

---

Общероссийским строительным каталогом настоящим Методическим указаниям присвоен номер МДК 1-01.2002.

---

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

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 28.09.1999 N 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 энергоаудита 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 путем 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 энергоресурсопотребления - 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 беспхозяйственности 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.

Примечание. 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 устанавливаются 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, энергопотребления 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 энергоаудита, 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. N 472 "Об основных направлениях энергетической политики и структурной перестройки топливно-энергетического комплекса Российской Федерации на период до 2010 года".

КонсультантПлюс: примечание.

В официальном тексте документа допущена опечатка: Федеральный закон имеет номер 28-ФЗ, а не 23-ФЗ.

- Федеральный закон "Об энергосбережении" 3 апреля 1996 г. N 23-ФЗ.

КонсультантПлюс: примечание.

Постановление Правительства РФ от 24.01.1998 N 80 утратило силу в связи с изданием Постановления Правительства РФ от 24.08.2002 N 630.

- 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. N 80.

КонсультантПлюс: примечание.

В официальном тексте документа, видимо, допущена опечатка: Постановление Правительства РФ "О повышении эффективности использования энергетических ресурсов..." издано 08.07.1997, а не 28.07.1997 года.

- Постановление Правительства РФ "О повышении эффективности использования энергетических ресурсов и воды предприятиями, учреждениями и организациями бюджетной сферы" от 28.07.1997.

- Постановление Правительства РФ "О дополнительных мерах по стимулированию энергосбережения в России" от 15.06.1998 N 588.

КонсультантПлюс: примечание.

Постановление Правительства РФ от 02.11.1995 N 1087 утратило силу в связи с изданием Постановления Правительства РФ от 04.08.2005 N 462.

- Постановление Правительства РФ "О неотложных мерах по энергосбережению" от 2 ноября 1995 г. N 1087.

КонсультантПлюс: примечание.

Федеральная целевая программа "Энергосбережение России" утратила силу в связи с изданием Постановления Правительства РФ от 24.08.2002 N 630.

- 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 N 3 от 20.03.1998.

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

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

В соответствии с 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 энергоресурсаудита и их содержание

Методика организации и проведения самого энергоресурсаудита 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 режимам эксплуатации, техническому состоянию;
- 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 покупаемые 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 энергоресурсоаудита 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 энергоресурсоаудита 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 энергоресурсаудита 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:

$$\Delta \mathcal{E}_a = \Delta P'_{x.x} T_o + \Delta P_{к.з} K_3^2 T_p \text{ кВт} \times \text{ч},$$

где  $\Delta P'_{x.x} = \Delta P_{x.x} + K_{н.п} \Delta Q_{x.x}$  - приведенные потери мощности холостого хода трансформатора, кВт;

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

$K_3 = I_{ср} / I_n$  - коэффициент загрузки трансформатора по току;

$\Delta P_{x.x}$  - потери мощности холостого хода; в расчетах следует принимать по каталогу равными потерям в стали (для трансформатора ТМ-1000/10  $\Delta P_{x.x} = 2,1 - 2,45$  кВт);

$\Delta P_{к.з}$  - потери мощности короткого замыкания; в расчетах следует принимать равными по каталогу потерям мощности в металле обмоток трансформатора (для приведенного выше трансформатора  $\Delta P_{к.з} = 12,2 - 11,6$  кВт);

$K_{н.п}$  - 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;

$\Delta Q_{x.x} = S_{н.т} I_{x.x} / 100$  - постоянная составляющая потерь реактивной мощности холостого хода трансформатора, квар;

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

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

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

$S_{н.т}$  - номинальная мощность трансформатора, кВа (1000 кВа);

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

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

Потери реактивной энергии за учетный период  $\Delta \mathcal{E}_p = S_{н.т} I_{x.x} T_o / 100 + S_{н.т} U_k K_3^2 T_p / 100$  (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.

$$\Delta \mathcal{E}_p = S_{н.т} I_{x.x} T_o / 100 + S_{н.т} U_k K_3^2 T_p / 100_3.$$

При подсчете потерь мощности в трехобмоточном трансформаторе пользуются выражением

$$\Delta P_{т.т} = \Delta P'_{x.x} + \Delta P'_{к.з1} K_{31}^2 + \Delta P'_{к.з2} K_{32}^2 + \Delta P'_{к.з3} K_{33}^2,$$

где  $\Delta P'_{к.31}$ ,  $\Delta P'_{к.32}$ ,  $\Delta P'_{к.33}$  - 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  $N_{ср} / N_{ном}$  равны:

$$\Delta \mathcal{E}_a = (A + B(N_{ср} / N_{ном})^2) N_{ном} \tau / 100 \text{ кВт} \times \text{ч},$$

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

$\mathcal{E}_a$  - общее потребление трансформатором активной мощности за отчетный ( $\tau$ ) период, (кВт х ч);

$N_{ср}$  - средняя мощность активной нагрузки трансформатора за отчетный период  $N_{ср} = \mathcal{E} / \tau$  (кВт);

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

$\tau$  - отчетный период эксплуатации трансформатора (ч);

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 (%).

Таблица 1

Относительные данные для расчета потерь в высоковольтных масляных трансформаторах

Тип тр-ра	$N_{ном}$ , кВт	Дельта Р х.х, кВт	Дельта Р к.з, кВт	I х.х, %	U, к%	A, %	B, %	Дельта Р н.пот, %
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
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

TM-100/35	100	0,465	2,27	4,16	6,8	0,75	2,74	3,50
TM-250/10	250	1,05	4,2	3,68	4,7	0,67	2,01	2,68
TM-320/6	320	1,35	4,85	5,5	4,5	0,80	1,83	2,63
TM-320/10	320	1,9	6,2	7	5,5	1,08	2,32	3,40
TM-400/10	400	1,08	5,9	3	4,5	0,48	1,79	2,27
TM-400/35	400	1,35	5,9	2,1	6,5	0,48	1,93	2,41
TM-560/10	560	2,5	9,4	6	5,5	0,86	2,06	2,93
TM-630/10	630	1,68	8,5	3	5,5	0,47	1,73	2,21
TM-630/35	630	2	7,6	2	6,5	0,45	1,66	2,11
TM-750/10	750	4,1	11,9	6	5,5	0,96	1,97	2,93
TM-1000/6	1000	2,75	12,3	1,5	8	0,38	1,79	2,17
TM-1000/10	1000	2,45	11,6	2,8	5,5	0,44	1,54	1,98
TM-1000/35	1000	2,75	10,6	1,4	6,5	0,37	1,51	1,88
TM-1600/10	1600	3,3	18	2,6	5,5	0,38	1,51	1,89
TM-1600/35	1600	3,65	16,5	1,4	6,5	0,32	1,48	1,81
TM-2500/10	2500	4,6	23,5	1	5,5	0,25	1,32	1,57
TM-2500/35	2500	5,1	23,5	1,1	6,5	0,28	1,39	1,67
TM-4000/10	4000	6,4	33,5	0,9	6,5	0,22	1,29	1,51
TM-4000/35	4000	6,7	34,777	1,3	7,5	0,25	1,35	1,65
					Сред- ние зна- чения	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 ( $K_3 = I_{\text{ср}} / I_{\text{н}} = N_{\text{ср}} / N_{\text{ном}}$ ) 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 нагрузкой 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  $\cos \varphi$ , 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  $\cos \varphi$  на потери в сетях в течение суток (табл. 2), подобрать режимы

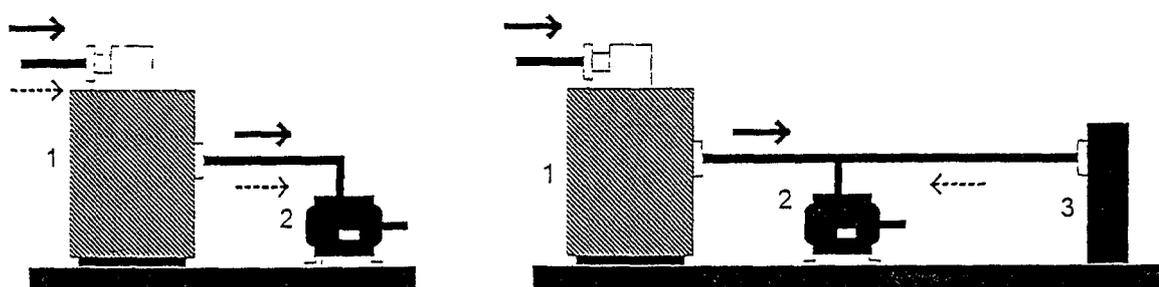
эксплуатации косинусных батарей (рис. 1, табл.  $\varphi$  3) и при наличии синхронных двигателей, работающих в режиме компенсации реактивной мощности, использовать автоматическое управление током возбуждения.

Таблица 2

Влияние увеличения  $\cos \varphi$  на снижение реактивных потерь

Прежний $\cos \varphi$	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8
Новый $\cos \varphi$	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

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

Таблица 3

Рекомендуемая емкость статических конденсаторов для корректировки единичных асинхронных двигателей

Мощность двигателя (кВт), ~380 В x 3	Статический конденсатор (квар в % мощности двигателя)
1 - 3	50
4 - 10	45
11 - 29	40
30	35

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%).

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 (ХХ).
  - 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  $\cos \varphi$ . С уменьшением степени загрузки двигателя возрастает доля потребляемой реактивной мощности на создание магнитного поля системы по сравнению с активной мощностью и снижается величина  $\cos \varphi$ . 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%.

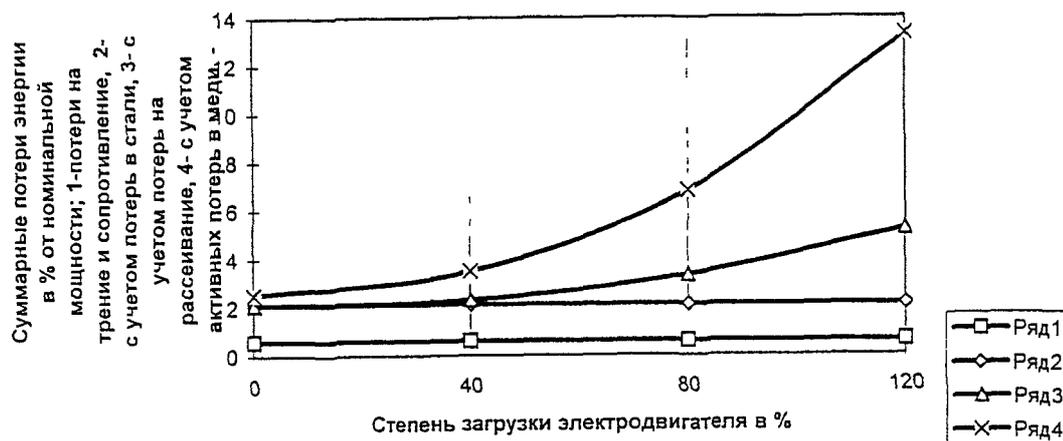
При снижении нагрузки двигателя до 50% и менее его эффективность начинает быстро падать по причине того, что потери в железе начинают преобладать.

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  $I^2 R$ , пропорциональные квадрату тока нагрузки.
- Потери на трение, постоянные для данной частоты вращения и не зависящие от нагрузки.
- Добавочные потери от рассеивания - зависят от нагрузки.

Рис. 2. Сложение составляющих потерь мощности в электродвигателях



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 загрузке. 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).

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



Автоматическое переключение обмоток со схемы \*треугольник  $\Delta$ \* на схему соединения \*звезда  $\star$ \* в зависимости от нагрузки является простейшей схемой регулирования двигателя, длительное время работающего на малой нагрузке. Необходимо избегать работы двигателя в режиме холостого хода.

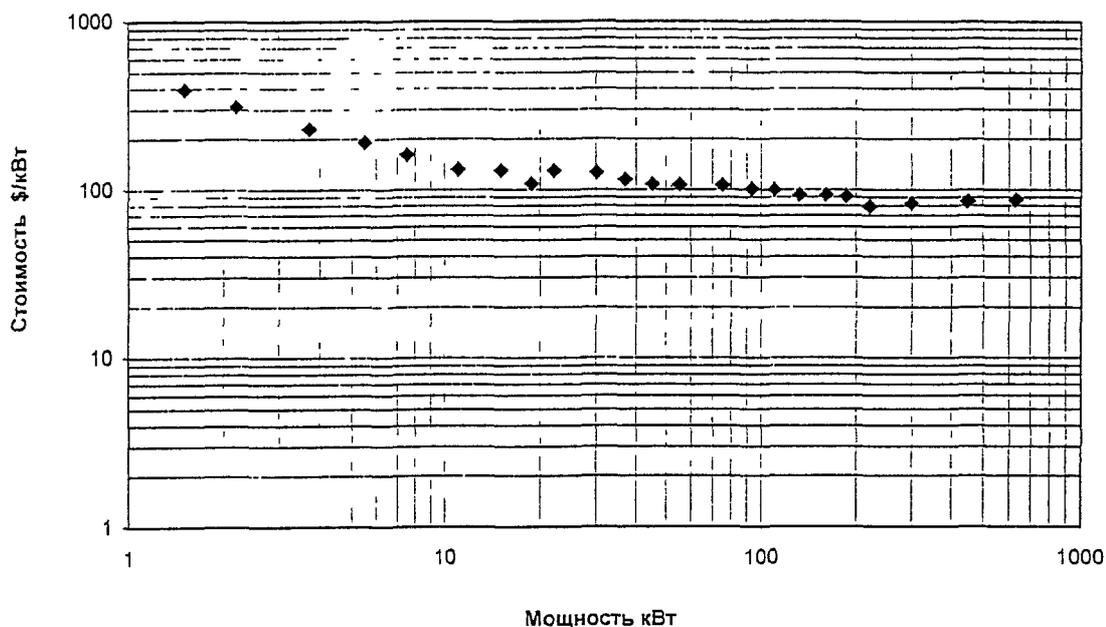
В установках с регулируемым числом оборотов (насосы, вентиляторы и др.) широко применяются регулируемые электроприводы. Оценочные значения экономии электроэнергии при применении регулируемого электропривода в вентиляционных системах, работающих в переменных режимах - 50%, в компрессорных системах - 40 - 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-киловаттного 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. 4. Стоимость (с НДС) 1 кВт мощности частотного преобразователя EI-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 ( $N \equiv Q * \Delta H_{\text{пот}}$ ), 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.

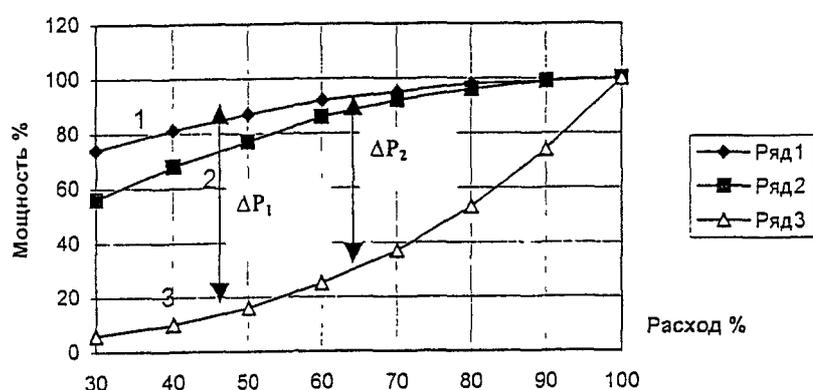
Обороты двигателя регулируются частотой питания сети, преобразуемой со стандартной частоты 50 Гц с помощью частотного преобразователя.

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, дымоходы), 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, технической 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 ( $Q_{\text{ном}}$ ,  $H_{\text{ном}}$ , м вод.ст.,  $\eta_{\text{нас.ном}}$ ) и двигателя (мощность  $P_{\text{дв.ном}}$ , ток  $I_{\text{ном}}$ , А, частота вращения  $n_{\text{ном}}$ , КПД  $\eta_{\text{дв.ном}}$ , 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  $H_{\text{вх}}$  и выходе  $H_{\text{вых}}$  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  $I$  (А). Результаты усредняются. Проверяется соотношение  $I \leq I_{\text{ном}}$ .

4. Измеряется средний расход за сутки  $Q_{\text{ср}}$ , м<sup>3</sup>/час, по разности показаний расходомера в начале  $Q_1$  и в конце  $Q_2$  контрольных суток:

$$Q_{\text{ср}} = (Q_2 - Q_1) / 24$$

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

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

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:

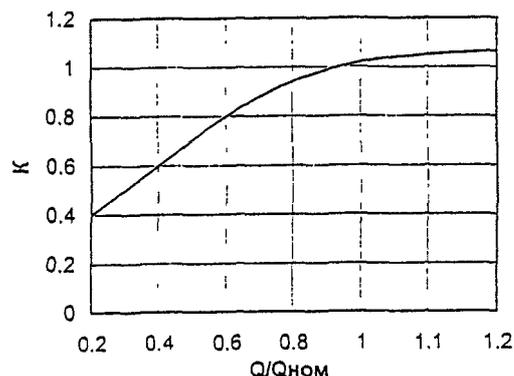
$$H_{\text{треб}} = H_{\text{необх}} - H_{\text{вх}}$$

7. Определяется требуемая мощность преобразователя частоты:

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

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

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

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

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

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

9. Определяют стоимость годовой экономии воды вследствие уменьшения разбора:

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

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

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

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

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

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

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

$\Delta t$  - расчетный перегрев горячей воды на ЦТП, °С;

$\Delta B_{\text{гор.вод}}$  - 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:

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

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

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

$$T_{\text{ок}} = C_{\text{пч}} / (C_{\Delta \theta_{\text{год}}} + C_{\Delta B_{\text{год}}} + C_{\Delta \theta}),$$

где  $C_{\text{пч}}$  - 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.

Основные характеристики источников света

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

Таблица 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
ЛН <*> на НЛВД	57 - 71
ЛЛ на МГЛ	20 - 23
ДРЛ на МГЛ	30 - 40
ДРЛ на НЛВД	38 - 50

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

Таблица 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 x 60	1460	23	1500	5,4

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

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.

Таблица 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.

Таблица 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 -  $0,1 \tau$ ,

для ДРЛ -  $0,035 \tau$ ,

для МГЛ и НЛВД -  $0,02 \tau$  ( $\tau$  - средний срок службы ламп) -

и замене вышедших из строя позволяет реализовать потенциал экономии, численные значения которого приведены в табл. 9.

Таблица 9

Потенциал экономии электрической энергии при применении перечисленных средств

Мероприятия	Экономия ЭЭ, %
1. Переход на светильники с эффективными разрядными лампами (в среднем):	20 - 80
- 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 пускорегулирующей 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	15 - 20
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, м<sup>3</sup> 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 м<sup>3</sup> 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 х час/Гкал, кВт х час/м<sup>3</sup>) 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.