



**Государственный комитет Российской Федерации по строительству и
жилищно-коммунальному комплексу**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЭНЕРГОРЕСУРСОАУДИТА
В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

Москва 2001

РАЗРАБОТАНЫ:

**Московским институтом коммунального хозяйства и строительства
(МИКХиС) (А. И. Колесников, Е. М. Авдолимов, М. Н. Федоров).**

**Федеральным центром энергоресурсосбережения в жилищно-
коммунальном хозяйстве (И. С. Эгильский, Б. Л. Рейзин).**

под общей редакцией Л. Н. Чернышева и Н. Н. Жукова (Госстрой России).

Одобрены секцией «Водоснабжение, водоотведение и энергоресурсосбережение
в жилищно-коммунальном хозяйстве» Научно-технического совета Госстроя
России, протокол от 28.09.99г. № 01-НС-23/6.

ВВЕДЕНИЕ

Энергоресурсосбережение является ключевым звеном реформирования
жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) России.

В России каждый процент экономии топлива и энергии может дать 0,35 - 0,4 %
прироста национального дохода.

Конечной целью энергоресурсосберегающей политики в ЖКХ служит снижение
издержек производства и себестоимости коммунальных услуг и, соответственно,
смягчение для населения бремени оплаты этих услуг.

ЖКХ является крупным потребителем топлива и энергии - около 30 %
потребления энергии России. Вместе с тем, в ЖКХ регионов Российской
Федерации имеются значительные резервы экономии электрической и тепловой
энергии, а также воды:

- по теплу от 25 % до 60 %;

- по электроэнергии от 15 % до 25 %;
- по воде от 20 % до 30 %.

В целом по России удельное потребление энергоресурсов на одного человека значительно превышает соответствующие показатели европейских стран:

- по теплу - в 2 - 3 раза;
- по воде - в 1,5 - 2 раза.

Значительный потенциал экономии и рост стоимости энергоресурсов делают проблему энергоресурсосбережения в ЖКХ весьма актуальной.

На решение этой проблемы и направлена подпрограмма «Энергоресурсосбережение в ЖКХ на 2000 - 2005 гг.» Федеральной целевой программы «Энергосбережение России». Функции государственного заказчика по программе осуществляются Госстроем России.

Основой для разработки и реализации муниципальных программ энергоресурсосбережения должен быть энергоаудит объектов ЖКХ, включающий энергетические обследования, оценку имеющихся резервов экономии и определение технико-экономической эффективности предложенных мероприятий по энергоресурсосбережению.

Данные Методические указания по проведению энергоресурсаудита в жилищно-коммунальном хозяйстве рассчитаны на работников жилищно-коммунального хозяйства и специалистов, занимающихся энергоресурсосбережением в ЖКХ.

ТЕРМИНОЛОГИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Топливо-энергетические ресурсы (далее - ТЭР) - Совокупность всех природных и преобразованных видов топлива и энергии, используемых в хозяйственной деятельности (в том числе и воды как энергоресурса в системе ЖКХ).

Энергосбережение - Реализация правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное использование топливо-энергетических ресурсов и на вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии (Закон РФ «[Об энергосбережении](#)»).

Потенциал энергосбережения - Количество ТЭР, которое можно сберечь в результате реализации технически возможных и экономически оправданных мер, направленных на эффективное их использование и вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии при условии сохранения или снижения техногенного воздействия на окружающую и природную среды.

Возобновляемые источники энергии - Источники энергии, постоянно возобновляемые естественным путём за счет физико-химических процессов природного происхождения.

Вторичный энергетический ресурс (ВЭР) - Энергетический ресурс, получаемый в виде побочного продукта основного производства или являющийся таким продуктом (Закон «[Об энергосбережении](#)»).

Примечание.

Наиболее часто используются ВЭР в виде тепла, газа, водяного пара, сбросных вод и топлива (твердые отходы, жидкие сбросы и газообразные выбросы предприятий отраслей промышленности).

Показатель энергетической эффективности (объекта) - Количественная характеристика уровней рационального потребления и экономного расходования ТЭР при создании продукции, реализации процессов, проведении работ и оказании услуг, выраженная в виде абсолютного, удельного или относительного показателя их потребления (потерь).

Характеристика энергопотребления - физическая величина, отражающая количество и качество потребляемого объектом энергоресурса, которая используется для расчета показателей эффективности.

Нормативный показатель энергетической эффективности (объекта ЖКХ, процесса) - Установленная в нормативной документации на объект (процесс) количественная характеристика уровней рационального потребления и экономного расходования ТЭР при создании продукции, реализации процессов, проведении работ и оказании услуг, выраженная в виде абсолютного, удельного или относительного показателя их потребления (потерь) (на основе Закона «[Об энергосбережении](#)»).

Показатель энергосбережения - Количественная характеристика намечаемых и (или) реализуемых мер по энергосбережению и их результатов.

Нерациональное расходование энергетических ресурсов - Расход топливно-энергетических ресурсов на энергетических и технических установках, в промышленном и коммунально-бытовом секторе, в том числе в жилых и общественных зданиях, на которых выявлены резервы для снижения потребления топливно-энергетических ресурсов.

Расточительное расходование энергетических ресурсов - Расход топливно-энергетических ресурсов с превышением строительных и технологических норм, несоблюдением действующих правил эксплуатации производственных и коммунально-бытовых объектов, в т. ч. при авариях, из-за бесхозяйственности и некомпетентности обслуживающего персонала.

Непроизводительный расход ТЭР - Расход ТЭР, обусловленный несоблюдением требований, установленных государственными стандартами, а также нарушением требований, установленных иными нормативными актами, нормативными и методическими документами.

Рациональное использование ТЭР - Достижение максимальной эффективности использования ТЭР в хозяйстве при существующем уровне развития техники и технологии с одновременным снижением техногенного воздействия на окружающую среду.

Экономное расходование ТЭР - Относительное сокращение расходования ТЭР, выражающееся в снижении их удельных расходов на производство единицы конкретной продукции, выполнение работ и оказание услуг установленного качества с учетом социальных, экологических и прочих ограничений.

Примечания.

Экономное расходование сопряжено с реализацией нормативов для отдельных машин и агрегатов, операций и процессов, видов работ, а также с реализацией эффекта за счет:

- новых технических решений (например, совмещения различных функций в одном устройстве);
- замены энергетических ресурсов на менее дефицитные и драгоценные;
- повышения уровня использования вторичных энергетических ресурсов;
- совершенствования организационной структуры производства и услуг;
- достижения предельно возможных (оптимальных) для данного объекта условий расходования энергоресурсов и др.

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

Энергетическое обследование - Обследование потребителей ТЭР с целью установления эффективности показателей энергоиспользования.

Энергоресурсоаудит - Обследование энергопотребляющих объектов и процессов с разработкой соответствующих рекомендаций и мероприятий по энергосбережению.

Норматив расхода энергии (топлива) - Научно и технически обоснованная составляющая нормы расхода энергии (топлива), устанавливаемая в нормативной и регламентной документации на конкретное изделие, услугу и характеризующая предельные значения (как правило, меньшее) потребления энергии (топлива) по элементам производственного процесса на единицу выпускаемой продукции (услуги) ([ГОСТ 30167](#)).

Примечания.

1. Норматив - предельное значение показателя расходования ТЭР при заданных условиях изготовления, эксплуатации, ремонта и утилизации объекта (единицы продукции, работы).

2. Нормы устанавливают в программах, планах, а нормативы - в нормативных документах на изделия, услугу в регламентах на процессы, причем устанавливают годовую производительность (не менее ...N изделий и т. д.), ниже которой нормирование малоэффективно.

Энергетический паспорт потребителя ТЭР - Нормативный документ, содержащий показатели эффективности использования ТЭР, потребляемых в процессе хозяйственной деятельности объектами производственного назначения независимо от организационных форм и форм собственности, а также содержащий энергосберегающие мероприятия с учетом энергетического баланса.

Потребитель ТЭР - юридическое лицо (организация), независимо от формы собственности, использующее топливно-энергетические ресурсы для производства продукции, услуг, а также на собственные нужды.

Сбор документальной информации - сбор данных о потребителе ТЭР, производстве услуг, технологических параметрах, технико-экономических показателях, и других данных, необходимых для расчета показателей энергетической эффективности объекта.

Инструментальное обследование - измерение и регистрация характеристик режимов работы энергетических установок ЖКХ, энергоресурсопотребления при помощи стационарных или переносных измерительных и регистрационных приборов.

Анализ информации - определение показателей энергетической эффективности и резервов энергосбережения на основе собранной документальной информации и инструментальных данных обследования.

Разработка рекомендаций и программ по энергосбережению - определение организационных, технических и технологических предложений, направленных на повышение энергоэффективности объекта энергоресурсаудита, с обязательной оценкой экономической и технической возможностей их реализации, прогнозируемого технико-экономического эффекта.

ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ЭНЕРГОАУДИТА

В настоящее время практически сформирована правовая база для выполнения энергетических обследований предприятий:

- Указ Президента РФ от 7 мая 1995 г. № 472 «Об основных направлениях энергетической политики и структурной перестройки топливно-энергетического комплекса Российской Федерации на период до 2010 года».

- «Федеральный закон «Об энергосбережении» 3 апреля 1996 г. № 23-ФЗ.

- Постановление Правительства РФ «О федеральной целевой программе «Энергосбережение России» на 1998 - 2005 годы» с подпрограммой «Энергосбережение в жилищно-коммунальном хозяйстве» от 24 января 1998 г. № 80.

- Постановление Правительства РФ «О повышении эффективности использования энергетических ресурсов и воды предприятиями, учреждениями и организациями бюджетной сферы» от 28.07.97 г.

- Постановление Правительства РФ «О дополнительных мерах по стимулированию энергосбережения в России» от 15.06.98 г. № 588.

- Постановление Правительства РФ «О неотложных мерах по энергосбережению» от 2 ноября 1995 г. № 1087.

- Федеральная целевая программа «Энергосбережение России» - основа энергосберегающей политики государства в регионах и отраслях экономики на 1998 - 2005 гг. Минтопэнерго РФ. 1998 г.

- Положение о проведении энергетических обследований предприятий. Минтопэнерго. 1998 г.

- Временные руководящие указания по организации работ в сфере энергосбережения в управлениях государственного энергетического надзора в субъектах Российской Федерации. Департамент государственного энергетического надзора и энергосбережения Минтопэнерго РФ. 1998 г. 422 стр.

- Основные направления и механизм энергосбережения в жилищно-коммунальном хозяйстве Российской Федерации. Решение Правительственной комиссии по реформированию ЖКХ Российской Федерации, протокол № 3 от 20.03.98 г.

Согласно приведенным выше документам, обязательному обследованию один раз в пять лет подлежат предприятия с суммарным энергопотреблением более 6000 т. т. и предприятия, финансируемые или имеющие дотации на энергоресурсы из госбюджета.

По региональному законодательству предел 6000 т. т может быть снижен до 200 - 400 т. т., что находит отражение в региональных законах по энергосбережению.

В соответствии Федеральной целевой программой «Энергосбережение России» (подпрограмма «Энергоресурсосбережение в ЖКХ» - основа энергосберегающей политики государства в регионах и отраслях экономики на 1998 - 2005 гг.) энергоаудит должен проводиться на всех объектах ЖКХ, как основа для составления конкретных программ энергоресурсосбережения в муниципальных образованиях.

Право на проведение энергетических обследований предоставляется:

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

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

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

Энергоаудитор должен отвечать следующим требованиям:

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

ЗАДАЧИ ЭНЕРГОРЕСУРСОАУДИТА В ЖКХ

Энергоресурсоаудит систем энергоснабжения и энергопотребления является первым этапом решения задачи по снижению затрат на энергоресурсы и воду.

Основными целями энергоаудита являются:

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

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ЭНЕРГОРЕСУРСОАУДИТА И ИХ СОДЕРЖАНИЕ

Методика организации и проведения самого энергоресурсоаудита основывается на стандартном (типовом) алгоритме, что сокращает общие затраты на его

проведение, позволяя эффективно подключать других аудиторов на определенных (стандартных) этапах работ.

Вопрос о проведении энергоресурсаудита ЖКХ обычно решается непосредственно с руководством организации, заинтересованной в повышении экономической эффективности систем энергоресурсообеспечения ЖКХ. Первый контакт рекомендуется устанавливать непосредственно с ее ответственным руководителем. Появление заинтересованности руководителя в необходимости энергоресурсаудита приводит к снятию многих проблем, которые могут возникнуть при проведении этой работы.

Организация и проведение работ по энергоресурсаудиту обследуемой организации обычно проводится в четыре этапа:

Этап 1: (Подготовительный):

Предварительный контакт с руководителем.

Ознакомление с основными потребителями, общей структурой систем производства и распределения энергоресурсов, стоящими перед энергоресурсоснабжающим предприятием проблемами, затрудняющими его нормальное функционирование (дефицит мощностей и др.).

Разработка программы работ по проведению энергоресурсаудита с указанием сроков выполнения и стоимости его этапов.

Заключение договора на выполнение энергоресурсаудита.

Передача заказчику для заполнения таблиц, разработанных для сбора предварительной информации при проведении энергоаудита.

Этап 2 (первичный энергоресурсаудит):

Сбор общей документальной информации:

- по годовому за базовый и текущий период потреблению и распределению энергоресурсов;
- по используемому оборудованию его технологическим характеристикам, продолжительности и режимах эксплуатации, техническом состоянии;
- общие схемы ресурсораспределения и расположения объектов ЖКХ;
- ознакомление с имеющейся проектной документацией и проектными показателями эффективности, существующей системой учета энергоресурсов.

Анализ режимов эксплуатации оборудования систем снабжения энергоресурсами и жилого фонда, существующих договоров и тарифов на снабжение энергоресурсами;

- наличие систем коммерческого и внутреннего учета расхода энергоресурсов.

Составление карты потребления ТЭР, определение дефицита мощностей.
Ознакомление с состоянием систем снабжения энергоресурсами ЖКХ:

- электроснабжения;
- теплоснабжения;
- водоснабжения;
- водоотведения;
- жилого фонда;
- освещения.

Предварительная оценка возможностей экономии ТЭР, выявление систем и установок, имеющих потенциал для энергосбережения.

Разработка и согласование программы проведения полного энергоресурсаудита.

Корректировка (при необходимости) содержания, сроков и стоимости договора на проведение энергоресурсаудита.

Этап 3 (полный энергоресурсаудит):

Сбор дополнительной, необходимой документальной информации по тарифам на закупаемые энергоресурсы, формированию себестоимости энергоресурсов на обследуемом предприятии ЖКХ, режимам эксплуатации оборудования и систем распределения за базовый (предыдущий) и текущий год.

Проведение приборных обследований объектов ЖКХ и режимов эксплуатации в соответствии с согласованной программой энергоресурсаудита. Конечная цель энергоресурсаудита - это снижение расходов энергоресурсов и воды, а также финансовых затрат на их производство и потребление.

Оформление энергетического паспорта объектов ЖКХ производится по стандартной форме с использованием результатов проведения энергетического аудита. Паспорт и отчет согласовываются с региональным Управлением ЖКХ.

Определение потенциала экономии энергии и экономических преимуществ от внедрения различных предлагаемых мероприятий с технико-экономическим обоснованием окупаемости предполагаемых инвестиций по их внедрению.

Разработка конкретной программы по энергосбережению с выделением первоочередных, наиболее эффективных и быстро окупаемых мероприятий. Составление и представление руководству организации или предприятия-заказчика отчета с программой энергоресурсосбережения.

Этап 4: Мониторинг:

Организация на предприятии системы постоянно действующего учета и анализа эффективности расхода энергоресурсов подразделениями и предприятиями ЖКХ в целом.

Продолжение деятельности, дополнительное более углубленное обследование наиболее перспективных в части энергосбережения систем, дополнение программы реализации мер по энергосбережению, изучение и анализ достигнутых результатов.

Решение о реализации программы энергоресурсосбережения принимается организацией-заказчиком.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА ПО ЭНЕРГОРЕСУРСОАУДИТУ

Содержание отчета по энергоресурсоаудиту должно включать в себя:

- Титульный лист с указанием исполнителей.
- Содержание.
- Введение.
- Аннотацию основных решений по энергосбережению.
- Описание предприятия.
- Технический паспорт предприятия (или отдельных систем)
- Структурные схемы энергоснабжения и энергопотребления.

- Оценку возможностей экономии энергии по системам снабжения энергоресурсами и основным энергопотребляющим технологическим процессам и объектами ЖКХ.
- Обзор предлагаемых решений по энергоресурсосбережению.
- Программа энергоресурсосбережения.
- Приложения с таблицами.
- Энергетический паспорт объектов ЖКХ, согласованный с муниципальным Управлением ЖКХ.

Во введении обосновывается необходимость проведения энергоресурсаудита предприятия, указываются источник финансирования и участники выполнения работы, ответственные исполнители и участники со стороны заказчика, сроки выполнения договора.

В аннотации кратко описываются содержание, методика проведения, а также перечень предлагаемых рекомендаций и их эффективность, оформляемый в виде сводных таблиц.

В описании предприятия даются структурные схемы снабжения энергоресурсами, схемы расположения объектов, карта потребления энергии, объемы оказываемых услуг в натуральном и денежном выражениях.

В разделе энергоснабжения и энергопотребления содержится информация о потреблении различного вида энергоресурсов и динамике цен и тарифов, показатели энергопотребления и воды (распределение) за предшествующий и текущий годы, суточные и сезонные характеристики потребления ТЭР, удельные энергозатраты по системам распределения ТЭР.

В разделах, отражающих возможности экономии энергии в основных объектах ЖКХ, содержится:

- Местонахождение объектов ЖКХ, установок, систем, в которых можно достичь эффекта энергосбережения.
- Изложение состояния энергоресурсопотребления.
- Предлагаемые решения.
- Сравнительная оценка методов решения и их влияние на эффективность энергоресурсоснабжения, себестоимость производимых и распределяемых

энергоресурсов и срок окупаемости инвестиций на реализацию предложений (затрат).

- Оценка возможных негативных эффектов.

В разделе, содержащем программы по экономии энергии, описываются рекомендуемые решения энергосбережения, очередность с учетом эффективности и сроков окупаемости.

В приложении к отчету приводятся материалы, собранные в процессе энергоресурсаудита и представляющие ценность для предприятия:

- Технический паспорт
- Схемы систем энергоснабжения и их оборудование, характеристики.
- Технологические карты с указанием имеющихся затрат энергоносителей.
- Результаты приборного обследования.
- Структурное изображение технологических процессов с указанием потребления ТЭР и их потерь.
- Другие данные, необходимые предприятию.

МЕТОДИКА ЭНЕРГОРЕСУРСОАУДИТА ОБЪЕКТОВ ЖИЛИЩНОГО КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА

В общем случае энергоресурсаудит объектов жилищного коммунального хозяйства проводится по стандартной методике (технологии) и состоит из сбора информации о системах энергоресурсоснабжения и объектах ЖКХ, анализа режимов энергопотребления, анализа режимов эксплуатации оборудования и систем ЖКХ, обследование состояния энергоресурсораспределения жилого фонда ЖКХ:

- Системы электроснабжения, состоящей из трансформаторных подстанций, распределительных сетей, электрооборудования, системы наружного освещения.

- Системы теплоснабжения, состоящей из котельной или теплоэлектроцентрали, генерирующих тепло, магистральных и распределительных теплотрасс, центральных тепловых пунктов с системой приготовления воды для горячего водоснабжения и отопления, разводящих внутриквартальных тепловых сетей, индивидуальных тепловых пунктов отдельных зданий, внутридомовых систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.

- Системы водоснабжения, состоящей из водозаборных узлов, системы водоочистки, насосных станций первого и второго подъема, магистральных водоводов и кольцевой системы разводки по микрорайонам, внутридомовых систем.

- Системы водоотведения с канализационными станциями перекачки и очистными сооружениями.

- Жилищного фонда, состоящего из зданий с их системами электро-, тепло- и водоснабжения.

ЭНЕРГОАУДИТ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ И СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Как правило, на коммунальных предприятиях ведется постоянный учет расхода электроэнергии, оборудован ее входной коммерческий учет на ТП, на распределительных устройствах для крупных внутренних потребителей и на индивидуальных вводах квартир установлены электросчетчики. Зачастую системы электроснабжения эксплуатируются не в номинальных режимах, электрооборудование и распределительные сети оказываются перегружены или недогружены. Это приводит к увеличению доли потерь в трансформаторах, электродвигателях, к снижению значения $\cos \varphi$ в системе электроснабжения.

Экономия потребляемой коммунальным предприятием электрической энергии достигается непосредственно через снижение потерь электрической энергии в системах трансформирования, распределения и преобразования (трансформаторы, распределительные сети, электродвигатели, системы электрического уличного и местного освещения), а также через оптимизацию режимов эксплуатации оборудования, потребляющего эту энергию. Причем последнее дает наибольший экономический эффект (до 70 - 80 % от общей экономии).

Неоправданные потери в трансформаторах наблюдаются как при недогрузках, когда потребляемая мощность значительно ниже номинальной мощности трансформатора, работающего в режиме, близком к режиму холостого хода

(потери составляют 0,2 - 0,5 % от номинальной мощности трансформатора), так и при перегрузках.

Большие, сверхнормативные потери могут быть и в длинных, перегруженных распределительных сетях.

Практически каждая коммунальная квартира оборудована электросчетчиками и население само заинтересовано в сбережении электроэнергии. С ростом цен на электроэнергию население будет больше уделять внимания приобретению экономичного электрооборудования (холодильники, осветительные приборы и т. п.). Все большее распространение приобретают экономичные точечные источники освещения, которые создают необходимый уровень освещенности в рабочей зоне и мягкий рассеянный свет в квартире. Бытовую аппаратуру необходимо характеризовать таким качеством, как энергоэкономичность.

Вопросы экономии энергоресурсов (электрической энергии, тепла и воды) рассматриваются для всех элементов коммунальных служб отдельно.

При составлении баланса необходимо определить как полезное электропотребление, так и потери в каждом элементе распределения и потребления электрической энергии.

Ниже приведены известные методики определения потерь энергии, необходимые для составления баланса, и характеристики современного энергоэффективного оборудования, позволяющего снизить затраты электроэнергии.

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ И СИСТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ $\cos \varphi$

Потери активной электроэнергии в трансформаторе рассчитываются по формуле:

$$\Delta \mathcal{E}_a = \Delta P_{\text{ж}}' T_0 + \Delta P_{\text{к.з.}}' K_1^2 T_p, \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

$\Delta P'_{\text{м}} = \Delta P_{\text{м}} + K_{\text{м}} \Delta Q_{\text{м}}$ - приведенные потери мощности холостого хода трансформатора, кВт;

$\Delta P'_{\text{к.з.}} = \Delta P_{\text{к.з.}} + K_{\text{м}} \Delta Q_{\text{к.з.}}$ - приведенные потери мощности короткого замыкания, кВт;

$K_z = I_{\text{ф}} / I_{\text{н}}$ - коэффициент загрузки трансформатора по току;

$\Delta P_{\text{м}}$ - потери мощности холостого хода, в расчетах следует принимать по каталогу равными потерям в стали (Для трансформатора ТМ-1000/10

$\Delta P_{\text{м}} = 2,1 - 2,45$ кВт);

$\Delta P_{\text{к.з.}}$ - потери мощности короткого замыкания; в расчетах следует принимать равными по каталогу потерям мощности в металле обмоток трансформатора (для приведенного выше трансформатора

$\Delta P_{\text{к.з.}} = 12,2 - 11,6$ кВт);

$K_{ин}$ - коэффициент изменения потерь, зависящий от передачи реактивной мощности (для промышленных предприятий, когда величина его не задана энергосистемой, следует принимать в среднем равным 0,07), кВт/кВАр;

T_o - полное число часов присоединения трансформатора к сети;

T_p - число часов работы трансформатора под нагрузкой за учетный период;

$\Delta Q_{хх} = S_{нм} I_{хх} / 100$ - постоянная составляющая потерь реактивной мощности холостого хода трансформатора, кВАр;

$\Delta Q_{к.з} = S_{нм} U_k / 100$ - реактивная мощность, потребляемая трансформатором при полной нагрузке, кВАр;

$I_{хх}$ - ток холостого хода, % (1,4 - 2,8 %);

U_k - напряжение короткого замыкания, % (5,5 %);

$S_{нм}$ - номинальная мощность трансформатора, кВА (1000 кВА);

$I_{ср}$ - средний ток за учетный период, А;

$I_{нм}$ - номинальный ток трансформатора. (Потери активной мощности в режиме холостого хода названного выше трансформатора равны 4,41 кВт).

Потери реактивной энергии за учетный период

$\Delta \mathcal{E}_p = S_{нм} I_{хх} T_o / 100 + S_{нм} U_k K_z^2 T_p / 100$ (потери реактивной мощности в режиме холостого хода названного выше трансформатора - 28 кВт, суммарные потери - 32,41 кВт, что при цене 330 руб./кВт составит около 940 тыс. руб. за год). Влияние материалов трансформатора на его потери приведены в [табл. 3](#).

При подсчете потерь мощности в трехобмоточном трансформаторе пользуются выражением

$$\Delta P_{\text{мж}} = \Delta P'_{\text{мж}} + \Delta P'_{\text{к.з.1}} K_{31}^2 + \Delta P'_{\text{к.з.2}} K_{32}^2 + \Delta P'_{\text{к.з.3}} K_{33}^2,$$

где

$$\Delta P'_{\text{к.з.1}},$$

$$\Delta P'_{\text{к.з.2}},$$

$\Delta P'_{\text{к.з.3}}$ - приведенные потери активной мощности в обмотках высшего (1), среднего (2), и низшего (3) напряжения; K_{31} , K_{32} , K_{33} - коэффициенты загрузок этих же обмоток.

Активные потери энергии в двухобмоточных трансформаторах в зависимости от степени их загрузки

$N_{\text{сп}} / N_{\text{ном}}$ равны:

$$\Delta \mathcal{E}_a = \left[A + B \left(N_{\text{сп}} / N_{\text{ном}} \right)^2 \right] N_{\text{ном}} \tau / 100 \text{ кВт час}$$

$\Delta P_{\text{н.ном}} = A + B$ - мощность активных потерь трансформатора при работе на номинальной нагрузке в % от номинальной мощности трансформатора (%);

\mathcal{E}_a - общее потребление трансформатором активной мощности за отчетный (t) период, (кВт час);

N_{cp} - средняя мощность активной нагрузки трансформатора за отчетный период

$$N_{\varphi} = \mathcal{E}/t \text{ (кВт);}$$

$N_{ном}$ - номинальная активная мощность трансформатора (кВт).

t - отчетный период эксплуатации трансформатора (час).

A - активная мощность потерь трансформатора при работе на холостой нагрузке в % от номинальной мощности трансформатора, (%);

B - активная мощность потерь трансформатора от составляющей нагрузки, в % от номинальной мощности трансформатора (%).

Т а б л и ц а 1

Относительные данные для расчета потерь в высоковольтных масляных трансформаторах

Тип тр-ра	$N_{ном}$, кВт	$\Delta P_{мх}$, кВт	$\Delta P_{х.з.}$, кВт	$I_{хх}$, %	$U_{к}$, %	A , %	B , %	$\Delta P_{н.м.ж}^*$, %
ТМ-5/10	5	0,09	1,165	10	5,5	2,5	23,6	26,18
ТМ-10/10	10	0,14	0,335	10	5,5	2,1	3,73	5,83
ТМ-10/6	10	0,105	0,335	10	5,5	1,7	3,7	5,48
ТМ-20/10	20	0,22	0,6	10	5,5	1,8	3,38	5,18

Тип тр-ра	$N_{ном}$, кВт	$\Delta P_{мх}$, кВт	$\Delta P_{к.з}$, кВт	$I_{хх}$, %	$U_{к}$, %	A , %	B , %	$\Delta P_{н.ном}^*$, %
ТМ-20/6	20	0,155	0,515	9,5	4,5	1,44	2,89	4,33
ТМ-25/10	25	0,125	0,69	3,2	4,7	0,72	3,08	3,81
ТМ-25/6	25	0,125	0,69	3,2	4,7	0,72	3,09	3,81
ТМ-40/10	40	0,18	1	3	4,7	0,66	2,83	3,48
ТНЗ-40/10	40	0,15	0,85	3	4,5	0,58	2,44	3,02
ТМ-40/6	40	0,24	0,88	4,5	4,5	0,91	2,51	3,43
ТМ-63/6	63	0,36	1,47	4,5	4,7	0,88	2,66	3,54
ТМ-63/10	63	0,265	1,47	2,8	4,7	0,61	2,66	3,27
ТМ-100/10	100	0,365	2,27	2,6	4,7	0,54	2,59	3,14
ТМ-100/6	100	0,365	2,27	2,6	4,7	0,54	2,59	3,14
ТМ-180/6	180	1	4	6	5,6	0,97	2,61	3,58
ТМ-100/35	100	0,465	2,27	4,16	6,8	0,75	2,74	3,50

Тип тр-ра	$N_{ном}$, кВт	$\Delta P_{мх}$, кВт	$\Delta P_{к.з}$, кВт	$I_{хх}$, %	$U_{к}$, %	A , %	B , %	$\Delta P_{н.ном}^*$, %
ТМ-250/10	250	1,05	4,2	3,68	4,7	0,67	2,01	2,68
ТМ-320/6	320	1,35	4,85	5,5	4,5	0,80	1,83	2,63
ТМ-320/10	320	1,9	6,2	7	5,5	1,08	2,32	3,40
ТМ-400/10	400	1,08	5,9	3	4,5	0,48	1,79	2,27
ТМ-400/35	400	1,35	5,9	2,1	6,5	0,48	1,93	2,41
ТМ-560/10	560	2,5	9,4	6	5,5	0,86	2,06	2,93
ТМ-630/10	630	1,68	8,5	3	5,5	0,47	1,73	2,21
ТМ-630/35	630	2	7,6	2	6,5	0,45	1,66	2,11
ТМ-750/10	750	4,1	11,9	6	5,5	0,96	1,97	2,93
ТМ-1000/6	1000	2,75	12,3	1,5	8	0,38	1,79	2,17
ТМ-1000/10	1000	2,45	11,6	2,8	5,5	0,44	1,54	1,98
ТМ-1000/35	1000	2,75	10,6	1,4	6,5	0,37	1,51	1,88

Тип тр-ра	$N_{ном}$, кВт	$\Delta P_{мх}$, кВт	$\Delta P_{к.з}$, кВт	$I_{хх}$, %	$U_{к}$, %	A , %	B , %	$\Delta P_{н.ном}^*$, %
ТМ-1600/10	1600	3,3	18	2,6	5,5	0,38	1,51	1,89
ТМ-1600/35	1600	3,65	16,5	1,4	6,5	0,32	1,48	1,81
ТМ-2500/10	2500	4,6	23,5	1	5,5	0,25	1,32	1,57
ТМ-2500/35	2500	5,1	23,5	1,1	6,5	0,28	1,39	1,67
ТМ-4000/10	4000	6,4	33,5	0,9	6,5	0,22	1,29	1,51
ТМ-4000/35	4000	6,7	34,777	1,3	7,5	0,25	1,35	1,65
Средние значения						1,07	3,91	4,98

Потери активной энергии в трансформаторе можно оценить по доле потерь от величины номинальной мощности трансформатора, которая зависит от среднего значения коэффициента загрузки трансформатора (

$K_z = I_{сп} / I_n = N_{сп} / N_{ном}$) и продолжительности нахождения трансформатора под нагрузкой за отчетный период.

При обследовании следует определять степень загрузки трансформаторных подстанций, выключать незагруженные трансформаторы, увеличивая степень загрузки остальных трансформаторов. При этом необходимо принять меры по защите изоляции трансформаторов от влаги. Попытка сделать линию

разграничения с энергосбытом по низкой стороне, с уходом от управления загрузкой трансформаторов путем отключения, не снимает проблемы.

УСТРОЙСТВА КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

При работе электродвигателей и трансформаторов генерируется реактивная нагрузка, в сетях и трансформаторах циркулируют токи реактивной мощности, которые приводят к дополнительным активным потерям. Для компенсации реактивной мощности, оцениваемой по величине $\cos j$, применяются батареи косинусных трансформаторов и синхронные электродвигатели, работающие в режиме перевозбуждения. Для большей эффективности компенсаторы располагают как можно ближе к источникам реактивной мощности, чтобы эти токи не циркулировали в распределительных сетях и не вносили дополнительные потери энергии.

Необходимо оценить эффективность работы компенсационных устройств, проанализировать влияние изменения $\cos j$ на потери в сетях в течение суток ([табл. 2](#)), подобрать режимы эксплуатации косинусных батарей ([рис. 1](#), [табл. 3](#)) и при наличии синхронных двигателей, работающих в режиме компенсации реактивной мощности, использовать автоматическое управление током возбуждения.

Реактивная мощность при синусоидальном напряжении однофазной сети равна

$Q = UI \sin \varphi = P \operatorname{tg} \varphi$, в трехфазной сети - как алгебраическая сумма фазных реактивных мощностей. Уровень компенсируемой мощности Q_k определяется как разность реактивных мощностей нагрузки предприятия Q_n и представляемой предприятию энергосистемой Q_3 :

$$Q_k = Q_n - Q_3 = P(\operatorname{tg} \varphi_n - \operatorname{tg} \varphi_3)$$

Основными источниками реактивной мощности на коммунальных предприятиях являются:

Асинхронные двигатели (45 - 65 %).

Трансформаторы всех ступеней трансформации (20 - 25 %).

Т а б л и ц а 2

Влияние увеличения $\cos j$ на снижение реактивных потерь

Прежний $\cos j$	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8
Новый $\cos j$	0,8	0,9	0,8	0,9	0,8	0,9	0,9
Снижение тока, %	37,5	44,5	25	33	12,5	22	11
Снижение потерь по сопротивлению, %	61	69	43,5	55,5	23	39,5	21

Т а б л и ц а 3

Рекомендуемая емкость статических конденсаторов для корректировки единичных асинхронных двигателей

Мощность двигателя (кВт), $\sim 380 \text{ В} \times 3$	Статический конденсатор (кВАр в % мощности двигателя)
1 - 3	50
4 - 10	45
11 - 29	40
30	35

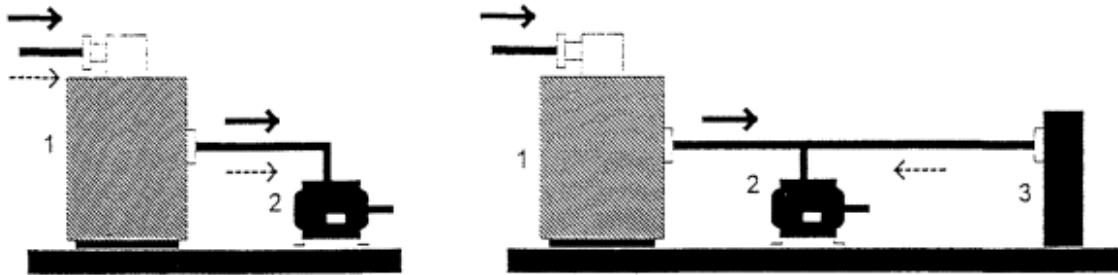


Рис. 1. Правильная компенсация реактивной мощности электродвигателя.

Трансформатор (1), электродвигатель (2) и конденсатор (3). В примере без использования конденсатора нагрузка на трансформатор и электрическую сеть увеличивается из-за реактивной мощности (пунктирная стрелка). Этого можно избежать, как в примере справа, когда только активная мощность (жирная стрелка) влияет на нагрузку.

Перечень мероприятий, позволяющих повысить $\cos \varphi$:

- Увеличение загрузки асинхронных двигателей.
- При снижении до 40 % мощности, потребляемой асинхронным двигателем, переключать обмотки с треугольника на звезду. Мощность двигателя при этом снижается в 3 раза.
- Применение ограничителей времени работы асинхронных двигателей и сварочных трансформаторов в режиме холостого хода (*XX*).
- Замена асинхронных двигателей синхронными.
- Применение технических средств регулирования режимов работы электродвигателей.
- Нагрузка трансформаторов должна быть более 30 % номинальной мощности.

Технические средства компенсации реактивной мощности:

- Синхронные электродвигатели в режиме перевозбуждения.
- Комплектные конденсаторные батареи.
- Статические компенсаторы (управляемые тиристорами реакторы или конденсаторы).

Общие требования - компенсаторы должны быть приближены к генераторам реактивной мощности.

ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯХ. ПРОВЕРКА СООТВЕТСТВИЯ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ И МОЩНОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЯ

Электродвигатели являются наиболее распространенными электропотребителями коммунальных предприятий. На них приходится около 80 % потребления электроэнергии. Большую долю установленной мощности составляют асинхронные электродвигатели. При проведении энергоаудита необходимо проверять соответствие мощности привода (электродвигателя) потребляемой мощности нагрузки, т. к. завышение мощности электродвигателя приводит к снижению КПД и $\cos \phi$. С уменьшением степени загрузки двигателя возрастает доля потребляемой реактивной мощности на создание магнитного поля системы по сравнению с активной мощностью и снижается величина $\cos \phi$. Капитальные затраты на замену одного двигателя другим двигателем с соответствующей номинальной мощностью целесообразны при его загрузке менее 45 %, при загрузке 45 - 75 % для замены требуется проводить экономическую оценку мероприятия, при загрузке более 70 % замена нецелесообразна. Эффективность зависит от типа, скорости, времени нагрузки двигателя, а также от его мощности:

Для двигателей мощностью 5 кВт при 100 % нагрузке КПД = 80 %, для двигателей 150 кВт КПД = 90 %. Для двигателей мощностью 5 кВт при 50 % нагрузке КПД = 55 %, для двигателей мощностью 150 кВт КПД равен 65 %.

При снижении нагрузки двигателя до 50 % и менее его эффективность начинает быстро падать по причине того, что потери в железе начинают преобладать.

Суммарные потери в электродвигателе имеют четыре основных составляющих (см. [рис. 2](#)):

- Потери в стали (потери намагничивания), связанные с напряжением питания, постоянны для каждого двигателя и не зависят от нагрузки.
- Активные потери в меди I^2R , пропорциональные квадрату тока нагрузки.
- Потери на трение, постоянные для данной частоты вращения и не зависящие от нагрузки.
- Добавочные потери от рассеивания - зависят от нагрузки.

Снижение с помощью регулятора напряжения питания электродвигателя позволяет уменьшить магнитное поле в стали, которое избыточно для рассматриваемого режима нагрузки, снизить потери в стали и уменьшить их долю в общей потребляемой мощности, т. е. повысить КПД двигателя. Сам регулятор напряжения (обычно в тиристорном исполнении) потребляет мало энергии. Его собственное потребление становится заметным, когда двигатель работает на полной нагрузке. Часто в режиме холостого хода потребляется почти столько же энергии, сколько необходимо для работы при низкой нагрузке. Переключение обмоток двигателя мощностью 7,5 кВт, работающего в номинальном режиме (линейное напряжение равно 380 В) по схеме «треугольник», на схему звезды при работе на пониженной нагрузке 1 кВт (режим холостого хода) позволяет уменьшить потери с 0,5 кВт до 0,25 кВт ([рис. 3](#)).

Автоматическое переключение обмоток со схемы «треугольник D» на схему соединения «звезда >-» в зависимости от нагрузки является простейшей схемой регулирования двигателя, длительное время работающего на малой нагрузке. Необходимо избегать работы двигателя в режиме холостого хода.

В установках с регулируемым числом оборотов (насосы, вентиляторы и др.) широко применяются регулируемые электроприводы. Оценочные значения экономии электроэнергии при применении регулируемого электропривода в вентиляционных системах, работающих в переменных режимах - 50 %, в компрессорных системах - 40 - 50 %, в воздуходувках и вентиляторах - 30 %, в насосных системах - 25 %.

Тиристорные регуляторы напряжения дешевле, диапазон регулирования скорости вращения меньше (снижение на 10 - 15 % ниже номинальных); частотные регуляторы (наиболее часто в транзисторном исполнении) дороже, диапазон регулирования шире. Стоимость частотного регулятора оборотов электродвигателя примерно равна стоимости электродвигателя.

Для электроприводов, работающих большую часть рабочего времени на нагрузку, достигающую 30 % и менее от номинальной мощности и в которой регулирование можно осуществлять изменением оборотов электропривода (насосы, вентиляторы, мешалки и др.), эффективно применение частотных регуляторов оборотов электродвигателя. Для 15-киловатного двигателя в 1996 г. стоимость электронной частотной системы управления составляла около 200 \$ USA/кВт. В настоящее время она снизилась до 85 - 100 \$ USA/кВт. Удельная стоимость снижается при увеличении единичной мощности привода (см. [рис. 4](#)).

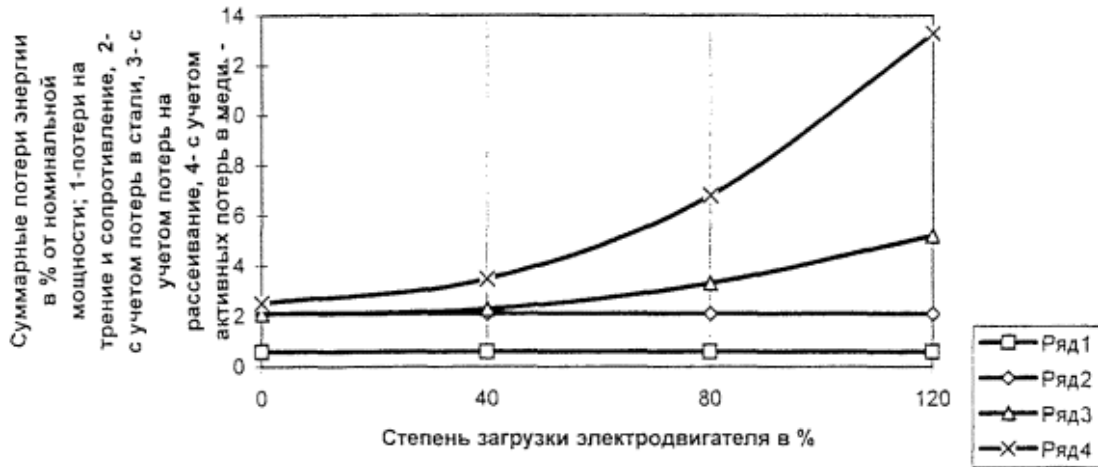


Рис. 2. Сложение составляющих потерь мощности в электродвигателях.



Рис. 3. Влияние на потери переключения из «треугольника» в «звезду» стандартного двигателя мощностью 7,5 кВт.

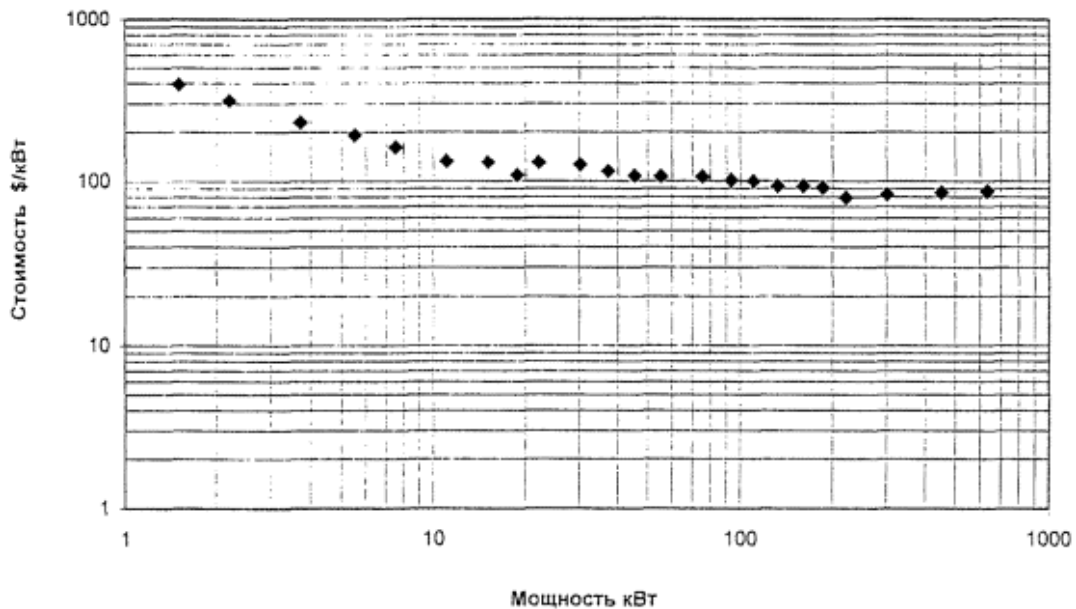


Рис. 4. Стоимость (с НДС) 1 кВт мощности частотного преобразователя E1-7001 ПКФ «ВЕСПЕР» г. Москва осень 1999 г.

Перечень общих мероприятий по энергосбережению в установках, использующих электродвигатели:

- Мощность двигателя должна соответствовать нагрузке.
- При часто повторяющейся работе в режиме холостого хода двигатель должен легко выключаться.
- Необходимо эффективно защищать крыльчатку системы обдува двигателя для устранения его возможного перегрева и увеличения доли потерь.
- Проверять качество эксплуатации трансмиссии.
- На эффективность работы системы влияет смазка подшипников и узлов трения; применять правильно тип трансмиссии;
- Рассмотреть возможность применения электронных регуляторов скорости вращения в двигателях, которые часть времени работают на неполной нагрузке.
- Оценить возможность применения энергоэффективных (ЭЭ) двигателей, т. к. суммарная экономия электроэнергии может превысить в 15 раз стоимость электродвигателя.

- Качественно проводить ремонт двигателя, отказаться от применения неисправных или плохо отремонтированных двигателей.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ С ЧАСТОТНЫМИ РЕГУЛЯТОРАМИ (ЧРП) ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЯЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ.

Частотно-регулируемый электропривод эффективен и быстро окупается в насосных системах, большую часть времени работающих при пониженных подачах, в которых регулирование осуществлялось с помощью регулирующих задвижек.

При снижении с помощью задвижки подачи насосов ниже 40 - 50 % от номинального значения резко начинают возрастать удельные затраты на перекачку жидкости. При этом гидравлическая мощность насоса частично теряется на задвижке (

$N \equiv Q \times \Delta H_{\text{ном}}$), а сам насос начинает работать в зоне рабочей характеристики с низким КПД. Необходимый напор при снижении расхода можно обеспечить снижением оборотов двигателя привода насоса, используя при выборе рабочих оборотов привода теорию подобия турбомашин. Как известно, рабочие характеристики насосов пересчитываются с учетом того, что напор насоса пропорционален квадрату оборотов рабочего колеса, подача - оборотам, мощность - кубу оборотов. В сходственных точках КПД насоса одинаков. При этом устраняются потери энергии в регулирующем клапане (задвижке), и насос работает в зоне с более высоким КПД.

Обороты двигателя регулируются частотой питания сети, преобразуемой со стандартной частоты 50 Гц с помощью частотного преобразователя.

Частотно регулируемый электропривод (ЧРП) - это электродвигатель (асинхронный или синхронный), оснащенный регулируемым преобразователем частоты.

По результатам внедрения ЧРП на 16 центральных тепловых пунктах (ЦТП) и одной районной тепловой станции (РТС) г. Москвы получены следующие результаты:

- нормализовано давление в системе водоснабжения, которое по результатам анализа на 15 - 35 % превышало оптимальное, требуемое по условиям водоснабжения;
- повысилась надежность работы оборудования и сокращены затраты на ремонт и обслуживание за счет исключения динамических воздействий и гидравлических ударов;
- электропотребление насосными установками водоснабжения по всем ЦТП и РТС снизилось в среднем более чем на 45 %;
- на 14 % снизилось водопотребление водопользователями;
- суммарная ежегодная экономия прямых затрат в ценах января 1998 года составила 1,3 млрд. руб. (или более 220 тыс. долларов США);
- расчетный срок окупаемости затрат - около 8,5 месяцев (по различным ЦТП и РТС от 3,2 до 18,6 месяцев).

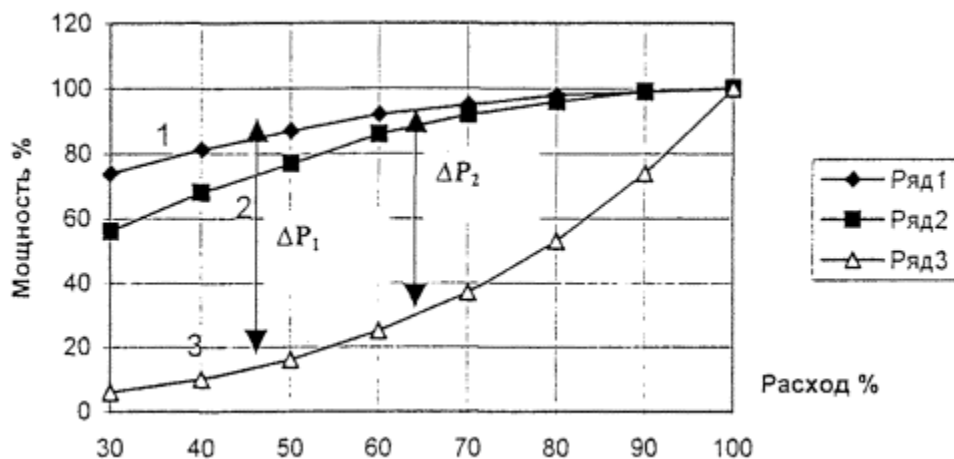


Рис. 5. Сравнение мощности привода насоса при регулировании дросселированием (1), направляющим аппаратом (2), частотным регулятором (3).

При использовании ЧРП вместо дроссельного регулятора для изменения режимов работы вентиляторов (вентиляторы, дымососы), при подаче равной 0,5 от номинального значения, потребляемая мощность с ЧРП равна 13 % номинальной мощности насоса, при дросселировании - 75 %, т.е. экономия составит ~ 60 % номинальной мощности.

При анализе эффективности применения частотных регуляторов электроприводов насосов используется способ регулирования турбомашин изменением скорости вращения рабочих колес. Как известно из теории подобия турбомашин, сходственные точки рабочих характеристик, рабочие характеристики при изменении оборотов рабочего колеса связаны следующими соотношениями: напор пропорционален квадрату оборотов рабочего колеса, расход - пропорционален оборотам, мощность - пропорциональна кубу оборотов, КПД для сходственных точек имеют одинаковые значения. Аналогичные соотношения имеют место, если менять не обороты, а наружный диаметр рабочих колес. Но такой подход можно использовать в диапазоне изменений диаметров до 10 - 15 % от номинального значения, так как в расчетах начинает сказываться влияние величины входного диаметра рабочего колеса насоса.

Необходимо отметить, что насосы и вентиляторы являются основным электропотребляющим оборудованием объектов коммунального хозяйства. От их правильного подбора, технически грамотной эксплуатации и применения экономичных способов регулирования зависит экономичность работы всей системы. Наибольшие потери возникают при ненормальных режимах эксплуатации этого оборудования!

Частотно регулируемый электропривод быстро окупает себя, если правильно подобранные и частично загруженные на номинальную производительность насосы большую часть времени работают при пониженных подачах.

Оценка экономического эффекта при использовании ЧРП, работающих на насосную нагрузку

Методика оценки эффективности применения ЧРЭП приведена в «Инструкции по расчету экономической эффективности применения частотно регулируемого электропривода», разработанной АО ВНИИЭ и МЭИ и утвержденной Заместителем Министра топлива и энергетики РФ В.В. Бушуевым, Москва, 1997 год.

Экономический эффект применения ЧРП в насосных станциях ЦТП коммунальной сферы может быть рассчитан по приведенной ниже методике:

1. Регистрируются номинальные данные насоса ($Q_{ном}$, $H_{ном}$, м. вод. ст., $h_{нас.ном.}$) и двигателя (мощность $P_{дв.ном.}$, ток $I_{ном}$ А, частота вращения $n_{ном}$, КПД $h_{дв.ном.}$, коэффициент мощности $\cos \varphi$).

2. В часы максимального потребления (для коммунальной сферы это будет 8 - 10 ч. или 18 - 20 ч, для административных зданий 13 - 15 ч.) измеряют напор H м. вод. ст. на входе $H_{вх}$ и выходе $H_{вых}$ насоса по манометрам, установленным в системе, 1 - 3 измерения в течение часа усредняются.

3. В тех же режимах с помощью токоизмерительных клещей измеряют ток двигателя $I(A)$. Результаты усредняются. Проверяется соотношение

$$I \leq I_{ном.}$$

4. Измеряется средний расход за сутки $Q_{ср}$ м³/час, по разности показаний расходомера в начале Q_1 и в конце Q_2 контрольных суток.

$$Q_{ср} = (Q_2 - Q_1) / 24$$

5. Рассчитывается минимально необходимый общий напор при наибольшей подаче по формуле (статический + динамический напоры).

$$H_{необх} = CN + D, \text{ м. вод. ст.}$$

где: N - число этажей (включая подвал - для индивидуальных тепловых пунктов), для группы домов - число этажей самого высокого дома. CN - дополнительный статический напор, создаваемый сетевым насосом.

$C = 3$ - для стандартных домов, $C = 3,5$ - для домов повышенной комфортности.

$D = 10$ - для одиночных домов и 15 - для группы домов, обслуживаемых ЦТП.

6. Оценивается требуемый дополнительный напор, создаваемый регулируемым насосом.

$$H_{треб} = H_{необх} - H_{вх}$$

7. Определяется требуемая мощность преобразователя частоты:

$$P_{\text{нч}} = (1,1-1,2) H_{\text{треб}} Q_{\text{ср}} / (367 \eta_{\text{нс}} \eta_{\text{дв.ном}})$$

Величину КПД насосного агрегата $h_{\text{нс}}$ определяют как $h_{\text{нс}} = K h_{\text{дв.ном}}$,

где K - определяют по графику [рис. 6](#) для расхода $Q_{\text{ср}}$, измеренного в [п. 4](#) и отнесенного к $Q_{\text{ном}}$ из [п. 1](#).

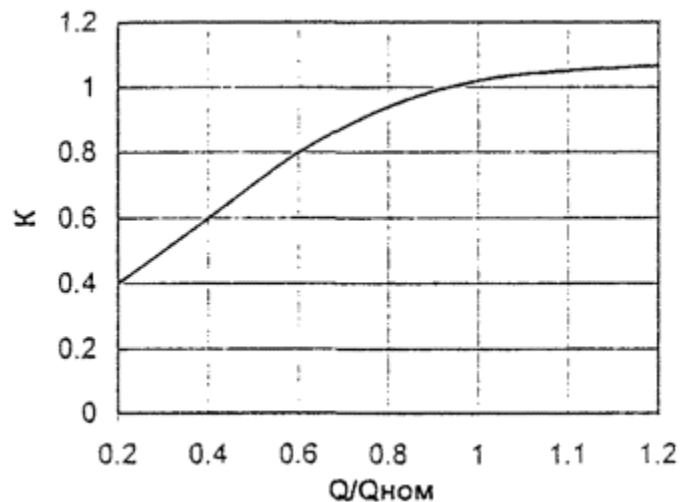


Рис. 6.

8. Определяется стоимость годовой экономии электроэнергии, руб./год по формуле:

$$C_{\Delta_{\text{год}}} = \Delta \mathcal{E}_{\text{год}} C_{\text{эл.эн.}} = (H_{\text{выл}} - H_{\text{необх.}}) Q t C_{\text{эл.эн.}} / (367 \eta_{\text{нас}} \eta_{\text{дв.ном}})$$

где: $\Delta \mathcal{E}_{\text{год}}$ - электроэнергия, сэкономленная за год, кВт ч;

$t_{\text{год}}$ - число часов работы оборудования в течении года;

$C_{\text{эл.эн}}$ - цена 1 кВт ч электроэнергии, руб. или USD.

9. Определяют стоимость годовой экономии воды вследствие уменьшения разбора:

$$C_{\Delta B_{вод}} = \Delta B_{год} C_{воды} = 0,07 (H_{вых} - H_{необх.}) Q_{ср} t_{год} C_{воды} / 10$$

где: $\Delta B_{год}$ - количество воды, сэкономленной за год, м³;

$C_{воды}$ - цена 1 м³ воды, с учетом очистки, руб. или USD;

$H_{вых}, H_{необх.}$ - напор, обеспечиваемый хозяйственными насосами ЦТП.

10. Определяется годовая экономия тепла за счет сокращения потребления горячей воды (дополнительно для системы горячего водоснабжения), Гкал/год.

$$\Delta \theta = C \Delta t \Delta B_{гор.вод} 10^{-3}$$

где: $C = 1$ - коэффициент теплоемкости воды, ккал/кг °С;

Δt - расчетный перегрев горячей воды на ЦТП, °С;

$\Delta B_{гор.вод}$ - экономия горячей воды за год, т.

Для типовых ЦТП расчетный расход горячей воды принимается 0,4 от общего расхода воды, подаваемой хозяйственными насосами. Цена годовой экономии тепла равна:

$$C_{\Delta \theta} = \Delta \theta C_{Гкал} \text{руб. / год.}$$

где: $C_{Гкал}$ - цена 1 Гкал тепла, руб. или USD.

11. Оценивается ориентировочный срок окупаемости дополнительного оборудования $T_{ок}$ год.

$$T_{ок} = C_{нч} / (C_{\Delta P_{зад}} + C_{\Delta E_{зад}} + C_{\Delta B})$$

где: $C_{нч}$ - стоимость дополнительного оборудования ЧРП, включая установку.

Также разработаны методики расчета эффективности использования ЧРП с другими нагрузками.

ЭКОНОМИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Примерно 3 - 5 % общего электропотребления ЖКХ расходуется на обеспечение функционирования систем освещения.

В ходе энергоаудита необходимо проверить степень использования естественного освещения и оснащенности эффективными источниками искусственного освещения, применение новых технологий его регулирования.

Новые энергоэффективные источники света ([табл. 4 - 6](#)) позволяют значительно снизить затраты электроэнергии на освещение.

При замене ламп накаливания на люминесцентные источники света в 6 раз снижается электропотребление.

Т а б л и ц а 4

Основные характеристики источников света

Тип источников света	Средний срок службы, ч	Индекс цветопередачи, Ra	Световая отдача лм/Вт	Световая энергия, вырабатываемая за срок службы (на 1 усл. Вт)	
				Млм* час	Относ. ед.
Лампы накаливания общего назначения (ЛН)	1000	100	8-117	0,013	1

Тип источников света	Средний срок службы, ч	Индекс цветопередачи, Ra	Световая отдача лм/Вт	Световая энергия, вырабатываемая за срок службы (на 1 усл. Вт)	
				Млм* час	Относ. ед.
Люминесцентные лампы (ЛЛ)	10000-12000	92-57	48-80	0,900	69
Компактные люминесцентные лампы (КЛЛ)	5500-8000	85	65-80	4,60	35
Дуговые ртутные лампы (ДРЛ)	12000-20000	40	50-54	0,632	48
Натриевые лампы высокого давления (НЛВД)	10000-12000	25	85-100	0,960	94
Металлогалогенные лампы (МГЛ)	3000-10000	65	66-90	0,780	60

Т а б л и ц а 5

Возможная экономия электрической энергии (ЭЭ) при переходе на более эффективные источники света (ИС)

При замене ИС	Средняя экономия ЭЭ, %
ЛН на КЛЛ	40 - 60
ЛН* на ЛЛ	40 - 54
ЛН* на ДРЛ	41 - 47
ЛН* на МГЛ	54 - 65

При замене ИС	Средняя экономия ЭЭ, %
ЛН* на НЛВД	57 - 71
ЛЛ на МГЛ	20 - 23
ДРЛ на МГЛ	30 - 40
ДРЛ НЛВД	38 - 50

* При снижении нормированной освещенности для ЛН на одну ступень в соответствии с действующими нормами освещения.

Т а б л и ц а 6

Сравнительные характеристики компактных люминесцентных ламп с лампами накаливания

ЛН		КЛЛ		Отношение световой отдачи КЛЛ к световой отдаче ЛН, отн. ед.
Мощность, Вт	Световой поток, лм	Мощность, Вт	Световой поток, лм	
25	200	5	200	4,3
40	420	7	400	5,3
60	710	11	600	4,5
75	940	15	900	4,7
100	1360	20	1200	4,3

2×60	1460	23	1500	5,4
------	------	----	------	-----

Применение в комплекте люминесцентных источников света взамен стандартной пускорегулирующей аппаратуры (ПРА) электромагнитных ПРА с пониженными потерями повышает светоотдачу комплекта на 6 - 26 %, а электронной ПРА - на 14 - 55 %.

Применение комбинированного (общего + локального) освещения вместо общего освещения ([табл. 7](#)) позволяет снизить интенсивность общего освещения и, в конечном счете, получить экономию электрической энергии.

Т а б л и ц а 7

Экономия электрической энергии при применении комбинированной системы освещения

Доля вспомогательной площади от полной площади помещения, %	Экономия электрической энергии, %
25	20 - 25
50	35 - 40
75	55 - 65

Оценка возможностей экономии электрической энергии при различных способах регулирования искусственного освещения приведена в [табл. 8](#).

Т а б л и ц а 8

Оценка возможностей экономии электрической энергии при различных способах регулирования искусственного освещения

Число рабочих смен	Вид естественного освещения в помещении	Способ регулирования искусственного освещения	Экономия электрической энергии, %
1	Верхнее	непрерывное	36 - 27
		ступенчатое	32 - 13
	Боковое	непрерывное	22 - 7
		ступенчатое	12 - 2
1	Верхнее	непрерывное	36 - 27
		ступенчатое	32 - 13
	Боковое	непрерывное	22 - 7
		ступенчатое	12 - 2

Для систем освещения, устанавливаемых на высоте более 5 м от уровня освещаемой поверхности, рекомендуется применение металлогалогенных ламп вместо люминесцентных.

Рекомендуется шире применять местные источники освещения.

Применение современных систем управления.

Автоматическое поддержание заданного уровня освещенности с помощью частотных регуляторов питания люминесцентных ламп, частота которых пропорциональна требуемой мощности освещения, позволяет достичь экономии электроэнергии до 25 - 30 %.

Использование современной осветительной арматуры (применение пленочных отражателей на люминесцентных светильниках позволяет на 40 % сократить число ламп и следовательно, мощность светильников).

Применение аппаратуры для зонального отключения освещения.

Использование эффективных электротехнических компонентов светильников (балластных дросселей с низким уровнем потерь и др.).

Применение автоматических выключателей для систем дежурного освещения в зонах непостоянного, временного пребывания персонала. Управление включением освещения может осуществляться от инфракрасных и другого типа датчиков, применяемых в системах охранной сигнализации.

Комплексная модернизация системы освещения позволяет экономить до 20 - 30 % электроэнергии при среднем сроке окупаемости 1,5 - 2 года.

Потенциал экономии электрической энергии в осветительных установках при проведении комплексных мероприятий:

- чистка светильников;
- очистка стекол световых проемов;
- окраска помещений в светлые тона;
- своевременная замена перегоревших ламп со снижением расчетного коэффициента запаса мощности системы при осмотре через интервал времени:

для ЛН - 0,1 *t*

для ДРЛ - 0,035 *t*

для МГЛ и НЛВД - 0.02 *t* (*t* - средний срок службы ламп)

и замене вышедших из строя позволяет реализовать потенциал экономии, численные значения которого приведены в [табл. 9](#).

Т а б л и ц а 9

Потенциал экономии электрической энергии при применении перечисленных средств

Мероприятия	Экономия ЭЭ, %
1. Переход на светильники с эффективными разрядными лампами (в среднем)	20 - 80

Мероприятия	Экономия ЭЭ, %
- использование энергоэкономичных ЛЛ	10 - 15
- использование КЛЛ (при прямой замене ЛН)	75 - 80
- переход от ламп ДРЛ на лампы ДНаТ	50
- улучшение стабильности характеристик ламп (снижение коэффициента запаса (ОУ))	20 - 30
2. Снижение энергопотерь в пускорегулировочной аппаратуре (ПРА):	
- применение электромагнитных ПРА с пониженными потерями для ЛЛ	30 - 40
- применение электронных ПРА	70
3. Применение светильников с эффективными КСС и высоким КПД	
4. Применение световых приборов нужного конструктивного исполнения с повышенным эксплуатационным КПД - снижение коэффициента запаса (на 0,2 - 0,35)	
	25 - 45

ЭЛЕКТРОБАЛАНС И ОЦЕНКА РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ

Электробаланс коммунального предприятия состоит из прихода и расхода электрической энергии (активной и реактивной). В приход включается электроэнергия, полученная от энергосистемы и выработанная электроустановками

предприятия. Учет ведется по показаниям электросчетчиков. Расходная часть электробаланса активной электроэнергии делится на следующие статьи расхода:

- Прямые затраты электроэнергии на основные технологические процессы объектов ЖКХ и на нужды потребителей.
- Косвенные затраты на основные технологические процессы вследствие их несовершенства или нарушения технологических норм.
- Затраты энергии на вспомогательные нужды (вентиляция, освещение и др.).
- Потери в элементах системы электроснабжения (трансформаторах, линиях, компенсирующих устройствах, двигателях и др.).
- Отпуск сторонним потребителям (столовые, клубы, поселки, магазины, транспорт).

В зависимости от специфики обследуемой организации набор статей может быть различным, может отсутствовать часть статей.

Полученный в результате анализа удельный расход электрической энергии относится на единицу выпускаемой продукции (Гкал отпущенного тепла, м³ воды) и сопоставляется с показателями передовых предприятий.

Задачей составления электробаланса является:

- Выявление и нахождение расходов энергии по статьям 2, 3, 4, 5 с целью четкого выделения ее расхода на основную продукцию коммунального предприятия (на выработку и распределение 1 Гкал, на 1 м³ очищенной воды и т. п.).
- Выявление микрорайонов с дефицитом электрической мощности, перегруженными сетями и др.
- Определение удельных норм расхода электроэнергии на единицу продукции предприятия (кВт час/Гкал, кВт час/м³) и сравнение с аналогичными затратами других предприятий.
- Выявление возможности сокращения нерациональных расходов энергии путем проведения различных мероприятий по усовершенствованию технологических процессов и снижения нерациональных вспомогательных затрат.

Необходимо также провести экономический анализ режимов суточного электропотребления и режимов работы оборудования с целью определения экономического эффекта от перехода на двухтарифный режим оплаты за

пользование электрической энергией. При этом может оказаться целесообразным изменение графика работы отдельного технологического оборудования (сместить на ночной период время включения скважинных насосов, подающих воду в емкости второго подъема, и др.).

ЭНЕРГОРЕСУРСОАУДИТ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

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

При проведении энергоаудита систем теплоснабжения города, района выясняются:

- структура построения системы, организационная структура, тип системы (открытая, закрытая);
- источники тепла (марки и количество котлов, их состояние, балансовая принадлежность источников, температурный график и график расхода теплоносителя, режимы эксплуатации, способ регулирования системы отопления в зависимости от температуры окружающей среды, способ и характеристики водоподготовки);
- общая тепловая нагрузка на отопление, горячее водоснабжение и вентиляцию, климатические характеристики и расчетная температура);
- тепловые сети (схемы теплотрасс, обеспеченность требуемых напоров у потребителя, состояние трубопроводов и их теплоизоляционных и антикоррозионных покрытий, наличие гидроизоляции, потери теплоносителя, аварийность на 1 км тепловых сетей, сравнение нормативных и фактических теплопотерь);
- схема теплоснабжения с указанием распределения потоков энергоресурсов, районов с дефицитом обеспеченности энергоресурсами;
- размещение, состояние и характеристики тепловых пунктов и насосных станций (типы водоподогревателей, наличие и характеристики отложений в них, оснащенность тепловых пунктов средствами борьбы с отложениями, оснащенность контрольно-измерительными приборами, средствами учета расхода энергоресурсов, наличие автоматических систем регулирования);

- распределение тепла по группам потребителей (население, бюджетная сфера, промышленность, сфера обслуживания);
- состояние диспетчеризации и автоматизации систем сбора информации;
- общие характеристики теплопотребления жилищного фонда и общественных зданий, расчетные и фактические нагрузки, обеспеченность энергоресурсами;
- характеристики и состояние внутридомовых инженерных сетей, оснащенности их средствами автоматического регулирования и учета потребления энергоресурсов, тип и состояние отопительных приборов, наличие отложений, качество обслуживания потребителей, качество работы систем, состояние диспетчеризации, организационная структура управления, соотношение нормативного и фактического потребления энергоресурсов.

УТЕПЛЕНИЕ И УПЛОТНЕНИЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

Через ограждающие конструкции зданий в атмосферу теряется большая часть тепловой энергии. На отопление и вентиляцию зданий различного назначения расходуется около 40 % всех расходуемых топливных энергетических ресурсов (ТЭР). Потери тепла через наружные стены, в зависимости от высоты и конструкции строения, составляют в пределах 20 - 60% от общего расходуемого тепла. На долю световых проемов (окна, двери) зданий, отвечающих ранее действующим [СНиП II-3-79](#), приходится около 80 % всех теплопотерь здания.

Однослойные бетонные конструкции, которые изготавливались большинством предприятий стройиндустрии, не соответствуют современным энергетическим требованиям (требованиям энергосбережения).

Переход к применению трехслойных конструкций с эффективной теплоизоляцией позволит получить в расчете на 1 млн. м² вводимой в эксплуатацию общей площади годовую экономию в пределах 10 - 12 тыс. тонн условного топлива.

Потери тепла через оконные проемы в 4 - 6 раз выше, чем через стены. Применение двойного и тройного остекления позволит в 1,5 - 2,0 раза сократить указанные потери. Размещение между рамами окон дополнительного слоя пленки с покрытием, отражающим инфракрасное излучение из помещения и увеличивающей термическое сопротивление пространства между стеклами, почти в четыре раза снижает теплопотери через окна. Измерения тепловых потоков от

ограждения здания с помощью инфракрасной аппаратуры показывают, что при этом практически исчезает разница между излучением от стен и окон.

Проблему снижения теплопотерь через оконные проемы необходимо решать комплексно с проблемой вентиляции квартир.

Велика составляющая инфильтрационных потерь в общем тепловом балансе здания. Необходимо обеспечить хорошую герметичность стыков панелей, тамбуров подъездов, окон лестничных клеток. Особенно возрастает влияние инфильтрации в высоких зданиях, для которых велико давление «самотяги», пропорциональное величине

$$\left(1/T_{нар} - 1/T_{вн}\right) H_{зд} .$$

где:

$T_{нар}$ - абсолютная температура наружного воздуха °К ;

$T_{вн}$ - абсолютная температура внутреннего воздуха °К;

$H_{зд}$ - высота отапливаемой части здания.

Основные резервы энергосбережения лежат в сфере реконструкции. Ранее построенные здания потребляют 85 - 90 % тепловой энергии жилого сектора и их реконструкция может позволить достичь большой экономии энергоресурсов.

При сокращении тепловых потерь через ограждающие конструкции имеется возможность экономить около 42 % на отоплении и около 39 % на горячем водоснабжении по сравнению с ранее действовавшими нормами ([рис. 7 - 8](#)).

На [рис. 7](#) приведено соотношение долей потребления топлива для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения жилых и общественных зданий.

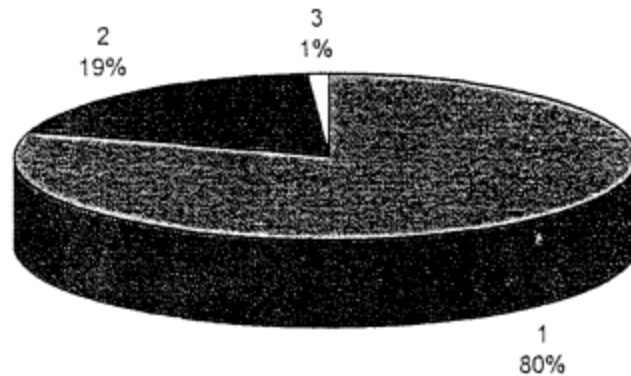


Рис. 7. Соотношение долей потребления топлива для отопления (1), горячего водоснабжения (2), и вентиляции (3) жилых и общественных зданий.

Ниже (рис. 8, 9) приведено (для наглядности в виде количества сжигаемого топлива) сравнение величин теплопотерь для двух одинаковых домов, один из которых построен в соответствии с ранее действовавшими нормами теплозащиты (СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника») (А), другой для построенного в соответствии с новыми требованиями, введенными с 1995 года (постановлением Минстроя России от 11.08.95 г. № 18-81) (Б).

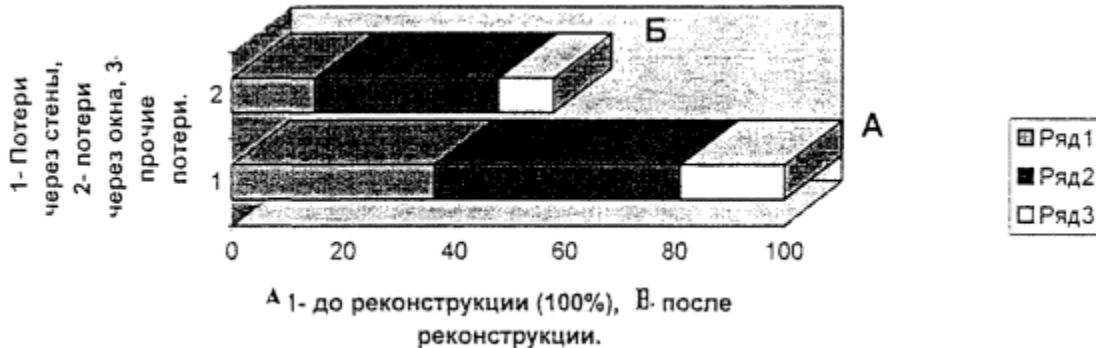


Рис. 8. Важность экономии затрат теплоты на отопление при сокращении теплопотерь через ограждения и модернизации систем зданий.

Разность между существующим положением и возможной перспективой оценивается как резерв энергосбережения (рис. 10).

Важно оценить вклад конкретных мероприятий при возможном использовании общего резерва энергосбережения (рис. 11 и 12).

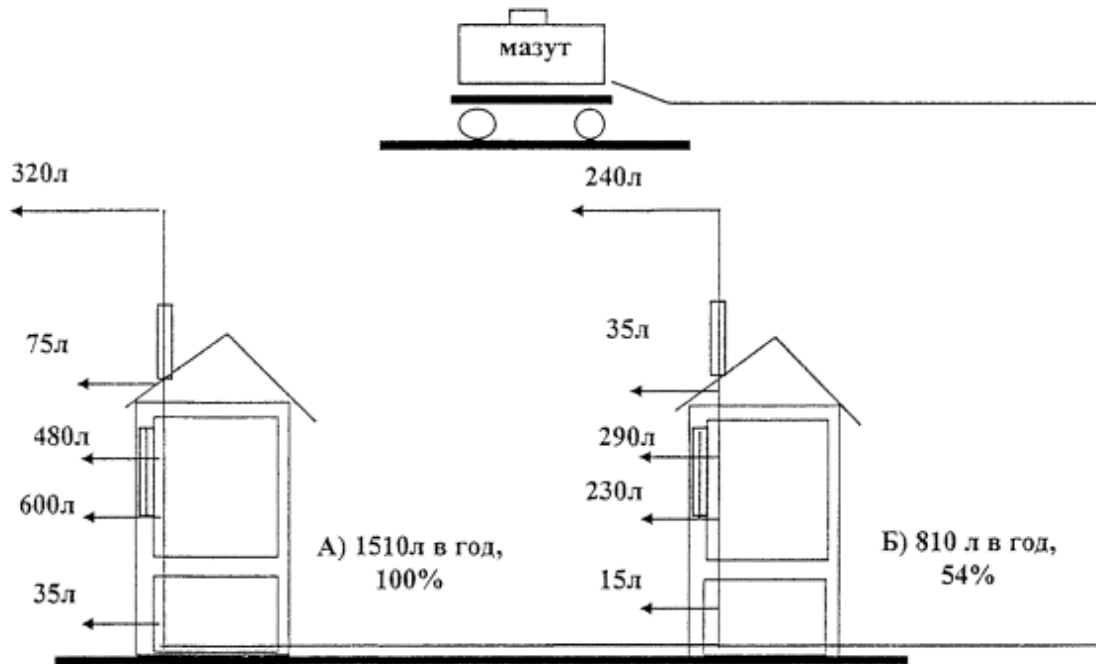


Рис. 9. Потребность в жидком топливе в литрах в год на отопление обычной 2-х комнатной квартиры в многоэтажном здании.

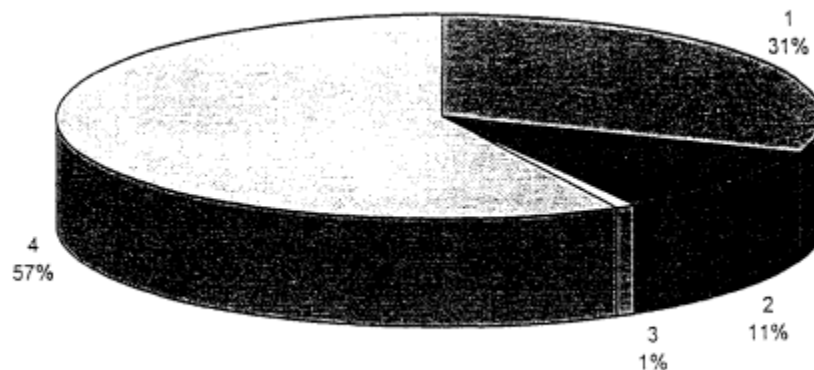


Рис. 10. Роль систем инженерного оборудования в общем резерве энергосбережения в жилых и общественных зданиях.

1 - потери при производстве и транспортировке энергии, 2 - в системах горячего водоснабжения, 3 - в вентиляции, 4 - в системах отопления.

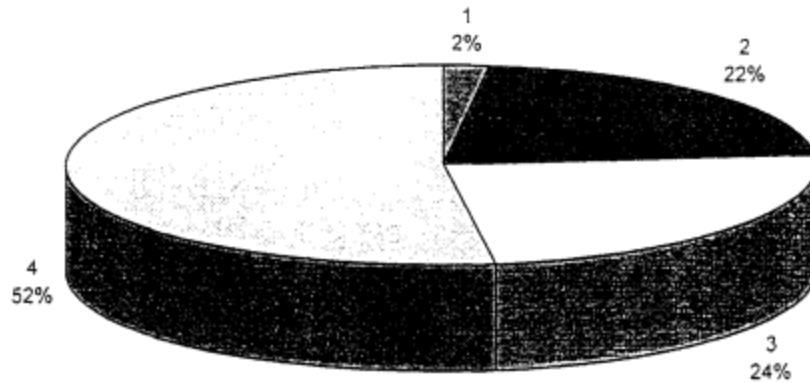


Рис. 11. Роль различных мероприятий по энергосбережению в общем резерве энергосбережения в жилых и общественных зданиях.

1 - нетрадиционные источники, 2 - модернизация, 3 - учет расхода теплоты, 4 - тепловая изоляция.

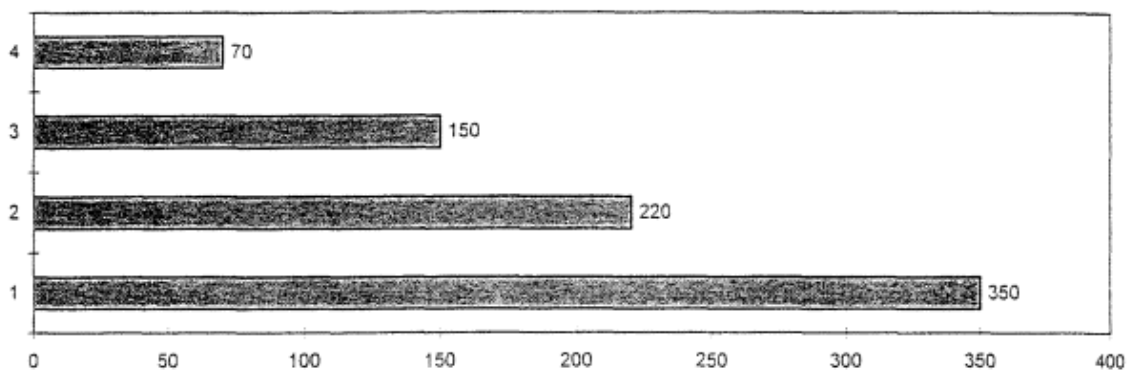


Рис. 12. Удельное годовое потребление энергии в домах (кВт·ч/м²):

1 - Восточная и Центральная Европа, 2 - страны OECD (Организации Международного Сотрудничества и Развития), 3 - Скандинавия, 4 - Высокоэффективный дом.

Соотношение температуры воздуха t_g и радиационной температуры (средневзвешенной температуры всех поверхностей помещения) t_r °С, обуславливающее комфортные условия для холодного периода года в помещениях жилых и общественных зданий, выражается уравнением

$$T_r = 29 - 0,57 t_g \pm 1,5$$

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Комбинированная выработка тепловой и электрической энергии в паровых котельных

В задачу энергоаудита входит кроме снижения общего потребления энергоносителей снижение финансовых затрат потребителя за используемые энергоресурсы.

Котельная потребляет для своей работы топливо, электрическую энергию и воду.

Использование термодинамического потенциала пара котельной для выработки электроэнергии для собственных нужд снижает общие финансовые затраты на обеспечение работы котельной. Себестоимость выработки электроэнергии на небольшой противодавленческой турбине получается в три - четыре раза ниже, чем закупаемая из энергосистемы. При этом на выработку электроэнергии тратится дополнительно не более 10 % используемого топлива.

Учитывая, что стоимость электрической энергии с учетом затрат на ее транспортировку и распределение в 8 - 10 раз дороже тепловой, все большее применение находят системы децентрализованного комбинированного производства тепловой и электрической энергии - (мини ТЭЦ), где тепловая энергия частично преобразуется в более эффективную электрическую. Установка в паровой котельной турбины или винтовой паровой машины с противодавлением позволяет преобразовывать сбрасываемый теплоперепад в электроэнергию, которую можно использовать для собственных нужд, а избыток продавать другим потребителям.

Экономию термодинамического потенциала топлива нужно проводить на всех этапах генерирования и использования тепловой энергии для целей теплоснабжения объектов ЖКХ, в котельных, в системах транспортировки и распределения, у потребителя.

Например, в котельной с четырьмя паровыми котлами ДКВР-10 может быть установлена одна турбина мощностью 1,5 МВт, что позволяет полностью обеспечить собственные нужды котельной (0,5 МВт), а избыток продать другим потребителям. Наиболее распространенным у потребителей является давление 0,12, 0,4, 0,6 МПа. Удельная выработка электроэнергии на установках приведенного типа составляет от 50 до 120 кВт·час/Гкал, удельный расход пара на

турбину - от 30 до 50 кг/с/кВт. Расход пара и топлива при этом увеличивается, как правило, на 5 - 7 %. Стоимость дополнительного расхода топлива в 8 - 9 раз ниже стоимости выработанной электроэнергии (сравнение в кДж). Турбины с противодавлением мощностью 0,5 - 1,5 МВт на общей раме с генератором, комплектно со щитом КИП поставляет Калужский турбинный завод (имеется информация и о менее мощных турбинах), разработана и проходит испытания паровая винтовая машина мощностью 200 кВт.

Турбина ПТГ-1000 производства ГНПП «Пролетарский завод» (г. Санкт-Петербург) с генератором на общей раме имеет габариты $5,5 \times 2,5 \times 2$ м и может быть установлена либо в свободных ячейках котельной, либо в сборном металлическом модуле заводской поставки. Расход пара на турбину 38 т/ч, масса турбогенератора 7 т.

Экономическая целесообразность превращения котельной в мини-ТЭЦ должна определяться только на этапе окупаемости. Прибыль на втором этапе является текущим показателем, повышающим эффективность системы.

Типовой алгоритм энергоаудита отопительной котельной

Раз в три - пять лет в котельных проводятся пуско-наладочные работы и тепловые балансовые испытания, в которых проверяется КПД котлов, подбирается оптимальный, по результатам газового анализа, коэффициент избытка воздуха a на различных режимах нагрузки котлов. Составляются режимные карты работы котлов. При энергоаудите целесообразно провести газовый анализ уходящих дымовых газов для проверки q_2 , q_3 и a (коэффициент избытка воздуха в уходящих газах позволяет оценить подсосы воздуха и качество обмуровки котла, допустимое значение a при работе на газообразном топливе равно 1,05 - 1,20). Низкое содержание СО и a указывают на правильную настройку режимов работы горелочных устройств.

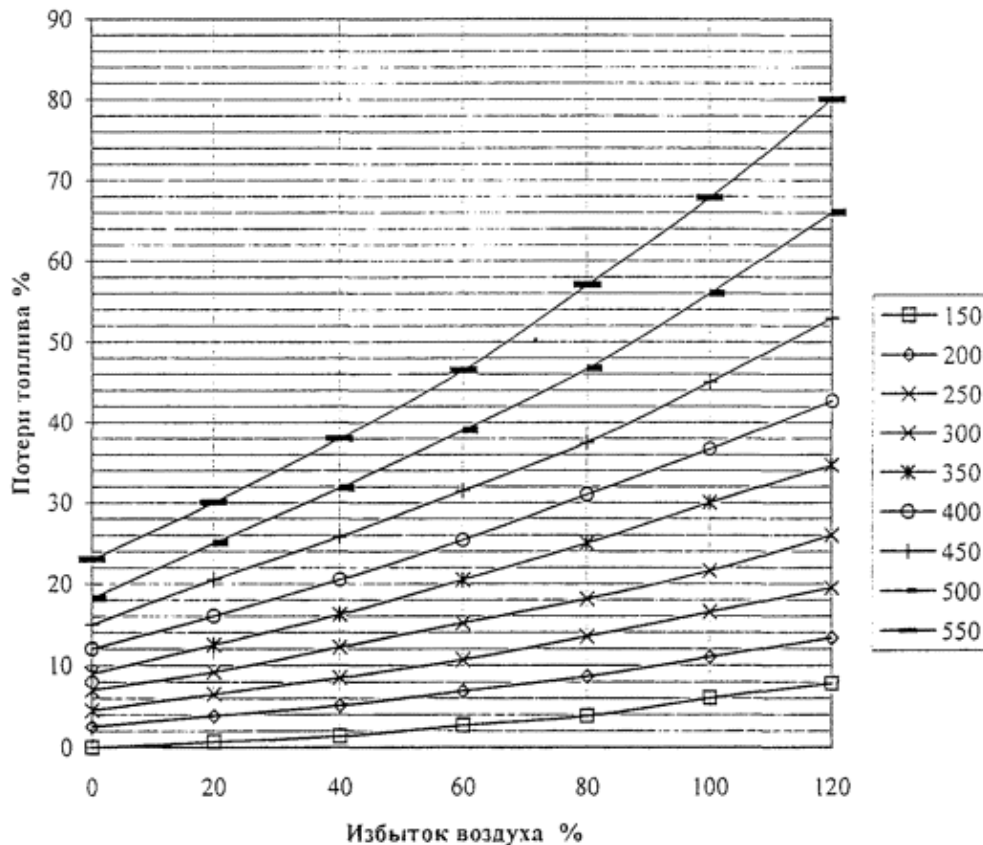


Рис. 13. Влияние избытка воздуха на потери газа при его сжигании (справа - температура уходящих газов °С). Базовое топливо - метан, базовый КПД - 84,4 %, $t_{ух.газов} = 150$ °С, избыточный воздух =

$$80 \times O_2 / (21 - O_2)$$

Высокие значения a в хвостовой части котла указывают на плохое качество обмуровки и большие подсосы наружного воздуха, приводящие к снижению КПД котлоагрегата и перерасходу электроэнергии на привод дымососов.

По температуре уходящих газов необходимо оценить возможность применения экономайзера и контактных теплообменников для увеличения КПД котельных агрегатов. При использовании газообразного топлива интерес представляет применение контактных теплообменников, позволяющих значительно снизить температуру уходящих газов, т.к. при хорошо организованном процессе горения нагреваемая при орошении топочных газов вода практически не загрязняется продуктами сгорания.

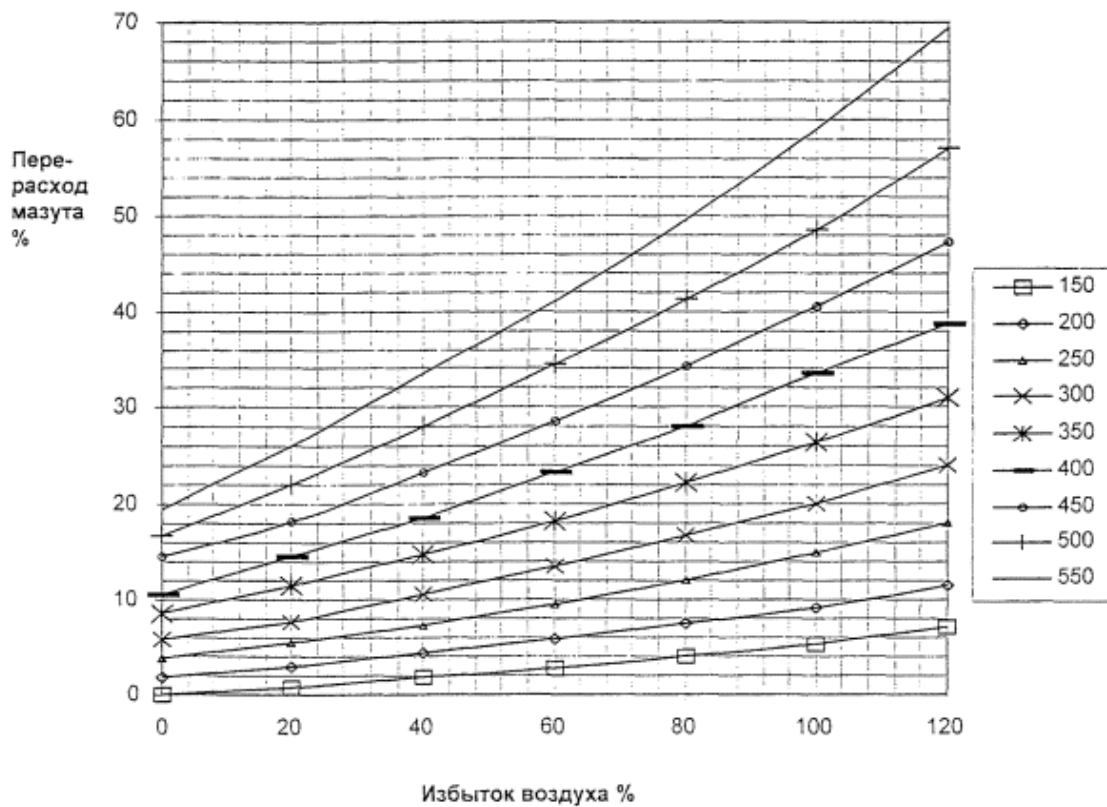


Рис. 14. Влияние избытка воздуха на перерасход мазута (справа - температура уходящих газов °С). Базовое топливо - C_4H_5 , $t_{ух.газов}$ - 150 °С, избыточный воздух =

$$94,5 \times O_2 / (21 - O_2), \text{ базовый КПД} - 89,93 \%$$

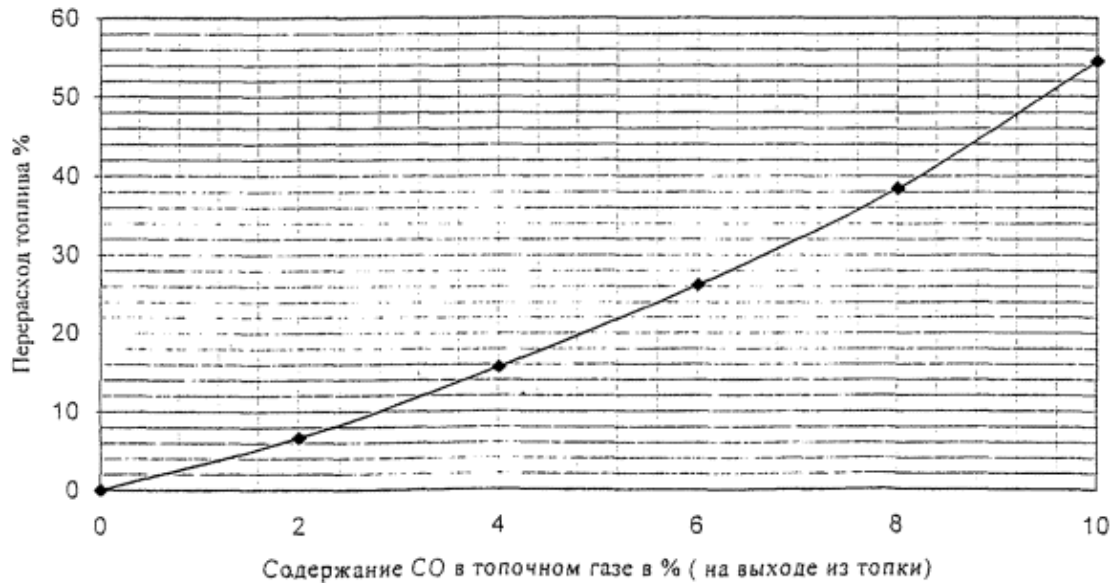


Рис. 15. Влияние содержания СО (химический недожег) в топочном газе на перерасход топлива (газ, нефть).

Более точные результаты получают при проведении тепловых балансовых испытаний котельных агрегатов, которые проводятся специальными лицензированными организациями. Испытания ограничиваются 3-4 наиболее характерными режимами: 50, 70, 90 и 100% номинальной производительности при соблюдении заданных параметров теплоносителя и питательной воды.

При испытаниях проводится осмотр котла и вспомогательного оборудования, определяется засоренность золой поверхностей теплообмена, наличие отложений, накипи. (Отмеченные недостатки устраняются до начала испытаний, что оформляется соответствующим актом).

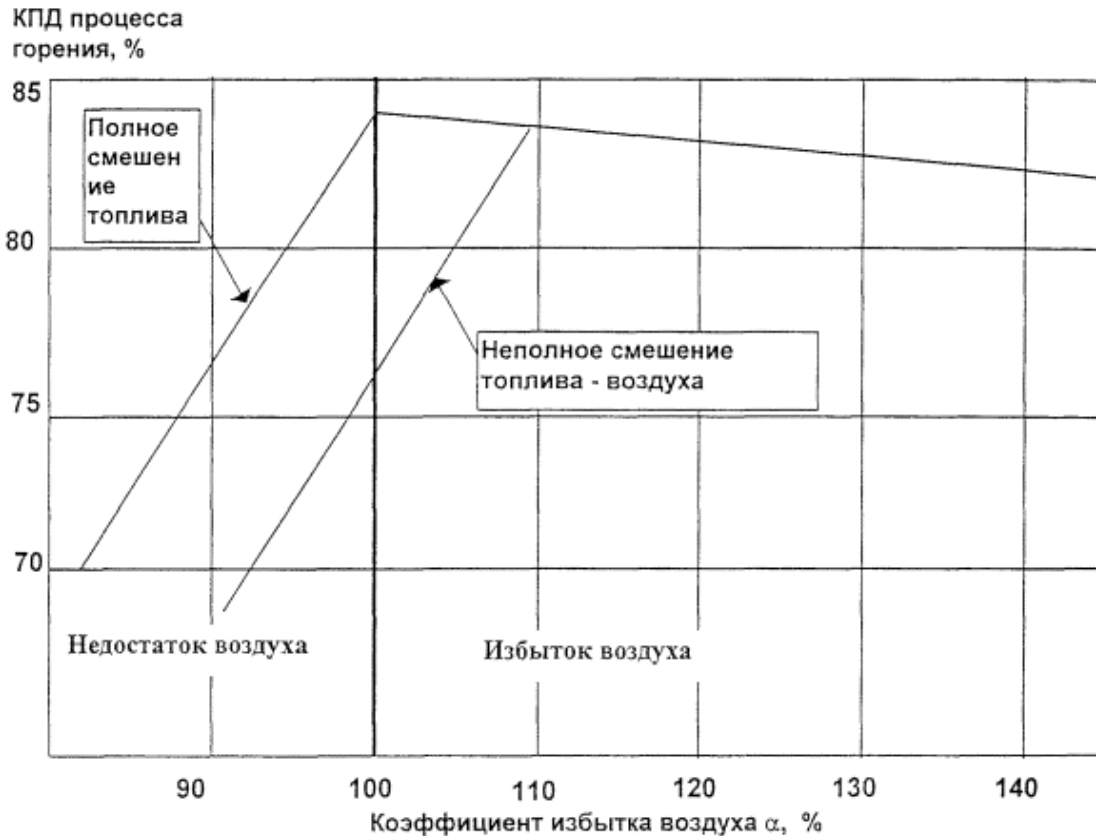


Рис 16. Влияние процессов смесеобразования и коэффициента избытка воздуха в горелочных устройствах на КПД горения газа, $t_{yx} = 183^\circ\text{C}$.

Плохая работа деаэратора приводит к наличию в питательной воде растворенных газов (особенно, вредных для металлоконструкций кислорода и углекислого газа). Каждый случай питания котлов сырой водой должен фиксироваться в журнал. При нагреве недеаэрированной воды растворимость растворенных в ней газов (в их составе O_2 и CO_2) уменьшается, они становятся как бы избыточными, более химически активными и агрессивными к металлам. Практика показывает, что при наличии избыточного кислорода и углекислого газа в системах горячего теплоснабжения, котлов, отопления трубы могут выйти из строя на 3 - 5 год эксплуатации. Коррозионный коэффициент кислорода при наличии углекислого газа увеличивается почти в 3 раза.

При переводе паровых котлов на водогрейный режим по отопительному графику без предварительного подогрева воды на входе в котел возникает низкотемпературная коррозия хвостовых поверхностей нагрева котла. Иногда такая коррозия выводит из строя котлы на 3 - 5 год эксплуатации. Согласно СНиП 11-35-76 температура питательной воды на входе в экономайзер и в водогрейные котлы должна на 5 - 10 $^\circ\text{C}$ превышать температуру точки росы дымовых газов. Эта

температура для продуктов сгорания природного газа составляет 60 °С, для мазута - 43 °С. При работе котла на сернистом мазуте температура питательной воды на входе в стальной экономайзер должна превышать 135 °С.

В связи с возрастанием стоимости топлива необходимо оценить целесообразность улучшения теплоизоляции котлов, водоподогревателей, трубопроводов для уменьшения потерь в системах генерирования и распределения теплоты. Рекомендуемая наружная температура обмуровки современных котлов не превышает на 10 - 15 °С температуру окружающего воздуха.

По результатам измерения расходов подпиточной воды определяются потери воды в системе теплоснабжения и степень возврата конденсата в систему питания котлов. Анализ показывает, что экономические потери от невозврата конденсата в систему питания котлов значительно превышают потери тепловой энергии, связанные с частичным недоиспользованием его тепла.

Т а б л и ц а 10

Примеры предлагаемых энергосберегающих мероприятий и их эффективность при эксплуатации котлоагрегатов.

№ п. п.	Мероприятия	Топливо (%)	
		Экономия	Перерасход
1.	Снижение присосов воздуха по газовому тракту котлоагрегата на 0,1%	0,5	-
2.	Увеличение коэффициента избытка воздуха в топке на 0,1%	-	0,7
3.	Установка водяного экономайзера за котлом	5 - 6	-
4.	Применение за котлоагрегатами установок глубокой утилизации тепла, установок использования скрытой теплоты парообразования уходящих дымовых газов (контактный теплообменник)	до 15	-
5.	Применение вакуумного деаэрата	1,0	-

№ п. п.	Мероприятия	Топливо (%)	
		Экономия	Перерасход
6.	Отклонение содержания CO ₂ в уходящих дымовых газах от оптимального значения на 1 %		0,6
7.	Снижение температуры отходящих дымовых газов на 10 °С для сухих и влажных топлив	0,6 и 0,7	-
8.	Повышение температуры питательной воды на входе в барабан котла на 10 °С ($P = 13$ ата, и КПД = 0,8)	2,0	-
9.	Повышение температуры питательной воды на входе в водяной экономайзер на 10°С	-	0,23
10.	Подогрев питательной воды в водяном экономайзере на 6 °С	1,0	-
11.	Увеличение продувки котла свыше нормативных значений на 1 %	-	0,3
12.	Установка обдувочного аппарата для очистки наружных поверхностей нагрева	2,0	-
13.	Наличие накипи на внутренней поверхности нагрева котла, толщиной 1 мм	-	2,0
14.	Замена 1 т невозвращенного в тепловую схему котельной конденсата химически очищенной водой	-	20 кг у.т.
15.	Перевод работы парового котла на водогрейный режим	2,0	-
16.	Работа котла в режиме пониженного давления (с 13 ата)	-	6,0

№ п. п.	Мероприятия	Топливо (%)	
		Экономия	Перерасход
17.	Отклонение нагрузки котла от оптимальной на 10 % - в сторону уменьшения - в сторону увеличения	-	0,2 0,5
18.	Испытания (наладка) оборудования и эксплуатация его в режиме управления КИП	3,0	-
19.	Утечка пара через отверстие 1 мм при $P = 6$ ата	-	3,6 кг у. т.
20.	Забор воздуха из верхней зоны котельного зала на каждые 1000 м ³ газообразного топлива	17 кг у.т.	-
21.	Повышение температуры воды на выходе из котла		4
22.	Применение щелевых деаэраторов		
23.	Применение трансоников (пароструйных смесительных теплообменников), экономящих затраты энергии на перекачку воды в системе		

При обследовании котельных необходимо оценить соответствие характеристик применяемого насосного и вентиляционного оборудования их режимам эксплуатации. Необходимо проверить правильность подборки параметров и количества основного и вспомогательного котельного оборудования, позволяющего его эксплуатировать все время в режимах близких к номинальным значениям, экономично отслеживать колебания отопительной нагрузки и нагрузки на горячее водоснабжение.

Образующаяся из солей кальция и магния накипь в 10 - 700 раз хуже проводит теплоту, чем сталь. Имеющиеся в составе питательной воды хлориды натрия и магния усиливают коррозию. При толщине слоя накипи 0,5 мм перерасход топлива составляет 1 %, при 2 мм - 4 %. Вследствие термического сопротивления слоя накипи уже при ее толщине 0,2 мм температура стенок котла может сильно отличаться от температуры котловой воды и в современных котлах достигать 700 °С.

Серьезная проблема борьбы с отложениями возникает в теплообменниках системы горячего водоснабжения, когда проходное сечение труб почти полностью зарастает накипью. При механической очистке часто повреждаются эти трубки и на ремонт требуются значительные финансовые затраты.

Для тепловых систем, питаемых водой из водозаборных скважин, задача борьбы с отложениями накипи в котлах, теплообменниках и трубопроводах является сложной технической проблемой. Традиционно применяемые системы ионообменных фильтров капиталоемкие, требуют больших эксплуатационных затрат и не всегда технически грамотно эксплуатируются в небольших тепловых системах.

Заращение отложениями трубопроводов тепловых систем, в том числе и оборотного водоснабжения, приводит к значительному увеличению их гидравлического сопротивления, разрегулировке систем отопления и большим энергетическим потерям на прокачку системы.

Борьба с отложениями является сложной технической проблемой. Она проводится как механическим, так и химическим способами и требует остановки сетей на ремонт.

В системе водоподготовки питательной воды начали применяться новые, более дешевые способы ее обработки: ультразвуковые, магнитные, присадки комплексонов и др.

Большой интерес представляет дешевый и эффективный способ борьбы с накипеобразованиями в зонах нагрева сырой воды с помощью комплексонов.

Ультразвуковой способ основан на разрыхлении и смывке образующихся отложений при воздействии ультразвукового излучателя. Мощность излучателя составляет несколько кВт и зона воздействия ограничена.

Магнитная обработка не требует постоянных затрат энергии, но эффективность действия зависит от состава воды.

Электроискровой высоковольтный способ очистки отложений возможен только в период ремонтных работ при остановке системы.

Промывка котлов и тепловых систем с помощью слабых растворов соляной кислоты производится также при остановке системы в период ремонтных работ.

Применение комплексонов для промывки, борьбы с накипеобразованиями и отложениями в водогрейных котлах и тепловых сетях

Применение комплексонов, содержащих фосфоновые группировки $\text{PO}(\text{OH})_2$, и комплексонатов, производных от комплексонов, в системах теплоснабжения позволяет не только избежать отложения накипи в котлоагрегатах и теплообменниках, но и отмыть контуры систем теплоснабжения и водогрейных котлоагрегатов от предыдущих отложений. При применении комплексонов в системах с большими объемами воды, где накопилось большое количество отложений, целесообразна установка фильтров шламоудалителей твердых мелкодисперсных отложений. В связи с низкой скоростью витания они начинают скапливаться в зонах с низкими скоростями течения, которые часто расположены в нижних коллекторах котлов, а это может привести к прогоранию труб. После очистки системы от накипи эта опасность уменьшается. Возможно, перед началом применения комплексонов необходимо промыть систему.

Эффективность применения комплексонов зависит от их концентрации и химического состава воды. При обработке комплексонами воды с содержанием железа более 0,3 мг/л целесообразно предварительно провести ее обезжелезивание.

До начала применения комплексонов системы с отложениями целесообразно отмыть, предпочтительно, в несколько этапов, при больших дозировках концентрации комплексонов.

При эксплуатации сетей с накопившимися отложениями поддерживается концентрация комплексонов, соответствующая равновесному состоянию, когда старые отложения не отмываются, а новые не образуются.

Нарушение этого равновесия в сторону интенсивной отмывки сетей приводит к тому, что все накопившиеся шламы попадают в воду и начинают скапливаться в зонах системы с низкой скоростью движения воды. Особенно это опасно для котлов.

В системах, использующих комплексоны, необходимо применять интенсивные методы шламоудаления, правильно размещая неполнопоточные шламоотделители. В процессе эксплуатации в конечном счете вся вода пройдет через них.

Расход комплексонов рассчитывают исходя из объема отмываемого контура и количества отложений. На завершение очистки указывает стабильность во времени концентраций ионов железа, комплексона и значения pH.

Учитывая возросшие экономические затраты на традиционные способы обработки питательной и сетевой воды с применением ионообменных фильтров (стоимость достигает 10 и более руб./м³), представляет интерес переход на новую автоматизированную (стоимостью около 30 - 50 тыс. руб. за установку) систему обработки воды. При цене комплексона 25 - 30 руб./кг одного килограмма комплексона достаточно для обработки до 1500 м³ питательной воды. Себестоимость обработки одного м³ воды при этом достигает нескольких копеек, нет сброса хлоридов металлов на очистные сооружения, трубы системы подвергаются обработке замедляющей химическую коррозию (при применении цинконата комплексонов), происходит отмывка тепловой системы от ранее накопившихся отложений.

Обработка комплексонами воды не предотвращает образование биологических и наносных отложений. Поэтому используемая из поверхностных источников вода должна пройти предварительную механическую очистку.

Применение комплексонов не исключает необходимость деаэрации подпиточной воды. Остаточное содержание комплексона в системе не должно превышать предельных допустимых концентраций, указанных в Санитарно-гигиенических характеристиках оксиэтилидифосфоновой кислоты ОЭДФ, тринатриевой Na₃ОЭФД, монокалиевой КОЭФД, ее кислот, нитрилотриметилфосфоновой кислоты НТФ по данным Института реактивов и особо чистых веществ (ИРЭА), г. Москва, приведены в [таблице 11](#).

Т а б л и ц а 11

Допустимые нормы концентрации комплексонов в воде хозяйственно-бытового назначения.

Соединение	ПДК в воде водоемов санитарно-бытового назначения	ПДК в воде рыбохозяйственных водоемов	ОБУВ в воздухе рабочей зоны	ОБУВ в атмосферном воздухе
	Перечень № 2932-83 ПДК и ОБУВ в воде веществ в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового пользования МЗ СССР	Дополнительный перечень № 30-11-Т1 Главрыбвода к приложению № 3 «Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами».	Список № 6 вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Перечень № 2155-80 МЗ СССР от 18.03.80 г.	Список 21-91-80 от 01.08.80г. Дополнение к списку 14-30-76 от 03.07.76 г. ОБУВ загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

Соединение	ПДК в воде водоемов санитарно-бытового назначения	ПДК в воде рыбохозяйственных водоемов	ОБУВ в воздухе рабочей зоны	ОБУВ в атмосферном воздухе
ОЭДФ	0,6 мг/л	0,9 мг/л	2,0 мг/м ³	0,04 мг/м ³
Na3OЭДФ	0,3 мг/л		5,0 мг/м ³	0,2 мг/м ³
КОЭДФ	0,3 мг/л		2,0 мг/м ³	
Zn OЭДФ	5,0 мг/л (для горячей воды)			
НТФ	1,0 мг/л	0,1 мг/л	2,0 мг/м ³	0,03 мг/м ³

Перечисленные вещества умеренно токсичны с умеренно - выраженной способностью к кумуляции. Относятся к 3 классу умеренно - опасных веществ ([ГОСТ 12.1.007-76](http://www.gost.ru/standards/gost_12.1.007-76)). Слабо раздражают кожу и слизистую оболочку глаз. Пролиты концентрата цинкового комплексона ZnOЭДФ смываются водопроводной водой. При попадании на кожу или в глаза необходимо промыть пораженное место водой, а затем соответствующим раствором бикарбоната натрия (2 % раствор для нейтрализации раствора на поверхности кожи и 0,5 % - для промывки глаз). Эти рекомендации необходимо иметь в виду при приготовлении концентрированных рабочих растворов для дозирующих устройств.

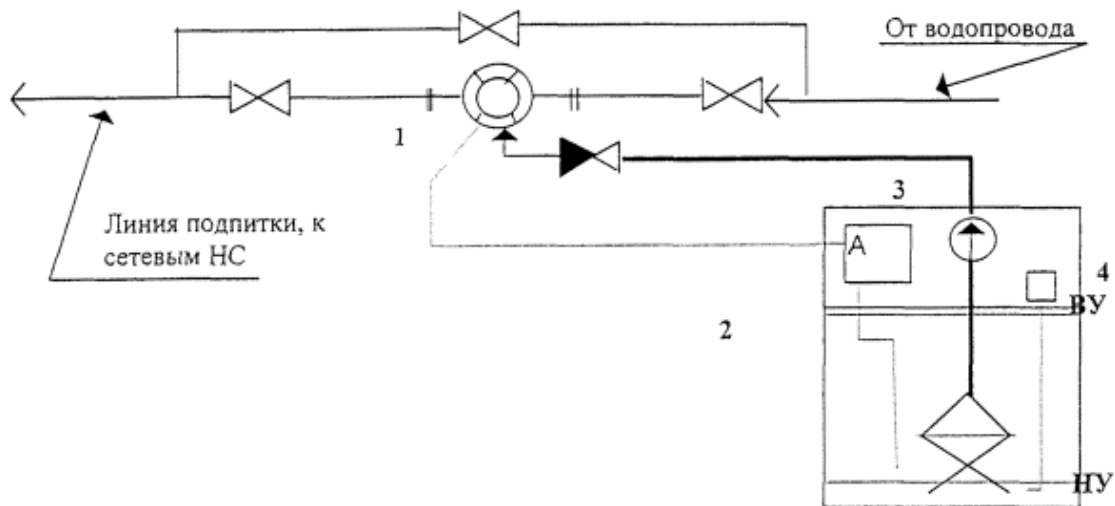


Рис 17. Схема установки для дотирования комплексонв.

Обозначения: 1 - водомер с узлом подмешивания комплексона, 2 - бак с 5 % раствором комплексона, блоком автоматики А, насосом дозатором 3 и указателем уровня 4.

Рекомендуемые концентрации комплексона в рабочих системах

Таблица 12

Рекомендуемые концентрации комплексонв ОЭДФ в сетевой и подпиточной воде, по данным ИРЭА для различных значений индекса насыщения исходной воды

Индекс насыщенности карбонатом кальция, <i>I</i>	Водородный показатель (величина) рН	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10
		СоЭДФ - концентрация комплексона ОЭДФ в подпиточной и сетевой воде, мг/л						
- 2	< 5	0,5	0,8	1	2	2	4	4
- 1	5 - 6	0,5	0,8	1	2	3	4	5
0	6 - 7	0,5	0,8	1	2	3	4	5

Индекс насыщенности карбонатом кальция, <i>I</i>	Водородный показатель (величина) рН	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10
		Соэдф - концентрация комплексона ОЭДФ в подпиточной и сетевой воде, мг/л						
1	7 - 8	1	2	2	3	4	5	5
2	8 - 9	2	3	3	-	5	5	5
3	9 - 10	3	4	4	-	5		
4	10 - 11	4	5	5	5			
5	11 - 12	5	5	5				

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Тепловая энергия, получаемая коммунальными службами с различными энергоносителями (газ, топливо, водяной пар, горячая вода и др.), используется для обеспечения потребностей на:

- отопление и вентиляцию;
- горячее водоснабжение;
- собственные нужды.

Наиболее распространенными теплоносителями являются водяной пар и горячая вода с температурой до 150 °С, производимые в котельной и по трубопроводам направляемые к потребителям.

Регулирование отопления в основном осуществляется по температуре при постоянном расходе теплоносителя. Во многих случаях расход воды в системе отопления регулируется дважды в год в начале и конце отопительного периода.

Расход воды по сети летом составляет около 80 % от зимнего расхода. Обычно температура воды в прямой линии колеблется от 70 до 150 °С, в обратной линии в основном находится в пределах 42 - 70 °С.

Системы отопления, работающие при постоянном расходе и регулировании температурой теплоносителя (качественное регулирование), имеют недостатки по сравнению с системой регулирования подачей воды (количественное регулирование). Система инерционна, изменение температуры в системе затягивается на несколько часов. Система имеет большое значение постоянной времени переходных процессов, плохо отслеживает потребности в тепле на отопление при резких колебаниях наружной температуры воздуха, которое иногда бывает более десяти градусов за сутки. Температура иногда регулируется только несколько раз в сутки. Особенно большая проблема в обеспечении экономичных режимов больших городов, тепловые сети которых характеризуются большой протяженностью и инерционностью.

При регулировании системы теплоснабжения подачей количества сетевой воды, нагретой до заданной постоянной температуры, мощность насосного агрегата пропорциональна расходу горячей воды в системе в третьей степени (для турбулентного режима) и график зависимости мощности насоса во времени отопительного сезона напоминает отопительный график. Площадь под графиком $Q - H$ равна энергии, затраченной на прокачку теплоносителя, которая меньше, чем в первом случае (см. [рис. 18](#)).

При создании и реконструкции систем отопления нужно шире внедрять количественные методы регулирования систем.

Переход к системе отопления с регулированием по расходу воды в системе позволяет достичь 60 % экономии электроэнергии на привод циркуляционных сетевых насосов. Кроме того, замена элеваторных узлов экономичными малошумящими циркуляционными насосами с системой автоматического регулирования отопления дополнительно экономит энергию циркуляционных насосов.

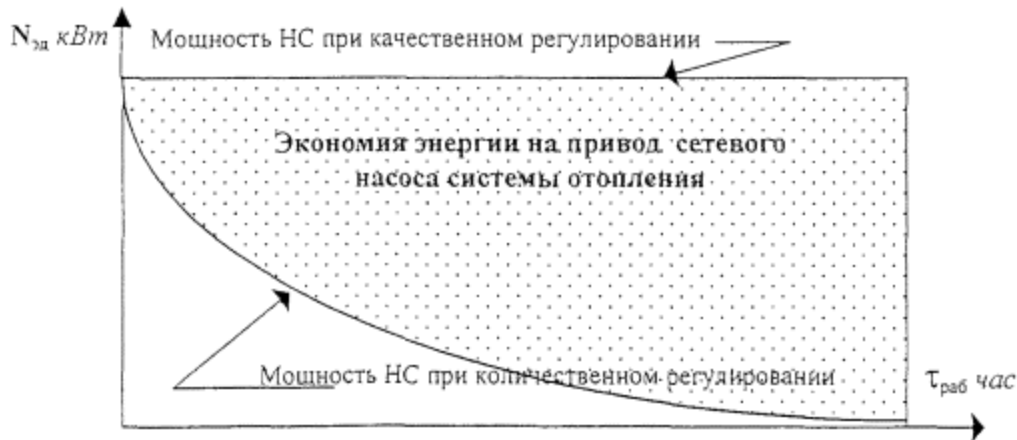


Рис. 18. Экономия энергии циркуляционного насоса при переходе на количественное регулирование системы теплоснабжения.

Обозначения: $N_{зд}$ - мощность, потребляемая циркуляционным насосом, $t_{раб}$ - продолжительность отопительного периода.

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

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

Предполагается, что термическое сопротивление системы «радиатор отопления - помещение» незначительно зависит от разности температур. Избыточные теплопритоки при перетопе жильцы сбрасывают через открытые форточки, проветривая помещение. Это можно зафиксировать только при использовании тепловизоров или инфракрасных термометров.

В настоящее время находят применение автоматизированные блочные и крышные котельные, которые работают без постоянного обслуживающего персонала. Эти котельные при определенных условиях могут быть экономически выгоднее других решений реализации системы теплоснабжения объекта. Применение таких технических решений позволяет избежать затрат на создание внешних магистральных теплосетей, уменьшить тепловые потери в системе,

рассредоточить выбросы вредных веществ в атмосферу. Экономические затраты при теплоснабжении от собственной котельной могут быть в 3 - 5 раз ниже по сравнению с централизованным теплоснабжением, особенно в условиях рыночной экономики. В каждом конкретном случае необходимо проводить технико-экономический анализ.

АНАЛИЗ ЗАТРАТ ТЕПЛОТЫ НА ОТОПЛЕНИЕ

При проведении энергоаудита необходимо сравнить фактическое теплотребление с расчетным, которое необходимо поставить потребителю.

Для составления теплового баланса и оценки состояния системы отопления необходимо оценить значения тепловой мощности, потребляемой на отопление зданий различного назначения.

Сравнительный анализ позволяет определить наличие «перетопа» здания и необходимость настройки его системы на проектные показатели. Это особенно важно при настройке на номинальные показатели системы централизованного теплоснабжения. Превышение теплотерь в зданиях и элементах системы централизованного теплоснабжения больше проектных значений приводит к необходимости выявления причин и проведения работ по их устранению.

Нормативный расход теплоты на отопление здания рассчитывается по формуле:

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

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

где: b - поправочный коэффициент, учитывающий расход теплоты на подогрев инфильтрационного воздуха. Значение b 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 $b = 0,15$, для ангаров с одинарным остеклением $b = 1 - 2$.

q_o (q_v) - удельные тепловые характеристики на отопление (вентиляцию) здания ([табл. 13](#));

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

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

V_H - 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_v) - расход теплоты на отопление (вентиляцию) здания. При расчете Q_o и Q_v складываются.

В [таблице 13](#) приведены теплотехнические характеристики зданий, использованные при укрупненных теплотехнических расчетах.

Таблица 13

Теплотехнические характеристики зданий

Здание	Объем V_n	Удельн. тепловые хар-ки		Здание	Объем V_n	Удельн. тепловые хар-ки	
	тыс. м ³	q_o Вт/ (м ³ ·°C)	q_v Вт/ (м ³ ·°C)		тыс. м ³	q_o Вт/ (м ³ ·°C)	q_v Вт/ (м ³ ·°C)
Жилые, гостиницы, общежития, залы ожидания	до 3	0,49	-	Поликлиники, амбулатории, диспансеры	до 5	0,46	-
	< 5	0,44	-		< 10	0,42	0,29
	< 10	0,4	-		< 15	0,37	0,29
	< 15	0,36	-		> 15	0,35	0,26
	< 20	0,33	-	Больницы	< 5	0,47	0,34
	< 25	0,32	-		< 10	0,42	0,33
	< 30	0,31	-		< 15	0,37	0,30
	> 30	0,3	-		> 15	0,35	0,29

Здание	Объем V_n	Удельн. тепловые хар-ки		Здание	Объем V_n	Удельн. тепловые хар-ки	
	тыс. м ³	q_o Вт/ (м ³ ·°С)	$q_в$ Вт/ (м ³ ·°С)		тыс. м ³	q_o Вт/ (м ³ ·°С)	$q_в$ Вт/ (м ³ ·°С)
Административные	< 5	0,5	1,02	Прачечные	< 5	0,44	0,93
	< 10	0,44	0,09		< 10	0,38	0,90
	< 15	0,40	0,08		> 10	0,36	0,87
	> 15	0,37		Предприятия общественного питания	< 5	0,40	0,81
< 5	0,43	0,29	< 10		0,38	0,75	
< 10	0,38	0,27	> 10		0,35	0,70	
Клубы, дворцы культуры	> 10	0,35	0,23	Лаборатории	< 5	0,43	1,16
	< 5	0,44	0,13		< 10	0,40	1,10
Детские сады и ясли	> 5	0,40	0,12	> 10	0,38	1,05	

Здание	Объем V_H	Удельн. тепловые хар-ки		Здание	Объем V_H	Удельн. тепловые хар-ки	
	тыс. м ³	q_o Вт/ (м ³ ·°С)	q_{ϕ} Вт/ (м ³ ·°С)		тыс. м ³	q_o Вт/ (м ³ ·°С)	q_{ϕ} Вт/ (м ³ ·°С)
Учебные заведения	< 10	0,41	-	Пожарное депо	< 2	0,56	0,16
	< 15	0,38	0,12		< 5	0,54	0,11
	< 20	0,35	0,09		> 5	0,53	0,11
	> 20	0,28	0,09	Гаражи	< 2	0,81	-
5-10	0,64-0,53	0,47-0,29	< 3		0,70	-	
10-15	0,53-0,47	0,29-0,18	< 5		0,64	0,8	
50-100	0,47-0,44	0,18-0,14	> 5		0,57	0,75	
Механосборочные, механические и слесарные отделения инструментальных цехов	100-200	0,44-0,41	0,14-0,09	Деревообделочные цеха	< 5	0,7-0,64	0,7-0,58
	< 2	0,76,0,7	6-4,7		5-10	0,64-0,53	0,58-0,53
Цеха покрытий (гальванич. и др.)	2-5	0,7-0,64	4,7-3,5	Ремонтные цеха	5-10	0,7-0,58	0,23-0,18
	5-10	0,64-0,53	3,5-2,3		10-20	0,58-0,53	0,18-0,12

Здание	Объем V_H	Удельн. тепловые хар-ки		Здание	Объем V_H	Удельн. тепловые хар-ки	
	тыс. м ³	q_o Вт/ (м ³ ·°С)	q_v Вт/ (м ³ ·°С)		тыс. м ³	q_o Вт/ (м ³ ·°С)	q_v Вт/ (м ³ ·°С)
Компрессорные	<0,5	0,81-2,3	-	Котельные	2-10	0,12	0,35-0,6
	0,5-1	0,7-0,81	-		10-20	0,09	0,23-0,47
	1-2	0,52-0,7	-	Газогенераторные	5-10	0,12	2,1
	2-5	0,47-0,53	-	Регенерация масел	2-3	0,7-0,87	0,58-0,7
	5-10	0,40-0,47	-		< 1	1,0-0,87	-
Служебные и административно- вспомогательные здания	0,5-1	0,7-0,52	-	Склады химикатов и красок и т.п.	1-2	0,87-0,75	-
	1-2	0,52-0,47			2-5	0,75-0,67	0,7-0,52
	2-5	0,47-0,38	0,16-0,14	Проходные	< 0,5	1,5-1,4	-
	5-10	0,38-0,35	0,14-0,13		0,5-2	1,4-0,81	-
	10-20	0,35-0,29	0,13-0,12		2-5	0,81-0,64	0,17-0,12
Казармы и помещения ВОХР	5-10	0,44-0,38	-				
	10-15	0,38-0,36	-				

При проведении энергоаудита необходимо провести измерения фактических расходов тепловой энергии с помощью переносного расходомера и переносного термометра (или пирометра). Сопоставление фактических (измеренных) расходов тепла с нормативными (расчётными) значениями дает оценку имеющихся на объекте резервов экономии тепла.

Методы энергосбережения

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

- Переход системы отопления на режим дежурного отопления при сниженной (12 - 14 °С) температуре в нерабочие смены и выходные дни для магазинов, кинотеатров и других нежилых помещений позволяет достичь 8 - 10 % экономии тепловой энергии на отопление (в климатических условиях средней полосы России). Возможно применение автоматизированных систем отопления, снижающих температуру в ночное время (переключается централизованно и индивидуально).

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

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

Инфильтрационные теплопотери

Потери тепла вследствие инфильтрации через тамбуры подъездов, окна лестничных клеток можно оценить с помощью термоанемометров (объемы инфильтрации) и термометров, определяющих температуру воздуха.

Сверхнормативные потери тепла через оконные блоки, стыки стеновых панелей и дефектные элементы ограждающих конструкций можно оценить с помощью инфракрасной термометрической аппаратуры (тепловизоры, инфракрасные термометры), позволяющей проводить дистанционные измерения температур исследуемых элементов здания при проведении измерений.

Конечные результаты, полученные в результате энергетического обследования системы теплоснабжения, оформляются в виде разделов отчета и энергетического паспорта здания (приведен в [приложении](#)). При оформлении в проект энергетического паспорта здания рекомендуется дополнительно ввести два показателя:

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

- наличие и тип системы регулирования отопления здания и индивидуальных регуляторов температуры в его отдельных помещениях. При широком распространении этих систем в коммунальном хозяйстве, что наблюдается в настоящее время, возникнет необходимость отражения в паспортных характеристиках зданий перечисленных показателей.

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ

При проведении энергоаудита систем вентиляции необходимо сравнивать нормативные и фактические показатели потребления тепла и электрической энергии на привод системы.

Расход тепловой энергии на вентиляцию:

$$Q_e = q_e V_n (t_{e,cp} - t_n),$$

$t_n = t_{n,e}$ в системах вентиляции с рециркуляцией, $t_n = t_{n,o}$ - без рециркуляции.

Значения $t_{e,cp}$ в зданиях комбинированного назначения принимают как средневзвешенную по объему внутреннюю температуру помещений.

СНиП-овские нормативные значения величины q_e приведены в [табл. 13](#).

Доля вентиляционных систем в общем потреблении энергии на предприятии значительна.

При проведении энергоаудита делается поверочный расчет с учетом существующих условий (наличие вредных выбросов, тепловая нагрузка, влажность в помещении и др.) и их изменения в течение дня, недели и года. Проверяется наличие и возможность рекуперации тепловой энергии (теплоты вытяжного вентиляционного воздуха).

Анализируется возможность применения регулируемых электроприводов при переменном режиме эксплуатации.

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

Традиционные решения для уменьшения потерь энергии в вентиляционных системах:

- Создание переходных камер на дверях (тамбуров).
- Установка автоматической системы включения воздушных завес при открытии дверных проемов.
- Уплотнение строительных ограждающих конструкций здания.
- Проверка герметичности вентиляционных воздуховодов (уменьшение расхода воздуха, тепла и потребляемой мощности электродвигателем привода вентилятора).
- Отключение вентиляции в ночные и нерабочие периоды.
- Широкое применение местной вентиляции.
- Применение систем частотного регулирования двигателей вентиляторов вместо регулирования заслонкой. Установка частотного регулятора имеет срок окупаемости до 1,5 - 2 лет при широком диапазоне регулирования расхода воздуха через вентиляционную систему и значительной доле времени работы с подачей 50 % и менее от максимального рабочего значения.
- Уменьшение потерь давления вследствие снижения скорости воздуха в воздуховодах (при увеличении внутреннего диаметра воздуховода в два раза, скорость воздуха снижается в четыре раза, а потери давления уменьшаются на 75 %. Удвоение скорости потока воздуха в 4 раза увеличивает необходимое давление, создаваемое вентилятором, и в 8 раз потребляемую им мощность).
- Правильное согласование рабочих характеристик вентилятора с характеристикой вентиляционной системы при подборе передаточного отношения привода вентилятора.
- Своевременная очистка воздушных фильтров для уменьшения их гидравлического сопротивления.
- Организация рекуперации теплоты в количестве не менее 50 % теплоты удаляемого воздуха.

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Расход воды и тепла на горячее водоснабжение необходимо оценить при составлении теплового и водного баланса. Нормативы суточного удельного расхода горячей воды для различных потребителей даны в [СНиП 2.04.01-85](#) (приложение 9).

Расчетный среднегодовой расход тепла на горячее водоснабжение, соответствующий нормам СНиП, можно оценить по формулам:

$$Q_{г\theta} = \sum_{i=1}^m (n_i \cdot q_{спi} \cdot \rho_{\theta} \cdot C \cdot (t_{г} - t_{х.г.}) \cdot T_i) \text{ ккал/год.}$$

где:

i - количество видов потребителей горячей воды;

n_i - число потребителей (одного вида) горячей воды,

$q_{спi}$ - средняя норма расхода горячей воды, м³/сутки, ([СНиП 2.04.01-85, приложение 9](#));

ρ_{θ} - плотность воды, кг/м³;

C - теплоемкость воды 1 ккал/(кг·°C);

$t_{г}$ - средняя температура горячей воды в водоразборных стояках (для жилых домов + 50 °C);

$t_{х.г.}$ - температура холодной воды в водопроводе в зимний период (при отсутствии данных принимается равной 5 °C, при питании из скважины - 13 - 14 °C);

T_i - период потребления горячей воды в сутках;

$t_{х.л.}$ - температура холодной воды в водопроводе в летний период (при отсутствии данных принимается равной 15 °C).

Расход воды в системе ГВС равен:

$$W_{гвс} = \sum_{i=1}^m (n_i \cdot q_{спi} \cdot (t_{г} - t_{х.с.}) \cdot T) \text{ м}^3.$$

Системы горячего водоснабжения предназначены для подачи потребителям горячей воды, температура которой в месте водоразбора должна быть не ниже 50 - 55 °С.

При проведении энергоаудита необходимо проверить эффективность работы составляющих элементов системы горячего водоснабжения:

- устройства для нагрева воды, которым может служить котел (в системах с собственным источником теплоты) или теплообменник (в системах, подсоединенных к центральным тепловым пунктам - ЦТП, или к местным тепловым пунктам - МТП);
- подающей трубопроводной сети, состоящей из разводящего трубопровода и водоразборных подающих стояков;
- циркуляционной сети, состоящей из сборного циркуляционного трубопровода и циркуляционных стояков;
- водоразборной, регулирующей и запорной арматуры;
- циркуляционного или циркуляционно-повысительного насоса (режимы эксплуатации и способы регулирования).

Эффективность работы систем горячего водоснабжения зависит, главным образом, от соблюдения гидравлического и теплового режимов, применяемых средств регулирования на переменных режимах.

Основными причинами нарушений гидравлического режима являются:

- уменьшение давления воды в городском водопроводе ниже требуемого;
- увеличенное сопротивление водонагревательных установок;
- завышенные напоры циркуляционных насосов при установке их на циркуляционных трубопроводах квартальных сетей горячего водоснабжения;

- недогрев воды в водонагревательных установках, в результате которого повышается водоразбор, что приводит к увеличению потерь давления;
- нечеткое управление работой хозяйственных насосов и отсутствие надежных средств автоматического управления;
- неисправности запорной арматуры на трубопроводах системы горячего водоснабжения.

Основными причинами нарушения теплового режима в системах горячего водоснабжения являются:

- недогрев воды водонагревательными установками в результате уменьшения коэффициента теплопередачи из-за образования накипи, либо понижения температуры сетевой воды ниже минимально допустимой, либо неправильного включения секций водонагревателя по греющей воде, либо неисправностей или некачественной наладки регуляторов температуры и расхода воды;
- гидравлическая разрегулировка систем горячего водоснабжения, которая вызывается пониженным сопротивлением секционных узлов системы или циркуляционных колец отдельных зданий;
- зарастание системы ГВС отложениями, которые можно отмыть при использовании комплексонов;
- потери воды вследствие утечек в разводящей системе.

Одной из основных проблем, мешающих эффективной работе систем ГВС, является образование отложений в бойлерах и системах циркуляции и подводки горячей воды к потребителю.

Как отмечалось выше, одним из эффективных способов борьбы с отложениями является метод электрогидроимпульсной прочистки, который реализуется с помощью аппаратуры «Зевс».

ТЕПЛОВЫЕ ПОТЕРИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ ОТОПЛЕНИЯ И ГВС

При обследовании теплотрасс проверяются следующие возможные причины потери энергии:

- Наличие плохого качества тепловой изоляции (устанавливается по фактическим тепловым потерям на основе расхода воды и падения температуры);

- Наличие утечек воды в теплотрассе (определяются по расходу подпиточной воды, либо по балансу расхода воды в прямой и обратной трубах). Для выявления мест утечек в подземных теплотрассах используются акустические течеискатели, в том числе корреляционные течеискатели указывающие расположение мест утечек между двумя датчиками, размещаемыми на исследуемом участке;

- Подтопление теплотрасс с плохой гидроизоляцией.

Особенно велики нерасчетные теплопотери в тепловых сетях с подземной прокладкой трубопроводов и высоким уровнем грунтовых вод при затоплении их дождевыми или паводковыми водами. При таком нарушении тепловой изоляции труб теплопотери в тепловых сетях достигают 50 % и более. Увлажнение теплоизоляции вследствие затопления теплотрассы грунтовыми водами определяется по парению в смотровых колодцах и по удельной величине теплопотерь. Потери тепла устраняются либо надземной прокладкой теплотрасс, либо применением предварительно изолированных труб, например, с изоляцией из пенополиуретана. Наличие датчиков нарушения гидроизоляции предварительно изолированных труб позволяет своевременно определять их повреждения.

Для оценки состояния теплотрасс необходимо сравнить потери в них теплоты с теми значениями, которые допускались при проектировании в соответствии с требованиями СНиП. Ниже приведены значения потерь в изолированных и неизолированных трубопроводах ([табл. 14 - 16](#)). Эти данные можно использовать для оценки эффективности рекомендаций по улучшению теплоизоляции труб систем теплоснабжения.

Определение потерь тепла в теплотрассах проводится по результатам приборного обследования и выполненных тепловых расчетов.

Т а б л и ц а 14

Потери тепловой энергии изолированными водяными теплопроводами при подземной бесканальной прокладке, и в непроходных каналах (температура грунта на глубине заложения трубопроводов + 5 °С), Вт/м

Наружный диаметр теплопровода, мм	Температура воды в теплопроводах, °С						
	Обратном	Подающем	Двухтрубном	Подающем	Двухтрубном	Подающем	Двухтрубном
	50	65	65	90	90	110	110
32	23	29	52	37	60	44	67
57	29	36	65	47	76	55	84
76	34	41	75	52	86	62	95
89	36	44	80	57	93	66	102
108	38	49	88	63	102	72	112
159	49	60	109	76	124	87	136
219	59	72	131	92	151	106	165
273	70	84	154	105	174	120	189
325	79	94	173	116	195	134	213
377	88			136	213	146	235
426	95			141	236	159	254
478	106			153	259	174	280

Наружный диаметр теплопровода, мм	Температура воды в теплопроводах, °С						
	Обратном	Подающем	Двухтрубном	Подающем	Двухтрубном	Подающем	Двухтрубном
	50	65	65	90	90	110	110
529	117			165	282	186	303
630	132			189	321	213	346
720	145			210	355	234	378
820	163			233	396	258	422
920	180			253	434	282	462

Т а б л и ц а 15

Потери тепловой энергии изолированными водяными трубопроводами при наземной прокладке (температура атмосферного воздуха + 5 °С), Вт/м

Наружный диаметр теплопровода, мм	Разность температур между водой в трубах и воздухом, °С				Наружный диаметр теплопровода, мм	Разность температур между водой в трубах и воздухом, °С			
	45	70	95	120		45	70	95	120
32	17	27	36	44	273	62	81	102	125
48	21	31	42	52	325	70	93	116	140
57	24	35	47	57	377	83	108	133	157

Наружный диаметр теплопровода, мм	Разность температур между водой в трубах и воздухом, °С				Наружный диаметр теплопровода, мм	Разность температур между водой в трубах и воздухом, °С			
	45	70	95	120		45	70	95	120
76	29	41	52	54	426	96	122	150	174
89	33	44	58	70	478	104	132	158	186
108	36	50	64	78	529	111	140	169	198
133	41	56	70	86	630	121	155	187	222
159	44	58	76	93	720	134	169	205	240
194	48	68	85	102	820	157	196	233	271
219	54	70	91	111	920	181	222	263	303

Таблица 16

Тепловые потери неизолированных черных труб

Данные представлены в Вт/пог. м. Эти цифры соответствуют количеству литров нефти, потерянной на погонный метр трубопровода за год при круглогодичной эксплуатации. Теплофизические характеристики окружающего воздуха в расчетах взяты для температуры окружающей среды 10 °С. Расчеты выполнены при естественной конвекции.

Диаметр труб, мм	Превышение температуры поверхности над температурой окружающей среды, °С								
	20	40	60	80	100	120	140	160	180
17	14	32	53	76	102	131	163	198	236
21	16	38	63	91	123	157	196	237	283
27	20	47	78	113	152	195	243	295	352
34	25	57	95	138	185	238	296	360	430
42	30	69	114	165	222	286	356	433	518
48	33	77	128	185	250	321	400	487	583
60	40	93	155	225	303	390	487	593	709
76	50	114	190	276	372	480	599	730	875
89	57	131	218	317	428	551	688	840	1006
102	64	148	245	357	482	621	776	948	1136
108	68	155	258	375	507	654	817	997	1196
114	71	163	271	393	531	686	857	1046	1255
133	81	186	310	450	609	786	982	1200	1441

Диаметр труб, мм	Превышение температуры поверхности над температурой окружающей среды, °С								
	20	40	60	80	100	120	140	160	180
140	85	195	324	471	637	822	1028	1256	1508
159	95	218	362	527	713	920	1152	1408	1691
168	100	229	380	563	748	967	1210	1479	1777
194	114	260	432	628	850	1099	1376	1683	2023
219	126	289	481	700	947	1224	1533	1877	2257
245	140	320	531	773	1046	1353	1696	2076	2498
273	154	352	585	851	1153	1491	1869	2289	2755
324	179	410	681	992	1343	1739	2181	2673	3219
356	195	446	741	1079	1462	1893	2375	2911	3507
406	220	502	833	1213	1645	2131	2674	3280	3954

Потери тепла $Q_{ут}$, связанные с утечками воды или пара через нарушение герметичности трубопроводов и паропроводов, нарушение сальниковых узлов и прокладок задвижек, зависят от давления в системе ([табл. 15](#)) и определяются по формуле:

$$Q_{\text{ум}} = \rho_{\text{в}} V_{\text{ум}} C_{\text{в}} (t_{\text{гв}} - t_{\text{хв}}) \text{ ккал/час}$$

где:

$\rho_{\text{в}}$ - плотность воды (1 кг/л);

$V_{\text{ум}}$ - объемный расход воды через неплотности системы, л/час;

$C_{\text{в}}$ - теплоемкость воды (1 ккал/кг);

$t_{\text{гв}}$ - температура горячей воды, °С;

$t_{\text{хв}}$ - температура холодной воды подпитки системы, °С.

Таблица 17

Влияние давления в системе и диаметра отверстия на величину утечек воды и пара

Давление в системе (ата)	Утечки воды через отверстие площадью 1 мм ² (л/час) $V_{\text{ум}}$	Утечки пара через отверстие площадью 1 мм ² (кг/час)
2	33	0,73
3	47	1,1
4	56	1,35
5	66	1,7
6	75	2,1
7	81	2,4
8	88	2,75

Давление в системе (ата)	Утечки воды через отверстие площадью 1 мм ² (л/час) $V_{ум}$	Утечки пара через отверстие площадью 1 мм ² (кг/час)
9	94	3,0
10	100	3,4

При проведении анализа состояния и условий эксплуатации тепловых сетей следует учитывать:

- фактические и нормативные потери теплоты на магистральных, распределительных и внутриквартальных тепловых сетях;
- случаи затопления и заиливания каналов и причины этих явлений при канальной прокладке;
- аварийность на 1 пог. км тепловой сети по типам прокладки с определением основных причин;
- объемы утечек теплоносителя, в том числе при авариях;
- располагаемый напор перед системами теплопотребления и, в особенности, на конечных участках теплосети;
- количества и места расположения зданий с недостаточным напором;
- наличие приборов учета теплоты на границе балансовой ответственности;
- состояние диспетчеризации.

ПОТЕРИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В ЦЕНТРАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТАХ

Потери тепловой энергии в центральных тепловых пунктах формируются и определяются:

- нарушением теплоизоляции;

- утечками теплоносителя;
- плохой регулировкой оборудования теплового пункта;
- несогласованным режимом работы сетевых насосов;
- наличием отложений в теплообменниках, приводящих к увеличению их гидравлического сопротивления и ухудшению процессов теплообмена.

ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЕ ВНУТРИДОМОВЫХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

На потребление тепловой энергии в здании оказывают воздействие следующие факторы:

- климат;
- теплоизоляционные характеристики здания;
- режим работы системы отопления и применение систем учёта и регулирования;
- оснащение потребителей приборами учета теплопотребления и отношение потребителей к режимам экономии.

Большинство систем отопления традиционно имеет качественное регулирование отпуска тепловой энергии (из центральной котельной) по температуре воды, подаваемой в теплотрассу. Общие недостатки такой системы отмечались выше.

Настройка режимов работы нескольких потребителей значительно сложнее, чем одного дома. Необходимо настраивать последовательно дом за домом, с последующей корректировкой режимов работы тепловых узлов. Каждый дом работает со своим перепадом давления между прямой и обратной линиями. При этом наблюдается ситуация, когда одни дома перегреваются (завышены размеры дроссельной диафрагмы перед отопительным узлом), а другим домам тепла не хватает. Учитывая жалобы жильцов плохо обогреваемых домов, система отопления работает большей частью в режиме «перетопа». «Перетоп» определяется тем, во сколько раз средняя температура теплоносителя в системе отопления здания относительно температур в помещениях превышает проектную разницу для заданного значения температуры наружного воздуха.

Оценку перерасхода тепла на отопление $k_{пер}$ приближенно можно определить по фактическому превышению $(t_{\partial} - 18)$ средней температуры воды в стояках системы отопления над температурой $(t = 18 \text{ }^{\circ}\text{C})$ внутри здания по сравнению с расчетными значениями по отопительному графику $(t_p - 18)$ для заданной температуры наружного воздуха.

$$k_{пер} = (t_{\partial} - 18) / (t_p - 18)$$

Предполагается, что термическое сопротивление системы «радиатор отопления - помещение» незначительно зависит от разности температур.

Теплопритоки от системы отопления пропорциональны этой разнице. Излишние теплопритоки сбрасывается жильцами через форточки. Работает «естественный» способ регулирования отопления, что можно зафиксировать только при использовании тепловизоров или инфракрасных термометров.

При энергоаудите индивидуальных тепловых пунктов домов необходимо сравнить реальный расход теплоты с проектным и, используя современную аппаратуру (теплосчетчики с накладными датчиками без врезки в систему отопления), рекомендовать привести режим работы теплового узла в соответствие с проектными показателями, оценить перерасход тепла для дома. Дополнительные исследования с помощью тепловизоров и инфракрасных термометров позволяют выявить элементы конструкций зданий с низким качеством теплоизоляции. Проведение измерений теплопотребления домов микрорайона, подключенных к одному центральному тепловому пункту, позволит провести перерегулировку системы и оптимизировать систему распределения теплоты по домам. При этом необходимо рассмотреть возможность внедрения современных разработок для регулирования систем отопления, учета расхода тепла и горячей воды и экономическую эффективность их применения.

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

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВНУТРИДОМОВЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

При проведении анализа состояния внутридомовых инженерных систем следует учитывать:

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

Необходимо сопоставить данные о фактическом количестве приборов учета тепла, холодной и горячей воды, газа с потребностями и имеющимися планами и оценить (в %) степень обеспеченности теплового узла здания приборами учета.

Следует оценить целесообразность установки коммерческих узлов учета потребления энергоносителей на вводах зданий и установки приборов поквартирного учета энергоносителей. При анализе состояния учета необходимо:

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

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

АНАЛИЗ РАБОТЫ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

По системе водоснабжения производится оценка следующих факторов:

- сопоставляется суммарная производительность водоисточников и нормативная потребность в воде, определяется дефицит мощностей водоисточников (или резерв), оцениваются удельные расходы электроэнергии на 1 м³ воды ([рис. 19 - 20](#));
- оценивается качество подаваемой воды путем сопоставления качественных параметров питьевой воды с требованиями [СанПиН 2.1.4.559-96](#) «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества»;
- производится сопоставление производственных мощностей насосных станций I подъема, водоочистных сооружений и насосных станций II подъема, пропускной способности выходных водоводов;
- сопоставляются данные об аварийности сетей (на 1 км протяженности) с нормативными данными;
- по насосным станциям выявляются потери напора при дросселировании на задвижках на выходе после насосов перед выходными водоводами;
- выявляются точки сети с недостаточными свободными напорами, а также места с избыточными давлениями ([рис. 19](#));
- оценивается состояние приборного учета расхода воды по насосным станциям, а также состояние диспетчеризации;

- проверяется зонирование по величине необходимого напора в системе и в высоких домах (это уменьшает перерасход воды и потребление электрической энергии на водоснабжение).

Возможная экономия воды оценивается путем сравнения фактического удельного водопотребления (л/сутки на 1 человека) с нормативными значениями.

Определяется также экономия затрат на ликвидацию аварий при уменьшении их числа до норматива. Оценивается эффективность действующей системы зонирования водопроводной сети с учетом планировки города и этажности застройки.

Инструментальные обследования проводятся с использованием переносных расходомеров и переносных измерителей давления (с автоматической регистрацией данных).

Насосы являются основным элементом систем водоснабжения. От их правильного подбора, эффективного регулирования в течение суток зависит как экономия потребляемой электрической энергии, так и перерасход воды через неплотности системы и потребителем вследствие превышения давления перед водоразборными кранами. Резервы экономии электроэнергии оцениваются по величине потерь напора на насосных станциях при дросселировании избыточного давления на задвижках после насосов и у потребителя, по продолжительности работы насосов в неэкономичных режимах.

Анализ эффективности работы насоса при снижении подачи меньше номинального значения показывает, что при малых расходах увеличиваются удельные затраты электрической энергии на подачу 1 м³ воды вследствие снижения КПД насоса. Необходимо при малой подаче переходить на использование насосов с меньшей производительностью ([рис. 20](#)) либо использовать аппаратуру частичного регулирования скорости насосов.

В случае работы нескольких водозаборных узлов, работающих на закольцованную систему водоснабжения, следует рассмотреть возможность перевода отдельных водозаборов в дежурный режим, повысив этим загрузку и экономичность остальных водозаборов.

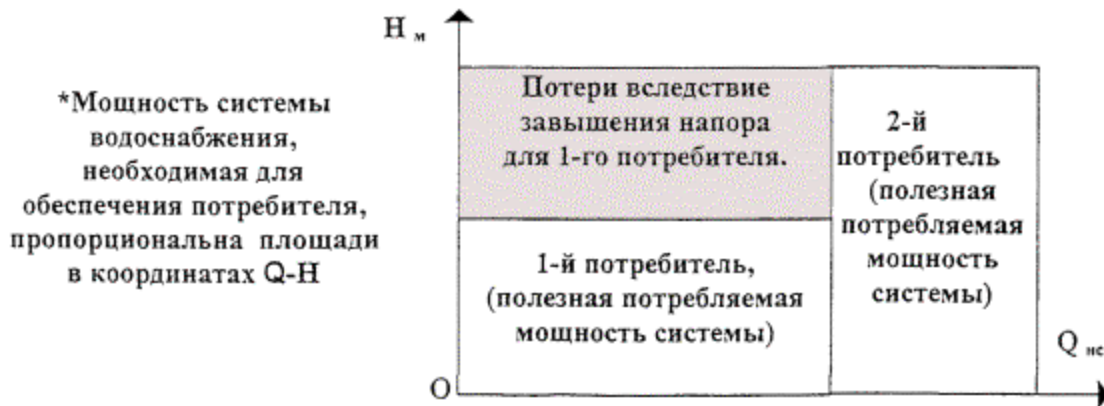


Рис. 19. Составляющие электропотребления насосами сети, работающей на двух потребителях с различным требуемым напором.

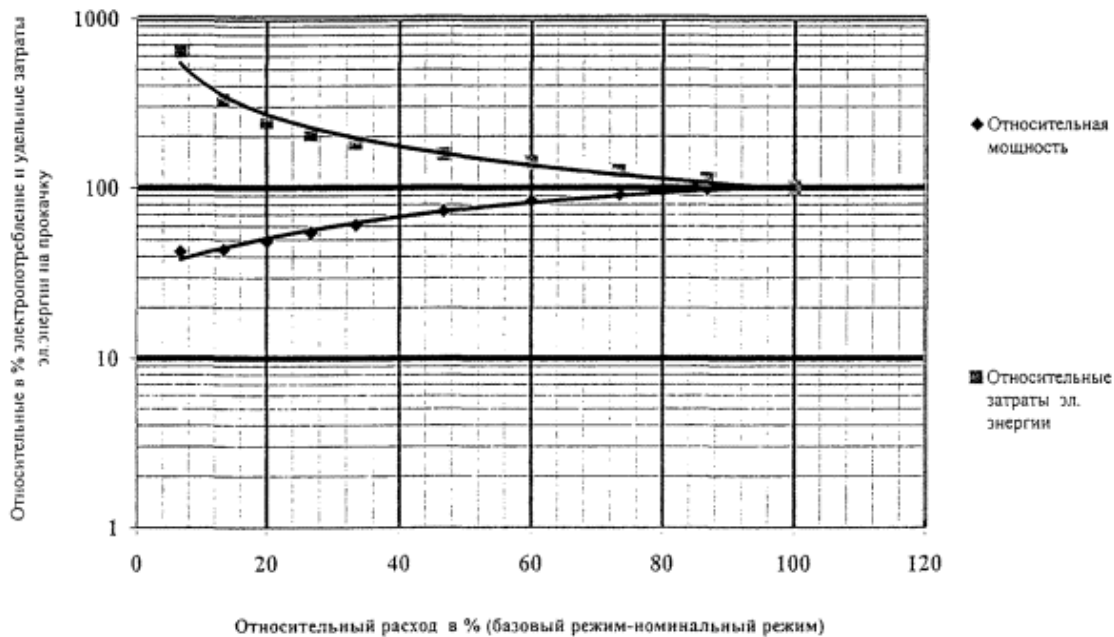


Рис. 20. Относительные значения в % электропотребления и удельных затрат электроэнергии на прокачку насосом 12Д-9, мощностью 160 кВт, расходом 900 м³/ч, при поддержании дросселированием давления в сети напора 6 ати.

АНАЛИЗ РАБОТЫ СИСТЕМ ВОДООТВЕДЕНИЯ

По системе водоотведения оцениваются:

- фактическая и требуемая производительность канализационных очистных сооружений;
- потери напора при частичном прикрытии задвижек на выходе насосов канализационных станций перекачки;
- аварийность канализационных сетей.

По этим данным оцениваются резервы экономии электроэнергии при ликвидации потерь напора из-за дросселирования на напорных задвижках, а также снижение затрат на аварийно-восстановительные работы при уменьшении числа аварий на 1 км до нормативных значений.

Измерения производятся с помощью переносных расходомеров и датчиков давления с автоматической регистрацией данных.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ

В конечном итоге работа по проведению энергоресурсаудита должна заканчиваться разработкой программы устранения нерациональных потерь энергии и связанным с этим повышением экономической эффективности работы коммунальных предприятий и объектов. Проводится технико-экономический анализ эффективности предлагаемых мероприятий, определяются сроки окупаемости, разрабатывается очередность их внедрения. Предпочтение отдается тем предложениям, которые имеют небольшие затраты и малые сроки окупаемости.

Перечень рекомендуемых малозатратных мероприятий по энергоресурсосбережению разработан АКХ им. К. Д. Памфилова и утверждён Госстроем России [[п. 75](#)].

Как правило, малозатратные организационно-технические мероприятия, наводящие элементарный порядок в энергопользовании, позволяют получить в

самый короткий срок экономии до 10 - 25 % энергоресурсов (срок окупаемости - до 3 лет).

Реализация проектов с большими финансовыми затратами и сроками окупаемости переносится на более поздний период и учитывается при планировании капитальных ремонтных работ.

В простейшем случае оценка эффективности применения энергосберегающих проектов проводится по сроку окупаемости инвестиций, необходимых для реализации этих проектов:

$$T_{ок} = \sum I / \sum \varepsilon_{год},$$

где:

$\sum I$ - суммарные инвестиции на реализацию энергосберегающего проекта.

$\sum \varepsilon$ - годовой экономический эффект от применения энергосберегающего проекта, включая экономию энергоресурсов и других затрат предприятия, связанные с реализацией предприятия, за вычетом годовых затрат на эксплуатацию мероприятий.

Более глубокой является оценка эффективности инвестиций на реализацию энергосберегающих проектов, учитывающая также оплаты по банковской кредитной ставке, инфляцию, в некоторых случаях обесценивающую положительный эффект от энергосбережения. Инвестиционный анализ позволяет сравнить эффективность различных энергосберегающих проектов, оценить, насколько эффективнее вкладывать денежные средства в реализацию энергосберегающего проекта по сравнению с использованием их в банковском бизнесе и других финансовых проектах, в которых можно получить заранее обусловленный процент прибыли.

Для этого к начальному времени реализации проекта приводят все доходы, поступающие за время его действия и сравнивают их затратами на реализацию проекта, т. е. с инвестициями в проект.

По второй схеме анализа строится график погашения кредита, полученного на реализацию энергосберегающего проекта, при заданной процентной банковской ставке и экономическом эффекте, направляем на погашение кредита.

Дифференциальное уравнение погашения кредита:

$$dN = Nk dt - N_2 dt$$

где:

dN - изменение кредита с учетом процентов по платежам $Nk dt$ и выделением прибыли $N_2 dt$ за время dt на погашение кредита.

N - текущий долг по кредиту за рассматриваемый интервал времени dt ,

$$0 < t < t_{расч}$$

N_0 - начальное значение долга.

k - процентная ставка кредита (Сбербанка до года - 26 , 32 %, свыше года - 30 , 36, валютный кредит - 13 , 17 %);

N_2 - прибыль от реализации проекта, идущая на погашение долга;

t - текущее время, годы.

$t_{расч}$ - расчетный период.

Зависимость долга за рассматриваемый период t погашения кредита:

$$N = N_0 e^{kt} - (N_2/k) (e^{kt} - 1)$$

где: N_0 - долг на начало рассматриваемого периода.

Условие снижения долга:

$$N_2 > N_0 k$$

Срок погашения кредита $t_{ноз}$ для периода без дополнительных заимствований:

$$\tau_{ноз} = (1/k) \ln (N_2 / (N_2 - N_0 k))$$

Если в течение периода вводятся дополнительные кредиты, то расчет ведется по этапам, заключенным между дополнительными кредитами.

Минимальная начальная стоимость при условии погашения кредита к сроку t полного износа (в частности, ресурс оборудования), заданной прибыли N_2 и банковской процентной ставки k :

$$N_0 = (N_2 / k) (1 - 1/e^{kt})$$

Если решить это уравнение относительно k , то можно определить значение минимальной ставки кредита для окупаемости за период t , при заданных N_2 и N_0 .

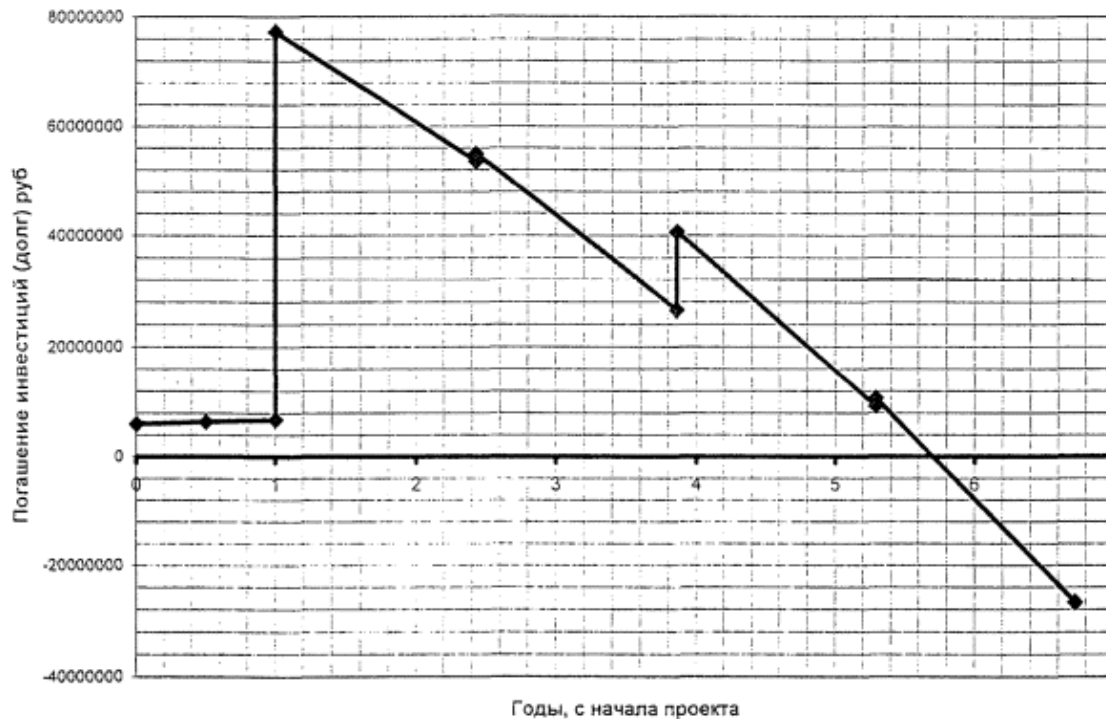


Рис. 21. Оценка сроков окупаемости кредита на реализацию энергосберегающего проекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон РФ «Об энергосбережении» от 3 апреля 1996 № 28-ФЗ.
2. Указ Президента РФ от 7 мая 1995 № 472 «Об основных направлениях энергетической политики и структурной перестройки топливно-энергетического комплекса Российской Федерации на период до 2010 года».
3. Постановление Правительства РФ «О федеральной целевой программе «Энергосбережение России» на 1998-2005 годы» от 24 января 1998 № 80.
4. Федеральная целевая программа «Энергосбережение России» - основа энергосберегающей политики государства в регионах и отраслях экономики на 1998-2005 гг. Министерство топлива и энергетики Российской Федерации. Российское Агентство Энергоэффективности, Москва 1998 г.
5. Постановление Правительства РФ от 12 августа 1998 № 938 «О государственном энергетическом надзоре в Российской Федерации».

6. Постановление Правительства РФ от 15 июня 1998 № 588 «О дополнительных мерах по стимулированию энергосбережения в России».

7. Минтопэнерго РФ. Пакет нормативных правовых документов, рекомендуемых субъектам Российской Федерации для реализации региональной энергосберегающей политики. Том 1 Пакет типовых нормативных правовых документов, Том 2 Сборник региональных нормативных правовых документов, методик и программ. Москва, 1998 г.

8. Минтопэнерго России. Департамент государственного энергетического надзора и энергосбережения. Временные руководящие указания по организации работ в сфере энергосбережения в управлениях государственного энергетического надзора в субъектах Российской Федерации. Том 1, 2 и 3, г. Москва, 1999 г.

9. Федеральный закон Российской Федерации «О лицензировании отдельных видов деятельности» от 25 сентября 1998 г. № 158-ФЗ.

10. Минтопэнерго России. Руководящий документ РД 34.38.128-95. «Методические указания по выдаче специальных разрешений (лицензий) в области энергетики. 2-е издание. Москва, 1997 г.

11. Положение о проведении энергетических обследований предприятий. Минтопэнерго, 1998 г.

12. Нормативные документы и извлечения из них по вопросам энергосбережения. М., Минстрой РФ, 1997.

13. Инструктивные материалы Главгосэнергонадзора России по проведению обследования электрических и теплопотребляющих установок и тепловых сетей. М., АОЗТ «Энергосервис», 1997.

14. Инструкция по эксплуатации тепловых сетей. М. Энергия, 1974.

15. Строительные нормы и правила. Часть II, Нормы проектирования, гл. 3, «Строительная теплотехника», [СНиП II-3-79](#), М., Стройиздат, 1996.

16. Строительные нормы и правила. «Отопление, вентиляция и кондиционирование». [СНиП 2.04.05-91](#), М., Стройиздат, 1988.

17. Богословский В. Н., Поз М. Я., Теплофизика аппаратов утилизации тепла систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. М., Стройиздат, 1983.

18. Булгаков К. В. Энергоснабжение промышленных предприятий. М-Л, «Энергия», 1966.

19. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха. (Справочное пособие), под ред. Богуславского Л. Д., М., Стройиздат, 1990.
20. Манюк В. И. и др. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Справочник. М., Стройиздат, 1983.
21. Рекомендации по испытанию и наладке систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. М., Минмонтажспецстрой, 1989.
22. Пособие по проведению инспекционных обследований состояния жилищно-коммунального обслуживания населения, осуществляемых муниципальной жилищной инспекцией Москвы. М., Стройиздат, 1994.
23. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Общая редакция Федорова А. А., Сербиновского Г. В., в двух книгах, М., «Энергия», 1973.
24. [ВСН-58-88р](#). Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания жилых зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения. М., Госкомархитектура, «Стройиздат», 1990.
25. Методические рекомендации по разработке эксплуатационных режимов систем централизованного теплоснабжения на межотопительный период. М., Роскоммунэнерго, 1995.
26. Методические рекомендации по подготовке и проведению отопительного периода в городах и населенных пунктах. М., Роскоммунэнерго, 1994.
27. Материалы курса «Энергоаудит промпредприятия». НТИЦ ЭТТ МЭИ, 1997.
28. Методические указания по обследованию теплопотребляющих установок закрытых систем теплоснабжения и разработке мероприятий по энергосбережению. Нормативные документы для тепловых электростанций, котельных и тепловых сетей. РД 34.09.455-95, г. Москва, ВТИ, 1996 год.
29. Материалы курса лекций по энергоаудиту. Российско-Датский институт энергоэффективности. М. 1997.
30. Efficient Use of Electricity in Russian Industry and Commercial Sector, Training Programme. Seminar Papers, Volume 1. Danish Energy Agency. Danish Power Consult (DPC). 1997.
31. Промышленность Украины: путь к энергетической эффективности. ЕС-Energy Centre Kiev, Ukraine. TACIS-Programme. 1995.

32. Украина: энергосбережение в зданиях. ЕС-Energy Centre Kiev, Ukraine. TACIS-Programme. 1995.
33. Украина: эффективность малой энергетики. ЕС-Energy Centre Kiev, Ukraine. TACIS-Programme. 1995.
34. Украина: энергосбережение в пищевой промышленности. ЕС-Energy Centre Kiev, Ukraine. TACIS-Programme. 1995.
35. Справочник по централизованному теплоснабжению. Европейская Ассоциация Производителей Предварительно Изолированных Труб для Централизованного теплоснабжения. 1997.
36. Соснин, Е. Н. Бухаркин. Высокоэффективные газовые контактные водонагреватели. М. Стройиздат, 1988.
37. Федоров М. Н. Напольное отопление, М., Транспорт, 1974.
38. Федоров М. Н. Эксплуатация теплооборудования, расход и нормирование топлива в аэропортах. М., Транспорт, 1986.
39. Федоров М.Н. Рекомендации по расчету котельного топлива. М., ОНТИ ГПИ и НИИГА, 1979.
40. «Ценник на выполнение работ по обследованию предприятий для выявления возможных резервов экономии топливно-энергетических ресурсов, составлению энергетического паспорта и экспертизы проектов систем производства, распределения и потребления ТЭР по разделу энергосбережения и повышения эффективности работы», утвержденный Департаментом энергетики и энергосбережения правительства Москвы 03 сентября 1993 г.
41. Руководство по разработке энергетического паспорта потребителя энергоресурсов производственного назначения. Сборник I. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ ПОТРЕБИТЕЛЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ЭПП) (ТИПОВЫЕ ФОРМЫ, переработанные). УПРАВЛЕНИЕ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ХОЗЯЙСТВА ПРАВИТЕЛЬСТВА г. МОСКВЫ, М., 1997.
42. Регламент проведения обследования потребителей энергии г. Москвы (переработанная и уточненная редакция), Сборник II. УПРАВЛЕНИЕ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ХОЗЯЙСТВА ПРАВИТЕЛЬСТВА г. МОСКВЫ, М., 1997.
43. Руководство по разработке энергетического паспорта потребителя энергоресурсов производственного назначения. Сборник III. Пособие по определению показателей энергоэффективности и составлению

энергосберегающих проектов. УПРАВЛЕНИЕ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ХОЗЯЙСТВА ПРАВИТЕЛЬСТВА МОСКВЫ, М., 1997.

44. «Инструкция по расчету экономической эффективности применения частотно регулируемого электропривода», разработанная АО ВНИИЭ и МЭИ, утвержденная Заместителем Министра топлива и энергетики РФ В. В. Бушуевым, согласованная Главгосэнергонадзором РФ. Москва, 1997 год.
45. Каталог продукции НПА ТЕХНОАС, Контрольно-измерительные приборы, Энергоаудит, Установка приборов. 140408 МО, Коломна, а/я 4, т. (09661) + 35147.
46. НПО «Диполь». Инфракрасный термометр «КЕЛЬВИН», Москва, 117342, а/я № 37, т. (095) 3339112, Сертификат № 3150 ГОССТАНДАРТ РОССИИ, 1998 г.
47. ПКФ ХИМТЕХЦЕНТР. Установка химводоподготовки «Комплексон-6», Инструкция по эксплуатации автоматической системы дозирования «Комплексон-6». 170002, г. Тверь, пр. Чайковского, 19-а, т. (0822) + 426036, + 572490 моб.
48. Рекомендации по технологии обработки воды комплексонами в закрытых системах теплоснабжения при температурах теплоносителя до 115 °С. ЖЗ-197. САНТЕХНИИПРОЕКТ, Москва, 1993 г.
49. Рекомендации по технологии обработки воды комплексонами в системах оборотного водоснабжения и паротеплоснабжения при температурах теплоносителя до 210 °С. Фирма «ЭКОЭНЕРГО», г. Ростов-на-Дону, 1996 г.
50. Рекомендации по определению расхода комплексона для стабилизационной обработки воды. ЖЗ-199, Минстрой России, САНТЕХНИИПРОЕКТ, Москва 1994.
51. Перечень № 2932-83 ПДК и ОБУВ в воде веществ в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового пользования МЗ СССР.
52. Перечень материалов и реагентов, разрешенных главным санитарно-эпидемиологическим управлением Министерства здравоохранения СССР для применения в практике хозяйственно-питьевого водоснабжения. № 3255-85, Утвержден Заместителем Главного санитарного врача СССР 25.03.85 г.
53. Дополнительный перечень № 30-11-Т1 Главрыбвода к приложению № 3 «Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами».
54. Список № 6 вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Перечень № 2155-80 МЗ СССР от 18.03.80 г.

55. Список 21-91-80 от 01.08.80 г. Дополнение к списку 14-30-76 от 03.07.76 г. ОБУВ загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

56. Список № 6 вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Перечень №2155-80 МЗ СССР от 18.03.80 г.

57. Основы энергетического менеджмента. Библиотека энергоменеджера. ЭНИЗАН, Москва 1997 г.

58. Пособие по курсу «Методология проведения энергетического аудита». Библиотека энергоменеджера. ЭНИЗАН, Москва 1997 г.

59. Нижегородский государственный технический университет. Нижегородский региональный учебно-научный инновационный центр энергосбережения. «Методика проведения инструментальных обследований при энергоаудите». Нижний Новгород. 1998 г.

60. Нижегородский государственный технический университет. Нижегородский региональный учебно-научный инновационный центр энергосбережения. «Энергоаудит и нормирование расходов энергоресурсов». Сборник методических материалов, Нижний Новгород. 1998 г.

61. Ю. Б. Айзенберг, Н. В. Рожков. Энергосбережение в светотехнических установках. Выпуск 16 (4), М., Дом Света, 1999 г.

62. Методические указания по обследованию теплопотребляющих установок закрытых систем теплоснабжения и разработке мероприятий по энергосбережению. РД 34.09.455-95, Москва, 1996 г.

63. Методические указания по определению тепловых потерь в водяных тепловых сетях. РД 34.34.09.255-97, Москва, ОРГРЭС, 1998 г.

64. Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций. [ГОСТ 26629-85](http://www.gost.ru). Москва, 1986 г.

65. Методические указания по определению расходов топлива, электроэнергии и воды на выработку тепла отопительными котельными коммунальных теплоэнергетических предприятий. Москва, Академия коммунального хозяйства им. Памфилова, 1994 г.

66. Справочно-методическое пособие по определению резервов экономии энергии за счет использования вторичных энергетических ресурсов. Вторая редакция. Министерство энергетики и электрификации СССР, ВНИПИЭНЕРГОПРОМ, Главгосэнергонадзор, Москва, 1986 г.

67. Рациональное использование тепла на мясокомбинатах. РТМ 01-78, Министерство мясной и молочной промышленности РСФСР, Москва 1978 г.
68. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов мясокомбинатов. РТМ 02-78. Министерство мясной и молочной промышленности РСФСР, Москва 1978 г.
69. Общие методические положения по выявлению резервов экономии топлива за счет использования вторичных энергетических ресурсов на промышленных предприятиях. Госплан СССР, НИИ планирования и нормативов. Москва, 1977 г.
70. Основные методические положения по нормированию расхода топливно-энергетических ресурсов в химической промышленности. МИНХИМПРОМ, НИИТЭХИМ, Черкассы, 1981 г.
71. Методика технико-экономического обоснования мероприятий по экономии топлива, тепловой и электрической энергии, планируемых к внедрению в промышленности. НИИПиН, 1976 г.
72. Справочник по проектированию электроэнергетических систем. В. В. Ершович, А. Н. Зейлигер, Г. А. Илларионов и др. Под редакцией С. С. Рокотяна и И. М. Шапиро. 3 изд., М., Энергоатомиздат, 1985 г., 352 стр.
73. Энергоаудит промышленных и коммунальных предприятий. Учебное пособие. Б. П. Варнавский, А. И. Колесников, М. Н. Федоров. Издательство АСЭМ, М., 1999 г.
74. Энергетический менеджмент. Руководство по энергосбережению. Нижний Новгород, 1997 г.
75. Рекомендации по первоочередным малозатратным мероприятиям, обеспечивающим энергоресурсосбережение в ЖКХ города. Москва 2000 г.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБСЛЕДОВАНИЙ

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

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

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

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

Примерный комплект приборов для проведения энергоаудита, их возможности и область применения

А. Электроизмерительные приборы

1. Трехфазные счетчики активной энергии.
2. Портативные электроанализаторы.

Б. Теплотехнические измерительные приборы

1. Ультразвуковой расходомер.
2. Электронный прибор сбора данных.
3. Ультразвуковой толщиномер.
4. Электронные газоанализаторы дымовых газов.
5. Инфракрасный термометр, портативная тепловизионная система.
6. Термоанемометр.

7. Приборы для измерения температуры и влажности воздуха.
8. Контактный цифровой термометр для измерения температур с помощью контактных термодатчиков.
9. Акустический ультразвуковой дефектоскоп (течеискатель).
10. Течеискатель акустический портативный.
11. Тахометр.
12. Люксметр.
13. Автономный измерительный регистратор давления жидкостей и газа.

Помощь в комплектации измерительных приборов может быть осуществлена Базовым экспертным центром МИКХиС тел./факс 278-30-95 или Федеральным Центром Энергоресурсосбережения в ЖКХ тел./факс (095) 490-38-04.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ТАБЛИЦЫ СБОРА ИНФОРМАЦИИ

Форма 1

Наименование коммунального предприятия

Код предприятия, ИНН - 0000000000000000

1. Вид собственности

2. Адрес:

3. Наличие головной организации

4. Ф. И. О. руководителя

5. Ф. И. О. главного инженера

6. Ф. И. О. главного энергетика

7. Телетайп

8. Банковские реквизиты:

9. Телефоны: руководителя предприятия: _____

главного инженера: _____

главного энергетика: _____

факс: _____

для справок: _____

Форма Т1

Общие сведения о предприятии

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

№ п.п.	Наименование	Единица измерения	Базовый год	Текущий год	Примечания
2.1.	Основная продукция (по видам):				
	Отопление	Гкал			
	Горячее водоснабжение	Гкал/год м ³ /год			
	Хозяйственно-питьевое водоснабжение	м ³ /год			
	Очистка стоков	м ³ /год			
	Подача газа	м ³ /год			
	Подача электроэнергии	кВт·час			
2.2.	Дополнительная продукция (по видам)	тонн			
	в т. ч. из ОТХОДОВ				

№ п.п.	Наименование	Единица измерения	Базовый год	Текущий год	Примечания
3.	Среднесписочная численность	чел.			
3.1.	в т. ч. производственный персонал	чел.			
4.	Энергоемкость продукции	тыс. т/у. т. млн. руб.			
5.	Сменность работы цехов				
6.	Продолжительность работы предприятия за год	час			
6.1.	в т. ч. основное производство	час			
6.2.	вспомогательные службы	час			

Форма Т2

Объем выпуска продукции и услуг в базовом году и за текущий период

Наименование продукции	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Базовый год</i>												
Получение эл. энергии тыс. кВт·час												
Получено топлива т у. т												
Получено тепла со стороны Гкал												
Получено со стороны воды м ³												
<i>Выпуск продукции</i>												
Отпущено эл. энергии кВт·час												
Тепла на отопление Гкал												
Воды ГВС												
Хоз-питьевой воды м ³												

Наименование продукции	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Обработано стоков жил. быт. м ³												
Обработано стоков сторонних м ³												
<i>Текущий период</i>												
Получение эл. энергии тыс. кВт·час												
Получено топлива т у. т												
Получено тепла со стороны Гкал												
Получено со стороны воды м ³												

Форма ТЗ

Исходные данные для расчета расхода тепла на отопление и ГВС

№ п.п.	Наименование энергоносителя	Един. изм.	Потребленное кол-во в 200__ г.	Сведения об энергоносителях	
				Наименование характеристики	Информация и примечания
1.	Топливо				
1.1	Котельно-печное топливо	т. у. т.		1.1. Вид топлива	
				1.2. Марка	
				1.3. Теплота сгорания, ккал/(нм куб.)	
				1.4. Переводной коэффициент в условное топливо	Средний за год
					Резервное топливо
1.2	Моторное топливо	т. у. т.			
2.	Электроэнергия	тыс. кВт·ч		2.1. Количество ТП	

№ п.п.	Наименование энергоносителя	Един. изм.	Потребленное кол-во в 200__ г.	Сведения об энергоносителях	
				Наименование характеристики	Информация и примечания
				2.2. Суммарная мощность ТП (КВа)	
				2.3. Напряжение ТП (кВ)	
3.	Теплоэнергия	Гкал		3.1. Давлен., кг/см ²	Заполняется для случая потребления от стороннего источника
				3.2. Температура (пара, прямой и обратной воды, конденсата), °С	
				3.3. Температура перегрева пара, °С	

Форма Т5

Расход и стоимостные показатели энергоносителей (с НДС) (плановые показатели) (показать стоимость очистки сточных вод)

СТОИМОСТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗА БАЗОВЫЙ ГОД

Месяц	Заявл. мощн. кВт	Цена заявл. мощ., тыс. руб./кВт	Тариф за эл./эн., руб./кВт·ч	Собственное потребление эл./эн., тыс. кВт·ч	Стоим. эл./эн., тыс. руб	Цена нм газа, руб/нм ³	Расход газа, тыс. нм ³	Стоим. газа, тыс. руб.	Выработка тепловой энергии Гкал	Кол-во тепла получ. со сторон Гкал	Стоим. сторон. тепла руб/Гкал	Отпуск. цена 1 Гкал руб/Гкал	Расх. воды м ³	Стоим. воды руб/м ³	Стоим. в оч
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															

СТОИМОСТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗА БАЗОВЫЙ ГОД															
Месяц	Заявл. мощн. кВт	Цена заявл. мощ., тыс. руб./кВт	Тариф за эл./эн., руб./кВт·ч	Собственное потребление эл./эн., тыс. кВт·ч	Стоим. эл./эн., тыс. руб	Цена нм газа, руб/нм ³	Расход газа, тыс. нм ³	Стоим. газа, тыс. руб.	Выработка тепловой энергии Гкал	Кол-во тепла получ. со сторон Гкал	Стоим. сторон. тепла руб/Гкал	Отпуск. цена 1 Гкал руб/Гкал	Расх. воды м ³	Стоим. воды руб/м ³	Стоим. в оч
12															
Год															
СТОИМОСТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗА ТЕКУЩИЙ ПЕРИОД															
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															

СТОИМОСТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗА БАЗОВЫЙ ГОД															
Месяц	Заявл. мощн. кВт	Цена заявл. мощ., тыс. руб./кВт	Тариф за эл./эн., руб./кВт·ч	Собственное потребление эл./эн., тыс. кВт·ч	Стоим. эл./эн., тыс. руб	Цена нм газа, руб/нм ³	Расход газа, тыс. нм ³	Стоим. газа, тыс. руб.	Выработка тепловой энергии Гкал	Кол-во тепла получ. со сторон Гкал	Стоим. сторон. тепла руб/Гкал	Отпуск. цена 1 Гкал руб/Гкал	Расх. воды м ³	Стоим. воды руб/м ³	Стоим. в оч
9															
10															
11															
12															
Год															
Цена 1 м ³ воды, руб./м ³ на очистных =															

Форма Т6

Сведения о трансформаторных подстанциях

№ подстанции	Год ввода в экспл.	Тип	Кол-во, шт.	Мощность, кВт		Напряжен. высш/низш, кВ	Состояние оборудования
				одного	всего		

№ подстанции	Год ввода в экспл.	Тип	Кол-во, шт.	Мощность, кВт		Напряжен. высш/ низш, кВ	Состояние оборудования
				одного	всего		

Форма Т7

Устройства для компенсации реактивной мощности

Наименование компенсационных устройств и места их установки	Кол-во	Мощность	Способ управл.	Состояние оборудования

Наименование компенсационных устройств и места их установки	Кол-во	Мощность	Способ управл.	Состояние оборудования

Форма Т8

Учет расхода энергоносителей

№ п.п.	Наименование энергоносителей	Коммерческий учет			Внутренний учет на производстве					Примечания, характеристики системы снабжения
		тип прибора или метод измерения	марка	кол-во	объекты измерения (цех, установка)	Электропотребление, кВт·ч	тип прибора или метод измерения	марка	кол-во	
1.	Котельно-печное топливо									
1.1.	Газообразное									

№ п.п.	Наименование энергоносителей	Коммерческий учет			Внутренний учет на производстве					Примечания, характеристики системы снабжения
		тип прибора или метод измерения	марка	кол-во	объекты измерения (цех, установка)	Электропотребление, кВт·ч	тип прибора или метод измерения	марка	кол-во	
1.2.	Жидкое									
1.3.	Твердое									
2.	Электроэнергия									
3.	Теплоэнергия (пар):									
3.1.	сторонний источник									

№ п.п.	Наименование энергоносителей	Коммерческий учет			Внутренний учет на производстве					Примечания, характеристики системы снабжения
		тип прибора или метод измерения	марка	кол-во	объекты измерения (цех, установка)	Электропотребление, кВт·ч	тип прибора или метод измерения	марка	кол-во	
3.2.	отпуск от собственной котельной на производств. нужды									
3.3.	отпуск от собственной котельной на сторону									
4.	Вода:									
4.1.	артезианская									
4.2.	из водопровода предприятия									

Форма Т9

Сведения о коммуникациях предприятия

Коммуникации	Год ввода в эксплуатацию	Протяженность, км	Состояние коммуникаций
А. Воздушные электрические			
	6 - 10 кВ		
	0,4 кВ и ниже		
Б. Кабельные свыше 1000 В			
В. Тепловые сети: теплопроводы, паропроводы			Диаметры, протяженность, характеристика тепловой изоляции, состояние, температуры теплоносителя
Магистральные сети			
Внутриквартальные сети			

Коммуникации	Год ввода в эксплуатацию	Протяженность, км	Состояние коммуникаций
Сети ГВС			
конденсатопроводы ($d = 50$ мм и выше), спутники и т. п.			
Г. Газопроводы			

Форма Т10

Установленная мощность электроприемников по направлениям использования

№ п.п.	Тип котлоагрегата, в т. ч. тип и количество горелок	Год ввода в эксплуатацию	Кол-во, шт.	Производител., т/час / Гкал/час		Давление, кг/см ² расчет./факт., МПа	Темпер. уход. газов, °С		Кoeffиц. избытка воздуха	Пов. нагрева котла, м ²	КПД «брутто» по рез. послед. испытан. (режимн. карты)
				проектная	фактич.		за котлом	за экономайзером			
	Паровые котлы										
	Водогр. котлы										

Форма Т12

Вспомогательное оборудование котельной, систем отопления и ГВС

Наименование, тип оборудования и характеристики	Кол-во	Произв. оборудования		Напор НС и тягодут. оборудования		Устан. мощность, кВт	Год. фонд раб. врем., час	Состояние оборудования
		един. измер.	производит.	един. измер.	напор			
Деаэратор								
Тип химводоочистки								
Вид смолы								
Фильтры								
Дымососы								
Вентиляторы								
Питательные насосы								
Конденсатные насосы								
Подпиточные насосы								
Бойлеры								

Наименование, тип оборудования и характеристики	Кол-во	Произв. оборудования		Напор НС и тягодут. оборудования		Устан. мощность, кВт	Год. фонд раб. врем., час	Состояние оборудования
		един. измер.	производит.	един. измер.	напор			
Сетевые насосы отопления								
Рециркуляционные насосы ГВС								
Циркуляционные насосы								

Форма Т13

Оборудование хозяйственно-питьевого водоснабжения для каждого водозабора и станции водоподъема

Наименование, тип оборудования и характеристики	Кол-во	Произв. оборудования		Напор НС оборудования		Устан. мощность, кВт	Год. фонд раб. врем., час	Состояние оборудования
		един. измер.	производит.	един. измер.	напор			
Артезианские насосы (насосы первого подъема)								

Наименование, тип оборудования и характеристики	Кол-во	Произв. оборудования		Напор НС оборудования		Устан. мощность, кВт	Год. фонд раб. врем., час	Состояние оборудования
		един. измер.	производит.	един. измер.	напор			
Насосы 2-го подъема								
Насосы 3-го подъема								
Резервуары								

Форма Т14

Оборудование тепловых пунктов

Наименование, тип оборудования и характеристики	Кол-во	Произв. оборудования		Напор НС оборудования		Устан. мощность, кВт	Год. фонд раб. врем., час	Состояние оборудования
		един. измер.	производит.	един. измер.	напор			
Сетевые насосы								
Насосы ГВС								
Бойлеры								

Сведения о компрессорном оборудовании очистных сооружений, вырабатывающем сжатый воздух

Тип компрессора, марка	Год ввода в экспл.	Кол-во, шт.	Кол. ступ. компрес.	Производительн., м ³ /мин	Давлен., кгс/см ² (МПа)	Установл. мощность эл/прив., кВт	Среднегод. выработка сж. возд., нм ³	Год. фонд раб. вр., час.	Система охладж. компрес.	Наличие приборов учета расхода	Состоян. оборудов.

Форма Т15

Оборудование очистных сооружений и КНС

Наименование, тип оборудования и характеристики	Кол-во	Произв. оборудования		Напор НС оборудования		Устан. мощность, кВт	Год. фонд раб. врем., час	Состояние оборудования
		един. измер.	производит.	един. измер.	напор			
Очистные сооружения:								
Насосы								
Компрессоры, воздуходувки								

Наименование, тип оборудования и характеристики	Кол-во	Произв. оборудования		Напор НС оборудования		Устан. мощность, кВт	Год. фонд раб. врем., час	Состояние оборудования
		един. измер.	производит.	един. измер.	напор			
Станции перекачки:								
Насосы								

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ КОММУНАЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Баланс потребления котельно-печного топлива в 200... г

т. у. т

№ п.п.	Статьи прихода/ расхода	Суммарное потребление энергии	в том числе:		Коэффициент полезного использования	Примечание
			расчетно- нормативное потребление с учетом нормативных потерь	потери энергии: эксплуатацион. - неизбежные/ фактические		
I.	Приход:					
	Итого приход					
II.	Расход					
1.	На выработку теплоэнергии в котельной					
2.	На газоснабжение населения					
	Итого суммарный расход					

Приложение Е2

Характеристика использования моторных топлив транспортными средствами

№№ п.п.	Статьи прихода/расхода	Суммарное потребление	Расчетно-нормативное потребление	Потери		Фактический удельный расход, л/т. км	Примечания
				Неизбежные	Фактические		
I.	Приход:						
	Итого, приход						
II.	Расход						
1.	Транспортировка грузов						
2.	Перевозка людей						
3.	На выработку энергии						
	Итого, расход						

Приложение Ж

Удельный расход ТЭР на выпускаемую продукцию

№ п.п.	Виды энергоносителей и наименование продукции (работ)	Единицы измерения	Базовый ... год: фактический удельный расход общезаводской/цеховой	Расчетные удельные расходы энергоносителей (нормативы) по видам продукции с учетом реализации программы энергосбережения (Ф.16) при объеме производства в г. обследования по годам					Примечание
				текущий год	2	3	4	5	
1.	Котельно-печное топливо								
1.1.	на производство теплоэнергии	кг у. т./ Гкал	-						
2.	Электроэнергия	кВт·ч/ ед. изд	-						
2.1.	На производство тепла	кВт/Гкал							
2.2.	На теплоснабжение	кВт/Гкал							
2.3.	На горячее водоснабжение	кВт/м ³							
2.4.	На водоснабжение	кВт/м ³							

№ № п.п.	Виды энергоносителей и наименование продукции (работ)	Единицы измерения	Базовый ... год: фактический удельный расход общезаводской/ цеховой	Расчетные удельные расходы энергоносителей (нормативы) по видам продукции с учетом реализации программы энергосбережения (Ф.16) при объеме производства в г. обследования по годам					Примечание
				текущий год	2	3	4	5	
2.5.	На водоотведение и очистку стоков	кВт/м ³	-						

Приложение 3

Перечень энергосберегающих мероприятий

№ п.п.	Наименование мероприятий. вид энергоресурса	Затраты	Годовая экономия топливно-энергетических ресурсов		Согласованный срок внедрения, кв. год	Срок окупаемости	Примечание
			в натуральном выражении	в стоимостном выражении, млн. руб (по тарифу)			
	Котельно- печное топливо, т. у. т.						
	Тепловая энергия, Гкал						

№ п.п.	Наименование мероприятий. вид энергоресурса	Затраты	Годовая экономия топливно-энергетических ресурсов		Согласованный срок внедрения, кв. год	Срок окупаемости	Примечание
			в натуральном выражении	в стоимостном выражении, млн. руб (по тарифу)			
	Электроэнергия, тыс. кВт·ч						
	Моторное топливо - бензин - керосин - дизельное топливо						
	Всего тыс. т. у. т. Гкал л, т						

№ п.п.	Наименование мероприятий. вид энергоресурса	Затраты	Годовая экономия топливно-энергетических ресурсов		Согласованный срок внедрения, кв. год	Срок окупаемости	Примечание
			в натуральном выражении	в стоимостном выражении, млн. руб (по тарифу)			
	в т. ч. по принятым к внедрению						
	тыс. т. у. т. Гкал тыс. кВт·ч л, т						

Энергетический паспорт гражданского здания

№ п.п.	Энергетический показатель	Обозначение и размерность показателя	Нормативное значение показателя	Расчетное (проектное) значение показателя	Фактическое значение показателя
Объемно-планировочные параметры здания					
1.	Геометрические параметры - общая площадь наружных ограждающих конструкций, в т. ч.:			14639	

№ п.п.	Энергетический показатель	Обозначение и размерность показателя	Нормативное значение показателя	Расчетное (проектное) значение показателя	Фактическое значение показателя
		$A_{\Sigma}^{ст}, м^2$			
	наружных стен	$A_w, м^2$	-	10254	
	окон	$A_{F1}, м^2$	-	2251	
	покрытия (чердачного перекрытия)	$A_{c1}, м^2$		1067	
	перекрытия 1-го этажа	$A_{f1}, м^2$	-	1067	
	- площадь отапливаемых помещений	$A_h, м^2$		16850	
	- отапливаемый объем	$V_h, м^3$	-	48815	
	- коэффициент остекленности	-	0,18	0,18	
	$f = A_f / A_w + A_f$				
	- отношение площади наружных ограждений к площади отапливаемых помещений	-	-	,87	

№ п.п.	Энергетический показатель	Обозначение и размерность показателя	Нормативное значение показателя	Расчетное (проектное) значение показателя	Фактическое значение показателя
	A_e^{sum} / A_k <p>- отношение площади наружных ограждений к отапливаемому объему</p> A_e^{sum} / V_k	-	0,25	0,3	
Теплотехнические показатели					
2.	Приведенное сопротивление теплопередачи наружных ограждений	R_{Σ}^* , м ² ·С/Вт			
	- стен по продольному фасаду	R_w	3,1	2,7	
	- торцевых стен	R_w	3,1	2,7	
	- окон и балконных дверей	R_F	0,55	0,55	
	- покрытий (чердачных перекрытий)	R_c	4,7	4,7	
	- перекрытия 1 этажа		4,1	4,1	

№ п.п.	Энергетический показатель	Обозначение и размерность показателя	Нормативное значение показателя	Расчетное (проектное) значение показателя	Фактическое значение показателя
3.	Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания	$K_m^{\text{пр}}$, Вт/($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)		0,65	
4.	Воздухопроницаемость				
	- ограждений	G_m , кг/($\text{м}^2 \cdot \text{ч}$)			
	- стен по продольному фасаду	$G_m^{\text{ст}}$	0,5	0,5	
	- торцевых стен	$G_m^{\text{ст}}$	0,5	0,5	
	- окон и балконных дверей	$G_m^{\text{ок}}$	6	6	

№ п.п.	Энергетический показатель	Обозначение и размерность показателя	Нормативное значение показателя	Расчетное (проектное) значение показателя	Фактическое значение показателя
	- покрытий (чердачных перекрытий)	$G_{\text{м}}^c$	0,5	0,5	
	- цокольных перекрытий	$G_{\text{м}}^c$	0,5	0,5	
5.	Приведенный (условный) инфильтрационный коэффициент теплопередачи здания	$K_{\text{м}}^{\text{inf}}$, Вт/($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)	-	0,73	
6.	Показатель теплоусвоения пола	Y_f , Вт/($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)	12	12	
7.	Общий коэффициент теплопередачи здания	K_m , Вт/($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)	-	1,37	
Теплоэнергетические показатели					
8.	Потребность в отопительной тепловой энергии здания в течение отопительного периода		-	1671673	

№ п.п.	Энергетический показатель	Обозначение и размерность показателя	Нормативное значение показателя	Расчетное (проектное) значение показателя	Фактическое значение показателя
		Q_k^y , кВт·ч/ (м ² ·год)			
9.	Удельный расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода	$q_{k,от}$, Вт·ч/ (м ² ·°С·сут)	-	21	
10.	Коэффициент энергетической эффективности системы теплоснабжения здания от источника теплоты (расчетный)	h^o	-	0,5	
11.	Удельный расход тепловой энергии системой теплоснабжения на отопление здания от источника теплоты (расчетный) ^{*)}	g_e , г. у. т./ (м ² ·°С·сут)	-	5,44	
12	Оснащенность приборами учета расхода энергоресурсов				
13	Характеристики системы регулирования отопления				

^{*)} Примечание: 1 г. у.т. = 7,721 Вт·ч.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. НОРМАТИВЫ РАСХОДА ТОПЛИВА КОТЛАМИ

ПРИ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Тип котла	Индивидуальный норматив расхода газа на выработку тепловой энергии, кг у. т./Гкал
ММЗ-у-0,8/9; ТМЗ-1,0/8	181
ТМЗ-0,4/8; ВНИИСТО М4; НР-18 ВНИИСТУ-5 Надточия	179
ПКН-2; ПКН-1С; Энергия (3, 6)	177
ММ -0,4/9; ВДГ-28/8М Универсал (3, 4, 5, 6); Тула	174
ДКВР-10/13; КЧ Ланкаширский КРШ	172

Тип котла	Индивидуальный норматив расхода газа на выработку тепловой энергии, кг у. т./Гкал
МЗК (2г, 1г, 3г, 6г); ДКВ-2-8 ДКВР-2,5-13; ДКВР-4-13 ДКВР-6,5-13; ДКВ-6,5-13 ДКВР-20-13 Шухова-Берлина	170
Минск-1; Газ - 900 ВВД-4-13	168
Е-0,4/9г; ТВГМ-30	164
КГСМ	163
ПТВМ- 30; ПТВМ-30М ПТВМ-50; ПТВМ-100	160
ТВГ-4;ТВГ-8	159

Котлоагрегаты

Тип котлоагрегата	Индивидуальный норматив расхода газа на выработку тепловой энергии, кг у. т./Гкал
ДКВР -2,5-13	159
ДКВР-4-13 ДКВР-6,5-13-250	157
ДКВР-6,5-13 ДКВР-10-13	156
ДКВР-20-13	153

*) Принимаются для оборудования, в стандартах (паспортах) на которое нормативы расхода энергии не установлены.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5. СРЕДНИЕ НОРМЫ УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В БЫТУ И СФЕРЕ ОБСЛУЖИВАНИЯ ГОРОДОВ, КВТ·Ч/ЧЕЛ., 1985 Г

Республика, район	Освещение	Электробытовые приборы	Приготовление пищи	Низкотемпературные процессы	Итого	Освещение общественных зданий	Освещение улиц	Р
Российская Федерация	140	240	70	50	500	112	34	
В том числе районы:								
Северо-Западный	140	240	70	50	500	114	32	
Центральный	140	240	70	60	510	98	30	
Волго-Вятский	150	250	80	60	540	130	36	
Центрально-Черноземный	140	240	70	50	500	112	30	
Поволжский	110	195	55	35	395	87	30	
Северо-Кавказский	140	240	70	50	500	116	37	
Уральский	140	240	70	50	500	120	33	
Западно-Сибирский	130	220	65	45	460	110	33	
Восточно-Сибирский	150	250	80	60	540	142	38	

Республика, район	Освещение	Электробытовые приборы	Приготовление пищи	Низкотемпературные процессы	Итого	Освещение общественных зданий	Освещение улиц
Дальневосточный	180	300	100	60	640	142	42

Примечание: Поправочный коэффициент для различных групп городов.

Город	Население, тыс. чел.	Коэффициент
Крупный и крупнейший	250 - 500 и более	1,1
Большой	100 - 250	1,0
Средний	50 - 100	0,97
Малый	Менее 50	0,73

ПРИЛОЖЕНИЕ 6. СРЕДНИЕ НОРМЫ УДЕЛЬНОГО ГОДОВОГО РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В БЫТУ И СФЕРЕ ОБСЛУЖИВАНИЯ СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ, КВТ·Ч/ЧЕЛ. 1985 Г

Республика, район	Жилой сектор				Общественный сектор				Всего
	Освещение домов	Бытовые приборы	Приготовление пищи	Итого	Освещение домов	Бытовые приборы	Приготовление пищи	Итого	
Российская Федерация	125	85	40	250	30	120	20	170	420
В том числе районы:									
Северо-Западный	165	85	40	290	45	160	25	230	520
Центральный	110	70	30	210	30	105	15	150	360
Волго-Вятский	130	75	35	240	35	120	15	170	410
Центрально- Черноземный	115	70	35	220	35	120	15	170	390
Поволжский	105	80	35	220	30	100	15	145	365
Северо- Кавказский	125	100	45	270	35	125	20	180	450
Уральский	150	95	45	290	40	140	20	200	490
Западно- Сибирский	140	110	50	300	35	140	25	200	500
Восточно- Сибирский	110	90	40	240	30	110	20	160	400

Республика, район	Жилой сектор				Общественный сектор				Всего
	Освещение домов	Бытовые приборы	Приготовление пищи	Итого	Освещение домов	Бытовые приборы	Приготовление пищи	Итого	
Дальневосточный	90	70	35	195	25	95	15	135	330

ПРИЛОЖЕНИЕ 7. СТРУКТУРА ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА КОММУНАЛЬНО-БЫТОВЫЕ НУЖДЫ, %. (СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ 1985 г)

Наименование	Достигнутый уровень	Перспектива		
		5 лет	10 лет	15 лет
Жилой сектор	40	45	50	50
В том числе:				
освещение	11,8	12,6	14,5	14,5
электробытовые приборы	20,8	22,0	23,3	22,3
приготовление пищи	3,8	6,7	7,8	8,0

Наименование	Достигнутый уровень	Перспектива		
		5 лет	10 лет	15 лет
низкотемпературные процессы (отопление, горячее водоснабжение, кондиционирование)	3,6	3,7	4,4	5,2
Общественный сектор	60	55	50	50
Всего	100	100	100	100

Структура потерь энергии в сетях, %

Элементы сети	Потери		
	Переменные	Постоянные	Всего
Линии электропередач	60	5	65
Подстанции	15	20	35
В том числе:			
Трансформаторы	15	15	30
другие элементы		3	3
Расход электроэнергии на собственные нужды (СН)		2	2

Элементы сети	Потери		
	Переменные	Постоянные	Всего
Итого:	75	25	100

ПРИЛОЖЕНИЕ 8. ВОЗМОЖНЫЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ РЕШЕНИЯ ПО СНИЖЕНИЮ РАСХОДА ТОПЛИВА И ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЭНЕРГОИСТОЧНИКАМИ

Наименование мероприятия	Возможная экономия топлива, энергии
замена морально и физически устаревших котлов	19 - 20 кг у. т./Гкал отпущенной тепловой энергии
установка турбогенераторов единичной мощностью от 0,5 до 3,5 МВт в промышленно-отопительных котельных с паровыми котлами	снижение удельного расхода топлива до 167-174 г. у. т./кВт·ч
использование дизельных блок-ТЭЦ малой мощности (500 кВт - 4 МВт) на природном газе для энергоснабжения промпредприятий	повышение КПД энергоустановки с учетом утилизации тепла - 83 %
применение вакуумных и щелевых деаэраторов (позволяющих снизить температуру питательной воды с 104 до 65 - 70 °С)	повышение КПД на 1,5 - 2 %

Наименование мероприятия	Возможная экономия топлива, энергии
забор теплого воздуха из верхней зоны котельного зала	0,013 т. у. т. на 10 м ³ тыс. м ³ воздуха
автоматизация процессов горения и питания котлоагрегатов	топливо - 1,5 - 2 %
установка обдувочных агрегатов для очистки наружных поверхностей нагрева котлоагрегатов и котлоутилизаторов	топливо от 1,5 - 2 % для котлоагрегатов, до 5 - 10 % для котлов-утилизаторов
замена горелок ГМГ на ГМГ-М в котлах ДКВР с уменьшением <i>a</i> до 1,05	увеличение КПД на 1 - 1,5 %
увеличение возврата конденсата в котельную на каждые 10 %	топливо - 1,0 - 1,5 %
установка воздухоподогревателя или экономайзера поверхностного питательного	топливо - 4 - 7 %
установка экономайзера: поверхностного теплофикационного	топливо - 6 - 9 %
контактного при наличии за котлов поверхностного экономайзера и потребителей горячей воды	топливо - 8 - 10 %
контактного при отсутствии за котлов поверхностного экономайзера и наличии потребителей всей горячей воды	топливо - 12 - 18 %

Наименование мероприятия	Возможная экономия топлива, энергии
использование эффективных теплоизоляционных материалов для снижения нормативных потерь теплоэнергии в бесканальных теплопроводах:	
фенольных и фурфурольных паропластов типа ФЛ и ФТ с коэффициентом теплопроводности 0,04 - 0,05 ккал/м·час·°С	снижение тепловых потерь в 2 - 3 раза
карбамидных пенопластов с коэффициентом теплопроводности 0,03 ккал/м·час·°С	снижение тепловых потерь в 2 раза
пенополимербетонной теплоизоляции (0,015 ккал/м·час·°С)	снижение тепловых потерь в 2 раза
пенополимеруретановой теплоизоляции (0,05 ккал/м·час·°С)	снижение тепловых потерь в 2 - 3 раза
применение автоматического регулирования непрерывной продувки котлов	сокращение продувки на 18 - 20 %
использование тепла конденсата для подогрева воды на обратной линии системы отопления	10 - 20 % от тепла конденсата
использование тепла отработавшего пара для подогрева сетевой воды	10 - 30 % от тепла отработавшего паром
использование тепла воды, охлаждающей технологическое оборудование использование избыточного тепла верхней зоны горячих цехов для обогрева холодных участков (теплообменники типа ТСН)	10-40 % от тепла охлаждающей воды экономия теплоэнергии 13 Гкал/г·м ² площади

Наименование мероприятия	Возможная экономия топлива, энергии
применение конденсатоотводчиков	экономия теплоэнергии 10 - 40 %

ПРИЛОЖЕНИЕ 9. УДЕЛЬНЫЕ НОРМЫ РАСХОДА ХОЛОДНОЙ И ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ ([СНиП 2.04.01-85](#). ВНУТРЕННИЙ ВОДОПРОВОД И КАНАЛИЗАЦИЯ ЗДАНИЙ)

Водопотребители	Измеритель	Общая (в том числе горячей) $Q_{ц,ж}^{tot}$	Горячей $Q_{ц,ж}^h$
1. Жилые дома квартирного типа:			
с водопроводом и канализацией без ванн	1 житель	95	-
с газоснабжением	- » -	120	-
с водопроводом, канализацией и ваннами с водонагревателями, работающими на твердом топливе	- » -	150	-

Водопотребители	Измеритель	Общая (в том числе горячей) $Q_{u,ж}^{tot}$	Горячей $Q_{u,ж}^h$
с водопроводом, канализацией и ваннами с газовыми водонагревателями	- » -	190	-
с быстродействующими газовыми нагревателями и многоточечным водоразбором	- » -	210	-
с централизованным горячим водоснабжением, оборудованные умывальниками, мойками и душами	- » -	195	85
с сидячими ваннами, оборудованными душами	- » -	230	90
с ваннами длиной от 1500 до 1700 мм, оборудованными душами	- » -	250	105
высотой св. 12 этажей с централизованным горячим водоснабжением и повышенными требованиями к благоустройству	- » -	360	115
2. Общежития:			
с общими душевыми	- » -	85	50
с душами при всех жилых комнатах	- » -	110	60

Водопотребители	Измеритель	Общая (в том числе горячей) $Q_{u,ж}^{tot}$	Горячей $Q_{u,ж}^h$
с общими кухнями и блоками душевых на этажах при жилых комнатах в каждой секции здания	- » -	140	80
3. Гостиницы, пансионаты и мотели с общими ваннами и душами	- » -	120	70
4. Гостиницы и пансионаты с душами во всех отдельных номерах	- » -	230	140
5. Гостиницы с ваннами в отдельных номерах, % от общего числа номеров:			
до 25	- » -	200	100
до 75	- » -	250	150
до 100	- » -	300	180
6. Больницы:			
с общими ваннами и душевыми	1 койка	115	75
с санитарными узлами, приближенными к палатам	- » -	200	90

Водопотребители	Измеритель	Общая (в том числе горячей) $Q_{u,ж}^{tot}$	Горячей $Q_{u,ж}^h$
инфекционные	- » -	240	110
7. Санатории и дома отдыха:			
с ваннами при всех жилых комнатах	- » -	200	120
с душами при всех жилых комнатах	- » -	150	75
8. Поликлиники и амбулатории	1 больной в смену	13	5,2
9. Детские ясли-сады:			
с дневным пребыванием детей			
со столовыми, работающими на полуфабрикатах	1 ребенок	21,5	11,5
со столовыми, работающими на сырье, и прачечными, оборудованными автоматическими стиральными машинами	- » -	75	25
с круглосуточным пребыванием детей:			
со столовыми, работающими на полуфабрикатах	- » -	39	21,4

Водопотребители	Измеритель	Общая (в том числе горячей) $Q_{г,ж}^{tot}$	Горячей $Q_{г,ж}^h$
со столовыми, работающими на сырье, и прачечными, оборудованными автоматическими стиральными машинами	- » -	93	28,5
10. Пионерские лагеря (в том числе круглогодичного действия):			
со столовыми, работающими на сырье, и прачечными, оборудованными автоматическими стиральными машинами	1 место	130	40
со столовыми, работающими на полуфабрикатах, и стиркой белья в централизованных прачечных	- » -	55	30
11. Прачечные:			
механизированные	1 кг сухого белья	75	25
немеханизированные	- » -	40	15
12. Административные здания	1 работающий	12	5
13. Учебные заведения (в том числе высшие и средние специальные) с душевыми при	1 учащийся и 1 преподаватель	17,2	6

Водопотребители	Измеритель	Общая (в том числе горячей)	Горячей
		$\sum Q_{u,ж}$	$Q_{u,ж}^h$
гимнастических залах и буфетами, реализующими готовую продукцию			
14. Лаборатории высших и средних специальных учебных заведений	1 прибор в смену	224	112
15. Общеобразовательные школы с душевыми при гимнастических залах и столовыми, работающими на полуфабрикатах	1 учащийся и 1 преподаватель в смену	10	3
То же, с продленным днем	- » -	12	3,4
16. Профессионально-технические училища с душевыми при гимнастических залах и столовыми, работающими на полуфабрикатах	- » -	20	8
17. Школы-интернаты с помещениями:			
учебными (с душевыми при гимнастических залах)	- » -	9	2,7
спальными	1 место	70	30
18. Научно-исследовательские институты и лаборатории:			

Водопотребители	Измеритель	Общая (в том числе горячей) $Q_{u,ж}^{tot}$	Горячей $Q_{u,ж}^h$
химического профиля	1 работающий	460	60
биологического профиля	- » -	310	55
физического профиля	- » -	125	15
естественных наук	- » -	12	5
19. Аптеки:			
торговый зал и подсобные помещения	- » -	12	5
лаборатория приготовления лекарств	- » -	310	55
20. Предприятия общественного питания:			
для приготовления пищи:			
реализуемой в обеденном зале	1 условное блюдо	16	12,7
продаваемой на дом	- » -	14	11,2

Водопотребители	Измеритель	Общая (в том числе горячей) $Q_{u,ж}^{tot}$	Горячей $Q_{u,ж}^h$
Выпускающие полуфабрикаты:			
мясные	1 т	-	-
рыбные	- » -	-	-
овощные	- » -	-	-
кулинарные	- » -	-	-
21. Магазины:			
продовольственные	1 работающий в смену (20 кв. м торгового зала)	250	65
промтоварные	1 работающий в смену	12	5
22. Парикмахерские	1 рабочее место в смену	56	33
23. Кинотеатры	1 место	4	1,5

Водопотребители	Измеритель	Общая (в том числе горячей) $Q_{г,ж}^{tot}$	Горячей $Q_{г,ж}^h$
24. Клубы	- » -	8,6	2,6
25. Театры:			
для зрителей	- » -	10	5
- » - артистов	1 артист	40	25
26. Стадионы и спортзалы:			
для зрителей	1 место	3	1
- » - физкультурников (с учетом приема душа)	1 физкультурник	50	30
для спортсменов	1 спортсмен	100	60
27. Плавательные бассейны:			
пополнение бассейна	% вместимости бассейна в сутки	10	
для зрителей	1 место	3	1

Водопотребители	Измеритель	Общая (в том числе горячей) $Q_{u,ж}^{tot}$	Горячей $Q_{u,ж}^h$
- » - спортсменов (с учетом приема душа)	1 спортсмен (1 физкультурник)	100	60
28. Бани:			
для мытья в мыльной с тазами на скамьях и ополаскиванием в душе	1 посетитель	100	60
то же, с приемом оздоровительных процедур и ополаскиванием в душе:	- » -	-	-
душевая кабина	- » -	-	-
ванная кабина	- » -	-	-
29. Душевые в бытовых помещениях промышленных предприятий	1 душевая сетка в смену	-	-
30. Цехи с тепловыделениями св. 84 кДж на 1 куб. м/ч	1 чел. в смену	-	-
31. Остальные цехи	- » -	-	-
32. Расход воды на поливку:			

Водопотребители	Измеритель	Общая (в том числе горячей) $Q_{u,ж}^{tot}$	Горячей $Q_{u,ж}^h$
травяного покрова	1 кв. м	3	-
футбольного поля	- » -	0,5	-
остальных спортивных сооружений	- » -	1,5	-
усовершенствованных покрытий, тротуаров, площадей, заводских проездов	- » -	0,4 - 0,5	-
зеленых насаждений, газонов и цветников	- » -	3-6	-
33. Заливка поверхности катка	- » -	0,5	-

Примечания:

1. Нормы расхода воды установлены для основных потребителей и включают все дополнительные расходы (обслуживающим персоналом, душевыми для обслуживающего персонала, посетителями, на уборку помещений и т. п.).

Потребление воды в групповых душевых и на ножные ванны в бытовых зданиях и помещениях производственных предприятий, на стирку белья в прачечных и приготовление пищи на предприятиях общественного питания, а также на водолечебные процедуры в водолечебницах, входящих в состав больниц, санаториев и поликлиник, надлежит учитывать дополнительно.

Настоящие требования не распространяются на потребителей, для которых обязательным приложением 3 ([СНиП 2.04.01-85](#)) установлены нормы водопотребления, включающие расход воды на указанные нужды.

2. Нормы расхода воды в средние сутки приведены для выполнения технико-экономических сравнений вариантов.

3. Расход воды на производственные нужды, не указанный в настоящей таблице, следует принимать в соответствии с технологическими заданиями и указаниями по строительному проектированию предприятий отдельных отраслей промышленности.

4. Для водопотребителей гражданских зданий, сооружений и помещений, не указанных в настоящей таблице, нормы расхода воды следует принимать согласно настоящему приложению для потребителей, аналогичных по характеру водопотребления.

5. При неавтоматизированных стиральных машинах в прачечных и при стирке белья со специфическими загрязнениями норму расхода горячей воды на стирку 1 кг сухого белья допускается увеличивать до 30 %.

6. Для предприятий общественного питания и других потребителей горячей воды, где по условиям технологии требуется дополнительный подогрев воды, нормы расхода горячей воды следует принимать согласно настоящему приложению без учета коэффициента, указанного в п. 3.10 ([СНиП 2.04.01-85](#)).

7. Норма расхода воды на поливку установлена из расчета одной поливки. Число поливок в сутки следует принимать в зависимости от климатических условий.

8. При оборудовании холодного водопровода зданий или сооружений смывными кранами вместо смывных бачков следует принимать расход воды санитарно-техническими приборами

$q_o^c = 1,4$ л/с.; общий расход воды q_o^{tot} зданиями и сооружениями согласно п. 3.2 ([СНиП 2.04.01-85](#)).

СОДЕРЖАНИЕ

[Введение](#)

[Терминология, определения](#)

[Правовые основы энергоаудита](#)

[Задачи энергоресурсаудита в жкх](#)

[Основные этапы энергоресурсаудита и их содержание](#)

[Содержание отчета по энергоресурсаудиту](#)

[Методика энергоресурсаудита объектов жилищного коммунального хозяйства](#)

[Энергоаудит электропотребления и системы электроснабжения](#)

[Анализ режимов работы трансформаторных подстанций и систем регулирования \$\cos \varphi\$](#)

[Устройства компенсации реактивной мощности](#)

[Потери энергии в электродвигателях. Проверка соответствия мощности электродвигателей и мощности потребителя](#)

[Применение электроприводов с частотными регуляторами \(чрп\) для оптимизации режимов эксплуатации электропотребляющего оборудования.](#)

[Экономия в системах электрического освещения](#)

[Электробаланс и оценка режимов электропотребления](#)

[Энергоресурсаудит систем теплоснабжения](#)

[Утепление и уплотнение ограждающих конструкций зданий](#)

[Анализ режимов эксплуатации котельного оборудования](#)

[Анализ режимов работы системы теплоснабжения](#)

[Анализ затрат теплоты на отопление](#)

[Анализ режимов работы системы вентиляции](#)

[Анализ режимов работы системы горячего водоснабжения](#)

[Тепловые потери тепловых сетей отопления и гвс](#)

[Потери тепловой энергии в центральных тепловых пунктах](#)

[Теплопотребление внутридомовых систем отопления](#)

[Анализ состояния внутридомовых инженерных систем](#)

[Анализ работы систем водоснабжения](#)

[Анализ работы систем водоотведения](#)

[Технико-экономический анализ энергосберегающих мероприятий](#)

[Литература](#)

[Приложение 1. Измерительные приборы для проведения энергетических обследований](#)

[Приложение 2. Таблицы сбора информации](#)

[Приложение 3. Энергетический паспорт коммунального предприятия](#)

[Приложение 4. Нормативы расхода топлива котлами при оптимальных условиях эксплуатации](#)

[Приложение 5. Средние нормы удельного расхода электроэнергии в быту и сфере обслуживания городов, квт·ч/чел., 1985 г](#)

[Приложение 6. Средние нормы удельного годового расхода электроэнергии в быту и сфере обслуживания сельских населенных мест, квт·ч/чел. 1985 г](#)

[Приложение 7. Структура потребления электроэнергии на коммунально-бытовые нужды, %. \(справочные данные 1985 г\)](#)

[Приложение 8. Возможные энергосберегающие решения по снижению расхода топлива и тепловых потерь энергоисточниками](#)

[Приложение 9. Удельные нормы расхода холодной и горячей воды \(снп 2.04.01-85. Внутренний водопровод и канализация зданий\)](#)