должна рассматриваться в контексте всей системы, в которой используются двигатели; в противном случае, существуют риски:

- Потери потенциальных выгод от оптимизации способа эксплуатации и размера систем и, как следствие, от оптимизации потребностей в электроприводах.
- Потерь энергии в результате применения приводов переменной скорости в неподходящем контексте.
- Цели ТДМ состоят в применении следующей последовательности шагов по оптимизации электроприводов:
 - Оптимизируйте всю систему, в состав которой входят электроприводы (например, систему охлаждения).
 - Затем оптимизируйте приводы в системе в соответствии с вновь определенными требованиями к нагрузке, используя один или несколько известных методов, там, где они применимы.
 - После оптимизации энергопотребляющих систем оптимизируйте оставшиеся (неоптимизированные) двигатели, используя известные методы и следующие критерии (рекомендуются Директивами Европейского Союза):
 - Оставшиеся двигатели, эксплуатируемые более 2000 часов в год, являются приоритетными для замены ЭЭД.
 - Для приводов, эксплуатируемых с переменной нагрузкой, работающих с мощностью менее 50% от максимальной

более 20% времени эксплуатации и работающих более 2000 часов в год следует рассматривать возможность замены приводами переменной скорости.

6.1.1 Список типовых мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности

Нижеприведенный список типовых общедоступных мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности составлен на основании литературных источников [1, 2] и практического опыта.

Производство энергии

1. Применение пиковых энергоустановок для выравнивания возникающих пиковых нагрузок в коммунальном хозяйстве, промышленности.

2. Использование детандер - генераторов на избыточном давлении газа для выработки электрической энергии, холода, тепловой энергии.

3. Использование незагруженных промышленных отборов турбин для выработки тепловой энергии для замещения котельных и т.п.

4. Использование низкопотенциального тепла энергоисточников для целей отопления, вентиляции и кондиционирования.

5. Утилизация физического тепла уходящих газов топливоиспользующих установок.

6. Реконструкция водоподготовительных установок теплоисточников.

7. Переход на рекуперативные и регенаривные горелки. Снижение коэффициента расхода воздуха на горение.

8. Переход на гранулированное топливо из древесных отходов, древесины, соломы и т.п.

9. Использование возобновляемых источников энергии в зависимости от климатических условий территории.

10. Применение тепловых насосов в системах теплоснабжения.

11. Замена устаревшего оборудования угольных ТЭС, замещение его новыми установками с использованием эффективных экологически чистых угольных технологий.

12. Замена выработавших ресурс ДЭС (дизельных электростанций). Строительство новых ДЭС с использованием современных технологий (когенерация и тригенерация энергии, мини-ТЭС, комбинированные энергоустановки).

13. Замена котельных, выработавших ресурс, или имеющих избыточные мощности на мини-ТЭС.

14. Сокращение расходов энергоносителей на собственные нужды источников.

16. Создание автоматизированных систем управления энергоблоками, объектами (АСКУЭ / АСКУ ТЭР и др.).

Системы теплоснабжения

1. Внедрение систем контроля и диагностики текущего состояния трубопроводов.
2. Внедрение современных видов изоляций трубопроводов (ППУ, ППМ изоляции).
3. Строительство дренажных устройств для осушения каналов.
4. Замена центральных тепловых пунктов (ЦТП) на индивидуальные (ИТП).
5. Диспетчеризация тепловых сетей и систем контроля энергопотребления.
6. Организация системы защиты от коррозии трубопроводов.
7. Установка частотно-регулируемых электроприводов на системы отопления, ГВС, водоснабжения.
8. Внедрение системы стимулирования эксплуатационного персонала за снижение фактических потерь в тепловых сетях.

Системы электроснабжения

1. Проведение комплекса работ по техническому перевооружению и реконструкции электросетевых объектов энергосистемы, установка компенсаторов реактивной мощности, осуществление глубоких высоковольтных вводов.
2. Организация системы управления графиками нагрузки потребителей в целях выравнивания пиковой нагрузки на сети.
3. Реконструкция сетей с минимизацией удельных затрат на единицу их протяженности.
4. Компенсация реактивной мощности у потребителей (0,4 кВ).
5. Реконструкция подстанций, замена устаревших трансформаторов с максимальными потерями.
6. Организация технологического учета электроэнергии.
7. Совершенствование системы коммерческого и технического учета электроэнергии в электрических сетях и у потребителей.
8. Применение устройств для защиты осветительных приборов и указателей от атмосферных осадков.
9. Применение современных энергосберегающих ламп.
10. Использование светоотражающей окраски.
11. Использование светильников на солнечных батареях.
12. Замена указателей на светодиодные с питанием от солнечных батарей.
13. Создание естественной вентиляции для проветривания и безопасного функционирования подземных сооружений.
14. Использование светоотражающего покрытия в тоннелях.
15. Создание системы диагностики по выявлению источников затопления в тоннелях.

16. Применение электрохимической защиты и высокоэффективных катодных станций.

17. Использование светодиодных шнуров для обозначения габаритов строительных конструкций.

Обрабатывающие производства

1. Создание комиссии по энергосбережению для выявления нерационального использования энергоресурсов, с участием первых руководителей предприятия.

2. Обучение специалистов деятельности в области энергетических обследований.

3. Разработка и реализация программ по утилизации вторичных, возобновляемых энергоресурсов.

4. Создание системы энергетического анализа хозяйственной деятельности предприятия, организации.

5. Использование собственных комбинированных установок (ГТУ, ПГУ) для повышения эффективности использования ТЭР, покрытия пиковых нагрузок (когенерация, тригенерация).

6. Переход на оборотные циклы водоснабжения. Децентрализация воздухооборудования.

7. Регулярная разработка режимных, технологических карт на энергетическое, технологическое оборудование.

8. Для строящихся и реконструируемых объектов по производству тепловой энергии, мощностью более 5 Гкал/час – обеспечение комбинированной выработки тепловой и электрической энергии, см. п.7 Правил установления требований энергетической эффективности..., утв. Постановлением Правительства РФ от 31.12.2009 г. №1221.

9. Совершенствование технологических процессов за счет специализации и концентрации отдельных энергоемких производств (литейных, термических, гальванических и др.).

10. Применение эффективных электродвигателей.

11. Внедрение частотно-регулируемого электропривода.

12. Внедрение систем эффективного производственного освещения.

13. Внедрение систем эффективного пароснабжения и возврата конденсата водяного пара.

14. Внедрение эффективных систем сжатого воздуха с использованием современного компрессорного оборудования.

Бюджетные и муниципальные учреждения

1. Развитие лимитирования на потребление энергоресурсов.

2. Включение в статью затрат учета/биллинга стоимости обслуживания приборов учета энергоносителей.

3. Создание системы персональных стимулов для сотрудников организаций при проведении энергосберегающих мероприятий.

4. Выбор оборудования с учетом энергосберегающих характеристик.
5. Смещение начала рабочего дня в случае снижения потребления энергоресурсов.
6. Снижение температуры воздуха в помещениях в ночные часы и выходные дни.
7. Наладка режимов вентиляции. Установка рекуператоров для утилизации тепла воздуха.
8. Установка компенсаторов реактивной мощности у потребителей.
9. Использование индивидуальных тепловых пунктов (ИТП), с установкой частотно-регулируемого привода насосов.
10. Повышение эффективности систем освещения бюджетных зданий и зданий сферы услуг. Замена ламп накаливания.
11. Переход на системы учета тепловой энергии, природного газа и электроэнергии всех объектов бюджетной сферы и сферы услуг.

6.1.2 Технические мероприятия по энергосбережению и пределы годовой экономии

В таблице 6.1 представлены типовые мероприятия и уровень среднегодовой экономии энергоресурса, достигаемый при их реализации, составленной по [3].

Таблица 6.1 Виды мероприятий и пределы годовой экономии [3]

| № п.п | Наименование мероприятия | Пределы годовой экономии, % |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| Системы освещения | | |
| 1 | Замена ламп накаливания и на энергосберегающие | до 55-70 % от потребляемой ими электроэнергии |
| 2 | Переход на другой тип источника света с более высокой светоотдачей | до 8 % от потребляемой ими электроэнергии |
| 3 | Замена люминесцентных ламп на лампы того же типоразмера меньшей мощности: 18 Вт вместо 20, 36 Вт вместо 40, 65 Вт вместо 80. | до 5 % от потребляемой ими электроэнергии |
| 4 | Применение энергоэффективной пускорегулирующей аппаратуры (ПРА) газоразрядных ламп | 11 % от потребляемой ими электроэнергии |
| 5 | Оптимизация системы освещения за счет установки нескольких выключателей и деления площади освещения на зоны | 10-15% |

| Системы отопления | | |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1 | Установка прибора учета тепловой энергии | До 30% от потребления тепловой энергии |
| 2 | Составление руководств по эксплуатации, управлению и обслуживанию систем отопления и периодический контроль со стороны руководства учреждения за их выполнением | 5-10 % от потребления тепловой энергии |
| 3 | Гидравлическая наладка внутренней системы отопления | До 15 % |
| 4 | Автоматизация систем теплоснабжения зданий посредством установки индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) | 20-30 % от потребления тепловой энергии |
| 5 | Ежегодная химическая очистка внутренних поверхностей нагрева системы отопления и теплообменных аппаратов | 10-15% |
| 6 | Снижение тепловых потерь через оконные проемы установкой третьего стекла и утепление оконных рам | 15-30 % |
| 7 | Улучшение тепловой изоляции стен, полов и чердаков | 15-25 % |
| 8 | Снятие декоративных ограждений с радиаторов отопления и установка теплоотражателей за радиаторами | до 15 % |
| Системы горячего водоснабжения (ГВС) | | |
| 1 | Составление руководств по эксплуатации, управлению и обслуживанию систем ГВС и периодический контроль со стороны руководства учреждения за их выполнением | 5-10 % от потребления горячей воды |
| 2 | Автоматизация регулирования системы ГВС | 15-30% от потребления тепловой энергии |
| 3 | Оснащение систем ГВС счетчиками расхода горячей воды | 15-30 % от потребления горячей воды |
| 4 | Снижение потребления за счет оптимизации расходов и регулирования температуры | 10-20 % от потребления горячей воды |
| 5 | Применение экономичной водоразборной арматуры | 15-20 % |
| Системы водоснабжения | | |
| 1 | Сокращение расходов и потерь воды | до 50 % от объема потребления воды |

| | | |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 2 | Установка счетчиков расхода воды | до 30 % от объема потребления воды |
| 3 | Применение частотного регулирования насосов систем водоснабжения | до 50 % потребляемой электроэнергии |
| 4 | Применение экономичной водоразборной арматуры | 30-35 % |
| Системы вентиляции | | |
| 1 | Замена устаревших вентиляторов с низким КПД на современные с более высоким КПД | 20-30 % от потребления ими электроэнергии |
| 2 | Отключение вентиляционных установок во время обеденных перерывов и в нерабочее время | 10 - 50 % |
| 3 | Применение блокировки вентилятора воздушных завес с механизмами открывания дверей | до 70% от потребляемой ими электроэнергии |
| 4 | Применение устройств автоматического регулирования и управления вентиляционными установками в зависимости от температуры наружного воздуха | 10-15 % |
| Системы кондиционирования | | |
| 1 | Включение кондиционера только тогда, когда это необходимо | 20-60 % от потребляемой ими электроэнергии |
| 2 | Исключение перегрева и переохлаждения воздуха в помещении | до 5 % |
| 3 | Поддержание в рабочем состоянии регуляторов, поверхностей теплообменников и оборудования | 2-5 % |
| Котельные | | |
| 1 | Составление руководств и режимных карт эксплуатации, управления и обслуживания оборудования и периодический контроль со стороны руководства учреждения за их выполнением | 5-10 % от потребляемого топлива |
| 2 | Поддержание оптимального коэффициента избытка воздуха и хорошего смешивания его с топливом | 1-3 % |
| 3 | Установка водяного поверхностного экономайзера за котлом | до 5-6 % |
| 4 | Применение за котлоагрегатами установок глубокой утилизации тепла, установок использования скрытой теплоты парообразования уходящих дымовых газов (контактный теплообменник) | до 15 % |
| 5 | Повышение температуры питательной воды на входе в барабан котла | 2 % на каждые 10 °С |

| | | |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 6 | Подогрев питательной воды в водяном экономайзере | 1% на 6 °С |
| 7 | Содержание в чистоте наружных и внутренних поверхностей нагрева котла | до 10 % |
| 8 | Использование тепловыделений от котлов путем забора теплого воздуха из верхней зоны котельного зала и подачей его во всасывающую линию дутьевого вентилятора | 1-2 % |
| 9 | Теплоизоляция наружных и внутренних поверхностей котлов и теплопроводов, уплотнение клапанов и тракта котлов (температура на поверхности обмуровки не должна превышать 55 °С) | до 10 % |
| 10 | Перевод котельных на газовое топливо | в 2-3 раза снижается стоимость 1 Гкал |
| 11 | Установка систем учета расходов топлива, электроэнергии, воды и отпуска тепла | до 20 % |
| 12 | Автоматизация управления работой котельной | до 30 % |
| 13 | Модернизация котлов типа ДКВР для работы в водогрейном режиме | КПД увеличивается до 94% |
| 14 | Установка или модернизация системы водоподготовки | до 3 % подпиточной воды |
| 15 | Применение частотного привода для регулирования скорости вращения насосов, вентиляторов и дымососов | до 30 % от потребляемой ими электроэнергии |

Приведенные в таблице величины экономии энергоносителей являются ориентировочными. При проведении энергетического обследования появится возможность более точно рассчитать экономию энергоносителей от внедрения того или иного энергосберегающего мероприятия. Так же ориентировочную величину экономии энергоресурсов, которой располагает обследуемое учреждение, можно оценить, используя результаты многочисленных энергетических обследований.

6.1.3 Организационные и малозатратные мероприятия

К организационным и малозатратным мероприятиям направленным на повышение эффективности энергопотребления относятся типовые мероприятия, утвержденные приказами Минрегионразвития № 61 от 17 февраля 2010 г. и № 394 от 2 сентября 2010 г.

Значительный потенциал энергосбережения сосредоточен в организационных мероприятиях, позволяющих с минимальными финансовыми затратами повысить эффективность использования энергоресурсов. В условиях современных объемов использования ТЭР и

высоких платежей за них применение организационных мероприятий позволяет экономить по разным данным до 20-25% потребляемых энергоресурсов.

Перечень организационных энергосберегающих мероприятий

1. Разработка Положения об энергосбережении для учреждения;
2. Разработка Положения о порядке стимулирования работников за экономию энергии и энергоресурсов;
3. Назначение лиц, ответственных за соблюдения режима экономии и порядка отчётности по достигнутой экономии;
4. Назначение лиц, ответственных за реализацию мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности учреждения;
5. Регулярное проведение совещаний по энергосбережению;
6. Разработка и утверждение программы энергосбережения учреждения;
7. Использование в общедоступных местах агитационных плакатов по тематике сбережения энергоресурсов;
8. Назначение лица, ответственного за соблюдением режима подачи тепла и электрической энергии;
9. Финансовый учет экономического эффекта от проведения энергосберегающих мероприятий и организация рефинансирования части экономии в проведении новых энергосберегающих мероприятий;
10. Принятие Положения о порядке размещения заказа на проведение энергосберегающих мероприятий в организации;
11. Осуществление контроля над тем, чтобы закупка товаров, услуг, соответствовала правилам энергетической эффективности;
12. Обучение обслуживающего персонала учреждений способам и условиям энергосбережения;
13. Принятие нормативных и распорядительных документов по мотивации персонала в энергосбережении;
14. Определение возможности замены устаревших электроприемников (во всех системах энергоснабжения) на современные с высокой энергетической эффективностью;
15. Пересмотр договорных отношений с поставщиками энергоресурсов с внесением в них данных о разграничении балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности; о приборах коммерческого учета, по показаниям которых в дальнейшем будет производиться оплата за потреблённые энергоресурсы;
16. Мониторинг исполнения договоров на поставку энергоресурсов.

Перечень технических энергосберегающих мероприятий

1. Окраска поверхностей производственных помещений и оборудования в светлые тона для повышения коэффициента использования естественного и искусственного освещения;

2. Применение светодиодных светильников для уличного и дежурного освещения.
3. Применение аппаратуры для зонального отключения по уровням освещенности;
4. Применение автоматических выключателей для дежурного освещения;
5. Регулярная очистка прозрачных элементов светильников и датчиков автоматического отключения;
6. Замена вентиляльных кранов на рычажные и клавишные;
7. Рационализация расположения источников света в помещениях;
8. Закрытие неиспользуемых помещений с отключением отопления;
9. Применение регулируемого отпуска тепла (по времени суток, по погодным условиям, по температуре в помещениях);
10. Обеспечение выключения электроприборов из сети при их неиспользовании (вместо перевода в режим ожидания);
11. Установка дополнительных тамбуров при входных дверях;
12. Применение осветительных приборов с электронной пускорегулирующей аппаратурой;
13. Применение светорегулирующих систем (диммирование);
14. Максимальное использование естественного освещения в дневное время и автоматическое управление искусственным освещением в зависимости от уровня естественного освещения. Управление включением освещения может осуществляться от инфракрасных датчиков, присутствия людей или движения;
15. Применение автоматических выключателей для систем дежурного освещения в зонах временного пребывания персонала.

6.2 Повышение энергоэффективности зданий и сооружений

При разработке мероприятий по энергосбережению или проведению энергоаудита из проекта здания определяют параметры всех элементов систем отопления, вентиляции и кондиционирования и их расчетные характеристики. Необходимо также уточнение годового режима работы систем управления и измерения параметров воздуха. Расчетную нагрузку установок вентиляции и кондиционирования определяют из проекта предприятия или организации.

При отсутствии таких данных ее можно определить аналитическими методами с учетом наружного и внутреннего объема зданий, удельной вентиляционной характеристики и температуры воздуха внутри и вне здания. Основными характеристиками, которые должны определяться при обследовании систем вентиляции, являются: фактические коэффициенты загрузки, время работы установок в течение суток, температура воздуха

внутри помещения и средняя температура наружного воздуха, кратность воздухообмена.

Мероприятия по энергосбережению в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха сводятся к следующему [1, 2].

1. Применение экономически целесообразного сопротивления теплопередачи наружных ограждений при строительстве и дополнительного утепления наружных стен при реконструкции зданий для увеличения сопротивления теплопередачи наружных стен и снижения тепловых потерь здания за счет улучшения его теплозащитных свойств и применения эффективных теплоизоляционных материалов.

2. Устройство вентилируемых наружных стен для повышения уровня тепловой защиты наружных стен.

3. Тепловая защита наружной стены в месте установки отопительного прибора для снижения тепловых потерь от наружных ограждений (стены), к которым прилегают отопительные приборы.

4. Устройство вентилируемых окон для сокращения воздухопроницаемости и увеличения сопротивления теплопередачи оконных блоков.

5. Установка дополнительного (тройного) остекления для сокращения воздухопроницаемости и увеличения сопротивления теплопередачи оконных блоков

6. Применение теплопоглощающего и теплоотражающего остекления для сокращения тепlopоступлений в помещения от солнечной радиации, что приводит к комфорту в помещениях.

7. Устройство застекленных лоджий для сокращения расхода проникающего в помещение наружного холодного воздуха в зимний период и повышения температуры в лоджии (за наружной стеной помещения).

Мероприятия по энергосбережению в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, связанные с режимом работы [1, 2]:

1. Периодический режим работы системы отопления.

Периодический режим работы системы отопления применяют в производственных, гражданских, учебных, спортивных, торговых, административных зданиях, используемых для работы 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.

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. Воздушное отопление совмещается с приточной вентиляцией и в режиме форсированного нагрева работает в режиме полной рециркуляции воздуха.

Работа систем периодического отопления поддается автоматизации и программному управлению поддержания расчетного режима. На случай неожиданного резкого понижения температуры наружного воздуха в контрольных помещениях устанавливают датчики допустимой минимальной температуры внутреннего воздуха. По сигналу от них включается система отопления в дополнительном режиме. Экономия энергии тем больше, чем продолжительнее период охлаждения. Для уменьшения продолжительности форсированного нагрева следует увеличить теплоустойчивость ограждений, максимально интенсифицировать теплоотдачу к ограждениям, применяя, например,

направленные струи воздушного отопления или используя источники лучистой энергии (излучатели), направленные на ограждения.

Приведем дополнительные мероприятия по энергосбережению.

1. Отопление помещений теплотой рециркуляционного воздуха. Теплоту рециркуляционного воздуха рекомендуется использовать для производств, в которых допускается рециркуляция воздуха, а также при температуре воздуха в верхней зоне более 30 °С и подачи воздуха на расстояние не более 15 м. Нагретый воздух забирается из верхней зоны производственного помещения, очищается от пыли и вентилятором по воздуховодам нагнетается в приточный насадок (цилиндрической или щелевой формы). Энергосбережение обеспечивается за счет утилизации теплоты удаляемого воздуха.

2. Применение вращающихся регенеративных воздухо-воздушных утилизаторов теплоты.

3. В системах воздушного отопления для жилых, общественных, производственных, сельскохозяйственных зданий и сооружений, а также гостиниц, в которых функция отопления совмещается с вентиляцией, воздух для отопления нагревается в калориферах или воздухоподогревателях горячей водой, паром, горячим воздухом или другим теплоносителем. Процесс теплообмена может осуществляться двумя путями:

1) нагретый воздух по специальным каналам через воздухораспределительные решетки поступает в помещение и смешивается с внутренним воздухом;

2) нагретый воздух перемещается во внутренних каналах, окружающих помещение, нагревая при этом стенки помещения, теплота от которых передается внутреннему воздуху помещения. Охладившийся воздух по другим каналам возвращается в калорифер для повторного нагрева или выбрасывается частично в атмосферу, когда температура воздуха в помещении высокая.

Таким образом, система воздушного отопления может быть с полной рециркуляцией, когда воздух полностью возвращается для повторного нагрева, или частичной рециркуляцией, когда воздух частично выбрасывается в атмосферу и частично повторно нагревается. Системы воздушного отопления фактически являются комбинированными системами отопления и вентиляции.

Преимущества систем воздушного отопления: обеспечение равномерности температуры по объему помещения, возможность очистки и увлажнения воздуха, отсутствие отопительных приборов в помещении. Недостатки систем воздушного отопления: большие поперечные сечения воздуховодов по сравнению с трубами водяного и парового отопления,

меньший радиус действия по сравнению с теми же системами, потери теплоты при недостаточной теплоизоляции воздуховодов.

Для снижения энергетических затрат на подогрев наружного воздуха возможно использование регенеративных теплообменников, позволяющих утилизировать теплоту горячего вытяжного воздуха. В системах воздушного отопления сокращаются потери теплоты за счет отсутствия радиаторных ниш – участков наружных ограждений, имеющих место в водяных и паровых системах отопления.

Энергосбережение при применении воздушного отопления достигается и за счет автоматизации системы при малой теплоемкости воздуха, а также за счет возможного поддержания в нерабочее время в помещении более низкой температуры воздуха и быстром нагреве помещения перед началом рабочего дня.

4. Периодический режим работы систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Периодические режимы работы систем вентиляции и кондиционирования воздуха применяют для стабилизации температуры, влагосодержания и газового состава воздуха. Они наиболее эффективны при обслуживании помещений большого объема в общественных зданиях с переменным заполнением (зрительные, торговые, спортивные залы, залы ожидания), где одновременно изменяются температура, влажность и состав воздуха (содержание углекислого газа и кислорода).

Снижение энергопотребления системами вентиляции и кондиционирования воздуха обеспечивается изменением расхода воздуха требуемых параметров, применением сложных и дорогостоящих воздухораспределителей, использованием совершенных методов регулирования работы вентилятора, сложной системы автоматизации. Альтернативным способом регулирования систем может служить периодическое вентилирование помещений в зависимости от состояния воздуха помещения, чем и обеспечивается экономия электрической и тепловой энергии. Продолжительность перерыва зависит от кратности воздухообмена, объема помещения, состава воздуха. Функциональные схемы автоматического управления контролируют концентрацию углекислого газа, изменения влажности и температуры воздуха.

5. Устройство воздушных завес. Воздушные завесы устанавливают при входе, у открытых проемов в общественных и промышленных зданиях и сооружениях, цехах, торговых центрах, магазинах, в многоэтажных жилых зданиях при часто открывающихся входных дверях или со значительными по площади воротами. Мероприятие направлено на снижение затрат теплоты на нагрев воздуха, поступающего через входы, въезды и проемы. Применяют комбинированные воздушно-тепловые

завесы с тамбуром и без него, а забор воздуха осуществляется из помещения или снаружи.

Энергосбережение достигается за счет снижения потребности в теплоте на нагрев приточного воздуха и затрат электроэнергии на его перемещение.

6. Система отопления помещений с применением газовых инфракрасных излучателей. Система предназначена для обогрева постоянных и временных рабочих мест производственных и вспомогательных помещений; помещений и конструкций на открытых и полуоткрытых площадках в процессе строительства зданий и сооружений; систем снеготаяния, на кровлях зданий и сооружений.

Отопительными приборами служат горелки инфракрасного излучения. В горелке используется газ низкого давления с предварительным смешением газа и воздуха, а температура излучающей поверхности достигает примерно 850 °С. При такой температуре около 60 % теплоты, выделяющейся при сгорании газа, передается излучением в виде инфракрасных (тепловых) лучей. Размещение горелок в помещении или на открытой площадке, число их рядов, расстояние между горелками в ряду, высоту их подвески над полом, угол наклона горелок, определяется исходя из норм облученности и типа горелок.

Энергосбережение достигается за счет уменьшения отапливаемого объема помещения, отсутствия перегрева верхней зоны помещения, малой тепловой инерции и применения автоматики управления.

7. Газовоздушное лучистое отопление. Газовоздушное отопление применяется для производственных помещений, сборочных, механических, ремонтных цехов, депо, гаражей, ангаров.

Функцию отопительных приборов выполняют трубопроводы с высокой температурой, проложенные в верхней зоне помещения, не ниже 4,5 м от пола. Внутри труб циркулирует смесь нагретого воздуха с продуктами сгорания топлива, чем обеспечивается высокая температура трубопроводов. Передача теплоты с поверхности труб к воздуху помещения происходит за счет суммарного теплообмена – конвекцией и лучеиспусканием. Однако, чем выше температура трубопровода, тем больше доля передачи теплоты за счет лучистого теплообмена.

Теплоизлучающие трубы имеют диаметр до 0,4 м и собирают на фланцах. Для уменьшения потерь теплоты в верхнюю часть или неработающую зону помещения трубы закрывают сверху эффективной тепловой изоляцией, а сбоку вдоль труб устанавливают продольные металлические экраны (kozyрьки), желательна с высокой степенью черноты (окрашенные козырьки). Температура теплоносителя, циркулирующего по трубопроводам, должна исключать эффект точки росы на внутренней поверхности труб и низкотемпературной коррозии.

Энергосбережение достигается за счет отсутствия перегрева верхней зоны и сохранения условий теплового комфорта в рабочей зоне.

8. Применение теплонасосных установок и энергии низкого потенциала (конденсата, воздуха).

6.3 Энергосбережение в системах отопления зданий и сооружений

Для того чтобы человек, находясь в помещении (жилом, производственном и пр.), чувствовал себя комфортно, необходимо создать температурную обстановку, при которой организм не испытывал бы охлаждения или перегрева. Вопрос обеспечения нормальной температурной обстановки особенно актуален в холодное время года. Ведь помимо проблемы поддержания в помещении необходимой температуры воздуха, возникает проблема энергопотребления, в частности, вопросы энергосбережения и нехватки энергии, связанные с избытком или недостатком теплоты, которые в весенне-летний период не столь ярко выражены.

В помещениях зданий в холодный период года создают и поддерживают тепловой режим, соответствующий задаваемым тепловым условиям и отвечающий требованиям технологического процесса. При этом тепловой режим в помещениях бывает и постоянным, и переменным в зависимости от назначения зданий. Жилые здания относятся к зданиям с постоянным тепловым режимом.

Постоянный тепловой режим в помещениях поддерживают круглосуточно в течение всего отопительного сезона в соответствии с требованиями теплового комфорта. Чтобы определить, требуется ли отопление и какой мощности, сопоставляют теплопотери и теплопоступления в расчетном установившемся режиме, когда возможен наибольший дефицит теплоты.

Уравнивание теплопоступлений (включая теплопоступления от отопительной установки) и теплопотерь называют сведением теплового баланса помещений. Если теплопотери превышают внутренние тепловыделения, то отопление необходимо. Если в здании, обычно производственном, теплопотери меньше тепловыделений, то отапливать помещения не нужно, в этом случае необходимо принять специальные меры для устранения теплоизбытка и достижения теплового баланса (например, средствами приточной вентиляции).

В жилых зданиях учитывают только теплопотери через ограждающие конструкции и теплотраты на нагревание наружного воздуха, поступающего в помещения путем инфильтрации или для вентиляции. Теплопоступления в помещения происходят вследствие выделений

теплоты людьми, теплопроводами и нагревательным технологическим оборудованием (печи, трубы, приборы и пр.), источниками искусственного освещения и работающим электрическим оборудованием, нагретыми материалами и изделиями.

6.3.1 Классификация систем отопления

По способу подачи воды системы теплоснабжения разделяются на закрытые и открытые, двух- и четырехтрубные и другие.

В закрытых системах теплоснабжения вода из теплосети не отбирается, а используется только как теплоноситель в водо-водяных теплообменниках для подогрева холодной водопроводной воды, поступающей в систему горячего водоснабжения. Главные преимущества закрытой системы теплоснабжения: стабильное качество горячей воды и простота контроля плотности системы. Основные недостатки – сложность оборудования и эксплуатации абонентских вводов горячего водоснабжения; коррозия установок из-за поступления в них водопроводной воды, а также образование накипи и шлама в трубопроводах горячего водоснабжения [10].

В открытых системах теплоснабжения вода забирается непосредственно из тепловой сети и подается в систему горячего водоснабжения. Котельная установка в этом случае имеет дополнительные элементы: бак аккумулятор для создания запаса воды на горячее водоснабжение в часы максимального потребления, перекачивающие насосы и др. Основные преимущества открытых систем теплоснабжения: простые и недорогие абонентские вводы горячего водоснабжения, их долговечность; возможность использования однетрубных линий.

Недостатки открытых систем теплоснабжения: усложнение и удорожание оборудования водоподготовки и подпиточных устройств; нестабильность воды, поступающей на горячее водоснабжение по санитарным показателям (цветность, запах); усложнение контроля утечек теплоносителя и герметичности системы [10].

Двухтрубные системы теплоснабжения имеют общий подающий трубопровод горячей воды для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения и общий обратный трубопровод и применяются в основном при тепловых нагрузках более 58 МВт.

Четырехтрубные системы теплоснабжения применяются при нагрузках до 58 МВт и при небольшом радиусе расположения потребителей. Котельная имеет две водонагревательные установки: одна – для подогрева воды системы отопления и вентиляции, другая – для подогрева воды системы горячего водоснабжения.

Тепловые потребители могут присоединяться непосредственно к тепловым сетям через центральные тепловые пункты (ЦТП) или индивидуальные тепловые пункты (абонентские вводы), в которых

осуществляется приготовление и подача горячей воды нужных параметров для целей отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.

В закрытых системах теплоснабжения подача холодной воды на горячее водоснабжение осуществляется через водо-водяные теплообменники, в которых водопроводная вода подогревается до температуры +60...65 °С. В открытых системах теплоснабжения вода на горячее водоснабжение отбирается непосредственно из тепловой сети.

Системы отопления присоединяют к теплосети по одной из схем [5]:

- независимой – нагрев воды осуществляется в теплообменнике;
- зависимой, при непосредственном подключении к теплосети;
- с подключением через элеватор, в котором смешивается вода из подающего и обратного трубопроводов и достигается нужная температура воды, идущей на отопление;
- с установкой подмешивающего насоса на перемычке между подающей и обратной линией.

Тепловые нагрузки отопления, вентиляции, горячего водоснабжения в теплосетях регулируют централизованно с помощью изменения [5]:

- температуры воды в подающем трубопроводе теплосети без регулирования расхода воды (качественное регулирование);
- расхода сетевой воды при сохранении постоянной температуры воды в подающем трубопроводе (количественное регулирование);
- температуры воды в подающем трубопроводе теплосети с соответствующим изменением расхода воды (качественно-количественное регулирование).

Для корректирования регулирования (центрального) в тепловых сетях проводится дополнительно групповое местное регулирование на центральных тепловых пунктах, тепловых пунктах зданий, а также местное, индивидуальное регулирование на отдельных приборах. В рассматриваемых тепловых схемах котельных в тепловых сетях принято качественное регулирование тепловой нагрузки.

Потребителей теплоты по надежности теплоснабжения делят на потребителей первой и второй категорий. К первой категории относятся потребители, нарушение теплоснабжения которых связано с опасностью для жизни людей или со значительным ущербом народному хозяйству, ко второй категории – все остальные потребители.

Котельные по надежности отпуска теплоты потребителям разделяются также на две категории. К первой категории относятся котельные, являющиеся единственным источником теплоты системы теплоснабжения и обеспечивающие потребителей первой категории, не имеющих индивидуальных источников теплоты, ко второй – все остальные котельные.

6.3.2 Примеры разводки труб в системах отопления

При организации системы отопления важным моментом является выбор типа разводки труб.

Все квартирные приборы теплоснабжения (или водоснабжения) соединяются с общей системой дома по определенной схеме. От того, как разводка выполнена, зависит очень многое.

Во-первых, разводка может быть вертикальной или горизонтальной. При вертикальной разводке основная труба спрятана в подвале, а от нее идет через квартиры много вертикальных труб меньшего диаметра. Такая разводка проще и дешевле горизонтальной. Рассмотрим ее варианты. Она может быть однотрубной и двухтрубной.

Однотрубная вертикальная система отопления [10]:

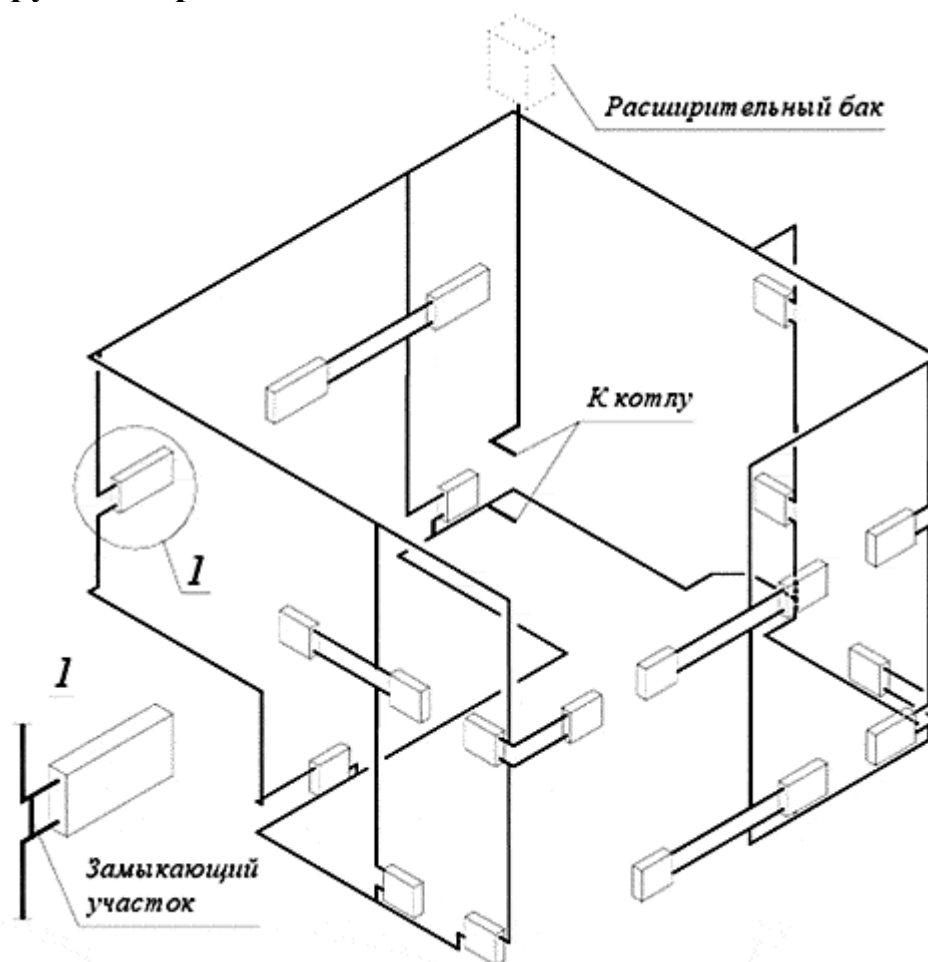


Рис. 6.1 Однотрубная вертикальная система отопления с верхней разводкой

Здесь подающая магистраль проходит по чердаку или под потолком верхнего этажа, а теплоноситель поступает в нагревательные приборы последовательно по вертикальным стоякам. Основное преимущество такой схемы - небольшой расход труб.

Что касается недостатков, то это и невозможность отключения отдельных нагревательных приборов, и невозможность регулировки, и перерасход нагревательных приборов.

Если при однотрубной разводке вода бежит по одному цельному контуру через все радиаторы, то при двухтрубной системе идёт два стояка: из одного вода поступает в радиатор, а в другой уходит.

Подобные системы (нерегулируемые, без замыкающих участков) применяются, если необходимо обеспечить естественную циркуляцию теплоносителя.

Двухтрубная вертикальная система отопления с нижней разводкой [10]:

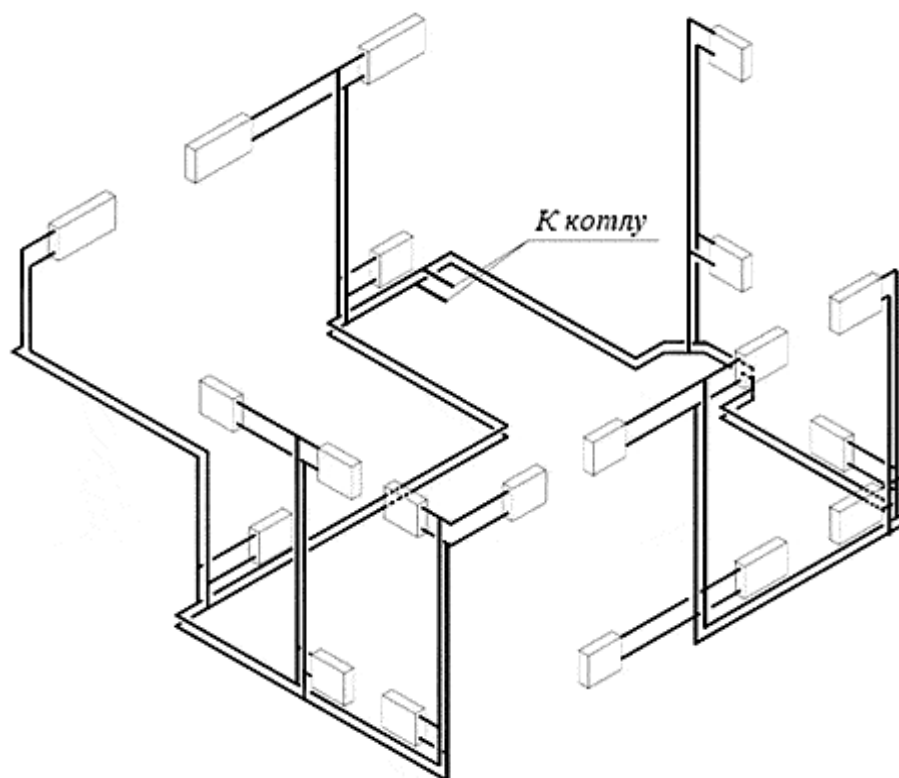


Рис. 6.2 Двухтрубная вертикальная система отопления с нижней разводкой

При двухтрубной системе отопления с нижней разводкой подающая и обратная магистрали проходят в полу или над полом нижнего этажа, а теплоноситель поступает независимо в каждый радиатор.

К преимуществам этого типа разводки можно отнести хорошую регулировку системы, возможность отключения каждого нагревательного прибора, возможность поэтажного подключения системы по мере строительства здания, отсутствие перерасхода отопительных приборов, а также отсутствие на верхнем этаже стояков и подающей магистрали. Главный недостаток - увеличивается протяженность трубопроводов по сравнению с однотрубной схемой. Другой недостаток – практическая невозможность установки квартирных теплосчётчиков, хотя на таких

домах ставят общедомовые теплосчётчики, что жильцам намного выгоднее по первичным затратам.

При горизонтальной разводке труб основная труба идет сквозь все этажи, и на каждый этаж через все комнаты отдельных квартир от нее идут горизонтальные трубы. При горизонтальной разводке основную трубу необходимо утеплять, например, организовав для нее специальную шахту.

Горизонтальные однотрубные схемы используются редко, у них довольно узкая область применения, в основном, для обогрева больших помещений, поэтому здесь рассмотрим варианты двухтрубной разводки.

Двухтрубная горизонтальная (поэтажная) система отопления с разводкой по периметру [10]:

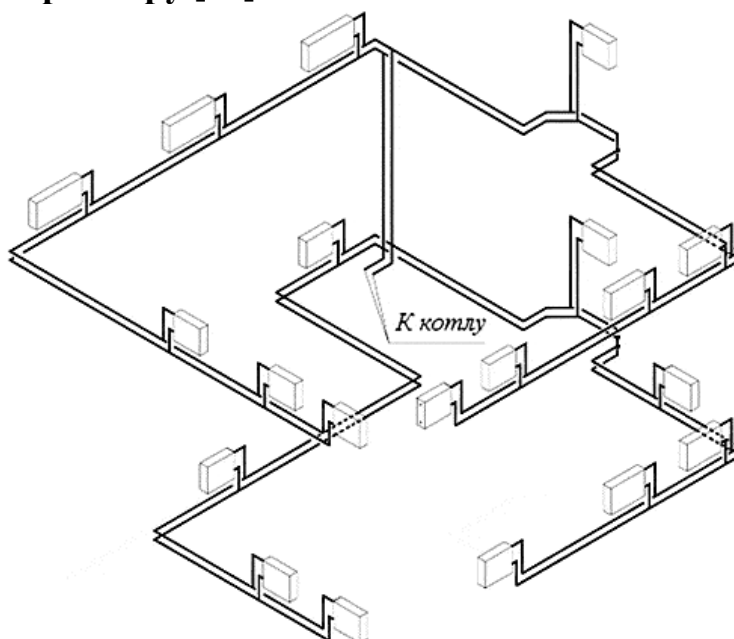


Рис. 6.3 Двухтрубная горизонтальная система отопления

Как можно увидеть на рисунке, от главного стояка магистральные подающий и обратный трубопроводы прокладываются по периметру каждого этажа. Краны для выпуска воздуха устанавливаются на всех нагревательных приборах. Такая схема имеет преимущества, аналогичные двухтрубной вертикальной системе, плюс стояки отсутствуют на всех этажах (кроме главного стояка). Здесь возможно поэтажное отключение системы отопления и применение радиаторов с нижним подключением, что, наряду с прокладкой магистральных трубопроводов в конструкции пола или в плинтусе, позволяет максимально уменьшить количество открытых труб и улучшить эстетику интерьера помещений. Здесь без проблем используются квартирные теплосчётчики. Есть у такой системы и недостатки. Во-первых, это необходимость применения компенсаторов при длинных ветках. А во-вторых, происходит усложнение эксплуатации

ввиду наличия воздушных кранов на каждом нагревательном приборе. Рассмотрим еще одну схему.

Двухтрубная поэтажная система отопления с коллекторами на каждом этаже [10]:

На главном стояке (или нескольких стояках, если нагревательных приборов много) на каждом этаже располагаются коллекторы - подающий и обратный. От коллекторов подающие и обратные трубопроводы подводятся к каждому радиатору на этаже.

Такая система применяется при использовании металлопластиковых труб. Она имеет все преимущества двухтрубных горизонтальных систем отопления. Ее недостаток - большая протяженность подводящих трубопроводов. Но он компенсируется тем, что сокращается количество соединений труб. Коллекторная схема, кроме того, позволяет легко увязать отдельные отопительные приборы по давлению. Сегодня такая система приобретает все большую популярность в индивидуальном строительстве.

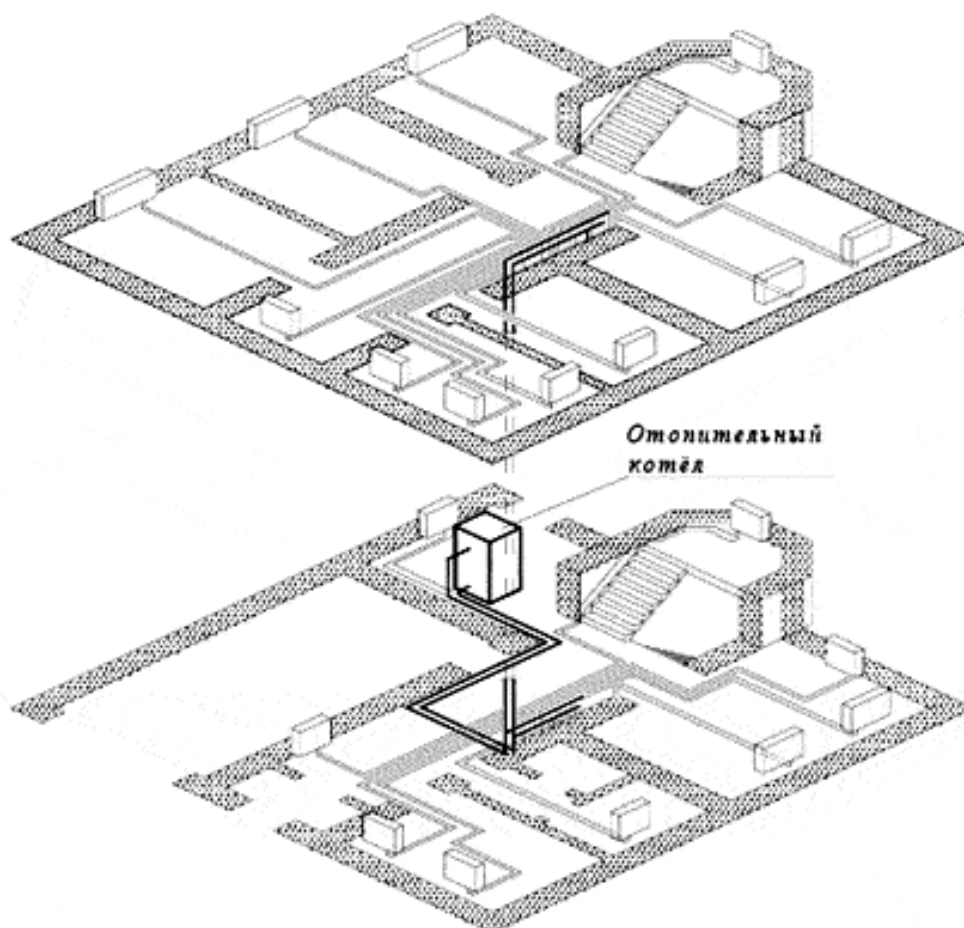


Рис. 6.4 Двухтрубная поэтажная коллекторная система отопления

6.3.3 Использование тепловых насосов в системах отопления

Продолжающееся сокращение ресурсов жидкого и газообразного топлива вызвало необходимость не только интенсифицировать исследования по привлечению в топливно-энергетический баланс "нетрадиционных" источников тепла, но и заставило вернуться к рассмотрению достаточно хорошо в свое время изученных технологических возможностей и способов теплоснабжения, например, от теплонасосных установок.

Быстрый прогресс в области теплоэнергетического и холодильного машиностроения привел в настоящее время к тому, что теплоснабжение при помощи тепловых насосов представляет собой рациональный метод электрификации, который может привести к значительной экономии топлива.

В нашей стране теплоснабжение ориентировалось на централизованную систему отопления, которая имеет свои преимущества и недостатки. Однако теплоснабжение в условиях России с ее продолжительными и суровыми зимами требует весьма больших затрат топлива, которые превосходят почти в 2 раза затраты на электроснабжение.

Основными недостатками традиционных источников теплоснабжения являются низкая энергетическая, экономическая и экологическая эффективность. Нельзя не учитывать и такой серьезный термодинамический недостаток, как низкий энергетический КПД использования химической энергии топлива для систем теплоснабжения, который в системах отопления составляет 6-10%. Чрезвычайно велики затраты на тепловые сети, которые являются, вероятно, самым ненадежным элементом в системах централизованного теплоснабжения (строительство и поддержание тепловых сетей в рабочем состоянии требует затрат, соизмеримых со стоимостью ТЭЦ или районных котельных).

Тепловые насосы в силу того, что они избавлены от большинства перечисленных недостатков централизованного теплоснабжения, нашли широкое применение за рубежом. Теплонасосные установки широко распространены во многих развитых странах мира, поскольку позволяют экономить дорогостоящее топливо и снижать вредное воздействие объектов энергетики на окружающую среду. Они выпускаются и широко используются в США, Японии, Германии, Франции, Швеции и других странах. Зарубежный опыт наглядно убеждает в том, что применение теплонасосных установок является экономически оправданным, перспективным направлением в теплоснабжении. Возникает вопрос – каковы перспективы использования тепловых насосов в системах отопления и горячего водоснабжения России, почему столь экономичный

агрегат не нашел широкого применения в нашей стране? Каковы причины этого парадокса и как постараться исправить сложившуюся ситуацию?

В настоящее время создано и эксплуатируется большое число тепловых насосных установок, отличающихся по тепловым схемам, рабочим телам и по используемому оборудованию. По обозначению различных классов установок в известных нам литературных источниках нет единого установившегося мнения, встречаются различные обозначения и термины.

В связи с этим важное значение приобретает классификация установок, позволяющая проводить рассмотрение их характеристик в соответствии с той или иной группой. Все типы тепловых насосных установок можно классифицировать по ряду сходных признаков. Каждый из них отражает только одну характерную особенность установки, поэтому в определении теплонасосной установки может быть два и более признака.

Классификацию теплонасосных установок следует осуществлять прежде всего по циклам их работы. Можно выделить несколько основных типов тепловых насосов [2]:

- газовые тепловые насосы;
- струйные тепловые насосы;
- сорбционные тепловые насосы (абсорбционные и резорбционные);
- термоэлектрические тепловые насосы;
- компрессионные тепловые насосы.

Все тепловые насосы по принципу взаимодействия рабочих тел можно объединить в две основные группы:

- открытого цикла, в которых рабочее тело забирается и отдается во внешнюю среду;
- замкнутого цикла, в которых рабочее тело движется по замкнутому контуру, взаимодействуя с источником и потребителем теплоты лишь посредством теплообмена в аппаратах поверхностного типа.

Наиболее широкое распространение получили компрессионные тепловые насосы. Кратко остановимся на принципе их работы.

Теплонасосные установки (ТНУ) используют естественную возобновляемую низкопотенциальную тепловую энергию окружающей среды (воды, воздуха, грунта) и повышают потенциал основного теплоносителя до более высокого уровня, затрачивая при этом в несколько раз меньше первичной энергии или органического топлива. Теплонасосные установки работают по термодинамическому циклу Карно, в котором рабочей жидкостью служат низкотемпературные жидкости (аммиак, фреон и др.).

Перенос теплоты от источника низкого потенциала на более высокий температурный уровень осуществляется подводом механической энергии в

компрессоре (парокомпрессионные ТНУ) или дополнительным подводом теплоты (в абсорбционных ТНУ).

Применение ТНУ в системах теплоснабжения – одно из важнейших пересечений техники низких температур с теплоэнергетикой, что приводит к энергосбережению невозобновляемых источников энергии и защите окружающей среды за счет сокращения выбросов CO_2 и NO_x в атмосферу [2].

Применение ТНУ весьма перспективно в комбинированных системах теплоснабжения в сочетании с другими технологиями использования возобновляемых источников энергии (солнечной, ветровой, биоэнергии) и позволяет оптимизировать параметры сопрягаемых систем и достигать наиболее высоких экономических показателей.

Выберем в качестве рабочего хладагента – $R22$, имеющего следующие параметры: расход хладагента $G_a = 0,06$ кг/с; температура кипения $T_0 = 3^\circ\text{C}$; температура конденсации $T_k = 55^\circ\text{C}$; температура теплоносителя на входе в испаритель от источника низкого потенциала $t'_n = 8^\circ\text{C}$; температура теплоносителя (воды) на выходе из конденсатора $t''_e = 50^\circ\text{C}$; расход теплоносителя в конденсаторе $G_k = 0,25$ кг/с; перепад температур теплоносителя в конденсаторе $\Delta t_e = 15^\circ\text{C}$; мощность, потребляемая компрессором, $N_s = 3,5$ кВт; теплопроизводительность ТНУ $Q_{mn} = 15,7$ кВт; коэффициент преобразования $\mu_{mn} = 4,5$. Принципиальная схема парокомпрессионной ТНУ приведена на рис. 6.5 и включает испаритель, компрессор, конденсатор и дроссель [2].

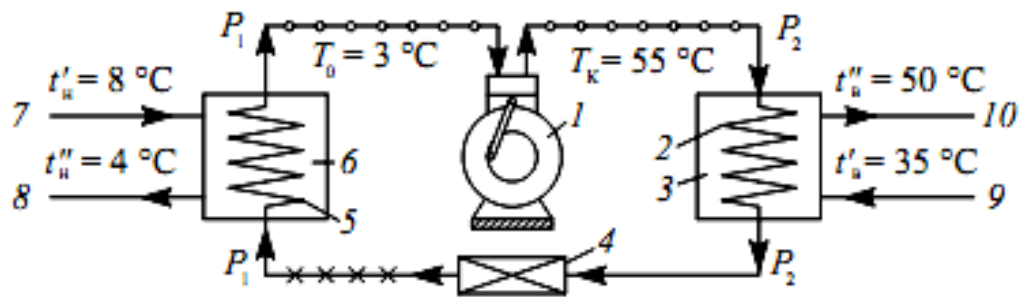
В бак испарения 6 поступает тепловая энергия низкого потенциала Q_0 из окружающей среды при $t'_n = 8^\circ\text{C}$. Преобразование рабочей жидкости $R22$ (аммиака или фреона) теплового насоса в пар происходит в змеевике испарения хладагента 5 при пониженном давлении P_1 и пониженной температуре $T_0 = 3^\circ\text{C}$. Компрессор 1 всасывает из испарителя насыщенный пар со степенью сухости $x_1 \approx 1$ и сжимает пар до давления P_2 . При сжатии хладагента энтальпия i и температура пара повышаются до $T_k = 55^\circ\text{C}$, а затрачиваемая работа $A_l = \Delta i$, кДж/кг.

Пар с температурой $T_k = 55^\circ\text{C}$ подается в змеевик конденсации хладагента 2, где тепловая энергия пара передается другому теплоносителю (воде) бака конденсации 3 (схема а) или воздуху (схема б), после чего пар конденсируется при неизменном давлении P_2 .

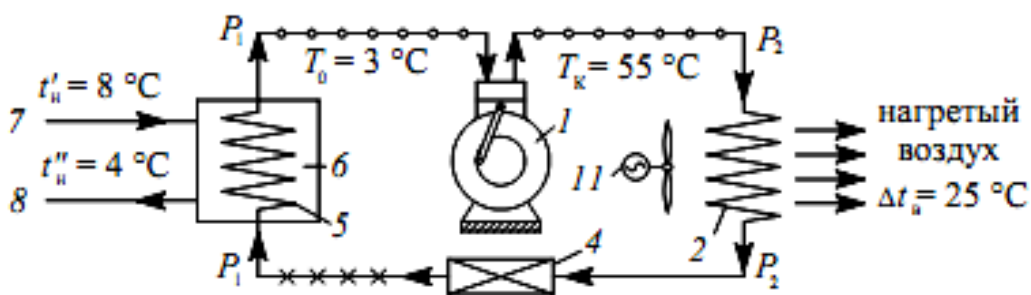
Коэффициент трансформации этого идеального цикла:

$$\mu_c = q_k / A_l = T_k / (T_k - T_0) = 328 / (328 - 276) = 6,3,$$

где q_k – теплота конденсации, кДж/кг; A_l – работа сжатия, кДж/кг; T_k и T_0 – температура конденсации и испарения хладагента, $^\circ\text{C}$.



а)



б)

Рис. 6.5. Принципиальная схема ТНУ с электроприводом:

а – схема ТНУ для системы горячего водоснабжения;

б – схема ТНУ для воздушного отопления или сушки;

—○— пар; —×××— смесь пара и жидкости; — жидкость;

1 – компрессор; 2 – змеевик конденсации хладагента; 3 – бак конденсации; 4 – расширительный дроссельный клапан; 5 – змеевик испарения хладагента; 6 – бак испарения; 7 – вода низкогопотенциального источника энергии (НИЭ); 8 – сток к НИЭ; 9 – вода из системы отопления или водопровода; 10 – вода на отопление или горячее водоснабжение; 11 – вентилятор

В дроссельном клапане 4 происходит понижение давления от P_2 до P_1 , жидкий хладагент частично испаряется и образуется парожидкостная смесь со степенью сухости $x_0 \approx 0,05$, а в процессе дросселирования (при $i = const$) температура хладагента снижается от $T_k = 55^\circ\text{C}$ до $T_0 = 3^\circ\text{C}$.

Парожидкостная смесь поступает в змеевик испарения хладагента 5, где, получая теплоту от источника с низким потенциалом, вновь испаряется, и цикл повторяется. Таким образом, в ТНУ реализуется непрерывный круговой процесс переноса теплоты с более низкого температурного уровня на более высокий (к теплоносителю). Для этого подводится энергия извне, которая затрачивается на повышение давления

парообразного рабочего вещества (хладагента). Причем затраченная энергия может быть электрическая, тепловая и любая другая.

Количество теплоты, отнятой от источника с низким потенциалом (НИЭ), в идеальном цикле ТНУ равно теплоте испарения жидкого хладагента, поступившего в испаритель: $q_u = r(x_1 - x_0)$, кДж/кг, где r – теплота парообразования. Холодильный коэффициент этого цикла

$$\varepsilon_c = q_u / Al = T_0 / (T_k - T_0) = 276 / (328 - 276) = 5,3,$$

где q_u – теплота испарения хладагента, кДж/кг.

Для идеального (теоретического) цикла ТНУ и без учета потерь теплоты выполняется соотношение $\mu_c = \varepsilon_c + 1$.

Мерой энергетической эффективности реальной ТНУ служит коэффициент преобразования энергии $\mu_{тн}$, характеризующий отношение отданной потребителю теплоты Q_k к затраченной (механической или электрической) энергии $N_э$. Оценки показывают, что для удачно спроектированных систем теплоснабжения коэффициент $\mu_{тн}$ изменяется от 2,5 до 6...8, а при $\mu_{тн} > 2,5...3$ использование ТНУ может оказаться выгоднее, чем теплоснабжение от ТЭЦ и индивидуальных котельных.

Количество переданной потребителю полезной теплоты, или теплопроизводительность ТНУ зависит от расхода теплоносителя G_k , кг/с, средней массовой изобарной теплоемкости c_k , кДж/(кг·К) и перепада температур Δt_b , °С. Так, при нагреве воды по схеме а (рис. 6.5)

$$Q_k = G_k c_k \Delta t_b = 0,25 \cdot 4,19 \cdot 15 = 15,7 \text{ кВт.}$$

При нагреве воздуха по схеме б (рис. 4.1), когда расход холодного воздуха $G_k = 0,5$ кг/с, теплоемкость $c_k = 1$ кДж/(кг · К) и перепад температур $\Delta t_b = 25$ °С, теплопроизводительность ТНУ составит

$$Q_k = G_k c_k \Delta t_b = 0,5 \cdot 1 \cdot 25 = 12,5 \text{ кВт.}$$

Коэффициент преобразования энергии $\mu_{тн}$, характеризующий отношение отданной потребителю теплоты Q_k к потребляемой компрессором электрической энергии $N_э = 3,5$ кВт, составит соответственно:

- для воды $\mu_{тн} = Q_k / N_э = 15,7 / 3,5 = 4,5$;
- для воздуха $\mu_{тн} = Q_k / N_э = 12,5 / 3,5 = 3,6$.

Следовательно, если на механическую работу компрессора расходуется 1 кВт электроэнергии, то в систему теплоснабжения передается 4,5 кВт теплоты, т.е. в несколько раз больше, чем при чисто электрическом отоплении. Работа электрического компрессора теплового насоса позволяет потреблять в несколько раз меньше электрической энергии, если бы нагревали теплоноситель системы теплоснабжения в теплообменнике простым электрическим нагревателем.

Парокомпрессионные тепловые насосы (ПТН) с приводом от теплового двигателя (газовой турбины или дизеля) оказываются еще более экономичными. Хотя КПД этих двигателей не превышает 35 %, при работе

в составе ТНУ может быть утилизирована и направлена в общий поток нагреваемой ТНУ среды большая часть потерь, которые воспринимаются охлаждающей двигатель жидкостью и выхлопными газами. В результате коэффициент использования первичной энергии привода возрастает в 1,5 раза, а экономичность ТНУ обеспечивается при $\mu_{тн} > 2$.

По конструкции, принципу действия, составу оборудования, используемым рабочим телам ТНУ практически не отличаются от широко распространенных холодильных машин. Тепловые насосы в сравнении с холодильными машинами работают в диапазоне более высоких рабочих температур. Особенно выгодно применение тепловых насосов (ТН) при одновременной выработке теплоты и холода, что может быть реализовано в ряде промышленных и сельскохозяйственных производств, а также в системах кондиционирования воздуха.

В условиях реальной рыночной экономики тепловые насосы имеют перспективу теплоэнергоснабжения в основных областях хозяйства: жилищно-коммунальном секторе, на промышленных предприятиях, в курортно-оздоровительных и спортивных комплексах, сельскохозяйственном производстве.

6.3.4 Децентрализованные системы отопления зданий и сооружений

Последние два десятилетия энергетическая политика в России характеризовалась бурным ростом доли **децентрализованного теплоснабжения** в общем объеме обеспечения функционирования теплопотребляющих систем зданий различного назначения. Понятие «децентрализованное» в данном случае подразумевает обеспечение этих систем теплоносителем (как правило, горячей водой) от собственного **теплогенератора** (водяного котла), установленного непосредственно на потребляющем теплоту объекте. Это может быть отдельное здание или комплекс функционально связанных строительных объектов. Теплогенератор (один или несколько) со всем необходимым другим технологическим оборудованием в этом случае размещается в специальном помещении (в **котельной**), расположенном в самом здании или в непосредственной близости от обслуживаемого объекта. Помимо этого осуществляется проектирование системы отопления на основе различного оборудования [4, 5, 10].

Широкое распространение децентрализованного теплоснабжения в настоящее время в России объясняется несколькими причинами. Во-первых, это значительный рост индивидуального пригородного жилищного строительства. Как это принято на Западе, многоквартирный жилой дом (коттедж) и в России, как правило, оснащается собственным теплогенератором. Во-вторых, из-за возросшей, чаще всего, точечной застройки в крупных городах возникает проблема теплоснабжения новых зданий от существующих городских централизованных тепловых сетей,

которые по своей расчетной мощности и техническому состоянию уже не соответствуют возросшим потребностям. Приходится прибегать к децентрализованным схемам теплоснабжения с использованием, например, крышных или пристроенных индивидуальных котельных.

Функционирование современной схемы теплоснабжения не представляется возможным без средств *регулирования и автоматизации*, предназначенных как для решения основных задач теплоснабжающей схемы и различных теплопотребляющих систем обслуживаемого объекта, так и для обеспечения работоспособности всего технологического оборудования, включенного в общую схему. Следует отметить, что наличие современных, часто с использованием самых совершенных электронных схем управления, средств автоматизации, с одной стороны, значительно снижает количество обслуживающего персонала, но, с другой стороны, предъявляет качественно новые, повышенные требования к уровню их профессиональной подготовки и квалификации.

Обязательный набор средств регулирования и автоматизации зависит, прежде всего, от принятых в конкретной схеме теплоснабжения общих принципов ее функционирования. Их объем, а, соответственно, и стоимость будут во многом зависеть от количества и разнообразия теплопотребляющих систем, присутствующих в данной схеме, а также от выбираемой проектировщиком по согласованию с Заказчиком желаемого уровня надежности и безопасности работы используемого оборудования.

Возможность разнообразия в технологии схемы теплоснабжения, как обоснование требуемых принципа и уровня ее автоматизации, можно показать на примере сочетания совместной работы двух наиболее распространенных теплопотребляющих систем здания: центрального отопления и горячего водоснабжения. Обычно при проектировании принимают одну из двух возможных схем.

Первая, часто встречающаяся схема (Рис.6.6, а) предусматривает полное прекращение циркуляции теплоносителя в системе отопления (О) в том случае, когда на блок управления (А) поступил сигнал о снижении требуемой температуры воды в водоводяном подогревателе (ВВП) системы горячего водоснабжения (ГВ). При этом трехходовой переключатель или клапан (ТК) автоматически переводится в положение, при котором начинается циркуляция теплоносителя в ВВП. Теплогенератор (К) при этом должен работать с максимально возможной мощностью (температура подаваемого теплоносителя от котла повышается до максимально возможной) с целью сократить время нагревания воды в ВВП.

После повышения температуры воды до требуемой, заданной на блоке А, клапан ТК переводится в прежнее положение, циркуляция греющей воды в ВВП прекращается, а функционирование системы

отопления восстанавливается в прежнем режиме. Для обеспечения циркуляции теплоносителя по обеим системам в подобной схеме достаточно одного общего насоса (ЦН), работающего постоянно. Требуемый уровень гидростатического давления в подобной, обычно закрытой системе поддерживается расширительным мембранным баком (РБ). Подобная технология используется, например, в том случае, когда в качестве теплогенератора применяется очень распространенный на Западе настенный газовый одноконтурный котел (так называемый, термоблок) в сочетании с отдельным подогревателем ВВП.

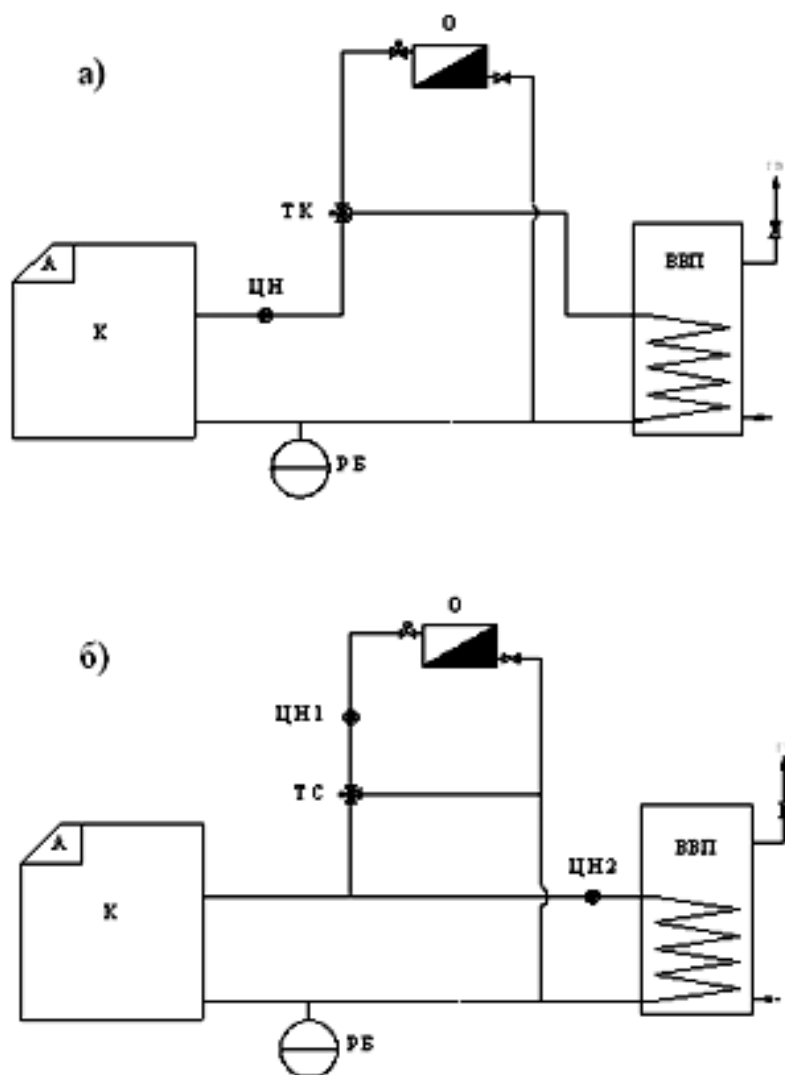


Рис. 6.6. Принципиальные технологические схемы децентрализованного теплоснабжения систем центрального отопления и горячего водоснабжения здания: а – с приоритетом работы системы горячего водоснабжения; б – с независимой работой обеих систем [5]

Следует отметить, что специалисты эту схему часто называют схемой «с приоритетом бойлера», что следует признать не совсем технически грамотным, так как под «бойлером» здесь подразумевается подогреватель ВВП, а английское слово «boiler» переводится как «паровой котел».

Другая схема (Рис. 6.6, б) предусматривает независимую работу обеих систем - О и ГВ. Циркуляция воды в каждой из них осуществляется собственными насосами, причем, насос системы отопления ЦН1 работает постоянно, а насос системы ГВ ЦН2 включается только при необходимости подогреть водопроводную воду в ВВП. В этом случае котел также должен автоматически переводиться в максимальный режим мощности.

Для сохранения требуемого температурного режима работы отопительной системы в этом случае используется установленный в системе О трехходовой смеситель (ТС). Его задача обеспечить поддержание требуемой температуры воды, подаваемой в систему отопления, путем частичного подмешивания к ней охлажденного теплоносителя, возвращающегося из отопительной системы.

Как видно, функциональные назначения и принципы управления смесителя ТС во второй и клапана ТК в первой схемах различны.

Первая из рассмотренных схем имеет существенное стоимостное преимущество, так как при выборе теплогенератора его расчетная тепловая мощность принимается по максимальной величине расчетной мощности одной из обслуживаемых систем – О или ГВ. Во второй схеме придется суммировать обе расчетные мощности при выборе котла. Однако окончательный выбор схемы, а значит, и средств автоматизации проектировщик должен делать после тщательного анализа возможных комфортных последствий для помещений здания в случае временного прекращения циркуляции теплоносителя в системе отопления, предусмотренного в первой схеме.

Современная схема децентрализованного теплоснабжения здания в ее возможном максимальном объеме (рис. 6.7) представляет собой совокупность различного инженерного оборудования, находящегося в постоянно изменяющейся тепловой и гидравлической взаимосвязи. Функционально подобная схема условно делится на две части: схему обвязки генераторов теплоты (К1 и К2) и схему теплопотребителей.

Первая часть схемы сама по себе достаточно сложна и помимо основной задачи – обеспечения потребителей теплотой в требуемом количестве, решает еще и свои собственные задачи, о которых будет сказано ниже.

Особенностью схемы потребителей теплоты современного здания является то, что они и в расчетных, и в эксплуатационных условиях в значительной мере различаются, как по тепловой мощности, параметрам

теплоносителя (температура и расход) и пределам их изменения, так и по продолжительности и периодичности функционирования. Ниже приведена их краткая характеристика, в основном и определяющая принципы их автоматизации.

Система центрального отопления (O1 и O2 на рис. 6.7). В условиях отопительного сезона система функционирует практически непрерывно. Возможно кратковременное прекращение циркуляции в переходный период года, а также кратковременный периодический запуск системы в теплый период (например, для прогонки насосов).

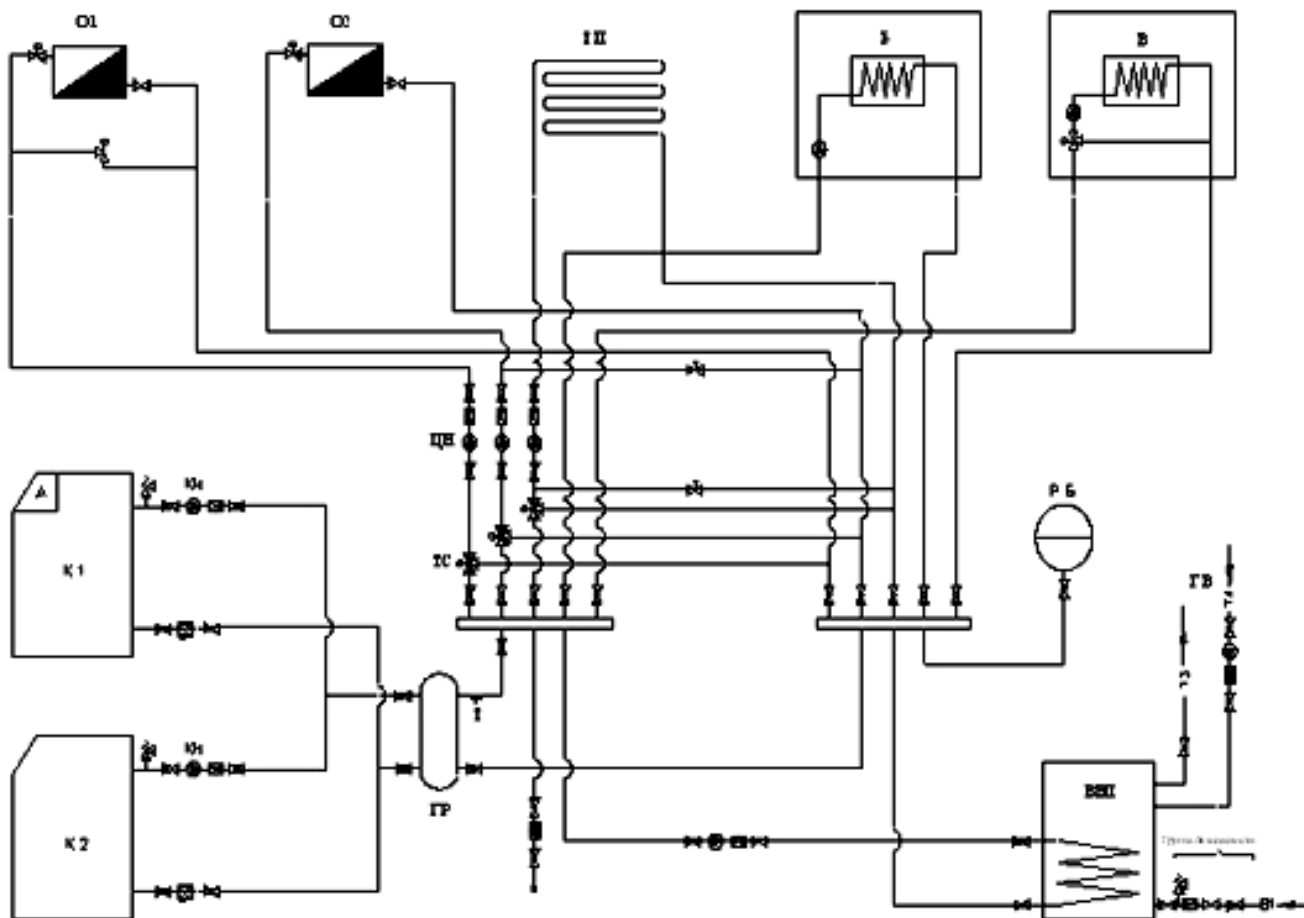


Рис. 6.7 Принципиальная технологическая схема децентрализованного теплоснабжения здания с разнообразными теплопотребляющими системами[5]

Циркуляция воды обеспечивается собственным циркуляционным насосом (ЦН), подбираемом, исходя из расчетной теплопотребности (теплопотерь) здания и температурных параметров теплоносителя. Регулирование температуры подаваемой в систему воды (так

называемое *«качественное»* регулирование) осуществляется трехходовым смесителем (ТС), установленном перед насосом, при теоретически неизменном расходе воды в системе по текущей температуре наружного воздуха (регулирование *«по возмущению»*).

При регулировании теплоподдачи в систему отопления по температуре внутреннего воздуха в контрольном помещении здания (регулирование *«по отклонению»*) оно может осуществляться за счет периодического отключения системы (регулирование *«пропусками»*). При установке в отопительной системе у отопительных приборов регулирующих клапанов с термостатической головкой (термоклапанов) происходит так называемое *«количественное»* регулирование системы за счет изменения расхода воды в приборах и, соответственно, в системе отопления в целом. Чаще всего оба способа регулирования совмещают, дополняя один другим. В этом случае система отопления работает с постоянно изменяющимся расходом воды и ее температурными параметрами (*«качественно-количественное»* регулирование).

Система напольного отопления (ТП). По своему назначению может быть двух видов. Первый выполняет чисто отопительные функции (компенсация теплотерь помещений здания), замещающие или дополняющие функции центральной системы отопления. В этом случае система работает с переменной температурой воды в соответствии с заданным графиком качественного регулирования. Вторым возможным видом – чисто комфортная система (например, подогрев обходных дорожек бассейна), работающая при постоянной температуре теплоносителя. И в том, и в другом виде основной особенностью является пониженные, по сравнению с центральной системой отопления, расчетные температура подаваемого теплоносителя (не выше 50 °С) и разница температуры воды в системе (не более 15 °С). Расчетный расход воды при этом непосредственно в отопительном контуре увеличивается на 25 %, но ее количество, поступающее от теплоисточника, снижается на ~65 %. Обеспечивается это соответствующей ручной настройкой регулировочного вентиля на переключке перед циркуляционным насосом системы ТП (см. рис. 6.7). Расход воды в подобной системе следует стремиться сохранять постоянным, так как количественное регулирование может привести к неравномерности прогрева отапливаемых площадей пола и снижению долговечности его конструкции. Но расход воды, поступающей от распределительного коллектора, в эксплуатационных условиях будет автоматически изменяться за счет работы трехходового смесителя системы ТП.

Система вентиляции (кондиционирования) (В). В зависимости от назначения вентилируемого помещения система может быть постоянного или периодического действия. Требуемая тепловая мощность водяного

калорифера обеспечивается, как правило, за счет качественного регулирования с помощью смесителя. Регулируемый параметр (температура приточного воздуха) обеспечивается собственной смесительной группой (насос + смеситель) вентиляционной установки или, при ее отсутствии, аналогичной группой, установленной в котельной у распределительного коллектора. Таким образом, расход воды от котла при работающей установке будет меняться в зависимости от положения регулирующего органа трехходового смесителя системы В. При неработающей вентустановке сохраняется небольшой расход воды (~5 %) для защиты калорифера приточной установки от замораживания.

Система горячего водоснабжения (ГВ). Характеризуется выраженными пиками максимального теплоснабжения в течение суток (утром и вечером). Работа системы во многом зависит от принятого типа водонагревателя ВВП. В случае использования скоростного (например, пластинчатого) теплообменника режим потребления теплоты переменный и совпадает с уровнем водоразбора. При использовании для приготовления горячей воды емкостного водонагревателя его прогрев будет осуществляться периодически в форсированном тепловом режиме (см. выше). В этом случае расчетная потребляемая мощность водонагревателя и, соответственно, подача насоса греющей воды, периодичность и продолжительность его работы будут зависеть от выбранного объема нагревателя ВВП. Основным его регулируемым параметром является, заданная на блоке управления А, требуемая расчетная температура воды в системе ГВ, принимаемая по нормам порядка 60 °С.

Система нагревания воды в бассейне (Б). Включается периодически по сигналу от собственной автоматики системы водоподготовки бассейна. Для обеспечения быстрого нагревания воды система работает в форсированном тепловом режиме (максимально возможная температура теплоносителя и его расход, соответствующий требуемой мощности водоводяного нагревателя бассейна). Продолжительность работы системы, в основном, зависит от объема воды в бассейне и может составлять от 1-4 ч в режиме обычного периодического подогрева до 2-3 суток при первоначальном наполнении бассейна.

Помимо указанных выше систем в схеме теплоснабжения могут присутствовать и другие теплоснабжители. Например, система подогрева антифризом наружных участков, прилегающих к зданию (тротуары, въезд в гараж, входные лестницы и т.п.), или противообледеняющая система подогрева кровли.

В зависимости от архитектуры и планировки здания систем отопления и вентиляции (кондиционирования) в схеме может быть несколько, причем с разной расчетной тепловой нагрузкой и периодом функционирования. Общее количество гидравлически параллельных теплоснабжающих

систем в схеме теплоснабжения сложного по технической оснащенности здания может достигать десяти и более.

Таким образом, анализируя все вышесказанное, можно сделать вывод, что вторая часть общей схемы теплоснабжения представляет собой сложный «живой организм» с постоянно изменяющимися как плавно, так и скачкообразно, тепловыми и гидравлическими параметрами. Обеспечить ее «жизнедеятельность» без современных средств управления и автоматизации не представляется возможным.

Гидравлическую стабильность работы первой части схемы (обвязки теплогенераторов) и ее защиты от сложно предсказуемых процессов во второй ее части (группы теплопотребителей) обеспечивает гидравлический разделитель ГР, в настоящее время часто встречающийся в схемах децентрализованного теплоснабжения зданий. Другое его часто встречающееся название взято из дословного перевода с немецкого: «Hydraulische Weiche» – «гидравлическая стрелка». Сам разделитель ГР не является частью системы автоматического управления, но его наличие в схеме теплоснабжения определяет место установки температурного датчика (Т) (на выходе воды из разделителя), по которому и контролируется в автоматическом режиме основной текущий параметр работы теплогенераторов – температура подаваемого к распределительному коллектору теплоносителя.

Главной особенностью современной системы управления и регулирования работы схемы децентрализованного теплоснабжения является то, что большинство функций общего алгоритма ее действия осуществляется с единого блока управления (А), установленного непосредственно на теплогенераторе (или на одном из них – ведущем, если их несколько). Подобный блок, как правило, разрабатывается и предоставляется фирмой-производителем котельного оборудования. Если фирма использует подобный блок, разработанный другой фирмой, специализирующейся на разработке и изготовлении средств автоматизации, то он адаптируется к его использованию в конкретной конструкции теплогенератора. Блок управления, чаще всего, может быть вставлен непосредственно в корпус котла в специальную нишу или закреплен сверху на его корпусе. Реже блок управления размещается на стене рядом с котлом. Блок представляет собой микропроцессор, оснащенный дисплеем, на котором отслеживаются все необходимые параметры и результаты его настройки. Подобные устройства большинства западных фирм, осуществляющих поставки в Россию, оснащены русскоязычным текстом. В любом случае, с этого блока ведется автоматическое управление всей схемой теплоснабжения: и теплогенератором с оборудованием его гидравлической обвязки, и всеми потребляющими теплоту системами, входящими в общую схему

теплоснабжения. Здесь следует отметить, что технологические возможности различных модификаций блока управления разных фирм-производителей могут существенно различаться. Прежде всего, это касается количества управляемых с блока разнообразных теплопотребляющих систем. В связи с этим, проектировщик, выбирающий для конкретной схемы теплоснабжения те или иные модель и марку генератора теплоты, должен, прежде всего, проанализировать возможность применить в этой схеме совмещаемого с генератором блока автоматического управления. Руководствоваться в данном случае только мощностными возможностями котлоагрегатов недостаточно.

Основной задачей автоматизации любой системы теплоснабжения является **обеспечение требуемой текущей температуры теплоносителя** t_t . В наиболее часто встречающемся случае при регулировании «по возмущению» ее величина определяется текущей температурой наружного воздуха t_n , контролируемой датчиком, установленном на северном фасаде обслуживаемого здания. Требуемое сочетание этих двух параметров в данный момент времени задается на блоке управления котла в виде графика качественного регулирования (Рис. 6.8). Прежде всего, соблюдение подобной зависимости необходимо для систем, требуемая тепловая мощность которых определяется текущими погодными условиями снаружи здания. Для систем центрального отопления и вентиляции (кондиционирования) (график 2 на рис. 6.8) максимальная температура воды $t_{\text{макс}}$, чаще всего выбираемая по расчетной максимальной температуре котлоагрегата (она же должна быть расчетной температурой теплоносителя при проектировании этих систем), соответствует расчетной температуре наружного воздуха $t_{\text{нр}}$ [4, 5, 10].

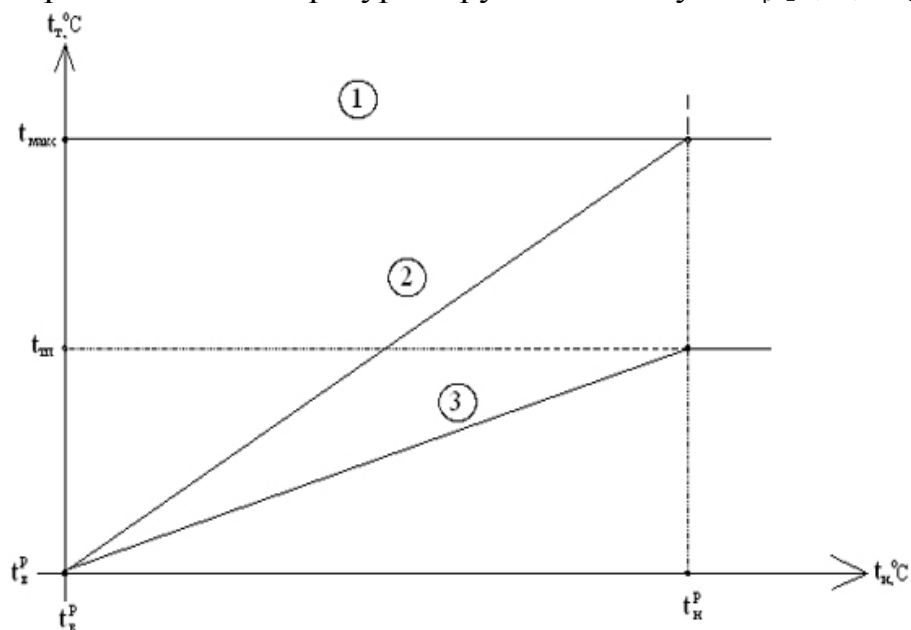


Рис. 6.8. Принципы построения графиков качественного регулирования системы децентрализованного теплоснабжения здания

Согласно [6] в России эта температура принимается в зависимости от района строительства по климатологическим нормам [7] равной средней температуре наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92. Например, для г. Москва она в настоящее время равна $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$. При дальнейшем понижении t_n температура воды $t_{\text{макс}}$ остается неизменной.левой расчетной точкой графика является температура воды равной расчетной температуре внутреннего воздуха $t_{\text{вр}}$, принимаемой равной характерной для большинства отапливаемых помещений здания. Для жилого дома ее величина обычно составляет порядка $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. График качественного регулирования для системы «теплый пол» (график 3) будет более пологим, так как расчетная температура воды для системы ТП $t_{\text{тп}}$ ниже, чем для центральной системы отопления (см. выше). Установленный в ходе первоначальной наладки котла на блоке управления А график регулирования температуры t_t в процессе эксплуатации здания может корректироваться путем некоторого изменения положения его граничных точек. Тем самым, в конце концов, может быть выбрано его положение, соответствующее максимально возможному тепловому комфорту в помещениях здания.

Как уже отмечалось выше, для отдельных потребителей теплоты (системы ГВ или Б) в случае их включения требуется максимальная мощность котла. В этом случае автоматика переводит режим работы генератора теплоты на график 1 (см. Рис. 6.8), при котором температура теплоносителя стремится к максимальной $t_{\text{макс}}$. Достигается это, например, путем постепенного ввода в действие отдельных ступеней работы котла. Обеспечение при этом отработки требуемых графиков качественного регулирования для систем отопления и вентиляции осуществляется автоматически с помощью смесителей ТС (см. Рис. 6.6, 6.7). График 1 может использоваться и в том случае, когда регулирование системы отопления осуществляется «по отклонению» путем контроля температуры воздуха в обслуживаемом здании. В этом случае в его наиболее представительном помещении устанавливается температурный датчик, в зависимости от показаний которого и осуществляется изменение тепловой мощности теплогенератора. Сложность в этом случае заключается в выборе характерного помещения. В любом случае, доведение уровня комфорта в каждом конкретном помещении здания должно осуществляться с помощью второй ступени регулирования – количественного регулирования теплоотдачи каждого отопительного прибора с помощью установленного на нем автоматического термклапана.

Блок управления котла выполняет и другие не менее важные функции. Прежде всего, это **функции настройки и защиты** генератора теплоты. С помощью блока наладчик может проверить работоспособность отдельных

элементов котла, подключить к нему ноутбук и выявить не только текущие параметры работы схемы теплоснабжения в целом, но и отследить изменение параметров работы отдельных теплопотребляющих систем в течение заданного отрезка времени. Подобное очень важно для полноценной технической оценки их работоспособности.

Важными функциями защиты котла являются его аварийное автоматическое отключение при превышении температуры воды в нем выше расчетной или в случае возможного опрокидывания тяги в дымоходе, по которому от котла отводятся продукты сгорания. К этой же функции следует отнести обеспечение прогрева холодных котлов при их включении во избежание выпадения на их внутренней греющей поверхности продуктов неполного сгорания используемого топлива. В этом случае в контуре включенного теплогенератора с помощью котловых насосов КН (см. Рис. 6.7) осуществляется циркуляция воды до тех пор, пока ее температура не достигнет величины порядка 40 °С. Только после этого автоматика включает циркуляционные насосы ЦН теплопотребляющих систем.

Любой блок автоматического управления имеет также определенное количество *дополнительных возможностей*, которые повышают эффективность эксплуатации современной схемы теплоснабжения. К ним, прежде всего, следует отнести возможность установки всех рассмотренных выше параметров работы самостоятельно для каждой системы как по дням недели, так и по часам суток. Ко второму случаю следует отнести очень распространенную на Западе возможность установить так называемый режим «день-ночь». Он предполагает автоматическое снижение температуры теплоносителя в системе отопления, а соответственно и температуры внутреннего воздуха в помещениях жилого дома в ночное время, что считается очень полезным с медицинской точки зрения. Это дает и значительный экономический эффект за счет снижения в ночное время потребляемого топлива. Кстати, подобный режим может быть установлен и с помощью комнатного температурного датчика в случае использования метода теплового регулирования системы отопления «по отклонению».

К дополнительным возможностям, регулируемым блоком управления, можно отнести, например, возможность так называемой «санации бойлера». Имеется в виду функция периодического повышения температуры воды в емкостном подогревателе ВВП системы горячего водоснабжения ГВ значительно выше расчетной (до 90 °С) с целью уничтожения возможно скопившихся в нем бактериологических примесей.

К временным функциональным возможностям блока управления можно отнести задание периода включения циркуляционного насоса системы ГВ, соответствующего действительному времени ее

использования на конкретном объекте, а также периодическое включение циркуляционных насосов систем отопления и вентиляции в теплый период года с целью сохранения их работоспособности при длительном бездействии.

Известны даже «говорящие» модели котлов для незрячих пользователей, который голосом сообщает при необходимости все текущие параметры его работы. Некоторые фирмы предоставляют для пользователя своего оборудования возможность «связаться» со своим котлом по телефону и убедиться, что в его отсутствие котел функционирует нормально.

Сейчас многие производители теплогенераторов, совершенствуя свое оборудование, проводят активную работу по созданию системы дистанционного управления с помощью Интернета. Это дает возможность, прежде всего для сервисных фирм, не только без выезда на обслуживаемый объект контролировать все текущие параметры работы котла и схемы теплоснабжения в целом, но и изменять при необходимости настройку блока управления.

Помимо основной системы автоматического управления и регулирования параметров работы в современной котельной обязательно присутствует и иное оборудование, работающее в автономном режиме. К нему можно отнести предохранительные и регулирующие клапаны, контролирующие требуемый уровень гидростатического давления в системе, автоматические воздухоотводчики, датчики и регуляторы давления газа в случае его использования в качестве топлива для котлов. На дымоходах от котлов устанавливаются или регуляторы давления в них, или специальные сбросные клапаны, срабатывающие при превышении допустимого давления. В автоматическом режиме включается подпитка системы водой от наружного водопровода, поддерживается требуемое давление в расширительных баках, обеспечивается подача жидкого топлива к котлам с дизельными горелками. Для обеспечения безопасности в газовых котельных ведется контроль над уровнем загазованности воздуха. Многие котельные оснащены системами дистанционного контроля за всеми рабочими параметрами с выходом на специальный диспетчерский пульт.

6.3.5 Автоматизированный узел управления системы отопления

На отопление зданий затрачиваются огромные топливно-энергетические ресурсы. Это означает, что современные системы отопления должны работать на высоком уровне, то есть количество теплоты, подаваемое в каждое помещение здания для поддержания комфортного температурного режима, должно определяться текущей потребностью в соответствии с пожеланиями потребителя.

Эти требования могут обеспечить только автоматизированные системы отопления, оснащенные приборами учета теплоснабжения.

Автоматизация системы отопления включает местное регулирование параметров теплоносителя в тепловом пункте, индивидуальное управление подачей теплоты от отопительных приборов системы, а также автоматическое поддержание режимов в трубопроводной сети.

Индивидуальное регулирование располагает наибольшими технологическими возможностями и позволяет [8]:

- корректировать температуру теплоносителя в подающем трубопроводе в зависимости от температуры наружного воздуха (выбирать необходимый температурный график);
- корректировать температуру теплоносителя в обратном трубопроводе в зависимости от температуры теплоносителя в подающем трубопроводе;
- ограничивать подачу тепловой энергии в зависимости от режима эксплуатации здания в различное время суток (день/ночь) и дни недели (рабочие/выходные);
- поддерживать заданную температуру в системе горячего водоснабжения;
- поддерживать гидравлический режим системы отопления;
- обеспечивать защиту от размораживания системы отопления;
- обеспечивать интенсивный прогрев помещений перед началом рабочего дня;
- контроль и автоматическое управление подпиткой контуров;

В настоящее время важным фактором эффективности того или иного решения является предполагаемая экономия в натуральном и денежном выражении. Естественным вопросом является определение эффективности внедрения автоматической системы регулирования отопления, согласно с инструкцией по определению экономической эффективности использования средств направленных на энергосберегающие мероприятия одним из важнейших показателей является срок окупаемости.

Рассмотрим пример расчетов годовой экономии, без учета эксплуатационных затрат, от внедрения автоматизированного узла управления системы отопления для одного из здания школы Приморского края по результатам обязательного энергетического обследования.

Внедрение автоматизированного узла управления системы отопления (АУУ СО), модернизация ИТП с установкой и настройкой аппаратуры автоматического управления параметрами воды в системе отопления в зависимости от температуры наружного воздуха.

Автоматизированный узел управления системы отопления является разновидностью индивидуального теплового пункта и предназначен для управления параметрами теплоносителя в системе отопления в

зависимости от температуры наружного воздуха и условий эксплуатации зданий (рис. 6.9).

Узел состоит из корректирующего насоса, электронного регулятора температуры, поддерживающего заданный температурный график и регуляторов перепада давления и расхода. А конструктивно – это смонтированные на металлической опорной раме трубопроводные блоки, включающие насос, регулиующую арматуру, элементы электроприводов и автоматики, контрольно-измерительные приборы, фильтры, грязевики.

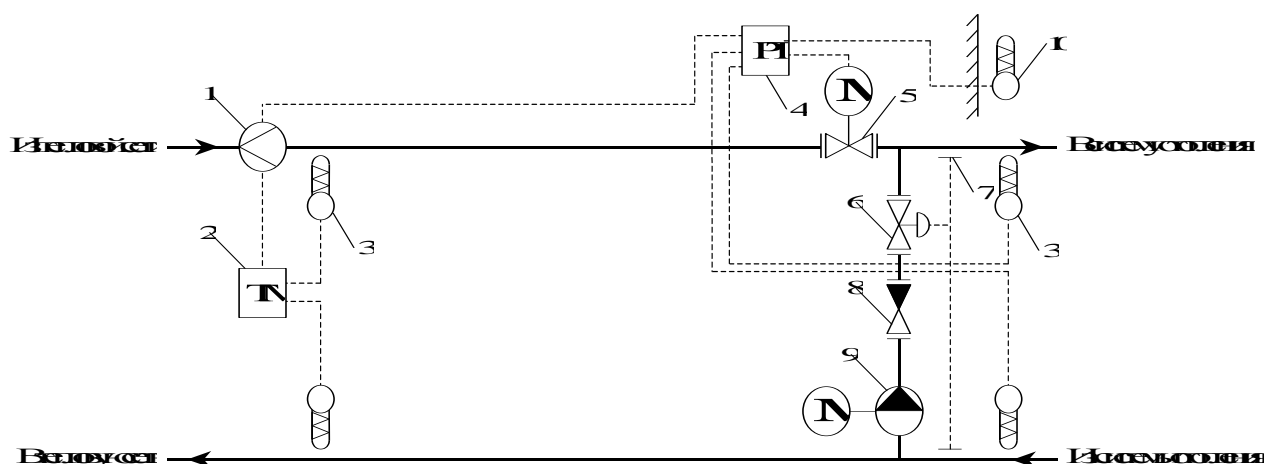


Рис. 6.9. Схема ИТП с зависимым присоединением системы отопления, с автоматическим регулированием расхода теплоты на отопление [3]: 1 - датчик расхода воды; 2 - теплосчетчик; 3 - датчик температуры теплоносителя; 4 - электронный регулятор; 5 - регулирующий клапан с электроприводом; 6 - регулятор перепада давлений (прямого действия); 7 - датчик давления воды в трубопроводе; 8 - обратный клапан; 9 - корректирующий подмешивающий насос; 10 - датчик температуры наружного воздуха [8].

Затраты определяются при выборе внедренческой фирмы. Комплектация узлов управления производится с учетом рекомендаций специалистов фирмы, которые оказывают консультационные услуги при разработке данных узлов.

Узел работает следующим образом. При наступлении условий, когда температура в тепловой сети превышает требуемую, электронный регулятор включает насос, а тот добавляет в систему отопления столько охлажденного теплоносителя из обратного трубопровода, сколько необходимо для поддержания заданной температуры. Гидравлический регулятор в свою очередь прикрывается, уменьшая подачу сетевой воды.

Режим работы автоматизированного узла управления в зимнее время круглосуточный, температура поддерживается в соответствии с температурным графиком с коррекцией по температуре обратной воды.

По желанию, может быть предусмотрен режим снижения температуры в отапливаемых помещениях в ночное время, в выходные и праздничные дни, что дает значительную экономию. Снижение температуры воздуха в жилых зданиях в ночное время на 2-3 °С не ухудшает санитарно-гигиенические условия и в то же время дает экономию в размере 4-5%. В производственных и административно-общественных зданиях экономия теплоты за счет снижения температуры в нерабочее время достигается в еще большей степени. Температура в нерабочее время может поддерживаться на уровне 10-12 °С.

Общая экономия тепла при автоматическом регулировании может составить до 25% годового расхода. В летний период АУУ СО не работает.

Реконструкция индивидуального теплового пункта с установкой погодно-зависимого регулирования.

Основным фактором снижения энергопотребления является снижение отпуска тепла в ночное время и выходные дни. Для определения прогнозируемой экономии энергоресурсов примем следующие допущения:

- Продолжительность отопительного сезона 198 суток (4704 часа);
- Среднее количество рабочих дней в отопительный период 160 день (160*12=1920 раб. часов);
- Выходных дней 38 (38*24=864 часа);
- Ночных часов в рабочие дни 160*12=1920 часов;
- Время интенсивного прогрева помещений 1920 часа;
- Температура в помещениях в рабочее время $t_{in}^{18} = 18^{\circ}\text{C}$;
- Температура в помещениях в нерабочее время $t_{in}^{15} = 15^{\circ}\text{C}$;
- Температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки $t_{ext} = -24^{\circ}\text{C}$;
- Средняя температура наружного воздуха за отопительный период $t_{ht} = -3,9^{\circ}\text{C}$;

Потребление тепла на нужды отопления 330,21 Гкал/год.

Для расчета воспользуемся следующей формулой для укрупненного расчета теплотребления

$$Q = q * a * (t_{in} - t_{ht}) * V_h$$

где

Q - средний расход тепла на отопление;

q - удельная нагрузка на отопление 0,07 Гкал/ч;

a - поправочный коэффициент для удельной нагрузки на отопление, в зависимости от местных климатических условий: 0,99;

V_h – объем здания.

Изучая выражение, видим, что при изменении средней температуры воздуха внутри помещений все остальные параметры остаются прежними. Исходя из этого, получим выражение для определения количества тепла, потребленного при снижении средней температуры воздуха внутри помещений следующего вида:

$$Q^{после} = Q^{до} * (t_{in}^{15} - t_{ht}) / (t_{in}^{18} - t_{ht})$$

с учетом продолжительности работы на заданных параметрах:

$$Q^{15} = 320,21 * (15 - (-3,9)) / (20 - (-3,9)) / 4704 * 2784 = 168,66 \text{ Гкал/год};$$

$$Q^{18} = 320,21 * (15 - (-3,9)) / (20 - (-3,9)) / 4704 * 1920 = 116,32 \text{ Гкал/год}.$$

Вычислим годовую экономию тепла, Гкал, от внедрения мероприятия:

$$Q^{после} = (Q^{15} + Q^{18})$$

$$Q_{ф} - Q^{после} = 320,21 - (168,66 + 116,32) = 45,23 \text{ Гкал/год}.$$

При расчетах приняты тарифы на тепловую энергию за базовый год.

В таблице 6.2 указаны результаты расчета по данному мероприятию, направленному на повышение эффективности использования энергоресурса.

Таблица 6.2

Результаты расчета эффективности от внедрения мероприятия

| № п/п | Расчетные величины | Результаты расчета |
|-------|-------------------------------------------------------|--------------------|
| 1. | Затраты на внедрение мероприятия, тыс. руб | 400 |
| 2. | Годовая экономия от внедрения мероприятия, Гкал в год | 45,23 |
| 3. | Годовая экономия от внедрения мероприятия, тыс. руб | 95,65 |
| 4. | Срок окупаемости | 4,2 года |

6.4 Автоматизированная система комплексного учёта топливно-энергетических ресурсов

Автоматизированная система комплексного учёта топливно-энергетических ресурсов (АСКУ ТЭР), предназначена для автоматизации комплексного (коммерческого и технического) учета потребления и сбыта топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) на объектах определённого административно-территориального образования (АТО), для осуществления коммерческих расчетов с поставщиками/потребителями ТЭР, для технического контроля за непроизводительными расходами в производственном процессе, использования полученных данных при нормировании, для планирования объемов потребления, формировании баланса покупки/продажи, оперативного контроля режимов потребления топлива и энергии, ведения статистической отчетности и передаче данных

учета на сервера АСКУ и автоматизированные рабочие места (АРМ) пользователей.

С учетом специфики работы объектов внедрения АСКУ ТЭР осуществляет решение следующих задач [9]:

- коммерческий учёт потребления и отпуска топливно-энергетических ресурсов (электрическая энергия, тепловая энергия, пар, горячая вода, холодная вода, топочный мазут, сточные воды и пр.) в подразделениях соответствующего объекта внедрения;
- технический контроль потребления всех энергоресурсов, поступающих в структурные подразделения в границах определённого объекта соответствующего АТО;
- контроль отпуска (транзита) всех видов ТЭР сторонним потребителям.

Основной целью создания системы АСКУ ТЭР является анализ эффективности потребления энергоресурсов по направлениям использования и выработка обоснованных управляющих воздействий с целью сокращения нерационального использования ТЭР. Эта цель достигается разработкой в рамках данной системы инструментальных средств экономии затрат на потребление, производство и отпуск топливно-энергетических ресурсов на определённом объекте внедрения АСКУ. Инструментальные средства обеспечивают автоматизацию комплекса функций следующих типов:

- информационно-вычислительные и измерительные функции Системы;
- сервисные функции.

В состав сервисных функций входят [9]:

- тестирование и диагностирование КТС;
- контроль и анализ пуска/останова оборудования;
- конфигурирование программно-технического комплекса системы;
- санкционированный доступ;
- документирование событий.

Информационно-вычислительные и измерительные функции АСКУ представляют собой набор функций по реализации задач комплексного учёта ТЭР, измерения параметров потребления ТЭР, их обработки, архивации и передачи соответствующим пользователям.

В целом реализация этих функций обеспечивает:

- создание механизмов коммерческого и технического учёта потребляемых топливно-энергетических ресурсов в подразделениях соответствующего АТО;
- контроль за удельными затратами энергоресурсов на единицу продукции (услуг);

- формирование квалифицированных отношений с поставщиками и потребителями.

6.4.1 Организация работы и условия функционирования автоматизированной системы комплексного учета топливно-энергетических ресурсов

Управление технологическим процессом сбора данных о потреблении ТЭР, контроля работоспособности программно-технических средств и технологического оборудования сетей энергоснабжения объектов АТО система АСКТУ ТЭР осуществляется в следующих режимах

- автоматизированный;
- дистанционный или режим настройки и конфигурирования.

В автоматизированном режиме основные технологические операции по сбору коммерческих данных с узлов учета ТЭР, контролю технологических параметров (давление, расход и температура в системах теплоснабжения и водопотреблении, в местах прихода мазута и расхода пара) выполняются под управлением средств вычислительной техники. Программно предусматривается сигнализация при выходе каких-либо параметров за границы допустимого их изменения или повышенного потребления ТЭР в целях исключения аварийных ситуаций. В данном режиме пользователь Системы осуществляет наблюдение за ходом технологического процесса и может вмешаться в процесс для уточнения возникшей нештатной ситуации. Автоматизированный режим является основным режимом и обеспечивает работу системы в режиме нормальной эксплуатации оборудования и приборов.

В режиме настройки и конфигурирования системы АСКУ ТЭР все необходимые операции выполняются пользователем системы с помощью средств управления на мониторах ПК сервера системы [9].

В этом режиме управления обеспечивается настройка аппаратных средств и конфигурирование устройств сбора данных на конкретное количество и тип приборов учета ТЭР, интерфейсов и линий связи. В режиме настройки производится изменение порядка опроса приборов комплексного учета ТЭР, а также получение оперативных данных для выбранного узла учета ТЭР или энергетического объекта о его работоспособности и диагностики неисправностей.

Этот режим используется для запуска Системы или ее выключения, а также при необходимости проведения ремонтных или регламентных работ.

Для решения задач по организации комплексного учета ТЭР и контроля за функционированием основного энергетического оборудования и приборов Системы во всех режимах используется информация с приборов нижнего уровня Системы – узлов АУ ТЭР.

Результатом работы Системы является выходная информация, выдаваемая на АРМы пользователей Системы в виде оперативных

текущих данных (видеограммы Системы) и в виде соответствующих выходных документов (отчётов) по коммерческим и техническим данным о потреблении (отпуске) ТЭР.

6.4.2 Структура автоматизированной системы комплексного учёта топливно-энергетических ресурсов

В целях реализации вышеуказанных задач система АСКУ ТЭР построена в виде трёхуровневой иерархической системы, структурно-технологическая схема, которой представлена на рис. 6.10.

Согласно этой структуре задачи АСКУ реализованы программно-техническими средствами автономных узлов учёта топливно-энергетических ресурсов (АУ ТЭР) нижнего уровня системы – (уровень ИВКЭ), средствами среднего уровня (уровень ИКП) и программно-техническими средствами верхнего уровня Системы (уровень ИВКС).

На нижнем уровне Системы расположены информационно-вычислительные комплексы учёта энергоресурсов (ИВКЭ), построенные на основе автономных узлов учёта определённого вида ресурсов (АУТЭР АУЭл, АУХВС, АУГВС, АУТЭ, АУКПТ, АУП).

Конкретный приборный состав каждого узла АУТЭР приведен в подразделе сайта «Автономные узлы комплексного учёта топливно-энергетических ресурсов – АУ ТЭР».

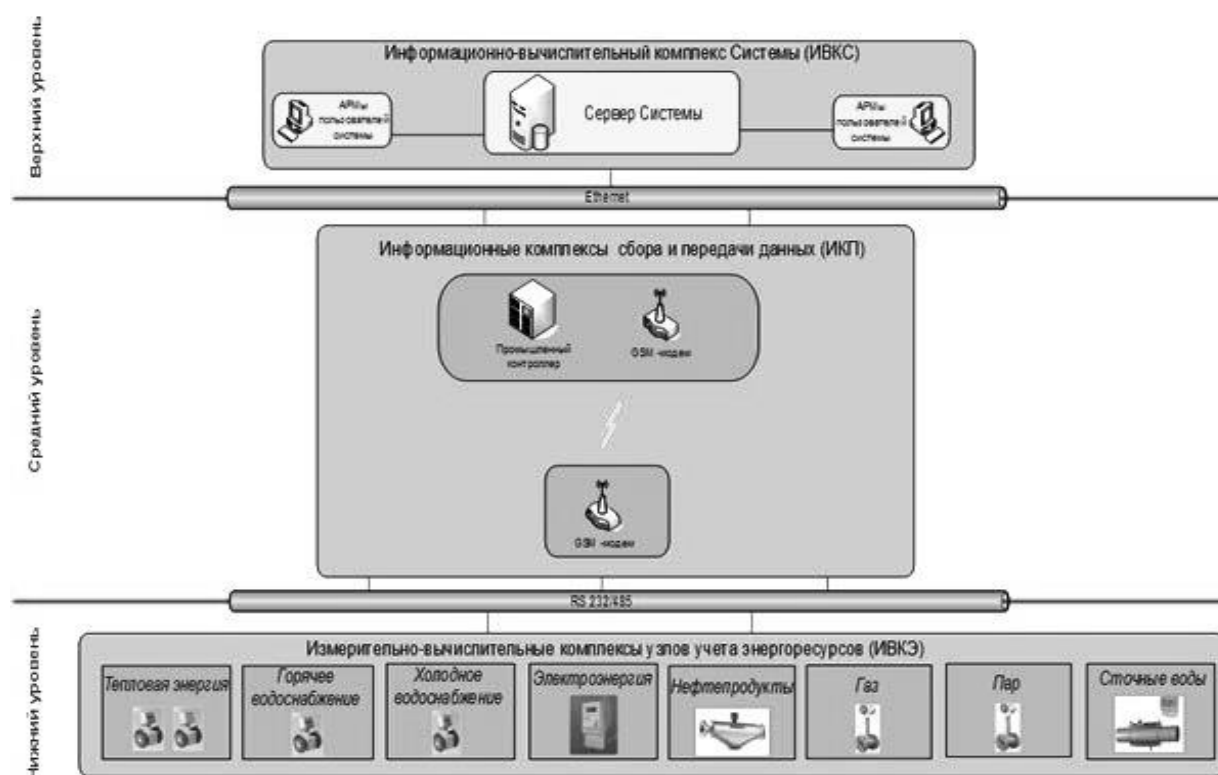


Рис.6.10 Структурно-технологическая схема АСКУ ТЭР [9]

В состав среднего уровня системы АСКУ ТЭР - каналобразующего уровня связи входят информационные комплексы сбора и передачи данных (ИКП) с узлов учёта ТЭР нижнего уровня системы на верхний уровень. Комплексы ИКП построены на основе средств передачи информации и устройств сбора и передачи данных на базе промышленно-компируемых контроллеров. В качестве каналов связи для передачи данных с приборов учета ТЭР в системе, как правило, используются интерфейс RS-485/232, каналы сети СПД и каналы беспроводной связи GSM.

Средства верхнего уровня включают в себя программно-технические средства сервера АСКУ, являющегося центром интеграции и обработки информации, поступающей с приборов учета и преобразователей технологической информации через ИКП, и автоматизированные рабочие места (АРМ) руководителей и специалистов служб структурных подразделений объектов внедрения системы.

На этом уровне организовано хранение всех используемых в системе коммерческих и технических данных, а также доступ к этим данным программно-технических средств верхнего уровня. На этом же уровне организован доступ к ресурсам системы АСКУ ТЭР руководителей и специалистов верхнего звена объекта внедрения Системы.

На сервере системы, как правило, реализуются следующие основные функции [9]:

- сбор коммерческих данных с приборов учета ТЭР и первичных преобразователей технологических параметров для контроля параметров ТЭР и работы оборудования;
- регистрация отклонений в режимах производства и потребления энергоресурсов, а также в работе энергетического оборудования;
- ведение астрономического времени;
- коррекция астрономического времени в приборах учета, вычислителях;
- ведение баз данных;
- архивирование коммерческих данных учета ТЭР.

Деятельность персонала, обеспечивающего функционирование АСКУ, заключается в контроле за работой оборудования системы и работой энергетического оборудования по технологическим параметрам. При нарушениях в технологическом процессе потребления ТЭР и появлении возможных неисправностей в оборудовании системы внимание оператора привлекается автоматической световой сигнализацией с выводом информации в протоколе событий.

6.5 Использование возобновляемых источников энергии и вторичных энергоресурсов

6.5.1 Возобновляемые источники энергии

ФЗ № 261 и его подзаконные акты обязывают при энергетических обследованиях выявлять возможность использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Потенциал. Все энергетические ресурсы принято подразделять на невозобновляемые и возобновляемые. Подсчет запасов энергии – дело сложное, поэтому оценки разных авторов различаются. Кроме того, запасы угля, нефти и газа различают по категориям: доказанные (т.е. более или менее подтвержденные разведывательным бурением и другими методами), прогнозные и т.д.

Ниже приведены ориентировочные данные по общим запасам энергоресурсов на планете Земля [1].

Невозобновляемые источники, т у.т.:

- Термоядерная энергия – $12300 \cdot 10^{12}$;
- Ядерная энергия – $74 \cdot 10^{12}$;
- Химическая энергия ископаемых органических горючих – $7,4 \cdot 10^{12}$;
- Внутренняя теплота Земли (геотермальная энергия) – $0,0165 \cdot 10^{12}$;

Источники, возобновляющиеся в течение года, т у.т./год:

- Энергия солнечных лучей, достигающей земной поверхности – $78 \cdot 10^{12}$;
- Энергия морских приливов и отливов – $9,4 \cdot 10^{12}$;
- Энергия ветра – $0,23 \cdot 10^{12}$;
- Энергия рек – $0,0024 \cdot 10^{12}$;

Биотопливо (возобновляется в течение 1-50 лет), т у.т./год – $0,006 \cdot 10^{12}$.

Рассмотрим кратко возможности и степень использования каждого из перечисленных видов энергоресурсов.

Термоядерная энергия – энергия синтеза гелия из дейтерия. Запасы дейтерия в воде океанов колоссальны. Но реакция синтеза идет при температуре, равной миллионам кельвинов. Такие температуры имеет место в глубине Солнца и звезд, при взрыве водородной бомбы. Осуществление реакции термоядерного синтеза в стационарных условиях на Земле наталкивается на колоссальные трудности, связанные с гидродинамической неустойчивостью плазмы (смеси атомных ядер и электронов, в которую превращается газ при этих температурах). В аппаратах «Токомак», созданных советскими учеными, удавалось получить нужную температуру и осуществить реакцию в течение очень

коротких долей секунды. В России работы в этом направлении практически прекращены. Ведутся переговоры с западными странами, намного отставшими от СССР, о создании международного консорциума для строительства опытного реактора для проведения совместных исследований (предположительно во Франции).

Проблема использования термоядерной энергии в мирных целях вряд ли будет решена, по крайней мере, до середины 21-го века.

Ядерная энергия – энергия распада ядер урана – 235 и плутония. Она уже широко используется на атомных станциях. Во Франции, например, на них вырабатывается более 80 % электрической энергии, в Швеции – около 50 %, в России – 15 %. Энергетический потенциал запасенного на Земле ядерного топлива соизмерим с потенциалом органических топлив, а при использовании урана, растворенного в водах морей и океанов (что сегодня экономически невыгодно), существенно его превосходит.

Химическая энергия ископаемых органических горючих. К ним относят уголь, нефть, природный газ, горючие сланцы, торф.

Наибольшее количество энергии органических топлив запасено в залежах угля, что видно из табл. 6.3 [1].

Таблица 6.3 Разведанные запасы органических топлив на Земле [1]

| Топливо | Полный, разведанный запас, млрд. т у.т. | Легко добываемый запас, млрд. т у.т. |
|-----------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|
| Уголь (включая бурый) | 10100 | 636 |
| Нефть | 275 | 88,6 |
| Газ | 360 | 81 |
| Торф | 5 | 5 |

На 28-ой Международной конференции, прошедшей в 2003 г., по использованию угля приведены такие данные: из всех в 2001 г. в мире израсходованных энергоресурсов, структура их потребления составила: нефти – 38 %, угля – 24 %, природного газа – 24 %, гидроэнергии – 7 %, ядерной энергии – 7 %.

При таком потреблении запасов органического топлива хватило бы человечеству более чем на 300 лет, но среди запасов уголь составляет 68 %, газ – 19 %, а нефть – всего 13 %, т.е. запасы наиболее квалифицированных топлив – нефти и природного газа – намного меньше, чем угля, причем расположены их месторождения на Земле крайне неравномерно. Так запасы собственной нефти в США оберегаются как стратегическое сырье. Из приблизительно 1000 млн т нефти, потребляемой США в год, добыча ее внутри страны составляет всего около 311 млн т год (табл. 6.3).

Разведанные запасы нефти в России зарубежными экспертами оцениваются в 10500 млн т, что составляет свыше 9,2 % доказанных мировых запасов. По данным Международного энергетического агентства, разведанные запасы природного газа в России составляют 27 % мировых запасов. Россия занимает первые места в мире как экспортер газа и как экспортер нефти.

Внутренняя теплота Земли используется, в основном, в местах тектонической активности, прежде всего для отопления зданий, теплиц и т.д. Геотермальные электростанции (ГеоЭС) строятся при наличии мощных подземных источников горячей воды и пара, Новая Зеландия, США (долина гейзеров) и др. В России построены 3 крупные ГеоЭС на Камчатке: Мутновская, мощностью 50 МВт; Паужетская и Верхне-Мутновская (суммарной мощностью 23 МВт) и 2 небольших (1 МВт) на Курильских островах.

В целом вклад геотермальной энергии в мировое энергопроизводство ничтожно мал (0,5 %).

Из *возобновляемых источников* наибольшую роль играет *гидроэнергия*. В настоящее время ГЭС мира обеспечивают 9 % общей выработки энергии, а их вклад в общем энергопотреблении мира составляет, как указано выше, около 7 %. Создание крупных ГЭС требует огромных затрат, которые могут себе позволить только богатые страны. В Советском союзе были построены крупнейшие ГЭС в мире, в том числе Саяно-Шушенская мощностью 9 ГВт. Сейчас самая мощная ГЭС «Три ущелья» на реке Янцзы (18,2 ГВт) строится в Китае. В России в 2003 г. была, наконец, пущена первая турбина Бурейской ГЭС, которая начала строиться еще при Советском Союзе 30 лет назад. По советскому проекту, на этой ГЭС предполагалось установить 8-9 турбин.

Солнечная энергия, несмотря на огромные потоки на Землю, составляет ничтожную долю в энергобалансе мира. Основная причина – малая плотность излучения, падающая на единицу площади Земли, и ее зависимость от времени суток и года, облачности и т.д. За пределами атмосферы на каждый квадратный метр поверхности, перпендикулярной солнечным лучам, падает 1,356 кВт энергии. Значительная часть ее поглощается в атмосфере (пылью, некоторыми газами, облаками), часть отражается в космос (теми же облаками). Поверхности Земли достигает примерно 50 % от указанной выше цифры. Приблизительно половину времени (ночь) каждый участок Земли Солнцем не освещается. С учетом угла наклона поверхности Земли получается, что в среднем на 1 м² приходится 200-300 Вт солнечной энергии.

Сейчас солнечная энергия используется, в основном, в странах, расположенных на низших широтах, для получения горячей воды и отопления. В условиях России солнечные коллекторы для горячего

водоснабжения в летний период не окупаются даже в Краснодарском крае, где работают более 50 гелиоустановок общей площадью около 3600 м². Но они позволяют экономить органическое топливо, поэтому в ряде стран использование солнечных нагревателей (как и вообще возобновляемых источников энергии) поощряется правительствами с помощью различных льгот и тарифов. Самый большой солнечный водонагреватель площадью 3000 м² построен около ТЭЦ в Дании в 1990 г. Он позволяет обеспечить горячее водоснабжение летом без сжигания топлива на ТЭЦ. Всего в Дании в 1990 г. эксплуатировались солнечные водонагреватели суммарной площадью 60000 м².

Для получения электричества за счет энергии солнечных лучей чаще всего используют полупроводниковые фотоэлементы, КПД которых не превышает 10 (редко 15) %. Лауреат Нобелевской премии Ж.И. Алферов, выступая в УГТУ-УПИ, сказал, что к середине столетия КПД гетерофазных полупроводников достигнет 40 %. При КПД = 0,15 для получения одного киловатта электрической мощности в среднем за сутки требуется поверхность фотоэлементов, равная 1: $(0,3 \cdot 0,15) \approx 20$ м². Это дорого.

Электроэнергия от гелиоустановок стоит примерно в 6 раз дороже, чем от сжигания органического топлива, но правительство ряда стран опять-таки поощряют такие проекты. Всего на планете установлено фотоэлектрических преобразователей на суммарную мощность примерно 500 МВт. Для сравнения напомним, что Рефтинская ГРЭС в Свердловской области имеет мощность 3800 МВт. Самая крупная электростанция на полупроводниках имела мощность 12 МВт. Она была установлена на станции для полета к Марсу, запущенной в СССР. Наземная солнечная электростанция в Баварии мощностью 10 МВт занимает площадь 24800 м² (т.е. грубо 0,5x0,5 км), строится станция мощностью 11 МВт (в Португалии), есть проект станции 15 МВт (Южная Корея).

Энергия ветра используется в несколько больших масштабах, нежели солнечная (по крайней мере, для производства электричества), но ее вклад в энергобаланс мира тоже чрезвычайно мал. На конец XX века установленная мощность ветроэлектростанций на планете составляла 5250 МВт. Наряду с небольшими ветроустановками (в основном для привода насосов, забирающих из скважин воду на крупных фермах) и электростанции (для электроснабжения отдельных радиостанций и других объектов) в последнее время в ряде стран построены ветроэлектростанции с мощностью ветротурбины, равной 2 и даже 5 МВт. Такие станции строятся, как правило, на побережье океанов, иногда – в море на расстоянии до 10 км от берега, где постоянно дуют сильные ветры (Северное побережье Великобритании, Германии, Дании).

Много ветроэлектростанций построено в США в «ветреной» калифорнийской долине. Часто в «ветреном» районе (Северный Уэллс, Калифорния) строится группа ветроэлектростанций единичной мощностью 0,5-3 МВт, передающих электроэнергию в промышленный район по одной линии электропередач. В долине ветров Калифорнии создан парк из 11 тысяч ветроустановок.

Энергия морских приливов и отливов пока не используется, так же как и энергия морских волн. Имеются лишь опытные электростанции.

Биотопливо. Сейчас под биотопливом практически понимаются древесина, отходы животноводства (навоз) и продукты растениеводства для спиртового сбраживания. Древесине уделяется все большее внимание, в частности потому, что ее сжигание не увеличивает концентрацию CO_2 , в атмосфере, если считать, что при выращивании нового дерева вместо сожженного поглотится образовавшийся при горении углекислый газ. В топках сжигают прежде всего отходы лесозаготовок, деревообрабатывающей и других отраслей промышленности, но уже имеются примеры, когда быстрорастущие деревья (акация, ива, тополь и др.) специально выращивают на топливо. В этом отношении интересен опыт Швеции. Там электричество вырабатывается в основном на ГЭС (50 %) и АЭС (50 %), а в промышленной теплоэнергетике и в быту (отопление, горячее водоснабжение) используются уголь и древесина. Своего угля, как и нефти, в Швеции нет.

Так, импортный уголь в ряде стран дешевле отечественной древесины. Например, правительство Швеции установило такие пошлины на его ввоз, что самым дешевым топливом оказалась древесина. Это – пример регулируемого рынка.

В энергобалансе планеты древесное топливо играет заметную роль. Площадь лесов на Земле составляет около 20 млн км^2 , из них в России – около 8 млн км^2 .

Использование отходов животноводства позволяет, во-первых, утилизировать их (на крупных свиноводческих фермах России, например, их захоронение выливается в проблему), во-вторых, получить из них энергию. В Средней Азии кизяк (высушенный навоз) используется в качестве топлива. Но более широкое распространение (особенно в странах с теплым климатом) нашли *биореакторы*. Фактически это – чаны (обычно врытые в землю), в которых при температуре 32-36 °С (иногда 50 °С) происходит сбраживание жидкого навоза. При этом выделяется газ, состоящий из метана (≈ 60 %) и CO_2 (≈ 40 %). Остающиеся отходы, имеющие жидкую консистенцию, используются в качестве удобрений. Биогаз используют в быту и даже для производства электроэнергии. Огромное количество небольших примитивных реакторов имеется в Китае, Индии и других странах с теплым климатом. В России биореакторы почти

не применяются, так как поддержание нужной температуры в реакторе в нашем суровом климате требует больших затрат энергии.

Одним из вариантов использования биоотходов (например, остатков сахарного тростника – багассы – после получения из него сахара) является их спиртовое сбраживание. Получающийся этиловый спирт используется в качестве топлива в двигателях либо в чистом виде, либо (чаще) – в качестве добавок к бензину (такая смесь называется «газохол»). В Бразилии в конце 80-х годов (после нефтяного кризиса) более 5 млн автомашин использовали чистый этанол и 9 млн. – газохол. В США газохол составляет 10 % топливного рынка и используется в 100 млн двигателях.

Использование пищевых ресурсов как топлива – спорный вопрос и вряд ли это направление перспективно.

В развитых странах приняты долгосрочные программы по развитию систем энергоснабжения от возобновляемых источников энергии. Покажем их масштабы на примере Германии. В 2008 г. производство электроэнергии от возобновляемых источников в Германии составило 92,7 ТВт·ч (92,7 млрд кВт·ч), что составляет 15,1 % всей потребляемой электроэнергии в стране.

Для сравнения отметим, что в ФРГ производится в год электроэнергии от возобновляемых источников почти в 2,5 раза больше общего количества электроэнергии, потребляемого в Свердловской области. Но еще более важная особенность производства этого вида энергии в том, что все эти генераторы электроэнергии в количестве 469800 установок общей установленной мощностью 38140 МВт включены в объединенную электрическую сеть Германии. Если бы и в нашей стране была возможность любому лицу подключить свою генерирующую установку в единую распределительную сеть соответствующего поселения, то системы энергоснабжения от возобновляемых источников были бы также широко распространены.

Представляет интерес структура мощности этого вида установок в Германии (2008 г.): 22833 МВт – ветросиловые; 5955 МВт – фотоэлектрические; 3997 – ГЭС; 3698 МВт – биогазовые. В 2008 г. наиболее активно развивалась фотоэлектрическая составляющая на 34,6 % и ГЭС – на 13 %.

6.5.2 Вторичные энергоресурсы

Вторичные топливно-энергетические ресурсы (ВЭР) – топливно-энергетические ресурсы, полученные как отходы или побочные продукты (выбросы) производственного технологического процесса. Вторичные ТЭР встречаются в виде теплоты различных параметров и топлива.

К ВЭР относят: нагретые уходящие газы технологических агрегатов; газы и жидкости систем охлаждения; отработанный водяной пар; сбросные воды; вентиляционные выбросы, теплота которых может быть полезно использована.

К ВЭР в виде топлива относят: твердые и жидкие отходы, газообразные выбросы нефтеперерабатывающей, нефтедобывающей, химической, целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей и других отраслей промышленности, городской мусор и т.п.

Доменные газы, имеющие теплоту сгорания около 4000 кДж/м^3 , относятся к горючим ВЭР, но поскольку они обладают давлением выше атмосферного (до $0,3 \text{ МПа}$), то могут быть использованы как ВЭР с избыточным давлением в газовой бескомпрессорной утилизационной турбине для выработки дополнительной электроэнергии или привода воздуходувок. При водяном охлаждении доменных печей и металлоконструкций можно получить значительное количество низкопотенциальной теплоты (с температурой $15\text{—}20 \text{ }^\circ\text{C}$). Метод испарительного охлаждения при сокращении расхода воды и электроэнергии на ее перекачку позволяет выработать пар низкого давления (до $0,8 \text{ МПа}$), используемый для нужд теплоснабжения.

Температура уходящих газов воздухонагревателей доменных печей колеблется в пределах $150\text{—}600 \text{ }^\circ\text{C}$, температура уходящих газов кауперов достигает $250\text{—}500 \text{ }^\circ\text{C}$. Их теплота может быть использована для выработки пара, горячей воды или для подогрева доменного газа. Перспективно использование теплоты шлаков, которые в цветной металлургии выходят с температурой до $1300 \text{ }^\circ\text{C}$ и уносят до $15\text{—}70 \%$ общей теплоты. В черной металлургии значительные отходы теплоты образуются в агломерационном и ферросплавном производствах (средняя температура шлаков колеблется в пределах $500\text{—}550 \text{ }^\circ\text{C}$).

На предприятиях машиностроения в настоящее время тепловыми отходами являются физическая теплота уходящих газов, теплота охлаждения нагревательных и термических печей и вагранок, теплота отработанного пара кузнечно-прессового оборудования.

В промышленности строительных материалов тепловые ВЭР образуются при обжиге цементного клинкера и керамических изделий, производстве стекла, кирпича, извести, огнеупоров, выплавке теплоизоляционных материалов. К ним относится физическая теплота уходящих газов различных печей (туннельных, шахтных, вращающихся и т. д.).

Крупными потребителями пара различных параметров, электроэнергии, горячей и теплой воды, а также холода являются почти все отрасли пищевой промышленности, поэтому и тепловые ВЭР предприятий пищевой промышленности также весьма разнообразны. Это,

прежде всего, теплота отходящих горячих газов и жидкостей; жидких и твердых отходов производства; отработанного пара силовых установок и вторичного пара, который получается при выпаривании растворов, ректификации и высушивании; тепловых установок; теплота, содержащаяся в продуктах производства.

Вторичные энергоресурсы имеются также на тепло- и гидроэлектростанциях. На гидроэлектростанциях отходы теплоты образуются в результате тепловыделения в электрогенераторах. Для тепловых электростанций наиболее существенный источник ВЭР — низкопотенциальная теплота нагретой охлаждающей воды конденсационных устройств, с которой может теряться до 50 % теплоты топлива, расходуемого на электростанции. Источником ВЭР считаются также дымовые газы котельных установок на паротурбинных станциях или отходящие продукты сгорания газотурбинных установок.

Для охлаждающих установок источником тепловых ВЭР может служить нагретая охлаждающая вода из воздухоохладителей и регенеративных теплообменных аппаратов. Источником ВЭР может быть нагретая охлаждающая вода из системы охлаждения генераторов электростанций. Значительные тепловые отходы имеются и на АЭС: теплота конденсата, теплота охлаждающих систем и др.

Таким образом, основными источниками образования ВЭР в различных отраслях промышленности выступают технологические аппараты, как правило, недостаточно совершенные с энергетической точки зрения, поскольку современная технология допускает работу технологических установок с низким коэффициентом использования топлива.

Удельные показатели выхода ВЭР приведены в табл. 6.4 [1]

Выход и использование ВЭР рассчитывают либо в единицу времени (1 ч) работы агрегата-источника ВЭР, либо в удельных показателях на единицу продукции (сырья).

Удельный (часовой) выход ВЭР определяется умножением удельного (часового) количества энергоносителя на его энергетический потенциал.

Энергетический потенциал энергоносителей определяется:

- для горючих ВЭР — низшей теплотой сгорания $Q_p^{\text{н}}$;
- для тепловых ВЭР — перепадом энтальпий Δh ;
- для ВЭР избыточного давления — работой изоэнтропного расширения l .

Таблица 6.4 Показатели выхода тепловых ВЭР для некоторых энергоемких технологий

| Продукт, агрегат – источник ВЭР или технологический процесс | ВЭР и их краткая характеристика | Удельный выход ВЭР на 1 т продукта (сырья), Гкал/ед. прод. | Возможная удельная выработка тепла за счет ВЭР на 1 т продукта (сырья), Гкал/ед. прод. |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Производство стали | | | |
| Сталь Мартеновская печь (в том числе двухванная) | Уходящие газы $\Theta = 650\text{—}700\text{ }^\circ\text{C}$ $\Theta = 1450\text{ }^\circ\text{C}$ (для двухвальной печи), запыленность $1,5\text{—}8,0\text{ г/м}^3$ Охлаждение конструкций $\Theta = 150\text{ }^\circ\text{C}$ (водяное охлаждение) $\Theta_{\text{пара}} = 190\text{—}250\text{ }^\circ\text{C}$, $p = 3,5\text{—}8\text{ атм.}$ | 0,5—0,7 | 0,24 |
| Электросталеплавильная печь (средняя емкость 50 т) | Уходящие газы $\Theta = 1000\text{ }^\circ\text{C}$ $\Theta = 1300\text{ }^\circ\text{C}$ | 0,1—0,2 | 0,13 |
| Прокатное производство | | | |
| Заготовки Нагревательная печь (методическая, кольцевая с шагающим подом и др.) | Уходящие газы $\Theta = 1250\text{—}1350\text{ }^\circ\text{C}$ (сортовые стандарты) $\Theta = 1500\text{ }^\circ\text{C}$ (трубосварочные станы) Охлаждение конструкций $\Theta_{\text{воды}} = 50\text{ }^\circ\text{C}$ $p = 6\text{—}45\text{ ата, } \Theta = 250\text{ }^\circ\text{C}$ | 0,25—0,35 | 0,1 |
| | | 0,6—0,11 | 0,06—0,09 |
| Первичная переработка нефти | | | |
| Сырая нефть | Дымовые газы | | |
| ЭЛОУ-АТ-6 | $\Theta = 350\text{—}450\text{ }^\circ\text{C}$ | 0,06 | 0,02—0,03 |
| ЭЛОУ-АВТ-6 | $\Theta = 400\text{—}450\text{ }^\circ\text{C}$ | 0,105 | 0,05—0,06 |
| Установки деперефинации | $\Theta = 470\text{ }^\circ\text{C}$ | 0,065 | 0,035 |
| Каталитический риформинг | | | |

| | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Установки: ЛГ-35-8/300Б Л-35-11/300-95 Л-35-11/600 Л-35-11/600-68 Л-35-11/1000 | Дымовые газы Θ = 460—500 °С Θ = 500—520 °С Θ = 400—450 °С Θ = 600—500 °С Θ = 400—500 °С | 0,35 0,29 0,26 0,315 0,21 | 0,12 0,19 0,1—0,2 0,21 0,13 |
| Гидроочистка | | | |
| Установки: Л-24-6 Л-24-7 | Дымовые газы Θ = 300 °С Θ = 330—420 °С | 0,102 0,035—0,04 | 0,03—0,04 0,012 |
| Промышленность стройматериалов | | | |
| Стекло Горшковая печь | Уходящие газы Θ = 400—600 °С (после теплообменника) Θ = 1300 °С (после регенератора) | 1,7—2,7 | 1,0 ккал/т стекло-массы |
| Ванная регенеративная печь | | 0,35—0,54 ккал/т | 200—350 ккал/кг стекломассы |
| Минеральная вата Вагранка для плавки минерального сырья | Уходящие газы Θ = 500—800 °С | | 0,334 |
| Известь Печь обжига извести | Уходящие газы Θ = 100—400 °С | 0,116 | 0,081 |
| Пищевая промышленность | | | |
| Масло растительное Сушка семян Прессование Экстракция, рафинация | Тепло бинарной смеси, масла, конденсат, парогазовая смесь Θ = 40—130 °С | 0,86 | 0,4 |
| Маргарин, майонез Подогрев молока, воды | Конденсат, вторичный пар Θ = 90—120 °С | 0,93 | 0,35 |
| Саломас Гидрогенизация жиров | Тепло продукта, конденсат Θ = 70—100 °С | 1,03 | 0,4 |
| Глицерин Дистилляция жирных кислот | Паровоздушная смесь, конденсат, Θ= 110 °С | 3,09 | 1,3 |
| Мыло Разогрев жиров, сушка мыла | Парогазовая смесь, конденсат Θ = 90 °С | 0,73 | 0,3 |
| Машиностроение | | | |

| | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------|
| Сталь Мартеновская печь (емкость 18—90 т садки) | Уходящие газы $\Theta = 500—800\text{ }^\circ\text{C}$ запыленность 10—15 г/м ³ | 0,4—0,5 (после рекуператора) | 0,37 |
| | Охлаждение конструкции $\Theta = 40\text{ }^\circ\text{C}$ $\Theta = 190—250\text{ }^\circ\text{C}$ $p = 3,5—1,8\text{ ата}$ | — | 0,29 |
| Нагрев заготовок Нагревательная печь производительностью 300—20000 кг/ч | Уходящие газы $\Theta = 600—1300\text{ }^\circ\text{C}$ (после печи) $\Theta = 300—700\text{ }^\circ\text{C}$ (после рекуператора) | — | 0,3—0,7 0,2—0,5 |

В качестве единиц измерения потенциала приняты единицы измерения энергии — килоджоуль, киловатт.

Единицами измерения количества энергоносителя служат единицы массы — килограмм (кг), тонна (т); для газообразных теплоносителей — единицы объема — кубический метр при нормальных физических условиях (м³ при н.у., нм³): $P = 760\text{ мм рт. ст.}$ и $t = 0\text{ }^\circ\text{C}$.

Удельный общий выход ВЭР определяется по формулам, кДж/ч [1]:

для горючих ВЭР

$$q_{\Gamma} = m \cdot Q_{\text{H}}^p; \quad (6.1)$$

для тепловых ВЭР

$$q_{\Gamma} = m \cdot c \cdot (t - t_0) = m \cdot \Delta h; \quad (6.2)$$

для ВЭР избыточного давления

$$q_{\text{H}} = m \cdot l. \quad (6.3)$$

Общий объем выхода ВЭР:

$$Q_{\text{ВЫХ}} = q \cdot M$$

или

$$Q_{\text{ВЫХ}} = q_{\text{ч}} \cdot \tau.$$

Здесь m — удельное (часовое) количество энергоносителя в виде твердых, жидких или газообразных продуктов, кг (м³)/ч; Δh — располагаемый перепад энтальпий энергоносителя, кДж/кг; l — работа изотропного расширения, кДж/кг; $Q_{\text{ВЫХ}}$ — общий объем выхода ВЭР за рассматриваемый период, кДж; M — выход основной продукции или расход сырья (топлива) за рассматриваемый период; τ — число часов работы установки-источника ВЭР за указанный период; q — удельный выход ВЭР в процентах к выходу основной продукции или расходу сырья; $q_{\text{ч}}$ — часовой удельный выход ВЭР, определяемый по формулам (6.1) — (6.3).

Иногда в практических расчетах удельный и общий объем выхода ВЭР относят не к единице времени, а к единице продукции: кДж / единицу продукции, процент / единицу продукции.

Низшую теплоту сгорания горючих ВЭР Q_n^p определяют экспериментальным путем или по известным в теплотехнике формулам в зависимости от элементарного состава.

Перепад энтальпий Δh для тепловых ВЭР определяется в зависимости от температуры энергоносителя на выходе из агрегата (источника ВЭР), а также от температуры окружающей среды. В расчетах обычно определяют средний выход ВЭР для установившегося технологического режима.

Выход ВЭР за рассматриваемый период времени (сутки, месяц, квартал, год) определяют исходя из удельного или часового выхода по формуле, ГДж:

$$Q_{\text{вых}} = q \cdot \Pi \cdot 10^{-6},$$
$$Q_{\text{вых}} = q_{\text{ч}} \cdot \tau \cdot 10^{-6},$$

где q — удельный выход ВЭР, кДж/ед. продукции; Π — выпуск основной продукции (расход сырья, топлива), к которой отнесен удельный выход ВЭР, за рассматриваемый период, единица продукции; $q_{\text{ч}}$ — часовой выход ВЭР, кДж/ч; τ — время работы агрегата-источника ВЭР за рассматриваемый период, ч.

Выполним расчет выхода и фактической выработки ВЭР для металлургического завода с полным технологическим циклом [1].

Состав *основного оборудования*:

— Аглофабрика с двумя аглолентами, площадь спекания 80 м². Возможная мощность по агломерату 1140 тыс. т/год.

— Доменный цех с тремя работающими домнами с суммарным объемом 620 м³. Производство чугуна 500 тыс. т/год.

— Мартеновский цех с четырьмя мартеновскими печами. Объем производства до 900 тыс. т стали в год.

— Прокатное производство, в составе которого имеются три нагревательные печи. Объем обрабатываемого металла 600 тыс. т/год.

— Фактическая выработка ВЭР составила:

— Горючие ВЭР (доменный газ) — 112 000 т у.т./год.

— Тепловые ВЭР (пар) — 53 500 т у.т./год.

Расчет выполним по укрупненным показателям выхода и использования ВЭР на заводе черной металлургии.

• Удельный выход горючих ВЭР в доменных печах примем 3800 м³ доменного газа на 1 т чугуна при теплоте сгорания газа 4187 кДж/м³. Следовательно, выход горючих ВЭР составит $(3800 \cdot 4187) : 29310 \approx 540$ кг у.т./т чугуна.

• Удельный выход тепловых ВЭР в мартеновских печах (физическая теплота дымовых газов и испарительное охлаждение конструкций печи) составляет около 0,37 Гкал/т стали (53 кг у.т./т стали).

- Удельный выход тепловых ВЭР в нагревательных печах (физическая теплота дымовых газов) составляет около 0,1 Гкал/т (14 кг у.т./т).

Возможная выработка ВЭР составит при указанных выше номинальных объемах производства металла:

- доменный газ: $0,54 \cdot 500\,000 = 270\,000$ т у.т./год;
- тепловая энергия: $0,053 \cdot 900\,000 + 0,014 \cdot 600\,000 = 56\,100$ т у.т./год.

Экономия топлива в целом зависит от направления использования ВЭР и схемы энергоснабжения предприятия, где они используются. Различают направления: тепловое, электроэнергетическое, топливное и комбинированное.

При *тепловом* направлении использования и отдельной схеме энергоснабжения предприятия экономию топлива $B_{\text{эк}}$, т у.т., определяют по формуле

$$B_{\text{эк}} = b_3 \cdot Q_{\text{и}} = b_3 \cdot Q_{\text{т}} \cdot \delta, \quad (6.4)$$

где b_3 — удельный расход топлива на выработку теплоэнергии в замещаемой котельной установке, т у.т./ГДж (Гкал); $Q_{\text{и}}$ — использование тепловых ВЭР, ГДж (Гкал); $Q_{\text{т}}$ — выработка тепловой энергии за счет ВЭР в утилизационной установке, ГДж (Гкал); δ — коэффициент использования тепловой энергии, выработанной за счет ВЭР.

При использовании ВЭР для получения холода в абсорбционных холодильных установках экономию топлива можно определить по формуле (6.4), подставляя вместо $Q_{\text{и}}$ количество выработанного холода $Q_{\text{х}}$, деленное на холодильный коэффициент:

$$B_{\text{эк}} = b_3 \cdot Q_{\text{х}}/\varepsilon.$$

При электроэнергетическом направлении использования ВЭР экономия топлива равна, кг у.т. (т у.т.):

$$B_{\text{эк}} = b_3 \cdot W,$$

где b_3 — удельный расход топлива на выработку электроэнергии в замещаемой электростанции, кг у.т. (т у.т.)/кВт·ч; W — выработка электрической энергии, кВт·ч.

При топливном направлении использования горючих ВЭР экономия топлива определяется из выражения

$$B_{\text{эк}} = B_{\text{и}} \cdot \eta_{\text{ВЭР}}/\eta_{\text{т}}.$$

Здесь $B_{\text{и}}$ — величина использования горючих ВЭР, т у.т.; $\eta_{\text{ВЭР}}$ — КПД топливоиспользующего агрегата при работе на горючих ВЭР; $\eta_{\text{т}}$ — КПД того же агрегата при работе на первичном топливе.

Исходя из расчетов экономии топлива за счет использования ВЭР, определяется коэффициент утилизации ВЭР, характеризующий степень использования отдельных видов ВЭР на предприятии, в холдинге, по городу, области, отрасли промышленности и т. д.

Обобщенная схема расчетов экономии топлива при использовании ВЭР представлена на рис. 6.11.

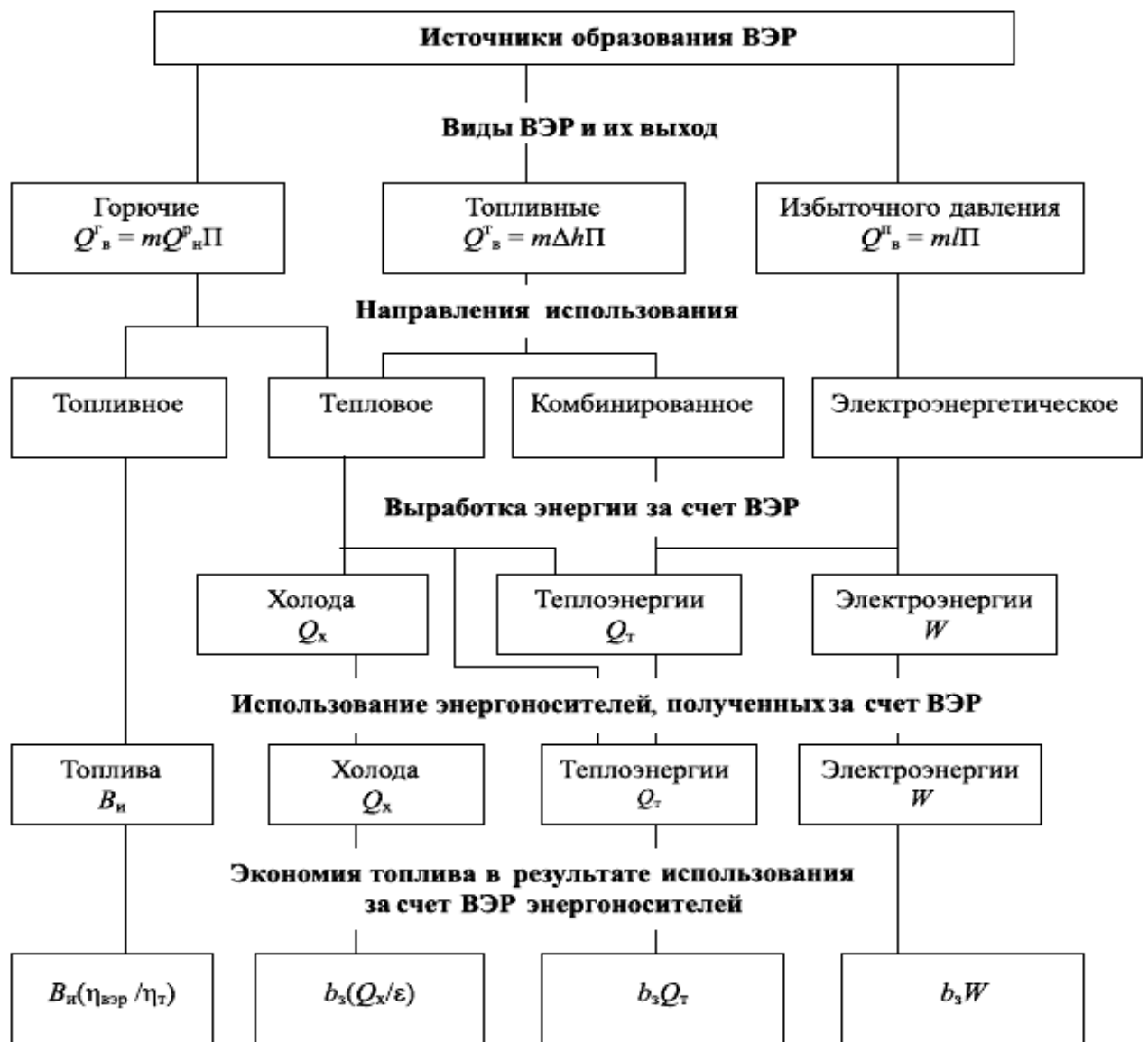


Рис. 6.11. Схема расчета экономии топлива за счет использования вторичных энергоресурсов [1]

Однако приведенная выше схема расчетов не дает возможности сравнения мероприятий по их эффективности. Оценка их инвестиционной эффективности можно провести по следующей формуле:

$$ЗР + З_3 < B_{эК}Ц,$$

где $З$ — затраты на осуществление мероприятий, руб.; P — уровень рентабельности производственных фондов; $З_3$ — эксплуатационные расходы при использовании данного мероприятия (условно-постоянные, без стоимости затрат энергии), руб.; $B_{эК}$ — возможная экономия топлива

после внедрения мероприятий, отнесенная к первичному топливу, т(м³); Ц — цена данного вида топлива, руб. (т/м³).

По разности $V_{эк}Ц - (3P+3_3)$ можно оценить возможную прибыль и провести сравнение вариантов по их эффективности. Использование ВЭР станет актуальным уже к 2010 г., если сбудутся прогнозы Минэкономразвития РФ и Газпрома о повышении цен на газ до 4—5 тыс.руб./1000 м³.

В табл. 6.5 приведены обобщенные показатели использования ВЭР в некоторых отраслях промышленности [1].

Следует отметить, что в прошедшие 30 лет введено большое количество руководящих документов по нормативам расхода энергоресурсов на самое различное энергопотребляющее оборудование и некоторые технологические процессы.

Таблица 6.5 Возможное повышение степени использования вторичных энергоресурсов [1]

| Агрегаты – источники ВЭР | Мероприятие | Возможная экономия топлива, энергии |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| Нефтеперерабатывающая промышленность | | |
| Трубчатые печи | Утилизация тепла уходящих газов печей | 20—50 тыс. ккал/т сырья |
| Установка ГФУ-82 | Использование тепла конденсации паров бутановой и изобутановой колонн для нагрева низа изобутановой колонны | 82 тыс. Гкал/год |
| ЛГ-35/11-300 (каталитический риформинг) | Обогрев низа колонны теплом бензиновой фракции | 5,3 тыс. Гкал/ч |
| Машиностроение | | |
| Нагревательные печи (производительностью 300—20000 кг/ч) | Утилизация физического тепла уходящих газов при помощи котлов-утилизаторов, подогревателей воздуха | Топливо — до 20—25 % |
| Термические печи (производительностью 150—9000 кг/ч) | Утилизация физического тепла уходящих газов при помощи котлов-утилизаторов, подогревателей воздуха | Топливо – до 15—20 % |

| | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Нагревательные и термические печи | Использование тепла уходящих газов для нагрева воздуха тепловых завес | До 50 % от теплотрат на тепловые завесы |
| Паровые прессы и молоты | Утилизация тепла отработанного пара в утиль-бойлерных, отопительных установках | Теплоэнергия — до 75% |
| Промышленность строительных материалов | | |
| Стекловаренные печи | Внедрение термосифонных котлов-утилизаторов (ТКУ) за печами небольшой мощности | 50—70 т у.т./год на один котел |
| Стекловаренные печи | Внедрение котлов-утилизаторов типа Г-1030Б, Г-345, КУ-16, КУ-40 за крупными печами | 2—33 тыс. т у.т./год на один котел |
| Стекловаренные печи | Внедрение утилизационных водонагревателей НИИСТа теплопроизводительностью 0,3—1,1 МВт | 190—170 т у.т./год на одну установку |
| Вращающиеся печи для обжига керамзита | Использование тепла уходящих газов при снижении их температуры с 600 до 300 °С для подогрева дутьевого воздуха | Снижение удельного расхода топлива на 34 % |
| Туннельные печи для обжига глиняного кирпича | Использование тепла уходящих газов для сушки кирпича | Снижение удельного расхода топлива на 15—20 % |
| Автоклавы для пропарки силикатного кирпича | Перепуск пара из одного автоклава в другой | Тепло—23 % |
| Щелевые и роликовые печи для обжига | Использование тепла уходящих газов для нагрева воды | 0,3—0,5 кг у.т./м ³ |
| Пищевая промышленность | | |
| Агрегаты непрерывного разваривания крахмалистого сырья производительностью 3000 дал /сут | Внедрение утилизатора тепла экстрапара | 225 т у.т./год на одну установку |
| Дефлегматоры | Внедрение комплекса аппаратов | 136 т у.т./ год |

| | | |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| брагоректификационных установок 3000 дал/сут | для утилизации тепла дефлегматорной воды | на одну установку |
| Выпарные станции спиртового цеха | Внедрение термосифонных подогревателей для подогрева спиртовой бражки за счет тепла кислого конденсата | 9 Гкал/ч |
| Брагоректификационные установки производительностью 3000 дал/сут | Внедрение пароинжекционных установок для утилизации тепла барды и лютерной воды | 42 т у.т./год |
| Пивобезалкогольная отрасль | | |
| Солодосушилки производительностью 20 т/сут | Использование тепла отходящих газов от топок солодосушилок | 30 т у.т./тыс. т на одну установку |
| Охладители сусла | Использование тепла отходящей воды в технологическом процессе | 62 т у.т./млн дол. |
| Масложировая отрасль | | |
| Линия экстракции масла производительностью 500—1000 т/сут | Использование тепла горячего масла от дистиллятора 3-й ступени для подогрева воды | 95 т у.т./год |
| Линия гидрогенизации жиров | Использование тепла саломаса после гидрогенизации для нагрева жиров и масел | 20 т у.т./год |

Список литературы шестой главе

1. Щелоков Я.М., Данилов Н.И. Энергетическое обследование: Том 1. Теплоэнергетика. Справочное издание. Екатеринбург: УрФУ, 2011. 264 с.
2. Фокин В.М. Основы энергосбережения и энергоаудит. М., 2006
3. Методические материалы по вопросам энергосбережения (для бюджетных учреждений), департамент энергетики и газификации Кировской области КОГУП «Агентство энергосбережения», Киров, 2009г.
4. Махов Л.М., Григорьев И.В. Технологические принципы регулирования и автоматизации
5. Сканави А. Н., Махов Л. М. Отопление / Учебник для вузов. – М.: Изд. АСВ, 2006.

6. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2004.

7. СНиП 23-01-99. Строительная климатология / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2000.

8. Системы автоматического регулирования отоплением: [Электронный ресурс]: Режим доступа к ст.: <http://www.tpmbu.com/page/sistemy-avtomaticheskogo-regulirovaniya-otopleniem>

9. Автоматизированная система комплексного учёта топливно-энергетических ресурсов: [Электронный ресурс]: Режим доступа к ст.: <http://www.omsis.ru/main.php?id=26>

10. Богословский В.Н., Сканава А.Н. Отопление: Учебник для вузов. М.: Стройиздат, 1991, 735 с.

В заключение отметим, что энергосбережение и повышение энергетической эффективности является ключевым фактором устойчивого развития различных областей экономики и обеспечения энергетической безопасности Российской Федерации.

Кратко остановимся на основных положениях курса.

1. Рассмотрена законодательная и нормативно-правовая база энергосбережения и повышения энергетической эффективности Российской Федерации, которая позволяет успешно проводить энергосберегающие мероприятия различными организациями для достижения целей и задач, поставленных Правительством РФ.

2. Рассмотрены экономические и информационные аспекты энергосбережения и повышения энергетической эффективности, приведен анализ договорных отношений в области энергосервиса.

3. Изложены физические основы энергосбережения, с использованием которых рассмотрены проблемы определения тепловых потерь зданий и сооружений, определения сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций.

4. Проведен анализ различных методов учета энергетических ресурсов и принципов работы приборов учета, дана оценка погрешности измерений и приведены критерии выбора адекватных методов и средств учета энергетических ресурсов.

5. Сформулированы цели и задачи энергетического обследования зданий и сооружений, проведения энергоаудита и составления энергетического паспорта организации.

6. Рассмотрены методы и средства повышения энергетической эффективности инженерных систем и сетей зданий и сооружений, а так же перспективные энергосберегающие технологии.

Материал учебного пособия позволяет подготовить широкопрофильного специалиста, способного в рамках полученных компетенций осуществлять успешное выполнение требований Федерального Закона №261 от 23.11.2009г на различных уровнях.



В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена программа его развития на 2009–2018 годы. В 2011 году Университет получил наименование «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики»

КАФЕДРА КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕПЛОФИЗИКИ И ЭНЕРГОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Начало теплофизической научной школы в нашем университете было положено 65 лет назад организацией кафедры приборов теплосилового контроля, заведующим которой стал профессор, д.т.н. Г.М.Кондратьев (1887-1958 гг.). В 1954 году вышла в свет его монография "Тепловой режим". Изложенные в ней идеи впоследствии были успешно применены в различных областях, например, при создании нового типа приборов для исследования теплофизических свойств веществ и параметров теплообмена. В начале пятидесятых годов началась разработка методов теплового расчета радиоэлектронных устройств, а в дальнейшем и других приборов - оптических, оптико-электронных, гироскопических. Серия этих работ была выполнена под руководством профессора, д.т.н. Г.Н.Дульнева, возглавлявшего кафедру с 1958 по 1995 год. В результате был создан новый математический аппарат анализа теплового режима сложных технических систем и приборов, разработаны методы проектирования приборов с заданным тепловым режимом. Комплекс этих работ признается и в нашей стране, и за рубежом как новое научное направление в теплофизике.

Кафедра приборов теплосилового контроля за свою многолетнюю историю не раз изменяла свое название. Так, с 1947 года она именовалась кафедрой тепловых и контрольно-измерительных приборов, с 1965 года - кафедрой теплофизики, с 1991 года - кафедрой компьютерной теплофизики и энергофизического мониторинга. Однако основным

направлением ее научной и педагогической деятельности оставалось применение учения о теплообмене в физике и приборостроении.

Многолетняя деятельность кафедры привела к созданию научной и педагогической школы теплофизиков-приборостроителей, из которых вышли доктора наук А.Н.Гордов, А.И.Лазарев, Г.Н.Дульнев, Б.Н.Олейник, Е.С.Платунов, О.А.Сергеев, Н.А.Ярышев, В.Н.Васильев, Ю.П.Заричняк, А.В.Шарков, С.Е.Буравой, В.В.Курепин, В.Г.Парфенов и другие ученые-теплофизики.

Сотрудники кафедры принимали участие в разработке нового поколения вычислительных машин, исследовании термооптических явлений в астрокосмических комплексах, в реализации международных программ космических исследований. Так, предложенные на кафедре методы были использованы при проектировании телевизионных камер космических аппаратов в проекте "ВЕГА", при создании лазерного устройства в проекте "ФОБОС".

В последние годы наряду с традиционными научными направлениями появился ряд новых, связанных с экологическим мониторингом, энергосберегающими технологиями, биологией и медицинским теплофизическим приборостроением. Например, следует отметить лазерную бормашину, разработанную в 1994-1996 годах совместно с кафедрой квантовой электроники и рядом зарубежных фирм, а также технологии и приборы для экстракции катаракты глаза (доцент В.А.Кораблев и заведующий лабораторией С.Л.Макаров). Особый интерес представляют экспериментальные и теоретические исследования тепловых характеристик тканей человека и их реакции на воздействие "лазерного скальпеля", проводимые доцентами В.И.Егоровым и С.В.Тихоновым.

В 1995 году при кафедре создан центр "Энергоинформационных технологий", которым руководит заслуженный деятель науки и техники РФ, профессор, д.т.н. Г.Н.Дульнев. Здесь проводятся исследования совместно со специалистами НИИ экспериментальной медицины, Государственного института усовершенствования врачей, Военно-медицинской академии, Первого медицинского института. На кафедре проводятся работы по созданию приборов, устройств и технологий для медицины. Результаты исследований детерминированно-хаотических процессов представлены в монографии профессора Г.Н.Дульнева "Введение в синергетику", опубликованной в 1998 году, и в докторской диссертации доцента Г.Н.Лукьянова, защищенной в декабре 1998 года.

В рамках традиционных направлений развиваются работы по созданию методов и приборов для измерения температуры, тепловых потоков, теплофизических свойств веществ, исследования коэффициентов переноса в неоднородных средах, а также работа по созданию принципиально новых композиционных материалов - особо прочных

термостойких, теплоизоляционных и т.д. Совместно с ЦНИИ материалов и ВНИИ авиационных материалов профессор Ю.П.Заричняк и доцент Д.П.Волков исследуют углеродные композиты, армированные особо прочными волокнами, композиционные материалы класса наноалмазкарбид кремнияуглерод с размерами алмазных зерен в миллиардные доли метра.

На базе проводимых на кафедре научных исследований осуществляется обучение молодых специалистов. В 1997 года кафедра успешно прошла лицензирование и аккредитацию подготовки инженеров по специальности "Теплофизика" - первый выпуск состоялся в 1969 году. В 1998 году кафедра получила также право обучения по новому для нашего университета направлению - "Техническая физика". В июне 1998 года состоялся первый выпуск бакалавров, которые в настоящее время продолжают обучение в магистратуре.

В настоящее время заведует кафедрой профессор Шарков А.В. В составе кафедры 12 преподавателей, все имеют ученые степени и звания, в том числе 7 докторов наук, профессоров.

Николай Васильевич Пилипенко
Сиваков Иван Анатольевич

Энергосбережение и повышение энергетической эффективности
инженерных систем и сетей

Учебное пособие

В авторской редакции
Редакционно-издательский отдел НИУ ИТМО
Зав. РИО
Лицензия ИД № 00408 от 05.11.99
Подписано к печати
Заказ №
Тираж
Отпечатано на ризографе

Н.Ф. Гусарова

Редакционно-издательский отдел
Санкт-Петербургского национального
исследовательского университета
информационных технологий, механики
и оптики
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49

