

Н.В. Пилипенко

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЙ И
СООРУЖЕНИЙ. ЭНЕРГОАУДИТ**



Санкт-Петербург

2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Н.В. Пилипенко

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.
ЭНЕРГОАУДИТ**

Учебное пособие



Санкт-Петербург

2016

Пилипенко Н.В. Энергетическое обследование зданий и сооружений.
Энергоаудит. Учебное пособие – СПб: Университет ИТМО, 2016. –72 стр.

Учебное пособие разработано в соответствии с программой курса «Энерго-и ресурсосберегающие технологии» Федерального образовательного стандарта Министерства высшего образования и науки РФ для магистров по направлению подготовки 16.03.01– «Техническая физика» и 14.03.01 – «Ядерная энергетика и теплофизика».

В настоящее издание вошли лекции и практические занятия, посвященные энергетическому обследованию (энергоаудиту) зданий и сооружений с составлением энергетического паспорта.

Рекомендовано к печати Ученым советом факультета лазерной и световой инженерии 11 октября 2016 года, протокол № 10.



Университет ИТМО – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 в 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Университет ИТМО, 2016

©Пилипенко Н.В., 2016

Оглавление

Введение	5
1 Нормативно-правовая база проведения энергетических обследований ..	9
2 Энергетическое обследование.....	15
2.1 Цели и этапы проведения энергетического обследования и аудита ..	17
2.2 Статистическая, документальная и техническая информация.....	17
2.3 Инструментальное обеспечение энергетического обследования.....	18
2.3.1 Инструментальное обследование потребителей.....	18
2.3.2 Погрешности инструментального обследования	19
2.4 Аналитический обзор энергетической деятельности	22
3 Тепловой баланс зданий и сооружений	23
3.1 Нормирование потребления тепловой и электрической энергии.....	32
4 Оценка потенциала энергосбережения организации	35
4.1 Разработка мероприятий по энергосбережению	38
5 Энергетический паспорт и отчет о проведении энергетического обследования	40
6 Пример проведения энергетического обследования	42
6.1 Общие сведения.....	42
6.1.1 Паспорт энергетического обследования	42
6.1.2 Программа проведения энергетического обследования.....	43
6.1.3 Сведения об объектах энергетического обследования.....	43
6.2 Данные о потреблении энергоресурсов	44
6.2.1 Анализ потребления электроэнергии	46
6.2.2 Анализ потребления тепловой энергии.....	49
6.2.3 Анализ потребления воды.....	51

<i>6.3 Показатели энергетической эффективности и потенциал экономии.</i>	51
<i>6.4 Выводы и рекомендации</i>	53
<i>ПРИЛОЖЕНИЕ №1. Методическое, информационное и инструментальное обеспечение энергетического обследования</i>	54
<i>ПРИЛОЖЕНИЕ №2. Сведения об объекте</i>	55
<i>ПРИЛОЖЕНИЕ №3. Расчет расхода электроэнергии</i>	58
<i>ПРИЛОЖЕНИЕ №4. Расчет нормативного потребления тепловой энергии</i>	59
<i>ПРИЛОЖЕНИЕ №5. Расчет нормативного потребления холодной и горячей воды</i>	61
<i>ПРИЛОЖЕНИЕ №6. Мероприятия по энергосбережению и повышению энергетической эффективности и их технико-экономический анализ</i>	62
Список литературы	67

Введение

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 истощения 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 11 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 всесторонне 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.

Одна из важнейших ступеней, для повышения энергоэффективности – это проведение энергетических обследований (энергоаудит). В настоящем пособии подробно описаны правила составления энергетического паспорта и проведения энергетических обследований.

1 Нормативно-правовая база проведения энергетических обследований

Законодательная и нормативно-правовая база является основным источником решения задач по повышению энергетической эффективности. Рассмотрим основные положения законодательства применительно к энергетическим обследованиям.

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.

2 Энергетическое обследование

Энергетическому обследованию 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.

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 [3].

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.

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.

2.1 Цели и этапы проведения энергетического обследования и аудита

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 [3]:

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.

2.2 Статистическая, документальная и техническая информация

Статистическая информация включает в себя [3]:

- 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, конденсатопроводов, 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.

2.3 Инструментальное обеспечение энергетического обследования

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 [3]:

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 физический 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.

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 [3]. 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.

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.

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 [3].

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 простоев оборудования, потерь теплоты (с уходящими топочными газами, химический и механический недожог, от наружных ограждений в окружающую среду), неквалифицированной 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 [3].

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 [6]:

$$Q_{огр} + Q_{инф} = Q_{СО} + Q_{быт.приб.} + Q_{ч}, \text{ [Вт]} \quad (1)$$

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 [6]:

$$Q_i = A_i(t_p - t_{ext})(1 + \sum \beta_i) \frac{n}{R_i}, \quad (2)$$

где i - стены или окна;

A_i - площади соответственных наружных ограждений, m^2 , 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 теплотерь 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, $^{\circ}C$, 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 [6];

n - коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху по [8];

R_i - сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, следует определять по [8] по формуле:

$$R_i = \frac{1}{\alpha_B} + R_K + \frac{1}{\alpha_H}, \quad (3)$$

где α_B — коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, находится из таблиц [8];

$R_K = \delta / \lambda$ — 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 [8]:

$$R_K = R_1 + R_2 + \dots + R_N, \quad (4)$$

где R_1, R_2, R_N - термические сопротивления каждого из слоев ограждения;

α_H — коэффициент теплоотдачи (для зимних условий) наружной поверхности ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, находится из таблиц [9].

Теплота, расходуемая на нагрев инфильтрующегося воздуха. Расчет проводится согласно [4, 6].

Расход теплоты $Q_{инф}$, 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 (4.5) и (4.9), указанным ниже [6].

$$Q_{инф} = 0.28 \sum_i G_i c (t_p - t_{ext}) k, \quad \text{Вт} \quad (5)$$

где G_i - расход инфильтрующегося воздуха, кг/ч, через ограждающие конструкции помещения, определяемый по формуле (6);

c - удельная теплоемкость воздуха, равная 1000 Дж/(кг·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 [6]:

$$G_i = 0.216 \sum A_1 \frac{\Delta p_i^{0.67}}{R_{и}} + \sum A_2 G_H \left(\frac{\Delta p_i}{\Delta p_1} \right)^{0.67} + 3456 \sum A_3 \Delta p_i^{0.5} + 0.5 \sum I \frac{\Delta p_i}{\Delta p_1} \quad (6)$$

где A_1 , A_2 - площади наружных ограждающих конструкций, м², соответственно световых проемов (окон, балконных дверей, фонарей) и других ограждений;

A_3 - площадь щелей, неплотностей и проемов в наружных ограждающих конструкциях, м²;

Δp_i , Δp_1 — расчетная разность давлений, определяемая по формуле (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 [8]:

$$\Delta p_i = 0.55 H(\gamma_H - \gamma_B) + 0.03 \gamma_H V^2, \quad (7)$$

где H - высота здания (от поверхности земли до верха карниза), м;

γ_H, γ_B - удельный вес соответственно наружного и внутреннего воздуха, Н/м³, определяемый по формуле

$$\gamma = \frac{3463}{273 + t}, \quad (8)$$

V - максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, м/с;

$R_{и}$ — сопротивление воздухопроницанию, м²·ч·Па/кг определяемое для окон и балконных дверей по формуле [8]:

$$R_{и} = \frac{1}{G_H} \left(\frac{\Delta p_i}{\Delta p_1} \right)^{2/3} \quad (9)$$

G_H — нормативная воздухопроницаемость наружных ограждающих конструкций, кг/(м²·ч), находится из таблицы в [8];

l — длина стыков стеновых панелей, м.

$$Q_{инф} = 0.28 L_n \rho_B c (t_p - t_{ext}) k, \text{ Вт} \quad (10)$$

где L_n - расход удаляемого воздуха, м³/ч, не компенсируемый подогретым приточным воздухом; для жилых зданий - удельный нормативный расход 3 м³/ч на 1 м² жилых помещений;

ρ_B - плотность воздуха в помещении, кг/м³.

Теплота, поступающая от системы отопления. Тепловая потребность помещения, которую должна обеспечивать система отопления, есть (см. формулу (1)):

$$Q_{пот p} = Q_{огр} + Q_{инф} - Q_{быт. приб.} - Q_{ч}, \quad \text{Вт} \quad (11)$$

Одновременно

$$Q_{\text{пот } p} = Q_{\text{рад}} + Q_{\text{подв}} , \quad \text{Вт} \quad (12)$$

отсюда найдем:

$$Q_{\text{рад}} = Q_{\text{пот } p} - Q_{\text{подв}} , \quad \text{Вт} \quad (13)$$

где $Q_{\text{рад}}$ - теплоотдача от радиаторов, Вт;

$Q_{\text{подв}}$ - теплоотдача от подводящих трубопроводов, Вт.

С помощью формул (11) и (13) нужно найти и сопоставить действительную и требуемую теплоотдачу от радиаторов в квартире. При этом следует:

1. Найти $Q_{\text{рад}}^D$ - действительную теплоотдачу от радиаторов - из таблиц [4, 5] в зависимости от типа радиаторов, количества секций и расчетной температуры воздуха в помещении;

2. Найти $Q_{\text{подв}}$ по изложенной ниже методике и, подставив ее в формулу (13), получить $Q_{\text{рад}}^T$ - требуемую теплоотдачу - и сопоставить ее с $Q_{\text{рад}}^D$.

$Q_{\text{подв}}$ найдем по методике, изложенной в [10]. 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:

$$q_0 = (4.815 + 0.03\Delta t)\Delta t , \quad (14)$$

где Δt - разность между температурой воды, поступающей в радиатор и расчетной температурой воздуха в помещении.

Тогда теплоотдача от подводящих труб вычисляется по формуле:

$$Q_{\text{подв}} = \sum f_0 q_0 L \beta_{\text{тр}} , \quad (15)$$

где $\beta_{\text{тр}}$ - 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_{3M} в ванной рассчитывается по формуле, указанной в [10], Вт:

$$Q_{3M} = \frac{q_0^{BK} F_0}{\beta_1 \beta_2 \beta_3 \beta_4}, \quad (16)$$

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[11]:

$$Q_{\text{быт.приб.}} = N\eta\tau, \quad \text{Вт} \quad (17)$$

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 [11]:

$$Q_q = n\beta_1\beta_2(2.16 + 8.87\sqrt{V_B})(35 - t_p)\tau_{\text{проб}}, \quad \text{Вт} \quad (18)$$

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_B - подвижность воздуха в помещении, 0.10 – 0.12 м/с;

$\tau_{преб}$ - время пребывания людей в помещении, с/сут.

Оценка удельной тепловой характеристики квартиры. Удельную тепловую характеристику квартиры можно рассчитать по формуле [11]:

$$q = \frac{Q_{KB}}{V_{KB}(t_p - t_{ext})}, \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C}) \quad (19)$$

где Q_{KB} - расчетные тепловые потери через наружные ограждения всеми помещениями квартиры, Вт;

V_{KB} - объем квартиры по внешнему обмеру, м³.

Расчет годовых затрат теплоты. В [9] указывается, что для Санкт-Петербурга месяцы с октября по апрель включительно есть месяцы со среднемесячной температурой менее 8 °С. Согласно [10], 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 [11]:

$$Q_{от.год.} = 24 \cdot 3600 \frac{Q_{от}}{t_p - t_{ext}} (t_p - \overline{t_{oc}}) \Delta Z_{oc}, \text{ ГДж} \quad (20)$$

где $Q_{от}$ - установочная тепловая мощность системы отопления по укрупненным показателям, Вт:

$$Q_{от} = 1.07 q V_{кв} (t_p - t_{ext}) \quad (21)$$

$\overline{t_{oc}}$ - 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.

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 [12].

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 [12]:

- 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» [12].

4 Оценка потенциала энергосбережения организации

Оценка энергоэффективности теплоэнергетического и теплотехнологического оборудования, теплогенерирующих установок, систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, пароснабжения, сбора и возврата конденсата, холодоснабжения, электроснабжения, использования вторичных энергоресурсов сводится к следующим основным мероприятиям [3].

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 дополнении 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 предприятии 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 воздухообеспечения 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.

4.1 Разработка мероприятий по энергосбережению

При разработке рекомендаций необходимо выполнить следующие мероприятия [3].

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 [3].

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) высокозатратные – 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 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 [3]:

- 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.

6 Пример проведения энергетического обследования

В качестве примера рассмотрим отчет энергетического обследования, здания комитета социальной защиты населения Кировского района, Санкт-Петербург.

Отчет выполнен: ООО «ЭнергоМониторинг», отдел энергоаудита, руководитель А.Н.Басай, инженер-энергоаудитор А.Н.Бурлев.

6.1 Общие сведения

6.1.1 Паспорт энергетического обследования

Таблица 1

Договор

Заказчик	Комитет социальной защиты населения администрации Кировского муниципального района
Объект энергетического обследования	Здание расположено по адресу: Россия, Ленинградская область, г. Кировск, ул. Кирова, 16/1.
Вид энергетического обследования	Обязательное, первичное.
Цели энергетического обследования	<ul style="list-style-type: none">- 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.
Исполнитель (Аудитор)	Общество с ограниченной ответственностью «ЭнергоМониторинг».
Базовый период	Базовым периодом для выполнения расчетов и подготовки отчетной документации является 2012 год

Примечание: По результатам энергетического обследования составлен энергетический паспорт и отчет с выводами и мероприятиями по повышению энергоэффективности объекта.

6.1.2 Программа проведения энергетического обследования

Энергетическое обследование проводилось в соответствии с программой, которая включает следующее:

1. Сбор и анализ исходной документации;
2. Визуальное обследование ограждающих конструкций, инженерной инфраструктуры и оборудования, проведение фотосъемки;
3. Опрос персонала о характере работы оборудования, техническом состоянии объекта и характеристиках микроклимата в помещениях;
4. Обследование состояния систем энергоснабжения и систем поддержания микроклимата;
5. Обследование состояния коммерческих узлов учета энергоресурсов без использования измерительного оборудования;
6. Анализ полученных данных и документации;
7. Анализ договоров на предоставление коммунальных услуг;
8. Проведение укрупненных расчетов потребления энергетических ресурсов и составление балансов по каждому энергоресурсу;
9. Определение возможных энергосберегающих мероприятий с расчетом окупаемости и потенциалом энергосбережения;
10. Составление энергетического паспорта и отчетной документации.

Методическое, информационное и инструментальное обеспечение энергетического обследования изложено в Приложении 1.

6.1.3 Сведения об объектах энергетического обследования

Комитет социальной защиты населения - учреждение, направленное на оказание услуг населению в области, связанной с социальной политикой государства. Данное учреждение расположено по адресу: Россия, Ленинградская область, г. Кировск, ул. Кирова, 16/1.

Объект исследования

Назначение	Административное здание
Год постройки	1954
Количество этажей	2
Общая площадь, занимаемая комитетом, м ²	291,4
Наружные стены	Кирпичные
Крыша	Двускатная, покрытие из металлочерепицы, перекрытие – кирпичное с утеплителем
Окна	Одно/двухкамерные стеклопакеты в одинарном ПВХ переплете

6.2 Данные о потреблении энергоресурсов

Для осуществления деятельности и поддержания необходимого микроклимата в здании потребляются следующие виды энергоресурсов:

- Электрическая энергия – центральное электроснабжение, учет потребления ведется прибором учета ТРИО, класс точности 1;
- Тепловая энергия – центральное теплоснабжение, учет потребления осуществляется составным теплосчетчиком (вычислитель СПТ 943, расходомеры ПРЭМ, комплект термометров сопротивления КТПТР-05);
- Горячая вода – центральное водоснабжение, учет потребления ведется расходомером ПРЭМ, показания которого считываются с вычислителя теплосчетчика;
- Холодная вода – центральное водоснабжение, учет потребления ведется счетчиком воды СВК 15-1,5.

Информация об объемах потребляемых энергетических ресурсов и воды

Наименование энергоресурсов	фактическое потребление					нормативно-расчетные показатели
	2008	2009	2010	2011	2012	
Тепловая энергия, Гкал	54,7	59,03	73,47	58,15	69,72	79,51
Электрическая энергия, тыс. кВт*ч	26,45	11,45	19,39	17,84	18,02	18,85*
Потребление энергетических ресурсов всего, т.у.т.	17,24	12,72	17,6	14,79	16,57	18,31
Потребление воды всего, м ³	108	308	580	228	207	97,11

*величина является расчетной

Основные затраты учреждения на энергетические ресурсы приходятся на тепловую энергию.

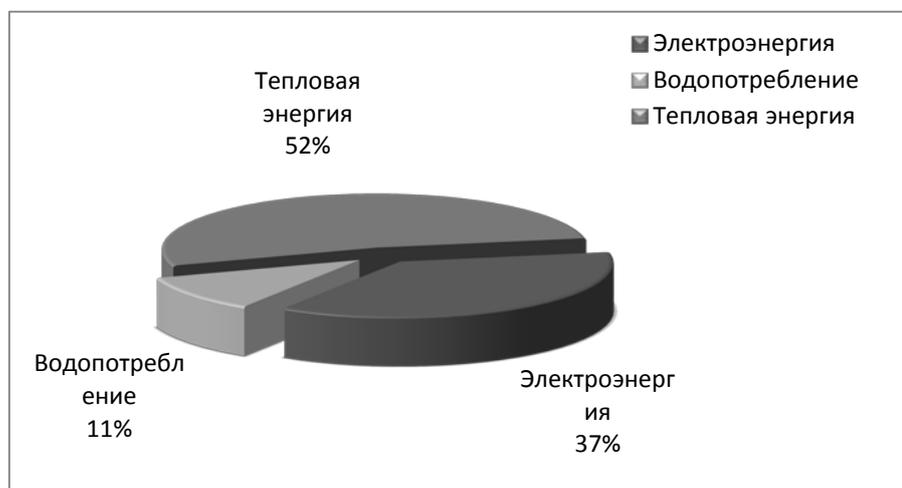


Рисунок 6.1 – Структура затрат в базовом году

Таблица 4

Затраты на энергетические ресурсы и воду за базовый период

Наименование энергоресурса	Сумма, тыс. руб.	вес, %
Тепловая энергия	109,49	52 %
Электрическая энергия	76,75	37 %
Водопотребление (ХВС и ГВС) и водоотведение	22,28	11 %
Итого затраты на энергоресурсы и воду	208,52	100 %

Анализ финансовых затрат на оплату энергоресурсов и воды дает возможность определить приоритетные направления при разработке энергосберегающих мероприятий по экономии энергоресурсов.

6.2.1 Анализ потребления электроэнергии

Потребление электрической энергии по годам не имеет четкой тенденции, и все изменения потребления связаны с числом часов использования (ЧЧИ) оборудования, а, также, количеством ремонтных работ проведенных за год.



Рисунок 6.2 – Динамика потребления электрической энергии по годам

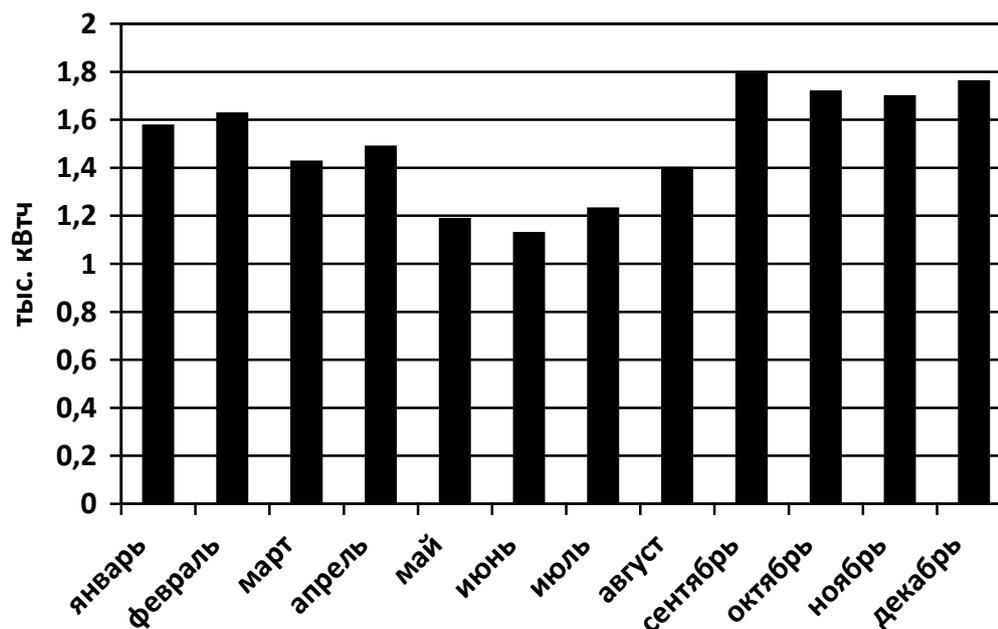


Рисунок 6.3 – Динамика потребления электрической энергии по месяцам за 2012 год

Исходные данные показывают, что в летние месяцы потребление электрической энергии минимальное, осенью и весной потребление нарастает и достигает пика в зимние месяцы. Это объясняется следующими причинами:

- в летние месяцы использование искусственного освещения минимально, с уменьшением продолжительности светового дня расчет число часов использования искусственного освещения;
- в холодные дни использование масляных радиаторов увеличивает потребление электроэнергии.

Структура электропотребления обследованных объектов.

Поскольку отсутствует технический учет отдельно по группам электроприемников, для формирования структуры электропотребления проведен расчет электропотребления (приложение №3).

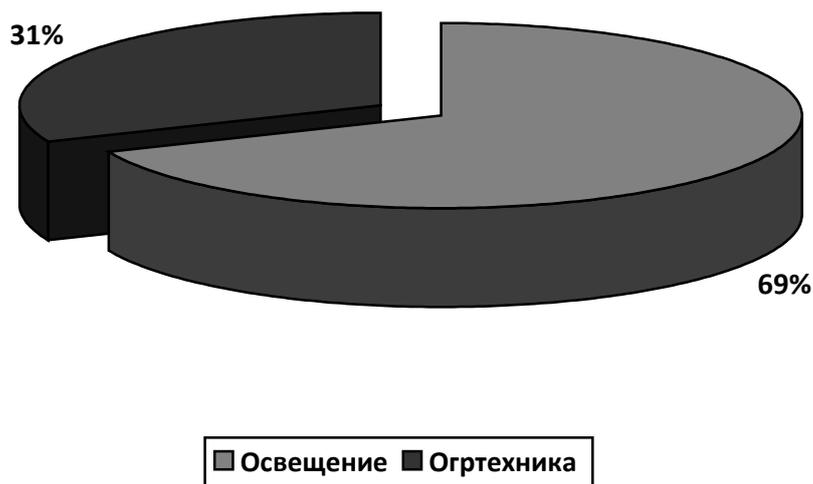


Рисунок 6.4 – Структура потребления электроэнергии объектами по группам электроприемников, %

Анализ структуры показывает что:

- основным электропотребителем на объекте являются группа «Освещение»;
- в структуре электропотребления по группе «Освещение» 100 % составляет освещение люминесцентными лампами Т8.

На объектах управление искусственным освещением осуществляется вручную, автоматизированные системы управления освещением отсутствуют.

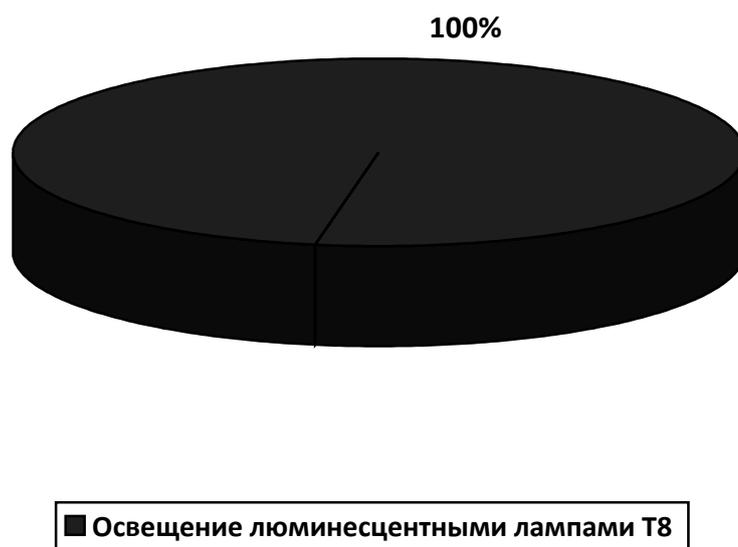


Рисунок 6.5 – Структура потребления электроэнергии объектами по группе освещение, %

6.2.2 Анализ потребления тепловой энергии

Изменение потребление тепловой энергии по годам связано с погодными условиями (температура наружного воздуха, скорость ветра).



Рисунок 6.6 – Динамика потребления тепловой энергии по годам

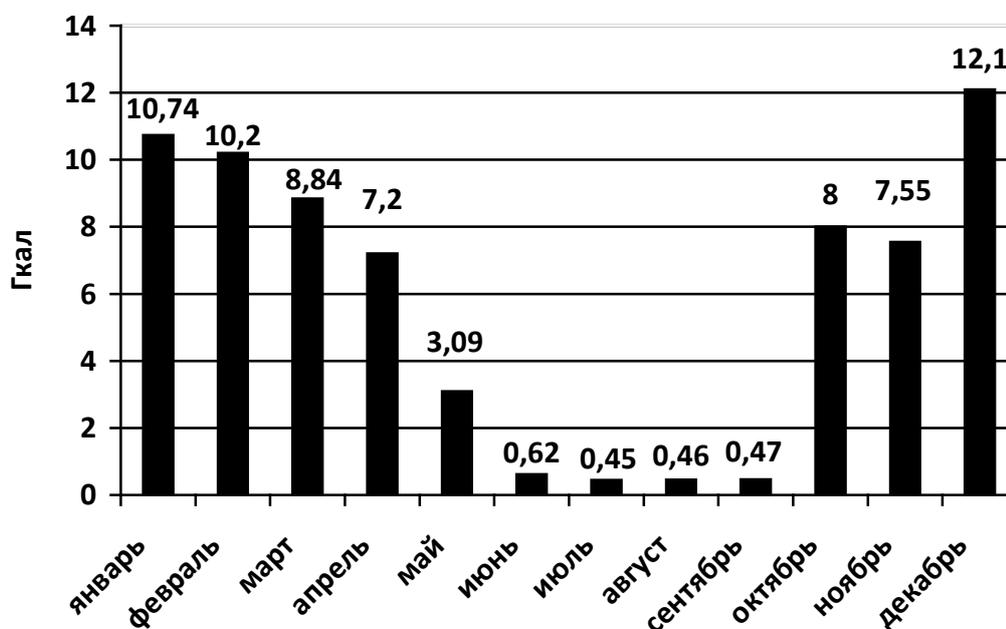


Рисунок 6.7 – Динамика потребления тепловой энергии по месяцам за 2012

ГОД

Анализ данных динамики потребления тепловой энергии (Рисунок 6.7) показывает:

- в летние месяцы отсутствует потребление тепловой энергии на обогрев помещений, все потребляемое тепло содержится в воде, идущей на нужды ГВС;
- с начала отопительного сезона теплопотребление нарастает и достигает пика в зимние месяцы (декабрь, январь, февраль), далее идет постепенное снижение потребления.

Изменение потребления связано с сезонным изменением температурного напора (разница между температурами внутреннего и наружного воздуха), что приводит к возрастанию/уменьшению тепловых потерь через наружные ограждающие конструкции, а также потерь теплоты, связанных с воздухообменом зданий.

Структура теплопотребления обследованных объектов.

Для формирования структуры теплопотребления проведен нормативный расчет потребления тепловой энергии на объектах (приложение №4).

Анализ данных структуры расхода тепла (Рисунок 6.8) показывает, что 81% тепловой энергии приходится на отопление здания (поддержание необходимой температуры внутри помещения), 16% на нагрев инфильтрирующего воздуха.

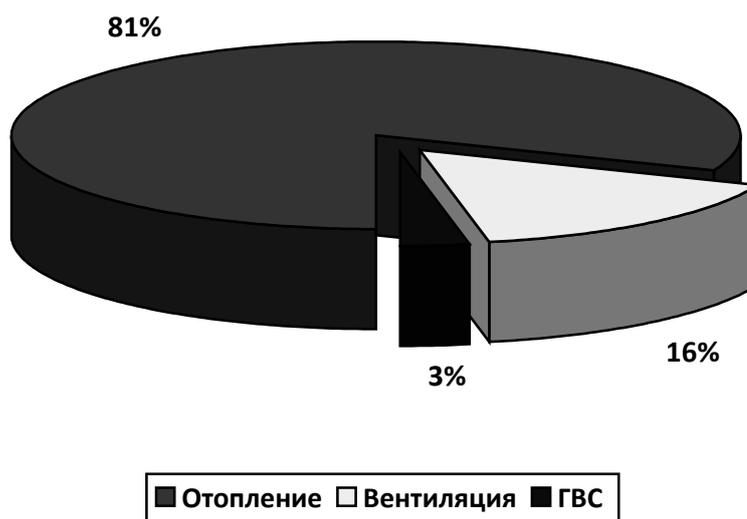


Рисунок 6.8 – Структура расхода тепла по теплопотребляющим системам, %

6.2.3 Анализ потребления воды

Использование санузлов посетителями, не учитываемое при расчете нормативного потребления, дает кратное превышение фактического потребления над нормативным.



Рисунок 6.9 – Водопотребление по годам

6.3 Показатели энергетической эффективности и потенциал экономии.

Основной целью мероприятий является повышение энергоэффективности и сбережение энергетических ресурсов при сохранении требований к микроклимату помещений и надежности энергоснабжения.

Первоочередными задачами, решаемыми в процессе реализации мероприятий, являются:

- повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов, снижение потребления энергоносителей и ресурсов;
- нормализация параметров микроклимата и освещенности в помещениях здания в соответствии с санитарно-гигиеническими нормами.

Предложенные мероприятия по энергосбережению и повышению энергетической эффективности носят рекомендательный характер и являются отправной точкой для формирования плановых документов – проектов практических работ по реализации мероприятий.

Достижимый экономический эффект и финансовые затраты на проведение мероприятий являются оценочными и по факту могут отличаться от расчетных.

Суммарный потенциал энергосбережения рассчитывался как максимально достижимый эффект от применения энергосберегающих технологий и мероприятий в комплексе.

Таблица 5

Потенциал экономии энергетических ресурсов.

№ п\п	Расчетные показатели предлагаемых к реализации энергосберегающих мероприятий					
	наименование мероприятий по видам энергетических ресурсов	затраты, тыс. руб. (план)	годовая экономия ТЭР (план)			средний срок окупаемости, лет
			Величина	ед. измерения	в стоимост. выражении (тыс. руб.)	
1	<i>Электропотребление</i>					
1.1	Замена светильников с люминесцентными лампами (ЛЛ) Т8 на светодиодные аналоги	165	5,16	тыс. кВт*ч	27,22	6,06
1.2	Всего по э/э:	165	5,16	тыс. кВт*ч	27,22	6,06
2	<i>Водопотребление</i>					
2.1	Установка смесителей сенсорным приводом	6,4	22,5	м ³	2,28	2,81
2.5	Всего по водоснабжению:	6,4	22,5	м ³	2,28	2,81
	ИТОГО:	171,4			29,5	5,81

6.4 Выводы и рекомендации

На основании проведенного визуального и инструментального обследования Аудитор пришел к следующим выводам:

- состояние наружных ограждающих конструкций здания в целом удовлетворительное;
- техническое состояние водоразборной арматуры в целом удовлетворительное;
- техническое состояние светильников и электрооборудования удовлетворительное;
- техническое состояние системы отопления удовлетворительное.

По результатам проведенного энергетического обследования Аудитор рекомендует:

- разработать программу энергосбережения для объекта;
- реализовать рекомендуемые мероприятия по энергосбережению и повышению энергетической эффективности;
- назначить ответственный персонал за обеспечение мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности и направить на курсы по повышению квалификации в области энергосбережения.

ПРИЛОЖЕНИЕ №1. Методическое, информационное и инструментальное обеспечение энергетического обследования
Методическое обеспечение энергетического обследования

Энергетическое обследование проводилось в соответствии со следующей нормативно-правовой и технической литературой:

1. Федеральный закон от 23.11.2009г. №261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»;
2. ГОСТ Р 51387-99 Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения. ГОССТАНДАРТ РОССИИ. Москва;
3. СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»;
4. СНиП 41-02-2003. «Тепловые сети»;
5. СП 30.13330.2012 «Внутренний водопровод и канализация зданий»;
6. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»;
7. СП 131.13330.2012 «Строительная климатология»;
8. СНиП 31-06-2009 «Общественные здания и сооружения»;
9. ТСН 23-340-2003 Санкт-Петербург.

Информационное обеспечение энергетического обследования

В ходе проведения энергетического обследования предоставлены следующие документы:

1. карточка предприятия;
2. технический паспорт зданий БТИ;
3. копии договоров на предоставление коммунальных и эксплуатационных услуг;
4. справка о потребленных энергоресурсах за 2008 - 2012 года.

ПРИЛОЖЕНИЕ №2. Сведения об объекте

Общие сведения об объекте

Комитет социальной защиты населения - учреждение, направленное на оказание услуг населению в области, связанной с социальной политикой государства.

Таблица 6

Климатические характеристики региона

№	Наименование показателя	Значение показателя
1	Расположение г. Санкт-Петербург	На уровне 59,57 параллели северной широты
2	Продолжительность отопительного периода	213 дней
3	Средняя температура за отопительный период	-1,3 °С
4	Температура наиболее холодных суток	-27 °С
5	Температура наиболее холодной пятидневки	-24 °С

Таблица 7

Основные объемно-планировочные характеристики объекта

№ п/п	Характеристика объекта	Размерность	Величина
1	Год постройки	год	1954
2	Год последнего капитального ремонта	год	-
3	Число этажей	шт.	2
4	Высота здания	м	11,25
5	Высота потолков	м	3,5
6	Отапливаемый объем здания	м ³	4462

Характеристики конструктивных элементов объекта

№ п/п	Наименование конструктивных элементов	Описание конструктивных элементов	Техническое состояние
Наружные ограждающие конструкции			
1	Наружные капитальные стены	Кирпичные	Удовлетворительное
2	Чердачное перекрытие	Кирпичное с утеплителем	Удовлетворительное
3	Фундамент	Бутовый ленточный	Удовлетворительное
Наружные дверные проемы			
4	Главный вход	Две двери (железная и пластиковая) разделённые тамбуром	Удовлетворительное
Оконные проемы			
5		Одно/двухкамерный стеклопакет в одинарном ПВХ переплете	Удовлетворительное

Краткая характеристика систем поддержания микроклимата и
ресурсоснабжения

№ п/п	Система	Описание	Техническое состояние
1	Система электроснабжения	Централизованное электроснабжение 0,4 кВ, ВРУ расположено в помещении, проводка в помещениях проложена скрытым способом	Удовлетворительное
1.1	Электрооборудование	Оргтехника	Удовлетворительное
1.2	Освещение	Искусственное освещение, автоматизированные системы управления освещением отсутствуют	Удовлетворительное
2	Система теплоснабжения	Централизованное теплоснабжение, двухтрубная полузамкнутая система, зависимое присоединение, разводка труб отопления – однострунная, вертикальная	Удовлетворительное
2.1	Трубы отопления	Трубы отопления стальные	Удовлетворительное
2.2	Радиаторы отопления	Чугунные	Удовлетворительное
3	Система водоснабжения	Централизованное водоснабжение горячей и холодной воды	Удовлетворительное
3.1	Трубы водоснабжения	Трубы водоснабжения металлопластиковые	Удовлетворительное
3.2	Водоразборная арматура	Смеситель с двумя кранами, унитаз с бачком полного слива	Удовлетворительное
4.	Канализация	Центральная канализация	Удовлетворительное

ПРИЛОЖЕНИЕ №3. Расчет расхода электроэнергии

Годовой расчетно-нормативный расход электроэнергии определяется по годовому числу часов использования электроприемников и их установленной мощности.

Таблица 10

Расчетно-нормативный расход электроэнергии

№	Наименование электрооборудования	Кол - во, шт.	Мощность, кВт	Коэф. использовани я	ЧЧИ в год	Годовое потребление э/э, кВт*ч
по группе «Освещение»						
1	Светильник с люминесцентными лампами 4x18Вт	74	0,088	1	1986	12932,8
Итого по группе «Освещение» в год						12933
по группе «Электрооборудование»						
3	Компьютер	29	0,15	0,4	1986	3455,6
4	Копировальная техника	21	0,4	0,35	498	1464,1
5	Прочее бытовое оборудование					1000
Итого по группе «Электрооборудование» в год						5920
Общее электропотребление						18853

ПРИЛОЖЕНИЕ №4. Расчет нормативного потребления тепловой энергии

Расчетно-нормативное потребление тепловой энергии

Расчет годового, среднечасового и максимального потребления тепловой энергии на отопление и вентиляцию проводился в соответствии с ТСН 23-340-2003 и МДС 41-04.2000.

Нормативный расход теплоты на отопление здания рассчитывается по формуле:

$$Q_o = (1 + \beta)q_o \cdot \alpha \cdot V_n(t_{в.ср} - t_{н.о}), \text{ Вт} \quad (22)$$

(1 ккал/час = 1,163 Вт; 1 МВт = 0,86 Гкал/час)

где:

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

q_o ($q_в$) - удельные тепловые характеристики на отопление (вентиляцию) здания;

α - поправочный коэффициент (принимают только для отопительной характеристики здания);

V_n - отапливаемый объем здания, м³;

$t_{в.ср}$ - средняя температура воздуха в здании;

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

$Q_o(Q_в)$ - расход теплоты на отопление (вентиляцию) здания. При расчете Q_o и $Q_в$ складываются.

Расчетное потребление тепла зданием

№ п/п	Наименование	Обозначение	Размерность	Отопление	Вентиляция
1.	Геометрические характеристики:				
1	Объем здания*	V	м^3	1317	
2.	Нормативные данные:				
1	Расчетная температура воздуха в здании	$t_{\text{вн}}$	$^{\circ}\text{C}$	20	
2	Расчетная температура наружного воздуха	$t_{\text{но}}$	$^{\circ}\text{C}$	-24	
3	Средняя температура	$t_{\text{но}}^{\text{ср}}$	$^{\circ}\text{C}$	-1,3	
4	Удельная отопительная и вентиляционная характеристика	q	$\frac{\text{ккал}}{\text{м}^3 \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C}}$	0,43	0,09
5	Отопительный период	n_0	сут.	213	
6	Продолжительность отопительного периода	T	ч	5112	
3.	Расчетные данные:				
1	Максимальный тепловой поток	Q_{max}	Гкал/ч	0,0269	
2	Средний тепловой поток	Q	Гкал/ч	0,013	
3	Годовое потребление тепла	$Q_{\text{год}}$	Гкал	66,6	12,91
Годовое потребление тепла на отопление, Гкал				79,51	

ПРИЛОЖЕНИЕ №5. Расчет нормативного потребления холодной и горячей воды

Расчетно-нормативное потребление воды

Расчетно-нормативное потребление холодной и горячей воды проводилось в соответствии с СП 30.13330.2012

Таблица 12

Расчет годового потребления воды по нормам расхода воды

	Потребитель	Число водопотребителей	Норма, м ³	Суточный расход, м ³ /сут.	Кол-во дней работы в год	Годовой расход, м ³ /год
Потребление холодной воды						
1	Работающие	26	0,009	0,234	249	58,266
Итого:						58,266
Потребление горячей воды						
1	Работающие	26	0,006	0,156	249	39,844
Итого:						39,844
Всего:						97,11

ПРИЛОЖЕНИЕ №6. Мероприятия по энергосбережению и повышению энергетической эффективности и их технико-экономический анализ

Общая информация

При проведении расчетов Аудитором использовались следующие базовые тарифы на энергоресурсы:

- Электроэнергия – 5,27 руб./кВт*ч;
- Холодное водоснабжение – 28,48 руб./м³;
- Горячее водоснабжение – 138,04 руб./м³;
- Водоотведение – 36,32 руб./м³.

Организационные мероприятия по энергосбережению

Одним из эффективных способов экономии потребления энергоресурсов является изменение отношения персонала к использованию энергоресурсов и воды. Рачительное отношение к оборудованию и к его эксплуатации так же вносит существенный вклад в снижение нерационального расхода энергоресурсов.

Аудитор рекомендует руководству систематизировать работу с персоналом учреждения и обслуживающим персоналом путем разработки и внесения изменений в инструкции, положения, регламенты, премирования с учетом проведения энергосберегающей политики.

Существует ряд общих рекомендаций по энергосбережению в бюджетных организациях, к которым относятся:

- назначение в бюджетных учреждениях ответственных за контролем расходов энергоносителей и проведения мероприятий по энергосбережению;
- направление персонала, ответственного за эксплуатацию здания и оборудования, на повышение квалификации в области энергосбережения;
- совершенствование порядка работы организации и оптимизация работы систем освещения, водоснабжения с учетом специфики работы учреждений;
- составление руководств по эксплуатации, управлению и обслуживанию систем электро-, тепло- и водоснабжения и периодический контроль со стороны руководства учреждений за их выполнением;

- соблюдение правил эксплуатации и обслуживания систем энергоиспользования и отдельных энергоустановок, введение графиков включения и отключения систем освещения, тепловых завес и т.д.;
- содержание водоразборной арматуры в технически исправном состоянии;
- ведение разъяснительной работы с сотрудниками по вопросам энергосбережения (путем организации собраний, вывешиванием информационных плакатов на тему энергосбережения и т.д.);
- стимулирование персонала с целью повышения энергоэффективности учреждения;
- периодическое проведение мониторинга потребления энергоресурсов с целью оценки эффективности от проводимых мероприятий и оперативного выявления нерационального расходования энергоресурсов.

Кроме этого, в учреждении необходимо дополнить, а в случае отсутствия разработать:

- инструкцию по действиям персонала при обнаружении утечек, протечек воды из систем тепловодоснабжения с целью своевременного их устранения;
- руководств по эксплуатации и обслуживанию офисной и оргтехники с точки зрения экономии электрической энергии (включение только при необходимости, выключение во время перерывов, длительного отсутствия, настройка «спящего» режима и т.д.).

Аудитор предполагает, что экономия энергетических ресурсов и воды составит:

- по электроэнергии – не менее 5% от годового потребления;
- по воде – не менее 7% от годового потребления;
- по теплоснабжению – не менее 3% от годового потребления.

Указанные проценты экономии энергоресурсов являются минимально достижимыми, при условии реализации предлагаемых Аудитором организационных мероприятий и их выполнение персоналом учреждения.

Мероприятия по снижению электропотребления

Замена светильников с люминесцентными лампами типа Т8 на светодиодные аналоги.

Аудитор предлагает выполнить замену люминесцентных ламп Т8, установленных в здании на светодиодные аналоги.

Светодиодные светильники позволяют достичь существенной экономии электроэнергии по сравнению с традиционными источниками света. Они длительное время не нуждаются в обслуживании (срок гарантийной эксплуатации – 5 лет, срок службы – 10 лет), что экономит эксплуатационные расходы и особенно важно в труднодоступных для замены ламп местах. Кроме того, эти светильники обладают рядом существенных преимуществ по сравнению с традиционно используемыми изделиями:

- Не требуется стартеров, балластов и другой пускорегулирующей аппаратуры;
- Не требует специальной утилизации (в отличие от люминесцентных ламп);
- Потребление электроэнергии в 2 раза ниже люминесцентных ламп;
- Мгновенное зажигание, работа при температурах от -20 до +60.

Применяются для освещения жилых и промышленных помещений, магазинов и офисов.

Таблица 13

Сравнительная характеристика светодиодных светильников и светильников с лампами Т8, встраиваемых в потолки типа Армстронг

Характеристика	ЛЛ Т8	СД	Примечание
Мощность	72 Вт	36 Вт	Мощность указана для ламп известных производителей.
Потери в ПРА	16 Вт	-	На светильник из 4-х ламп
Средняя рыночная стоимость светильников	700 руб.	3200 руб.	

Таблица 14

Расчет экономии от проведения мероприятия по замене светильников с люминесцентными лампами на светодиодные аналоги

№	Наименование	Ед. изм.	Величина
1	Потребление электроэнергии до мероприятия	кВт*ч	8738,4
1.1	Потребляемая мощность 1 светильника	кВт	0,088
1.2	Количество часов использования в год	ч	1 986
1.3	Количество светильников	шт.	50
2	Потребление электроэнергии после мероприятия	кВт*ч	3574,8
2.1	Потребляемая мощность 1 светильника	кВт	0,036
2.2	Количество часов использования в год	ч	1 986
2.3	Количество светильников	шт.	50
3	Доход за счет экономии энергоресурса	руб.	27212,17
3.1	Экономия электроэнергии после мероприятия	кВт*ч	5163,6
3.2	Тариф на электрическую энергию	руб./кВт*ч	5,27
4	Расходы на проведение мероприятия	руб.	165 000,00
4.1	Стоимость 1 светильника с лампами	руб.	3200
4.2	Утилизация заменяемых ламп	руб./шт.	25
4.3	Количество светильников	шт.	50
5	Срок окупаемости	лет	6,1

Ввиду значительных первоначальных затрат, аудитор рекомендует проводить мероприятие поэтапно, а, также, по мере выхода из строя светового оборудования.

Мероприятия по снижению водопотребления

Установка смесителей с сенсорным приводом.

Смеситель с сенсорным приводом, как показывает экспертная оценка, позволяет сократить расход воды до 40% в сравнении с обычным смесителем. Смеситель контролирует потребление воды при помощи фотодатчика, включающего подачу воды при обнаружении в зоне действия руки, чашки, тарелки.

Таблица 15

Расчет экономии от проведения мероприятия по установке смесителей с автоматическим приводом

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Показатель
1	Потребление воды до мероприятия	м3	90,0
2	Потребление воды после мероприятия	м3	67,5
3	Доход за счет экономии воды	руб.	2 279,70
3.1	Экономия воды после мероприятия в натуральном выражении	м3	22,5
3.2	Тариф	руб./м3	101,32
4	Расходы на проведение мероприятия	руб.	6 400,00
4.1	Стоимость насадки	руб./шт	3 200,00
4.2	Количество смесителей	шт.	2
5	Срок окупаемости	лет	2,8

Список литературы

1. Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года».
2. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года.
3. Фокин В.М. Основы энергосбережения и энергоаудита. М.: «Издательство Машиностроение-1», 2006. 256 с.
4. Тепломассообмен и теплотехнический эксперимент: Справочник / Под общ. ред. В.А. Григорьева и В.М. Зорина. М.: Энергоиздат, 1982. 512 с.
5. Теплотехнический справочник / Под общ. ред. В.Н. Юрьева и П.Д.Лебедева. М.: Энергия, 1976. Т. 2. 896 с.
6. СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».
7. СНиП 2.04.07-86 «Тепловые сети».
8. СНиП II-3-79 «Строительная теплотехника».
9. СНиП 2.01.01- 82 «Строительная климатология и геофизика».
10. 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.
11. Богословский В.Н., Сканави А.Н. Отопление: Учебник для вузов. - М.:Стройиздат, 1991. – 735 с.
12. Методические указания по расчету норм расхода ТЭР для зданий жилищно-гражданского назначения - М.: ОНТИ АКХ им. К.Д. Памфилова, 1987. - 42 с

Миссия университета – генерация передовых знаний, внедрение инновационных разработок и подготовка элитных кадров, способных действовать в условиях быстро меняющегося мира и обеспечивать опережающее развитие науки, технологий и других областей для содействия решению актуальных задач.

КАФЕДРА КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕПЛОФИЗИКИ И ЭНЕРГОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Начало теплофизической научной школы в университете было положено организацией в 1938 году кафедры приборов теплосилового контроля, заведующим которой стал профессор, доктор технических наук Г.М.Кондратьев (1887-1958). В 1954 году вышла в свет его монография «Регулярный 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 50-х 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 Заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, профессора, доктора технических наук Дульнева Г.Н., возглавлявшего кафедру с 1958 года 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. С 1995 года заведующим кафедрой является профессор, доктор технических наук А.В.Шарков.

Многолетняя деятельность кафедры привела к созданию научной и педагогической школы теплофизиков-приборостроителей, из которой вышли доктора наук А.Н.Гордов, А.И.Лазарев, Г.Н.Дульнев, Б.Н.Олейник,

Е.С.Платунов, Н.А.Ярышев, В.Н.Васильев, Ю.П.Заричняк, А.В.Шарков, Н.В. Пилипенко и другие ученые-теплофизики.

Сотрудники кафедры принимали участие в разработке нового поколения вычислительных машин, исследовании термооптических явлений в космических 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». Возможности разработанных на кафедре методов математического моделирования тепловых процессов в сложных системах и технике теплофизического эксперимента были продемонстрированы при анализе процессов теплообмена в организме человека; при создании электрогенераторов, работа которых использует явления сверхпроводимости; при создании оригинальных образцов оборонной, медицинской и измерительной техники.

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 работы по созданию принципиально новых композиционных материалов – особо прочных, термостойких, теплоизоляционных и т.д.

В последние годы наряду с традиционными научными направлениями появился ряд новых направлений, связанных с экологическим мониторингом, энергосберегающими технологиями, биологией и медицинским теплофизическим приборостроением. На базе ведущихся на кафедре научных исследований осуществляется обучение молодых специалистов, первый выпуск которых по специальности «Теплофизика» 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, а в 2000 году – магистров.

На кафедре ведется подготовка научных кадров высшей квалификации в аспирантуре и докторантуре по специальностям 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника» и 05.11.01 «Приборы и методы измерения тепловых величин». Сейчас коллектив кафедры продолжает развитие как ставших уже традиционными научных направлений и направлений подготовки специалистов, так и ведет поиск в новых областях науки и техники.

Николай Васильевич Пилипенко

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ЭНЕРГОАУДИТ

Учебное пособие

В авторской редакции

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО

Зав. РИО

Н.Ф. Гусарова

Подписано к печати

Заказ №

Тираж

Отпечатано на ризографе

Редакционно-издательский отдел
Университета ИТМО
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49