



**DFID**

Department for  
International  
Development



**BRITISH COUNCIL**  
**Ukraine**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
И НАУКИ УКРАИНЫ**  
Донецкий национальный технический университет

Кафедра «Промышленная теплоэнергетика»

**Конспект лекций**  
**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АУДИТ**

для студентов специальности  
7.000008 «Энергетический менеджмент»

Утверждено  
на заседании кафедры  
«Промышленная теплоэнергетика»,  
протокол № 7 от 1 марта 2004 г.

Утверждено  
на заседании учебно-издательского совета ДонНТУ  
протокол № 12 от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2004 г.

Донецк, ДонНТУ, 2004

УДК 620.9

Конспект лекций по дисциплине «Энергетический аудит» для студентов специальности 7.000008 «Энергетический менеджмент». Гридин С.В., Сафьянц С.М. – Донецк: ДонНТУ, 2004. – 88 с.

Ил. 35. Табл. 26. Библиограф. 12 назв.

Конспект лекций предназначен для студентов, магистрантов, аспирантов вузов, факультетов и специальностей направления «Энергетика», изучающих дисциплину «Энергетический аудит», а также может быть рекомендован преподавателям и инженерно-техническим работникам, занимающимся проблемами эффективного энергоиспользования в различных сферах хозяйственной деятельности.

В конспекте содержатся сведения об энергетическом аудите и аудиторской деятельности; рассмотрены планирование, стадии и процедура проведения внешнего и внутреннего аудита; приведена структура аудиторского отчета, а также подробно указан порядок проведения и обработки результатов энергетического обследования объекта.

Составители: С.В. Гридин  
С.М. Сафьянц

Рецензент: А.Е. Сахно

**Этот конспект лекций издан за счет средств Британского Совета в Украине (British Council Ukraine) в соответствии с Программой регионального академического партнерства (REAP), договор № REAP/UKR/395/41/0018D от 1.10 2003 г.**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Лекция 1. ВВЕДЕНИЕ. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ</b>	6
<b>Лекция 2. МЕТОДОЛОГИЯ ЭНЕРГОАУДИТА</b>	10
<b>Лекция 3. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АУДИТ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ</b>	14
3.1. Теплоэнергетический аудит	14
3.2. Этапы теплоэнергетического аудита	14
3.3. Цена энергетического аудита	16
3.4. Организация энергетического аудита как вида предпринимательства	16
<b>Лекция 4. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТА АУДИТОРАМИ</b>	20
4.1. Знакомство с технологическим процессом	21
4.2. Экскурсия на предприятие	21
4.3. Схема технологического процесса	23
4.4. Список важных потребителей энергии	23
4.5. Текущее состояние энергоиспользования	24
<b>Лекция 5. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТА АУДИТОРАМИ (продолжение)</b>	25
5.1. Непосредственное измерение затрат энергии и энергоносителей	25
5.2. Частичные измерения параметров затрат энергии и энергоносителей	33
<b>Лекция 6. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТА АУДИТОРАМИ (продолжение)</b>	33
6.1. Посредственные измерения затрат энергии и энергоносителей	33
6.2. Оценка потребления энергии	37
6.3. Оценка потребления электроэнергии системами освещения	39
<b>Лекция 7. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТА АУДИТОРАМИ (продолжение)</b>	40
7.1. Оценка потребления энергии электроприводами (вентиляторов и насосов)	40
7.2. Оценка потребления энергии воздушными и холодильными компрессорами	42
7.3. Оценка потребления энергии другими электроприводами и офисным оборудованием	44
7.4. Оценка потребления энергии электронагревательным и холодильным оборудованием	45
<b>Лекция 8. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТА АУДИТОРАМИ (продолжение)</b>	46
8.1. Оценка потребления энергии паронагревательными установками	46
8.2. Оценка потребления энергии газонагревательными установками	48
<b>Лекция 9. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТА АУДИТОРАМИ (продолжение)</b>	49
9.1. Потоки энергии на объекте	49
9.2. Потоки энергии в паровом котле	49
9.3. Анализ потоков энергии в теплообменнике	50
9.4. Анализ потоков энергии в холодильной установке	50
9.5. Оценка потоков жидкостей и газов по экономической скорости в трубопроводах	51
<b>Лекция 10. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТА АУДИТОРАМИ (продолжение)</b>	52
10.1. Сопоставление и перекрестная проверка данных об энергопотреблении	52

10.2. Входящий - исходящий топливно-энергетический баланс	52
10.3. Баланс массы	53
10.4. Перекрестная проверка по эффективности использования энергии	54
<b>Лекция 11. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТА АУДИТОРАМИ (продолжение). ПРОВЕРКА СРАВНЕНИЕМ С ТИПИЧНЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ РАБОТЫ</b>	54
<b>Лекция 12. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ НА ОБЪЕКТЕ</b>	57
<b>Лекция 13. ОПИСАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ И СТРОЕНИЙ</b>	64
<b>Лекция 14. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭФФЕКТИВНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЭНЕРГИИ</b>	66
14.1. Последовательность разработки рекомендаций и энергетический баланс	66
14.2. Влияние систем энергопотребления на эффективность энергосбережения	68
14.3. Анализ использования энергии конечным потребителем	68
14.4. Эффективность распределительных систем	69
14.5. Эффективность систем преобразования энергии	72
<b>Лекция 15. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭФФЕКТИВНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЭНЕРГИИ (продолжение)</b>	75
15.1. Перекрестная проверка предложений по энергосбережению	75
15.2. Сбережение первичной и вторичной энергии	76
15.3. Предельная стоимость энергосбережения	78
15.4. Формирование и оценка проекта улучшения энергоиспользования на объекте	78
<b>Лекция 16. ОТЧЕТ ПО ЭНЕРГОАУДИТУ</b>	81
<b>Лекция 17. ПРЕЗЕНТАЦИЯ ЭНЕРГОАУДИТА НА ОБЪЕКТЕ</b>	84
<b>УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ</b>	86
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b>	87

## Лекция 1. ВВЕДЕНИЕ. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

*Энергетический аудит* - это вид деятельности, направленный на уменьшение потребления энергетических ресурсов субъектами хозяйствования за счет повышения эффективности их использования [2]. Слово “аудит” означает проверку, ревизию относительно какого-либо определенного эталона. Поэтому энергетический аудит можно рассматривать как техническое инспектирование энергогенерирования и энергопотребления предприятия с целью определения возможности экономии энергии и предоставление помощи предприятию в осуществлении мероприятий, обеспечивающих экономию энерго-ресурсов на практике.

Энергоаудит – это основная часть программы энергетического менеджмента любой организации, которая хочет контролировать свои энергозатраты. Составление полного и детального энергоаудита является сложной, утомительной, но необходимой процедурой, в результате которой может быть составлена схема энергопотребления.

Термин энергоаудит пришел к нам в страну в начале 90-х. Популяризации энергоаудита мы, в первую очередь, обязаны международным программам TACIS и U.S.A.I.D.

Почему же энергоаудит пришлось импортировать из-за границы? Ведь в Украине энергетика является одной из наиболее развитых промышленных областей. Подготовка специалистов-энергетиков в наших вузах более углубленная, чем во многих странах Запада. Ответ на этот вопрос, наверное, состоит в следующем.

Во-первых, энергетики никогда не интересовались экономикой. Во главу угла ставились проблемы бесперебойного функционирования оборудования и техники безопасности при его эксплуатации.

Во-вторых, преимущественно узкая специализация энергетиков не разрешала рассмотреть предприятие в целом как комплекс взаимозависимых проблем. Технологические вопросы вообще были запретной темой, которая относится к компетенции специализированных организаций.

Таким образом, энергоаудит возник на стыке энергетики, экономики и технологии. До некоторой степени сюда должна быть отнесена и экология, в особенности для тех производств, в которых эта составляющая имеет большой вес в себестоимости готовой продукции.

Потребление энергии топлива природных ископаемых включает в себя пять основных процессов:

- энергия, выделяемая при сгорании топлива, когда химическая энергия преобразовывается в тепловую энергию;
- переход энергии из одной формы в другую (т.е., тепловой в механическую и т.д.);
- транспортировка энергии к местам потребления;
- использование энергии в определенных целях;
- передача энергии в окружающую среду.

Энергоаудит – это баланс входящей, потребляемой и отработанной энергии. Формально его можно описать выражением вида:

$$\begin{aligned} \text{Энергия топлива на входе} = & \text{потери энергии при сгорании} + \\ & \text{потери энергии при ее преобразовании} + \\ & \text{потери энергии при транспортировке} + \\ & \text{потери энергии во время использования} + \\ & \text{потери энергии от утилизации.} \end{aligned}$$

При составлении баланса входящей энергии анализируют счета за топливо и электричество на протяжении рассматриваемого прошедшего годового периода.

При составлении баланса отработанной энергии детально анализируют наиболь-

шие потери энергии в окружающую среду, большей частью посредством теплопередачи через строительные конструкции и воздух при вентиляции. Данные получают путем обследования объекта.

При анализе баланса потребляемой энергии могут потребоваться микроаудиты, или балансы энергии по отдельным объектам завода и оборудования, например, печам, паровым котлам, системам охлаждения, автоклавам, компрессорам, и т.д., с целью выяснения эффективности производства и выделения участков возможной экономии.

Систематический подход к энергоаудиту состоит из следующих последовательных шагов:

1. Представление предварительной анкеты.
2. Ответ на вопросы анкеты.
3. Подбор счетов за топливо и электричество на протяжении рассматриваемого прошедшего годового периода.
4. Анализ счетов за топливо и электричество.
5. Обзор котельной и замеры к.п.д.
6. Обследование систем распределения энергии.
7. Внутренний осмотр местоположения.
8. Составление аудита входящей энергии.
9. Запись местных климатических данных.
10. Внешний обзор местоположения.
11. Выявление участков потенциальной экономии энергии.
12. Составление аудита отработанной энергии.
13. Написание отчета по энергоаудиту предприятия.
14. Выявление недочетов и повторите, чтобы уравновесить аудит.
15. Анализ энергопотребления.

Назначение предварительной анкеты – сбор предварительной информации, включая местоположение, функция и ведущие виды деятельности. Она должна включать такие вопросы, как цели и функции учреждения, виды продукции, температура воздуха и требования вентиляции. Вопросник может быть представлен во время первой встречи клиента и консультанта, или анкета и ответы могли бы быть отправлены по почте на начальных стадиях обследования.

Пример типичной предварительной анкеты представлен в таблице 1.1 [1].

Энергетический аудит проводят независимые лица (энергоаудиторы) или фирмы, уполномоченные на это субъектами хозяйствования.

Что является объектом энергоаудита? Энергетический аудит предназначен для решения таких главных задач:

- § обследование состояния использования энергетических ресурсов на объекте с целью выявления источников нерациональных энергозатрат и неоправданных потерь энергии;
- § разработка на основе технико-экономического анализа организационно-технических мероприятий, направленных на снижение энергетических затрат;
- § определение потенциала экономии энергоресурсов и рационального энергоиспользования;
- § экономическое обоснование предложенных организационно-технических мероприятий с учетом объемов затрат и сроков окупаемости.

Наиболее сложным считается проведение энергоаудита на предприятиях.

Обследование объектов коммунального хозяйства (котельных, тепловых сетей), жилого фонда и административных домов принципиально более простое, если не принимать во внимание разную глубину проработки проблемы. Сложность предприятия как

объекта в целом складывается в тесной взаимосвязи всех его систем. Так, предложение по экономии одного из энергоресурсов может вызвать увеличение потребления другого или отобразиться на выпуске продукции.

Итоговым документом энергоаудита является отчет, который содержит итоги изучения состояния потребления энергии и энергоносителей на объекте, описание объекта и рекомендации по эффективному энергоиспользованию.

**Таблица 1.1.** Предварительная анкета для энергоаудита [1].

Наименование предприятия	ОАО «Завод театрального и библиотечного оборудования»
Характер бизнеса	Производство театрального и библиотечного оборудования
Статус (коммерческий, промышленный или общественный сектор)	Промышленный
Адрес помещений, которые осматриваются	Украина, г. Донецк, ул. Горновкая, 2-а
Номер телефона	062220633
Номер факса	062220633
Контакт	Иванов И.И.
Должность	Главный инженер завода
Местонахождение	Кировский район г. Донецка (юго-западная часть города)
Количество служащих	150
Часы работы	8760/год
Односменный режим работы	
Число рабочих дней в неделю	5×8 часов
Число выходных	2×8 часов
Праздничные и выходные дни	Новый год, Рождество, 8 Марта, 1-2 Мая, День Конституции, Троица, День независимости
Требуемый температурный режим	21 °С
Режим вентиляции (если известно)	3 полных смены воздуха в час
Рабочая площадь (если известно)	8000 м <sup>2</sup>
Нагреваемый объем (если известно)	40000 м <sup>3</sup>
Годовой счет на оплату электроэнергии	4467,60 грн.

Задачей раздела отчета об изучении состояния энергоиспользования является определение количества энергии и энергоносителей, которые используются разными потребителями обследуемого объекта, а также их стоимости. Кроме того, проводится сравнение фактического потребления энергии на объекте с принятыми нормативами. В результате создается база для анализа энергопотребления и выявление путей повышения эффективности энергоиспользования, которая дает возможность обнаружить участки объекта, на которых направленные на энергосбережение инвестиции дадут наибольший экономический эффект.

Описание объекта и его строений характеризует имеющиеся на объекте установки и оснащение, режим их работы, производительность, а также оценивает эффективность производственного оборудования. Например, описание котельной содержит информацию



о количестве и типе котлов, способ управления их режимами, параметры пара и производительность котлов.

Рекомендательная часть отчета содержит предложения относительно эффективного использования энергии, которые разработаны во время проведения обследования. Предлагаемые практические проекты должны обосновываться технико-экономическими расчетами. Описание мероприятий по сбережению энергии содержит такие ключевые моменты: что нужно делать, чтобы сэкономить энергию; как эти действия приведут к сбережению энергии; соотношение потенциальных сбережений с инвестициями на реализацию мероприятий.

## Лекция 2. МЕТОДОЛОГИЯ ЭНЕРГОАУДИТА

Сегодня уже издано большое количество методической литературы по энергоаудиту. Несмотря на то, что множество методик существенным образом отличаются, общий порядок проведения энергетического обследования предприятия можно описать такой последовательностью:

1. Определение объема потребления энергии и ее стоимости за репрезентативный промежуток времени.
2. Обследование топливно-энергетических потоков на объекте.
3. Анализ эффективности использования энергии и энергоносителей.
4. Разработка рекомендаций по эффективному использованию энергоресурсов.
5. Экономическое обоснование предлагаемых рекомендаций.
6. Подготовка отчета.

Приблизительно продолжительность отдельных этапов аудита составляет соответственно 1 - 10%, 2 - 30%, 3 - 10%, 4 - 10%, 5 - 20%, 6 - 20% от общей продолжительности, которая зависит от размеров и сложности объекта, который непосредственно оценивается через сумму расходов объекта на оплату энергии. Например, в Великобритании аудит объекта с оплатой за энергию на уровне 1 млн. долларов длится 25 дней и стоит 18000 долларов, на уровне 5 млн. долларов - соответственно 40 дней и 30000 долларов, на уровне 10 млн. долларов - 50 дней и 37000 долларов. В среднем стоимость энергоаудита составляет 2% расходов на оплату энергии, аудит дает около 20% экономии энергии, а затраты на его проведение окупаются на протяжении двух лет.

Любая работа по энергоаудиту выполняется как минимум двумя лицами: ведущим аудитором и аудитором.

Проводя энергоаудит, аудитор должен помнить о том, что требует клиент и об имеющихся ресурсах времени и денег. Аудитору важно дать клиенту то, что он хочет, но не больше того, за что он желает заплатить. Эти соображения могут повлиять на детальность энергоаудита, количество используемых измерителей, акцент на определенном оборудовании или на мероприятиях по энергосбережению и т.п.

С одной стороны, энергоаудит может быть простым обзором энергопотребления, которое базируется на показаниях счетчиков предприятия. С другой стороны, энергоаудит может предусматривать установку нового (постоянно или временно) измерительного оборудования, тестирование и измерения на протяжении продолжительного времени. Вследствие детальной проверки аудитор сможет выдать обоснованные рекомендации. Естественно, что второй из упомянутых энергоаудитов будет значительно дороже.

Способ проведения энергоаудита зависит и от квалификации и мастерства энергоаудитора.

**"Подход ведущего продукта"** - это простой технический прием для энергоаудиторов - начинающих. Подготовив несколько первых отчетов из изучения энергоиспользования, начинающий энергоаудитор осознает актуальность и важность рекомендаций относительно энергосбережения, таких, например, как использование светильников с низким потреблением энергии, усиленный тепловой контроль и изоляция. После этого аудитор может без трудности обследовать аналогичные объекты и определять возможности применения тех технологий энергосбережения, которые он уже успешно использовал. Этот технический прием активно используют, для поиска рынков сбыта компании, которые продают энергосберегающее оборудование. Кроме того, этот прием могут использовать "внутренние" энергоменеджеры энергопотребляющих компаний, в которых все объекты имеют аналогичные энергетические характеристики.

Например, энергоменеджер компании, владеющей сетью гостиниц, мог бы опре-

делить перечень энергосберегающих мероприятий, которые можно внедрять во всех гостиницах сети. Этот подход не рекомендуется использовать профессиональным аудиторам по энергетическим вопросам.

**"Подход ведущей проверки"** - это способ, рекомендованный для профессиональных энергоаудиторов. Метод базируется на определении количества использованной энергии и сравнении этой величины с промышленными нормативами ли теоретически необходимым объемом энергопотребления. Метод помогает обнаружить потенциальную экономию энергии. В первую очередь определяют количество энергии, которая потребленная основными группами оснащения, и сравнивают ее с общим потреблением на предприятии. Выполнив эту работу, аудитор проявляет пути экономии энергии, которые состоят, во-первых, в модернизации оснащения, во-вторых, в новом режиме обслуживания и эксплуатации и, в-третьих, в реструктуризации потребления энергии на объекте (децентрализованное электроснабжение, использование альтернативных процессов, комплексное производство тепловой и электрической энергии (когенерация)). В конце концов, для учета, специфических условий объекта применяют научный подход вместо подхода "типичных средних сбережений" Этот метод разрешает провести высококачественный энергоаудит, базирующийся на исследовании и измерении разных параметров, а также на опыте эксперта.

**"Смешанный подход"** - это частичное объединение обоих описанных выше методологий. Он предусматривает использование аудиторских приемов, но, вместо поиска широкого круга возможностей сбережения энергии, сосредоточивается на небольшом количестве (наиболее часто одной) из технологий энергосбережения. По этой причине подход удобен, например, для исследования когенерации.

Наконец остановимся коротко на требованиях к квалификации и человеческим качествам энергоаудитора. Он должен иметь достаточные знания и умения из технических аспектов, бухгалтерского учета, техники безопасности и управления.

Аудитор должен уметь собирать, анализировать и интерпретировать данные по энергопотреблению. В связи с необходимостью анализа больших объемов информации он должен владеть навыками работы на персональных компьютерах и иметь доступ к ним.

Аудитор должен знать принцип действия и рабочие характеристики основного оборудования. Глубокие знания о конкретном оборудовании, которое эксплуатируют на объекте, желательно, но не обязательно, поскольку детальная информация может быть получена из конструкторской документации и инструкций изготовителей. Наиболее важным является знакомство с технологическим процессом и с энергетическими ресурсами, которые используются на объекте. Следует заметить, что в аудиторских фирмах эксперты специализируются по отраслям производства и имеют в этих областях глубокие знания.

Аудиторы должны быть опытными инженерами с навыками общения с людьми, иметь достаточно сильный характер, чтобы сомневаться в очевидном, и инициативу, чтобы находить решения разнообразных проблем.

Важной чертой аудитора является широта взглядов, он должен постоянно работать над собой хотя бы потому, что утверждение "всегда делали так" совсем не означает, то "так, как делали", было правильно.

Энергоаудит начинают с определения текущего потребления энергии и ее стоимости. Эта информация охватывает мысленные масштабы проблемы и показывает, где следует сосредоточить усилия для достижения наилучших результатов.

Информацию о текущем состоянии энергопотребления собирают за репрезентативный период, как правило, за один год, чтобы оценить влияние на энергопотребление климатических условий и сезонного характера деятельности некоторых объектов; для

этого, очевидно, нужны помесечные данные.

Помесечные данные о потреблении всех видов энергии и энергоносителей дополняют данными о стоимости топлива и электроэнергии за год и за каждый месяц, о теплотворной способности топлива, если оно нестандартное. Информация о расходах должна включать стоимость единицы топлива и электроэнергии и тарифы на ее снабжение. Принимаются к вниманию колебания теплотворной способности топлива и характеристики источников его получения.

Нужно получить также информацию о температуре внешнего воздуха на протяжении периода, который рассматривается, хотя бы среднемесячную. Для дальнейшей анализа позарез нужны помесечные данные об объеме выпуска продукции или предоставление услуг предприятием. Эту информацию аудитор может получить еще до посещаемости предприятия в виде ответов на составленный им вопросник. К ответам должны быть добавлены счета и копии квитанций об оплате всех видов топлива, электроэнергии и других ресурсов.

Чтобы ощутить, как формируются расходы на энергию, аудитор должен ознакомиться с системой тарифов на снабжение энергии и энергоносителей. Некоторые энерго-ресурсы, в частности, электроэнергия, имеют сложную структуру цены, которая зависит и вдобавок от нескольких факторов.

В Украине для расчета за потребленную электроэнергию действуют 2 тарифа: единая ставка и дифференцированный тариф по периодам времени на протяжении суток, так называемый зонный тариф.

Потребители электроэнергии разделены на 2 класса. К первому относятся те, которые потребляют энергию на напряжении 35 кВ и выше, ко второму - на напряжении до 35 кВ.

Ниже приведены действующие в Украине с 01.11.2000 г. тарифы (без НДС). Единая ставка для всех потребителей первого класса составляет 12,53 коп/кВт·ч.

Единая ставка для промышленных и приравненных к ним потребителей второго класса составляет 17,13 коп/кВт·ч.; для электрифицированного железнодорожного транспорта - 17,13 коп/кВт·ч.; для электрифицированного городского транспорта и для непромышленных потребителей - 17,13 коп/кВт·ч.; для сельхозпроизводителей - потребителей - 13,07 коп/кВт·ч.

По тарифу, дифференцированному по периодам времени, в соответствии с Постановлением Национальной комиссии регулирования электроэнергетики Украины (НКРЭ) с 01.01.2002 года ставка тарифа определяется умножением установленной единой ставки (соответствующего класса и тарифной группы) на такой коэффициент:

- в ночное время (7 часов в сутки) - 0,25;
- в пиковое время (6 часов в сутки) - 1,8;
- в полупиковое время (11 часов в сутки) - 1,02.

Для определения границ периодов по часам суток (ночного, полупикового и пикового), установлены на 2002 год такие четыре сезона: 1-й - ноябрь, декабрь, январь, февраль; 2-й - март; 3-й - апрель, май, июнь, июль, август; 4-й - сентябрь, октябрь.

Границы периодов по часам суток для каждого сезона устанавливаются соответствующими службами НЭК "Укрэнерго" по согласованию с НКРЭ.

Однако в связи с напряженной ситуацией в электроэнергетике Украины для выравнивания графика нагрузки, ограничение потребления электроэнергии в период максимальной нагрузки энергосистемы возможно внедрение других составляющих оплаты за электроснабжение, как это применяется на практике в зарубежных странах.

В частности, вне оплаты за потребленную электроэнергию по зонному тарифу или по единой ставке, практикуется доплата за присоединенную мощность электроприборов,

за договорный и фактический среднемесячный максимум нагрузки. К тому же доплата за максимум мощности потребления может иметь свои тарифные зоны с изменением тарифа на протяжении года.

Определение расходов на оплату электроэнергии является непростым, но необходимым делом для оценки потенциальных возможностей сбережения электроэнергии и расходов на оплату электроснабжения.

Энергоаудитор должен получить информацию о полной присоединенной мощности электроприборов и о максимуме потребляемой мощности, выяснить размеры суточных и сезонных колебаний нагрузки, получить характерные графики нагрузки.

В отдельности следует обратить внимание на коэффициент мощности, систему оплаты за потребляемую реактивную мощность, обусловленную в договоре с электроснабжающей компанией, ограничение и штрафные санкции за их нарушение.

Необходимо располагать информацией про уже употребленные на объекте мероприятия и улучшение коэффициента мощности.

Полезной и необходимой является также информация о том, какую часть электроэнергии потребляют отдельные группы электроприборов: электродвигатели, освещение, отопление, технологические процессы и т.п.

Вследствие обработки учетной и финансовой документации объекта получают такую информацию:

1. общая стоимость, энергоресурсов, который потребляет объект (здесь важно не забыть о водоснабжении и о связанных с ним расходах);
2. распределение расходов между видами топлива;
3. сезонные изменения потребления топлива;
4. информация о ценах, о системе тарифов.

Эта информация дает картину текущей ситуации на объекте и разрешает выделить приоритетные области, где мероприятия из энергосбережения должны быть введены в первую очередь. Например, на кирпичном заводе, где расходы на электроэнергию составляют 30-40% всех расходов на энергоресурсы, а расходы на газ - 60-70%, следует сосредоточить первоочередные усилия на ограничении потребления газа.

Чем больше потребление энергии и ее стоимость, тем больше времени следует израсходовать на оценку возможных путей сбережения.

## Лекция 3. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АУДИТ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

### 3.1 Теплоэнергетический аудит

В условиях мировых цен на энергоносители и глубоких финансовых, энергетических и экологических кризисов важнейшей задачей, которая стоит перед руководителем каждого предприятия, является повышение энергоэффективности производства.

Первый шаг на этом пути - это сокращения затрат топлива и тепловой энергии на 10-15% за счет снижения нерациональных затрат энергии при ее производстве, транспортировании, использовании.

Затрачивая на оплату топлива и тепловой энергии миллионы долларов США в год, управляющий персоналом на большинстве предприятий не имеет полное представление о реальных энергозатратах на технологические процессы, о фактических затратах тепла, не может эффективно руководить его потреблением и планировать энергосберегающие мероприятия.

Руководителю предприятия, которое приняло решение о сокращении затрат тепловой энергии, необходимо:

- Располагать правдивой подробной информацией об эффективности использования топлива и тепла на предприятии, об основных потерях и их причинах.
- Получить квалифицированное технико-экономическое обоснование конкретных первоочередных мероприятий, которые дают снижения затраты тепловой энергии (топлива) на 10-15% со сроком окупаемости не более 1 года.
- Располагать информацией про энергоэффективное оборудование и его поставщиков.
- Иметь средства для модернизации производства.

Первым шагом в реализации принятого решения должен стать теплоэнергетический аудит предприятия.

Серьезный теплоэнергетический аудит - большая и трудоемкая работа. Она требует высокой квалификации и специальной подготовки аудитора и затрат значительного средства.

Поэтому эта работа проводится поэтапно.

### 3.2. Этапы теплоэнергетического аудита

*Теплоэнергетический аудит* - это стройная система технического обследования расхода топлива и тепловой энергии предприятия с целью определения возможностей их экономии. Его составными частями являются:

#### 1. Энергоаудит системы электроснабжения и электропотребления.

- Анализ схем электроснабжения.
- Анализ режимов работы трансформаторных подстанций и системы регулирования cosφ.
- Обследование основного электропотребляющего оборудования.
- Обследование системы освещения.
- Электробаланс и оценка потерь в системе электроснабжения.

#### 2. Анализ режимов работы систем водоснабжения и водоотвода.

#### 3. Энергоаудит теплотехнического оборудования.

- Анализ тепловых схем.
- Аудит котельных.
- Обследование систем отопления.

- Анализ режимов работы теплотребляющего (и теплоутилизирующего) технологического оборудования.
- Тепловой баланс.
  4. Обследование компрессорного оборудования, систем потребления сжатых газов.
  5. Анализ режимов работы холодильного оборудования.

Основная ценность этой части работы складывается в разработке энергетических балансов, которые разрешают детализировать энергетические потоки по цехам и подразделениям предприятия, а также дать количественную оценку энергетическим потерям и указать участки и причины их возникновения.

Трудоемкость работы аудитора во многом зависит от степени детализации, которая обсуждается с заказчиком на этапе составления договора. На наш взгляд, величина или погрешность невязки баланса должна быть меньше, чем суммарная экономия, ожидаемая после внедрения предложенных аудиторами мероприятий.

Другой проблемой, как правило, является отсутствие на предприятии приборов внутреннего учета. Поэтому аудиторская организация должна иметь необходимый комплект портативного измерительного оборудования, с помощью которого можно определить фактическое энергопотребление разными производственными участками.

Заключительная часть энергоаудита состоит в разработке рекомендаций по энергосбережению и в их технико-экономическом обосновании. Эта наиболее сложная часть работы, так как она требует от аудитора значительного опыта и творческого подхода к проблеме. Действительно, с одной стороны, существует ряд известных типичных решений по повышению энергетической эффективности разных систем. В этом случае аудитору нужно лишь сделать технико-экономическую оценку и осуществить отбор технических решений на основании финансовых критериев. Однако, каждое предприятие уникально и типовые решения покрывают только часть проблемы. Поэтому разработка рекомендаций по экономии энергии на самом деле является серьезным научным исследованием.

Все предлагаемые мероприятия разбиваются на три группы по степени необходимых капитальных вложений: беззатратные, средnezатратные и капиталоемкие.

Технические службы предприятий обычно довольно компетентны и осведомлены для того, чтобы иметь собственные соображения по проблемам модернизации энергохозяйства. Задачей аудитора является поиск новых решений или выбор между несколькими известными альтернативами.

Таким образом, в процессе аудита выполняются следующие этапы работ:

#### 1 этап

- Изучение тепловой схемы и схемы технологического процесса производства продукции.
- Анализ теплотребления предприятия за минувшие периоды времени на протяжении года, месяца, недели, суток.

#### 2 этап

- Сбор данных по основному теплотребляющему оборудованию.
- Составление тепло- и паро-конденсатного баланса предприятия.
- Анализ основных причин нерациональных тепловых потерь, оценка эффективности теплоиспользования каждой установкой или технологическим процессом.

#### 3 этап

- Разработка конкретных энергосберегающих мероприятий. Выбор оборудования и составление принципиальных схем его привязки.
- Оценка затрат на модернизацию. Технико-экономическое обоснование проекта энергосбережения.

#### 4 этап

- Консультирование в процессе внедрения программы энергосбережения.
- Помощь в организации закупок энергетически эффективного оборудования.

Принимая во внимание сложность и высокую стоимость энергетического аудита, его необходимость и полезность не всегда очевидны для руководства обследуемого предприятия. Поэтому общепринято, чтобы аудитор и обследуемое предприятие на любом из этапов приходили к согласию по достигнутым результатам, по намеченным дальнейшим шагам и стоимости работ.

### 3.3. Цена энергетического аудита

Это самые сложные и болезненные вопросы в этом бизнесе.

Можно завысить цену и клиент пойдет. Занизите - и будете за низкую плату работать день и ночь. В цену упирается и Ваш персонал - будете хорошо платить, придут прекрасные люди, нет - придет тот, кто может. Иметь репутацию "дорогой фирмы" почетно, но рискованно. "Дешевой" - неэффективно и бесперспективно.

Как на сегодня можно определить стоимость энергетического аудита? В энергетическом аудите может быть несколько подходов.

Человеко-день. Его стоимость колеблется от 10 до 100-150 долларов США (или в гривнах по курсу обмена валют).

Человеко-час. От 6 до 10-15 долларов.

"По аналогу зарплаты инспектора энергонадзора". В этом случае аудитор справляется о месячной зарплатке ("правом" и "левом") инспектора энергонадзора и умножает его на количество месяцев проверяемого периода, и прибавляет к полученной сумме 35-40% от нее.

В зависимости от потребляемой предприятием электроэнергии, умноженной на коэффициент равный, например -0,01, но не более 25000 долл.

В зависимости от рассчитанной экономии энергии, умноженной на коэффициент, обсужденный с заказчиком, например, равный 10%.

Первые два варианта не совсем удобны, так как при жадном или нищем клиенте Вам придется отчитываться за отработанное время.

В стоимость аудиторских работ должны входить только работы по определению состояния энергохозяйства промышленного объекта. Исправление ошибок, консультирование клиента, обучение персонала должно расцениваться в отдельности.

### 3.4. Организация энергетического аудита как вида предпринимательства

Мы должны сразу разочаровать начинающих энергоаудиторов. Энергетический аудит - как исключительный вид бизнеса - далеко не самый прибыльный.

Если Вы не будете торговать своей печатью за наличный расчет, не боясь, что у Вас ликвидируют лицензию, а постараетесь честно отработать свои деньги и учтете, что:

- Работая в количестве 1-2 чел., аудиторы более или менее качественно смогут проверить предприятие с установленной мощностью не более 5 МВт.
- Вам еще потребуется время для выяснения содержания договорных отношений Вашего клиента. Чем богаче клиент, тем меньше он хочет платить аудитору. А маленькая установленная мощность предприятия еще не гарантирует легкости его проверки.
- Более сложно проверять небольшое предприятие с главным энергетиком и незначительным штатом, чем предприятие с большим штатом отдела главного



энергетика со структурированной специализацией.

Однако в последнем случае есть кому ставить задачи для подготовки документации по объекту.

#### **Клиенты аудитора.**

Идеальный вариант, когда Вы заключили договор с клиентом, который регулярно вел документацию и отчетность. Тогда Вы составляете с ним договор и "ведете" клиента вплоть до подписания вывода энергетического инспектора.

Очень плохой клиент - которому остался 1 месяц на сдачу отчетности, и он хочет ее аудиторского подтверждения.

Если в первом случае Вам можно послать к клиенту 1-2 аудиторов, которые будут как бы курировать клиента, во второй - придется работать интенсивно всей Вашей фирме (если, конечно, Вы не халтурщик и не временно в этом бизнесе).

Обычно выбор клиентов начинают со знакомых энергетиков промышленных предприятий. Это более просто, так как есть возможность снизить риск или вообще исправить ошибки по ходу энергетического аудита.

Для начала, мы можем рекомендовать предприятия с одним видом деятельности - производством. Для начинающего аудитора очень неплохо начать проверку с промышленного предприятия, которое выпускает однородную продукцию. Пригодные объекты - канализационные станции, больницы, школы, предприятия бытового обслуживания.

Не рекомендуем начинать с больших промышленных предприятий, которые имеют комплекс технологий и разные виды энергоносителей. Можно договориться с энергетической инспекцией (или инспектором), который будет направлять к Вам клиентов. Но нельзя составлять с ним договор об общей деятельности, так как клиент свободен от энергетического аудита.

Ваша задача - сделать себе имя, заработать авторитет у энергетиков, а не сразу стараться заработать как можно больше денег. После авторитета будут и прибыли, хотя деньги действительно "идут к деньгам".

#### **Несколько советов начинающим.**

Если у Вас нет высокопрофессиональных исполнителей в энергоаудиторской фирме, никогда не начинайте аудиторские работы одновременно на нескольких объектах сразу.

Если у Вас есть один классный специалист, а объектов - много, то не определяйте его на каждый объект. Лучше поручите ему проверить самые "больные" вопросы поочередно на разных объектах.

Отдавайте предпочтение тем клиентам, где главный энергетик - опытный профессионал с соответствующим высшим образованием (да и техникум - тоже хорошо), который проработал на производстве 4-5 лет. Идеальный век энергетика от 35 до 50 лет. Дальше - хуже, так как с такими энергетиками придется много работать.

Наилучший клиент для начинающей аудиторской фирмы - это тот, которого проверяла энергетическая инспекция по энергосбережению. Хотя это и не гарантия порядка в учете, но довольно серьезная защита от обвинения в некомпетентности.

#### **Обследование энергохозяйства промышленного объекта.**

*Обследование энергетического хозяйства промышленного объекта* - это действия, направленные на сбор информации, которая отображает количественную и качественную характеристику функционирования системы электроснабжения, электрооборудования и эффективное использование электроэнергии.

К промышленным объектам относятся промышленные предприятия и его подразделения.

*Цель обследования промышленного объекта* - это снижение платы за электроэнер-

гию за счет мероприятий по регулированию режимов электроснабжения.

*Назначением обследования* является решение следующих задач:

- определение наиболее экономичных режимов электропотребления отдельных потребителей электроэнергии и предприятия в целом;
- разработка организационно-технических мероприятий, направленных на снижение потерь электроэнергии;
- выявление потребителей - регуляторов мощности;
- получение информации о возможности преобразования суточного графика нагрузки промышленного предприятия;
- определение потребителей объекта в электроэнергии и мощности на перспективу;
- обоснование рациональных схем электроснабжения.

#### **Состав и источники информации при проведении энергетического аудита электрохозяйства.**

В *состав информации*, необходимой при проведении анализа эффективности режима электропотребления, входят:

1. общие сведения о промышленном предприятии;
  2. проектные и эксплуатационные данные о системе электроснабжения;
  3. информация по использованию электроэнергии;
  4. технико-экономические характеристики технологических процессов и установок.
1. *Общие сведения* о промышленном предприятии содержат в себе:
- проектные и фактические показатели его производственно-хозяйственной деятельности;
  - сведения о структуре управления промышленным предприятием;
  - сведения о режиме работы промышленного предприятия;
  - сведения о количественном составе работающих на промышленном предприятии.
2. *Информация о системе электроснабжения* промышленного предприятия содержит в себе:
- схему электроснабжения промышленного предприятия;
  - типы, места установки основного электрооборудования и их технические характеристики.
3. *Информация по использованию электроэнергии* содержит в себе:
- сведения о режиме электроснабжения отдельных потребителей, предприятия в целом и субабонентов;
  - количество перерывов в электроснабжении через ограничение нагрузки и их продолжительность;
  - удельные затраты электроэнергии по отдельным технологическим процессам и потребителям;
  - статистическую отчетность по электрохозяйству промышленного предприятия.
4. *Технико-экономические характеристики* технологических процессов и установок содержат в себе:
- сведения по технологии, техническим характеристикам оборудования и режиме их работы;
  - сведения о технологических транспортных потоках промышленного предприятия;
  - сведения о промежуточных этапах технологических процессов;
  - сведения о системе вентиляции;

- сведения о системе водоснабжения и канализации;
- сведения о системе получения сжатого воздуха.

**Источниками информации** при обследовании электрохозяйства промышленного предприятия является :

- паспорт промышленного предприятия;
- формы статистической отчетности;
- опрашивание работников;
- нормативно-справочная информация;
- отчеты об проведенных исследованиях по совершенствованию энергохозяйства предприятия;
- результаты измерений электроснабжения отдельных потребителей и промышленного предприятия в целом.

Формы обследования составляет аудиторская организация и согласовывает с руководством обследуемого предприятия (заказчиком).

#### Лекция 4. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТА АУДИТОРАМИ

Энергетическое обследование объекта аудиторами в Украине осуществляется в соответствии с «Порядком организации и проведения энергетических обследований бюджетных учреждений, организаций и казенных предприятий», разработанным в соответствии со статьей №3 Указа Президента Украины № 662/99 от 16 июня 1999 г. «О мероприятиях по сокращению энергопотребления бюджетными учреждениями, организациями и казенными предприятиями».

Порядок устанавливает последовательность и правила организации энергетических обследований объектов. В соответствии с ним, энергетические обследования объектов проводятся с целью определения эффективности использования энергоносителей и утверждения обоснованных объемов их потребления для определения целесообразности внедрения энергосберегающих мероприятий при применении механизмов сокращения энергопотребления.

Общие вопросы проведения обследований регулируются «Положением о порядке организации энергетических обследований», утвержденным приказом Госкомэнергосбережения от 09.04.99 № 27. Порядок финансирования и требования к организации тендерных процедур регулируются постановлением Кабинета Министров Украины № 694 от 28.06.97г. «Об организации и проведении торгов (тендеров) в сфере государственных закупок товаров (работ, услуг)».

Энергетические обследования проводятся на основании типового договора. При этом оценка целесообразности заключения договора о выполнении работ с точки зрения соотношения предвиденных затрат на их выполнение и ожидаемой экономии осуществляется организацией - подрядчиком на основе предшествующего ознакомления с состоянием энергопотребления.

Для бюджетных учреждений и организаций с незначительным суммарным уровнем потребления коммунальных услуг и воды (до 10 тыс. грн. ежегодно) рекомендуется объединять проведение энергетических обследований с внедрением мероприятий по энергосбережению на основании договора с одной организацией - подрядчиком, которая получила свидетельство о разрешении на проведение работ согласно приказа № 27 Госкомэнергосбережения.

Если ежегодная стоимость потребления коммунальных услуг и энергоносителей в указанных организациях превышает 10 тыс. грн., то определение стоимости энергетических обследований осуществляется на основе тендерной процедуры. При этом общая стоимость обследований не должна превышать 10% от ожидаемой экономии потребления коммунальных услуг и энергоносителей.

При ожидаемой стоимости энергетических обследований до 10 тыс. грн. тендер проводится каждой организацией самостоятельно в порядке, определенном «Порядком организации и проведения тендеров на осуществление энергетических обследований бюджетных учреждений, организаций и казенных предприятий» (z0872-99).

Стоимость энергетического обследования определяется на основе договорной цены с выполнением тех же требований (общая стоимость обследований не должна превышать 10% от ожидаемой экономии потребления коммунальных услуг и энергоносителей).

При ожидаемой стоимости большее 10 тыс. грн. тендер проводится Центральным агентством по энергетическим обследованиям на основе тендерной процедуры в соответствии с Порядком организации тендеров на выполнение отдельных видов работ с разработкой сметы.

Специализированные организации на протяжении шести месяцев, начиная со дня проведения энергетического обследования, подают в Госкомэнергосбережения отчеты об

энергетических обследованиях.

Рассмотрим основные особенности процедуры проведения энергетического обследования подробнее.

#### 4.1. Знакомство с технологическим процессом

Зная стоимость и потребленное количество каждого вида энергии (энергоносителя), можно перейти к определению мест их потребления, чтобы для каждого вида энергии (энергоносителя) определить важнейших потребителей по объему и по стоимости. Для крупных потребителей следует сделать распределение энергии относительно отдельных агрегатов или электроприборов. Это дает энергоаудитору четкое представление о технологическом процессе и о конкретном оборудовании, а сравнение конкретных показателей с плановыми или с лучшим опытом дает возможность оценить потенциал энергосбережения.

Для получения информации о том, где именно и в каком количестве потребляется энергия, необходимо ознакомиться по возможности более основательно с производственным процессом на объекте.

Как правило, для получения этих знаний необходимы обсуждение с руководством производственных участков, экскурсия на предприятие и составление схемы технологического процесса (блок-схемы процесса). Для каждого элемента блок-схемы определяются входные потоки энергии и сырья, потоки изделий, а также ответвления и потери.

На основе доступной информации и визуальных проверок оценивают относительные размеры потоков энергии и потерь и составляют список основных потребителей энергии, как на производственные потребности, так и на отопление и прочие нужды для создания надлежащих условий работы. Для определения потребления энергии конечными энергоприборами полезным может быть использование информации от дополнительных счетчиков, или других измерителей, если они имеются.

Особое внимание следует обратить на крупных потребителей энергии. Небольшая относительная экономия для крупного потребителя часто оказывается значительней (и легче достижимой), чем большая относительная экономия для маленького потребителя. Это, однако, не означает, что мелкими потребителями можно пренебрегать, но начальные усилия следует сосредоточить на тех участках, где получение значительных сбережений является более вероятным.

Время, необходимое для ознакомления с технологическим процессом, зависит от размеров предприятия и уровня информационного обеспечения. Ниже каждый из упомянутых шагов рассмотрен в деталях.

#### 4.2. Экскурсия на предприятие

Экскурсия на предприятие является очень важным этапом для получения достоверной информации о производственном цикле предприятия. Необходимо выяснить все этапы технологического производственного процесса, уделив особое внимание таким вопросам:

- входные и выходные потоки энергии каждого этапа;
- потоки сырья и материалов;
- потоки в сети и в ответвлениях.

Важное значение имеет и организация производственного процесса на предприятии. Работает ли оно в одну смену, в две, или круглые сутки? Если речь идет о дискретном процессе, то когда он начинается и когда завершается? С чем это связано?

Ответы на эти и другие вопросы (рисунок 4.1) могут быть получены лишь во вре-

мя бесед на производстве с *ключевыми фигурами*, к которым можно отнести:

- менеджеров производства;
- диспетчеров технологического процесса;
- технологов;
- менеджеров технического обслуживания;
- инженеров проекта;
- сотрудников планового отдела;
- бухгалтеров по учету расходов на производство.

Очень важно переговорить с упомянутыми работниками. Часто они знают больше, чем руководители. В общении с ними следует объяснить, почему и с какой целью проводится аудит, в чем он состоит. Следует задавать как можно больше вопросов, к ответам нужно относиться критически. В частности, интересно выяснить, видят ли работники свои возможности влияния на энергопотребление.

Аудитор должен смотреть на вещи более широко, задавать вопрос и пробовать дискутировать. В другом случае у людей может создаться впечатление, что все, что и как они делают - хорошо и ничего не нужно изменять. Это всегда более легко.

	Первоначальный вопрос	Реальные факты	Предложения	Выбранные предложения
Цель	Что делается?	Является ли это необходимым? Почему?	Что можно было бы делать иначе?	Что должно быть сделано?
Средства	Как это делается?	Почему именно так?	Как это иначе можно было бы делать?	Как это должно быть сделано?
Место	Где это делается?	Почему именно там?	Где еще можно это делать?	Где это должно быть сделано?
Время	Когда это делается?	Почему именно в это время?	Когда это можно было бы делать?	Когда это должно быть сделано?
Ресурсы (по сортам)	Откуда поступают ресурсы?	Почему выбран этот источник?	Какой другой ресурс мог бы использоваться?	Какой источник должен использоваться?
Отходы (по сортам)	Где возникают отходы?	Почему именно там?	Куда они могли бы быть перенаправлены?	Куда они должны быть перенаправлены?

Рисунок 4.1. Примерный перечень вопросов к ключевым фигурам на производстве.

Например, экономия энергии может быть достигнута при ответах на следующие вопросы:

- Оправдана ли нагрузка данной установки? (Примеры: насос работает круглый год, а его работа реально требуется только в течение 8 часов в день; небрежное отношение пользователя системы; неудовлетворительная работа или отсутствие управляющего оборудования).
- Можно ли удовлетворить нагрузку путем использования другой системы? (Примеры: древесная пыль транспортируется на большое расстояние с помощью сжатого воздуха. Можно продумать использование механического транспорта (шнекового конвейера) как альтернативный вариант. Пневмоинструмент может быть заменен на инструмент с электроприводом. Что в данном случае больше подходит: конвективный или лучистый теплообмен, водяное или испарительное охлаждение и т.д.).
- Можно ли снизить нагрузку? (Примеры: Потери тепла можно уменьшить путем

улучшения изоляции и уменьшения потока вентилирующего воздуха. Нагрузку компрессора можно уменьшить, используя пневмоинструмент, который не имеет утечек воздуха, и сократив время работы с этим инструментом; небрежное отношение пользователя, неудовлетворительная работа или отсутствие устройств автоматического управления, улучшение теплоизоляции, оптимизация аэродинамики и т.д.).

- Существуют ли потери в сети? (Утечки сжатого воздуха в системах, потери тепла через поверхности разогретых трубопроводов, потери на газопроводах, снижение давления в трубопроводах из-за утечек).
- Существуют ли потери при передаче? (неудовлетворительное состояние ременных передач, неудовлетворительное состояние или отсутствие смазки).
- Насколько мощность производственной системы отвечает нагрузке? (Работа систем большой мощности при малой нагрузке характеризуется низкой эффективностью; мощность системы была рассчитана на другую нагрузку; и с другой стороны, если мощность системы слишком мала, то это снижает срок эксплуатации системы и может быть источником опасности).
- Насколько хорошо система обслуживается? (Запыленные фильтры, грязная поверхность теплообменников значительно снижают эффективность работы системы). Каков уровень подготовки персонала, инженеров, руководства цехом и всем предприятием?
- Контролируется ли работа вспомогательного оборудования? (При отключении котла или холодильной установки по причине нулевой нагрузки вспомогательные насосы и вентиляторы иногда могут быть также отключены).
- Возможна ли рекуперация тепла для данной системы или тепла, вырабатываемого данной системой? (Использование тепла компрессоров в холодильных установках для систем горячего водоснабжения).

Путем тщательного анализа всех вышеперечисленных аспектов для каждой установки и системы можно добиться хороших результатов по экономии энергии, даже, если некоторые из них кажутся на первый взгляд неэффективными.

Вместе с тем не следует создавать впечатление, что аудит решает все проблемы расходов предприятия на энергоресурсы.

#### 4.3. Схема технологического процесса

На схеме технологического процесса условно изображают основные этапы, по которым проходит сырье к преобразованию в конечный продукт производства, и связи между ними. На схеме обязательно должны быть показаны также основные потоки и виды энергии, которые используются. Каждый из выделенных этапов (либо подразделений производства) рассматривают как отдельный объект обследования. Указывается любая вторичная переработка отходов в рамках технологического процесса, а также переработка отходов, которые поступают на предприятие извне. Дело в том, что на отходы определенного этапа производства была израсходована энергия предшествующих этапов, если отходы были еще качественным продуктом предыдущих этапов.

Посторонний взгляд аудитора часто может более легко заметить причину отходов и пути их уменьшения. Например, в схеме технологического процесса производства стеклотары уже предусмотрено, что отходы процессов формирования и термообработки подаются как вторичное сырье после соответствующей подготовки дробилкой.

#### 4.4. Список важных потребителей энергии

Список важных потребителей энергии составляют, с разделом их по видам потребляемой энергии. К основным *потребителям электроэнергии* относятся, в частности:

- освещение;
- электропечи;
- сушильные шкафы;
- отопление помещений;
- кондиционирование воздуха;
- воздушные компрессоры;
- компрессоры холодильников;
- насосы воды и технологических жидкостей;
- вентиляторы (системы вентиляции);
- производственные машины и механизмы (технологическое нагревание, электроотяга, электропривод);
- вакуумные насосы;
- гидравлические помпы;
- мешалки;
- нагреватели жидкостей и газов.

К основным *потребителям тепловой энергии* относятся, в частности:

- паровые котлы;
- водогрейные котлы;
- парогенераторы;
- термальные жидкостные нагреватели;
- печи;
- сжигатели мусора;
- сушильные шкафы;
- нагреватели жидкостей;
- отопление помещений.

На предприятии обязательно должен быть учет использования пара и горячей воды.

#### 4.5. Текущее состояние энергоиспользования

Определение соответствующей действительности объема потребления энергии достигается комбинацией измерения, оценки и расчета. Хотя следует стараться получить всегда по возможности наиболее точный результат, все же определенные неувязки неминуемы. Кроме того, при производстве и обработке определенных видов сырья необходимо учитывать стоимость энергии на единицу массы сырья и издержки на преодоление последствий загрязнения окружающей среды. Последние принято выражать в кг CO<sub>2</sub>, приходящихся на 1 кг сырья (при условии, что на выход 0,0866 кг CO<sub>2</sub> приходится 1 МДж энергии, табл. 4.1).

Таблица 4.1. Энергия и издержки загрязнения при обработке сырья

Материал	Стоимость энергии, МДж/кг	Экологическая стоимость, кг CO <sub>2</sub> /кг
Сталь	50-65	4,3-6,7



Алюминий	60-270	5,2-2,3
Медь	25-85	2,2-7,4
Цинк	60-70	5.2-6
Свинец	25-50	2.2-4.3
Цемент	8-9	0,7-0,8
Штукатурка	3	0,26
Пластмасса	10	0,87
Стекло	20-50	1,7-4,3
Кирпич	2	0,17
Бумага	25	2,2
Лес	4-6	0,4-0,5
Резина	150	13
Песок, гравий	0,1	0,009

Но не столько важной является точная цифра, как масштаб потребления. Сопоставление и перекрестная проверка данных определения количества потребленной энергии основывается на данных, полученных разными приемами измерения и оценки количества энергии, которые потребляются разными категориями энергооборудования. Полученные в результате значения сравнивают, группируют по отдельным категориям потребителей, прибавляют и сравнивают с общим объемом энергопотребления на объекте. Для уточнения данных проводится перекрестная проверка.

Все объекты, на которых проводится энергоаудит, должны иметь измерительное оборудование, по крайней мере, это могут быть счетчики предприятия, по которым осуществляют расчеты за коммунальные услуги. Некоторые предприятия могут иметь развитую сеть дополнительных счетчиков. Кроме того, всегда есть возможность использования временных портативных измерительных приборов. Непосредственное измерение именно энергии осуществляют по сути лишь счетчики электроэнергии. С помощью, например, амперметра или токоизмерительных клещей измеряют лишь один показатель потребляемой энергии, а именно – ток. Термометром можно измерять концентрацию энергии. Определить энергию, которая пошла на нагревание воды, можно по показаниям счетчика горячей воды. Измеряя параметры выбросов, например, дымовых газов, можно определить потери энергии с этими выбросами.

Даже если невозможно непосредственное измерение затрат энергии, существуют посредственные методы их оценки. Эти методы базируются на элементарных законах физики и осуществляются с помощью простого и недорогого оборудования.

Рассмотрим теперь детальнее каждую составляющую.

## **Лекция 5. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТА АУДИТОРАМИ (продолжение)**

### **5.1. Непосредственное измерение затрат энергии и энергоносителей**

Непосредственное (прямое) измерение затрат энергии - это наиточнейший способ определения объема потребленной энергии, как объекта в целом, так и отдельными его потребителями. Непосредственные измерения потребленной энергии или объема потребленного энергоносителя осуществляется с помощью счетчиков.

Согласно Закона Украины "О метрологии и метрологической деятельности" №113/98-ВР от 11.02.98 г. при проведении измерений необходимо наличие аттестата аккредитации на проведение работ. В Украине этот вопрос занимает особое место. Так, в

справке УкрЦСМ о результатах государственного метрологического надзора за обеспечением единства измерений при учете электрической энергии за I полугодие 2002 г. указано, что недостатки установлены на 75 предприятиях, что составляет 88,2 % от количества проверенных. Из подвергшихся ревизии 973648 единиц средств измерительной техники (СИТ) 280761 единиц (28,8%) оказались непригодными к применению (см. ниже).

Название проверяемых СИТ	Проверено, ед.	Непригодных к применению, ед.			
		всего	процент	в том числе	
				неповеренных	неисправных
Счетчики однофазные	819304	241100	29,4	241078	22
Счетчики трехфазные	110676	14645	13,2	14636	9
Трансформаторы тока	8130	4717	58,0	4713	4
Трансформаторы напряжения	1767	659	37,2	659	0
СИТ электрических величин	33771	19640	58,1	19640	0

Было охвачено инспекционной поверкой 372 ед. СИТ, из них 89 ед., или 23,9%, дали неверные показания. На 67 предприятиях имели место применения СИТ с законченным сроком поверки, неисправных и неверных по результатам инспекционной поверки. 36 предприятий не в полном объеме обеспечены СИТ для учета электроэнергии. На 5 предприятиях электролаборатории проводили измерения без наличия аттестата аккредитации на проведение работ. Отсутствие надлежащего контроля за метрологическим обеспечением со стороны метрологической службы и администрации предприятий имеет место на 44 предприятиях.

Вышеназванные недостатки приводят к недостоверным измерениям в области учета электрической энергии.

На рис. 5.1 изображены счетчики электрической энергии (а), газовые счетчики со смарт – картой (микропроцессорной пластмассовой картой) (б, в); счетчики горячей и холодной воды ((г, д); ультразвуковые теплосчетчики (е, ж).

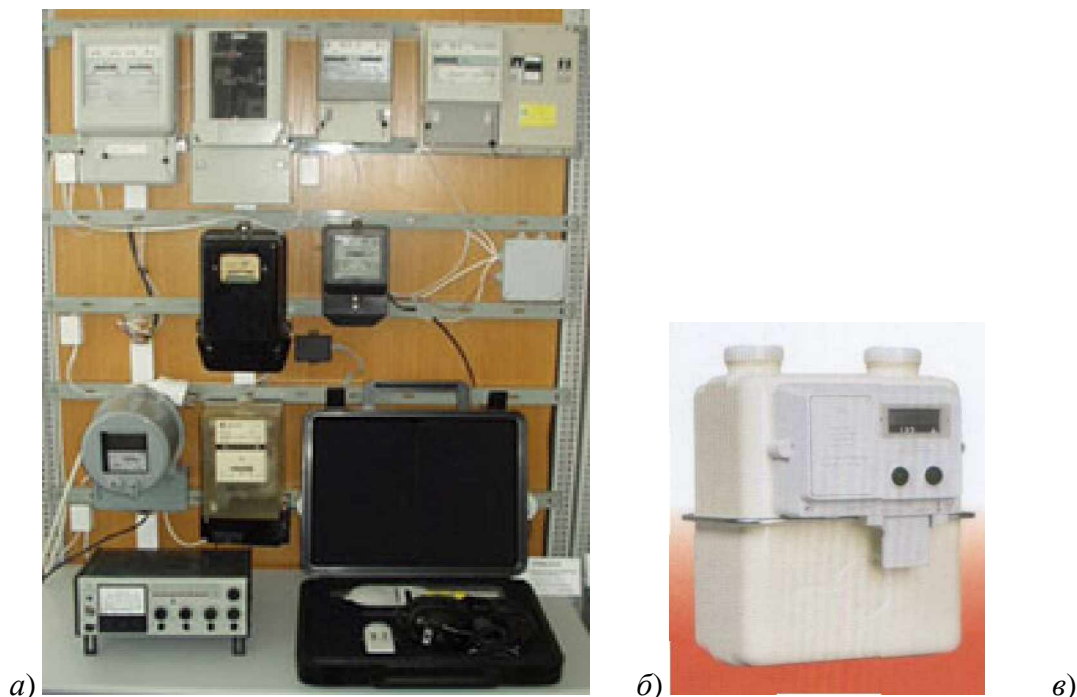




Рисунок 5.1. Счетчики:

*а - электрической энергии;*

*б, в - газа со смарт-картой производства специализированного завода счетчиков газа «Газдевайс» (Россия): б – мембранные (модели: ГИ1-С4 для эксплуатации при температуре от -40 до +50°С; ГИ1-В4 для эксплуатации при температуре от 0 до +50°С); в – ультразвуковые (модели: УБСГ - G6, G10 УЗСГ - G16, G25);*

*г, д – воды: г - фирмы «Premex»; д – горячей и холодной воды крыльчатые Unimag TU4 («Astaris metering systems»);*

*е, ж – теплосчетчики ультразвуковые: е - фирмы «Danfoss»; ж – модели Multical Compact фирмы «Kamstrup A/S» (Дания).*

Из приведенных на рис. 3.4 измерителей, как уже отмечалось, лишь счетчик электроэнергии непосредственно измеряет потребленную энергию. Газовый счетчик служит для обмена данными между счетчиком и пунктом обслуживания. Он позволяет считать: расход и оплату газа; тариф и срок его действия; состояние счетчика, батареи запорного устройства и датчиков; дату обслуживания карты; причину прекращения подачи газа.

На сегодня в жилом фонде Украины насчитывается 11 млн. газифицированных квартир. По состоянию на 01.02.2003 г. лишь в 33% этих квартир установлены бытовые

счетчики газа (3,63 млн. штук, или 55% от задач, определенных Многоотраслевой программой производства приборов учета потребления газа).

В соответствии с Распоряжением Кабмина Украины от 12.04.2000 г. №175-р до конца 2000 года необходимо было оснастить средствами учета газа 3318 бюджетных учреждений и организаций, в том числе 661 бюджетных учреждений, которые налегают к сфере управления министерств и 2 528 – финансируемых из местного бюджета.

Принцип действия счетчиков газа и воды основан на измерении частоты вращения или числа оборотов тела, находящегося в потоке измеряемой среды в трубопроводе. Для счетчиков количества применяют камерные преобразователи, для расходомеров - турбинные (вертушечные) и шариковые тахометрические преобразователи.

В комплект тахометрического расходомера входят: чувствительный элемент (турбинка, вертушка, крыльчатка и т. п.), устанавливаемый непосредственно в потоке и вращающийся в зависимости от скорости потока; тахометрический преобразователь, преобразующий частоту вращения вала в частоту электрических импульсов, и частотомер (измеритель расхода). В большинстве случаев чувствительный элемент и тахометрический преобразователь конструктивно соединены в одно целое. Бесконтактная система передачи сигналов к измерительному прибору способствует повышению точности измерительной системы.

В счетчиках количества чувствительный элемент связан со счетным механизмом в большинстве случаев механически, при этом возникает необходимость в уплотнении вала турбинки, который через редуктор передает вращение вала на счетный механизм. Тахометрические счетчики занимают ведущее место среди приборов для измерения количества жидкости и газа. Бывают следующих видов:

- *турбинные тангенциальные (крыльчатые) счетчики*, предназначены для измерения количества воды при расходе от 0,06 до 10 м<sup>3</sup>/ч. Эти счетчики рассчитаны на давление измеряемой среды не более 10 кгс/см<sup>2</sup>. Основная погрешность ±2%, на участке до 10% верхнего предела основная погрешность ±5%;
- *турбинные аксиальные счетчики* (ГОСТ 14167-76), предназначены для измерения количества воды при эксплуатационных расходах От 1,6 до 850 м<sup>3</sup>/ч на трубопроводах диаметром от 50 до 200 мм. Остальные характеристики идентичны характеристикам тангенциальных счетчиков;
- *камерные счетчики количества*, имеют один или несколько подвижных элементов, которые при движении отмеряют определенные объемы жидкости или газа. Имеется большое число типов и разновидностей объемных счетчиков количества. Камерные (объемные) счетчики жидкости и газа имеют небольшую погрешность - до 1 % для газов и до 0,5% для жидкостей. Камерные счетчики некоторых разновидностей могут применяться для измерения сред с вязкостью 300-10<sup>-6</sup> м<sup>2</sup>/с (300 сСт). В пределах от 15 до 150% номинального расхода погрешность счетчика не превышает 0,5%. Потери давления в счетчике при максимальном расходе не более 0,5 кгс/см<sup>2</sup> (0,05 МПа);
- *ротационные счетчики*, предназначены для измерения количества газов при давлении до 80 кгс/см<sup>2</sup> (8 МПа) и температуре от -50 до +50° С. Номинальный расход для этих счетчиков от 40 до 40 тыс. м<sup>3</sup>/ч при диаметре условного прохода от 50 до 1200 мм. Характеристики ротационных счетчиков типа РГ представлены в банке данных. Потери давления на Счетчике составляют не более 30 кгс/м<sup>2</sup> (300 Па). Счетчики могут выпускаться в обычном и специальном исполнении (для агрессивных сред, тропических условий и т. п.). Возможно дополнение счетчика преобразователем для передачи показаний на расстояние и для связи с системой автоматического регулирования.

Счетчики холодной и горячей воды предназначены для измерения объемного расхода воды в системах холодного и горячего водоснабжения. Они используются для учета расхода воды, в том числе коммерческого, согласно действующих правил учета отпуска и использования воды на промышленных объектах и объектах коммунального хозяйства. Теплосчетчики применяются для измерения тепловой энергии и энергии охлаждения во всех типах систем (открытая, закрытая) отопления. При установке расходомеров и в подающем, и в обратном трубопроводах, они способны отслеживать утечки и разрывы в системах отопления/охлаждения. Используются для измерения тепловой энергии как у мелких абонентов систем центрального или районного теплоснабжения, обычно в квартирах, отдельных домах и подъездах (с номинальным расходом теплоносителя  $0,75 \div 2,5 \text{ м}^3/\text{ч}$  и температурой  $90^\circ\text{C}$ ), так и в системах теплоснабжения с номинальным расходом теплоносителя  $1,5 \div 400 \text{ м}^3/\text{ч}$  и температурой  $130 \div 150^\circ\text{C}$ .

Для выполнения Постановлений Кабмина Украины от 27.08.95 №947 “О программе поэтапного оснащения имеющегося жилого фонда средствами учета и регулирования потребления воды и тепловой энергии на 1996-2000 года” с изменениями, внесенными Постановлением Кабмина Украины с 19.10.1998 года №1657 “О продолжении срока выполнения программы поэтапного оснащения имеющегося жилого фонда средствами учета и регулирования потребления воды и тепловой энергии до 2002 года” и от 25.12.2002 года №1957 “О продолжении срока выполнения программы поэтапного оснащения имеющегося жилого фонда средствами учета и регулирования потребления воды и тепловой энергии до 2007 года” по состоянию на 1.01.2003 года в жилом фонде установлено домовых счетчиков:

- холодной воды — 66,908 тыс. шт. (31,9% от задач Программы);
- горячей воды — 5,672 тыс. шт. (6,38%);
- тепловой энергии — 13,396 тыс. шт. (9,06%);
- регуляторов температуры — 2,691 тыс. шт. (1,82%).

Таким образом, обобщенные показатели обеспеченности экономики Украины приборами учета топливно - энергетических ресурсов и воды характеризуются такими данными:

- по газу - 78,6 % от потребности;
- по холодной воде – 66,2 %;
- по горячей воде – 49,4 %;
- по тепловой энергии – 46,5 %;
- по регуляторам температуры – 2,8 %.

В среднем по Украине уровень обеспеченности приборами учета оценивается в 48,7 % от потребности.

Кроме того, применяются олеометры – это счетчики потребления жидких энергоносителей (нефтепродуктов), ими измеряют объем потребленного энергоносителя (газа или, например, мазута). Для получения результата в единицах энергии необходимо объем помножить на теплотворную способность топлива. В случае достоверных данных о теплотворной способности конкретного топлива, которое потребляется, такие счетчики становятся надежным источником информации для энергоаудитора. По показаниям счетчиков определяют количество потребленной энергии определенного вида за принятый промежуток времени (день, неделю, месяц, сезон, год).

К непосредственным измерениям отнесены вычисления объема потребленного топлива. Если топливо поставляют в известных количествах и в любой момент можно измерять объемы снабжения, то применение счетчиков непосредственного измерения потребленного топлива необязательно. Прием “Вычисление объема потребленного топлива”

широко используют для расчета потребленного объема жидкого (нефть, мазут, газ) и твердого (уголь) топлива. Для расчета потребленного топлива за определенный интервал времени нужно располагать информацией об имеющемся количестве топлива на составе (в газохранилище) на начало интервала времени (S1) о количестве топлива, которое поступило на протяжении интервала (D) и о количестве топлива на составе в конце интервала (S2). Отсюда потребленное количество топлива А:

$$A = S1 + D - S2$$

Определение количества потребленного жидкого топлива, как правило, элементарно, поскольку оно сохраняется в резервуарах или цистернах, объем которых известен. Возможны разные способы: от традиционного черпака до нефтяных резервуаров с цифровыми измерителями. Объем измеряют за заполнением цистерн или поплавковыми измерителями уровня топлива в цистерне (резервуаре), здесь возможные погрешности за счет изменения плотности топлива с изменением температуры. Для горизонтальных цилиндрических резервуаров, черпаков или поплавкового измерителя уровни шкалы должны быть тщательно проградуированы. Количество топлива в резервуаре может быть определено через показания манометра (аналогового или цифрового), который измеряет давление в нижней точке резервуара.

Подобные приемы можно применять для определения количества потребленного угля. Она легко измеряется, если уголь сохраняется в контейнерах или бункерах. Если же уголь рассыпан на земле или хранится в шахте, то его количество определяется по размерам и форме образованной углем объемной фигуры. Соответствующие формулы приведены на рис. 5.2 (линейные размеры А, В и высота Н - в метрах).

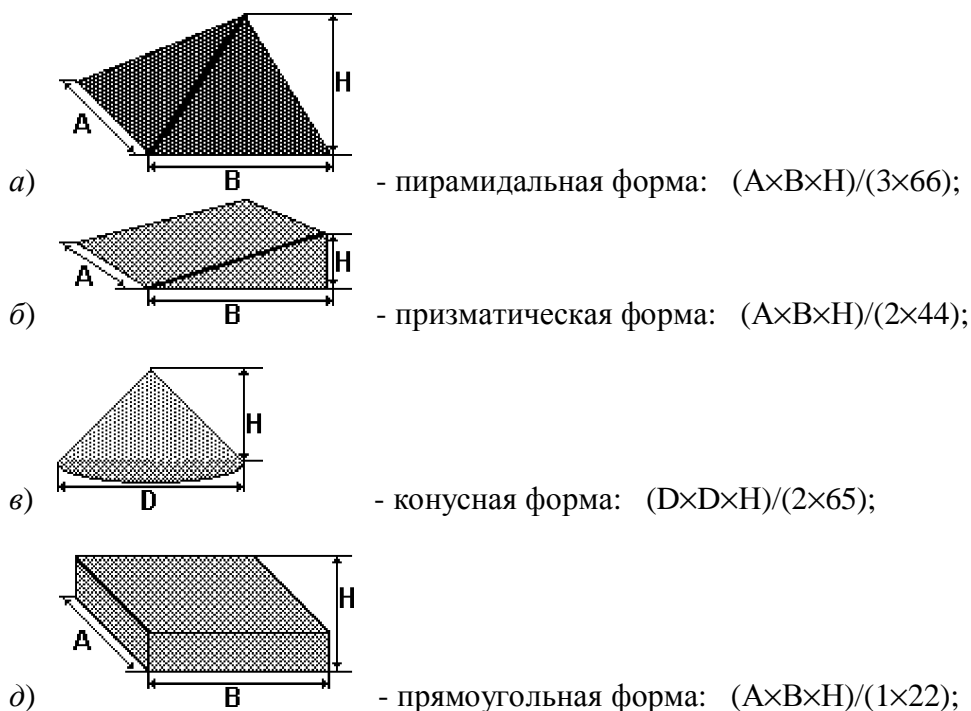


Рисунок 5.2 Формулы определения количества потребленного угля.

Во время проведения энергетического аудита используют также разнообразные временные измерители от простейших до довольно сложных. Перечень часто используемых временных измерителей приведен ниже в табл. 5.1.

Таблица 5.1. Перечень временных измерителей

Счетчики (категория, тип)	Потребление на промежуток времени	
	Показания	Мгновенное значение
<b>Электрические измерители</b>		
Портативный счетчик электроэнергии	+	+
Токоизмерительные клещи	+	-
<b>Измерители температуры</b>		
Цифровой термометр	+	-
Инфракрасный термометр	+	-
<b>Измерители расхода жидкости</b>		
Ультразвуковой детектор потерь	+	-
Измерительная посуда	+	-
<b>Измерители потерь газа</b>		
Анемометр (роторный прибор)	+	-
Приемник полного давления и манометр	+	-
<b>Измерители влажности атмосферы</b>		
Гигрометр (электронный, сухой и увлажненный термометр)	+	-
<b>Измерители скорости обращения</b>		
Тахометр (контактный, стробоскопический)	+	-
<b>Измерители освещенности</b>		
Люксметр	+	-

Некоторые из измерителей (например, портативный счетчик электроэнергии) непосредственно измеряют потребление энергии, хотя подавляющее большинство приведенных в таблице приборов измеряют другие, связанные с использованием энергии параметры, такие как расход жидкости, влажность, освещенность и т.п. Более сложные приборы могут измерять как потребление за определенный промежуток времени, так и мгновенное значение измеренного параметра. Некоторыми измерителями, в частности анемометром, можно также определить расход воздуха или жидкости за короткий промежуток времени, но эти данные не отображают изменения параметров расхода на протяжении определенного промежутка.

Энергоаудитор не должен забывать о важности подручных инструментов. Карманный фонарь, переносная стремянка, рулетка и даже кусок шнура (для определения обхвата трубы) иногда могут понадобиться аудитору так же, как и сложное оборудование.

Приведенная ниже таблица 5.2 показывает, как измеренные временными измерителями значения разных параметров можно использовать для определения энергопотребления, или других параметров, связанных с использованием энергии. В таблицы приведены также допущения, на которых обосновываются эти выводы.

Таблица 5.2. Использование информации временных измерителей

Измерители	Получаемая информация	Условия и допущения относительно достоверности информации
Портативный счетчик элек-	Потребление электроэнергии,	Точность измерителя

Измерители	Получаемая информация	Условия и допущения относительно достоверности информации
троэнергии	коэффициент мощности	
Измеритель электрического тока (токоизмерительные клещи)	Мощность через измеренный ток	Напряжение, коэффициент мощности
Анализатор дымовых газов	Эффективность сгорания топлива	Полное сгорание, другие расходы котла
Цифровой термометр	Температура поверхности, газа, жидкости	Хороший контакт
Инфракрасный термометр	Температура поверхности	Излучательная способность
Ультразвуковой детектор расхода	Расход жидкости	Хороший контакт, плотность жидкости
Измерительная посуда	Расход жидкости	Расход пара в единицу времени
Анемометр (приемник полного давления и манометр)	Расход жидкости (газа)	Типовые пробы
Гигрометр	Относительная влажность	Точность измерителя
Тахометр	Скорость обращения	Точность измерителя
Люксметр	Освещенность	Точность измерителя

Основой правильных выводов из анализа информации временных измерителей является здравый смысл и перекрестная проверка результатов. Например, опытный энергоаудитор, как правило, знает коэффициенты мощности характеристик электроприборов. Если в котле неполное сжигание топлива, специалист делает замечание о характере выбросов из дымовой трубы котлов, которые работают на мазуте или нефтяном газе, или отмечает непривычно высокий уровень угарного газа в выбросах котлов, работающих на газе. По температуре дымовых газов можно оценить общий КПД котла, но без учета потерь на продувку и излучение с поверхности котла.

Первым шагом обобщения информации, полученной от временных измерителей, является построение зависимости изменения нагрузки на протяжении определенного времени - графика нагрузки (рис. 5.3).

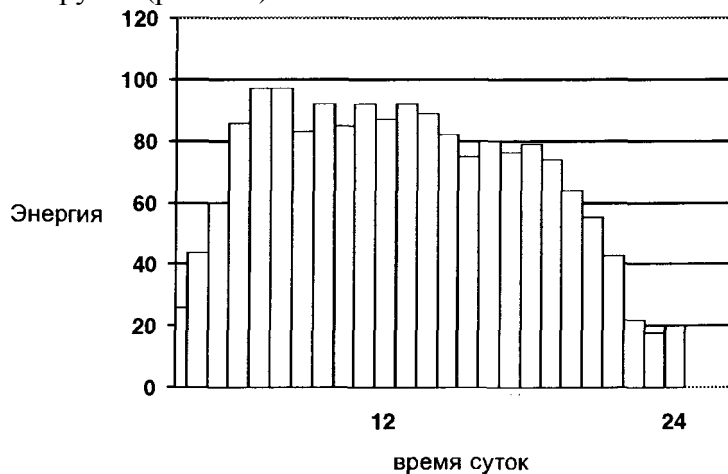


Рисунок 5.3. График изменения нагрузки на протяжении суток.



Для этого используют показатели измерителей, которые могут измерять расход энергии за определенный промежуток времени (например, счетчиков электроэнергии или ультразвуковых расходомеров).

Важность подобных графиков состоит в том, что они наглядно демонстрируют изменение количества потребленной энергии на протяжении определенного времени (на рис. 3.6 показан суточный график). Эта информация помогает сравнить фактическое изменение объема потребленной энергии с ожидаемым, а также показывает, насколько успешно функционируют ручная и автоматическая система управления потреблением.

Графики нагрузки содержат признаки потенциального энергосбережения и могут указывать на такие факторы:

- повреждения систем контроля;
- ручное управление систем контроля;
- различие эффективности потребления энергии в разные рабочие смены;
- потери и утечки.

Графики нагрузки (а также графики расхода воды) обязательно включают в отчет по энергетическому обследованию, поскольку они наглядно отображают имеющиеся проблемы и, таким образом, проявляют конкретные пути экономии энергии.

## 5.2. Частичные измерения параметров затрат энергии и энергоносителей

Потребление энергии или энергоносителей можно также определить по показаниям стационарных или временных измерителей, которые дают значения определенных параметров, касающихся потребления энергии. Чтобы свести эти показания к единицам потребления энергии, необходимо знать некоторые другие параметры процесса потребления энергии. Так, для определения мощности потребления электроэнергии по величине тока, получаемой с помощью стационарного амперметра или токоизмерительных клещей, необходимо знать также значения напряжения и коэффициента мощности. Без большой погрешности их можно принять номинальными для данного электроприбора (указаны на его щитке). Для определения затрат энергии по показаниям параметра необходимо знать энтальпию пара и энтальпию конденсата.

Определение потребления энергии по измерителям продолжительности работы возможно для оборудования, которое работает с постоянной нагрузкой.

Однако, во многих случаях опытный энергоаудитор может оценить влияние любого из тех факторов, значение которых по частичным измерениям не определяется, и соответственно, скорректировать показатели энергопотребления.

## Лекция 6. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТА АУДИТОРАМИ (продолжение)

### 6.1. Посредственные измерения затрат энергии и энергоносителей

Потребление энергии может быть измерено также непрямым путем. Анализ данных, полученных для сменных производственных условий, часто дает количественные показатели для распределения измеренных затрат энергии на компоненты энергопотребления. Наиболее часто для него используют методы регрессионного анализа и метод тестового контроля.

Метод регрессивного анализа представляет собой математический прием, который основан на сравнении изменений количества использованной энергии с изменениями другой (или нескольких других) переменной, от которых может зависеть потребление

энергии. Например, можно сравнивать значение месячного потребления энергии с выпуском продукции предприятием за соответствующий месяц.

Регрессионный анализ разделяет объем потребленной энергии на постоянное потребление (то есть на то количество энергоносителя, которое необходимо для поддержания на предприятии нулевого уровня производства) и сменное потребление (количество энергоносителя, которое расходуется на производство продукции и зависит от ее объема). Регрессионный анализ также дает характер зависимости изменения количества энергии от количества продукции, которая вырабатывается. Простейшей является линейная зависимость - так называемая линейная регрессия. Существуют также разного вида нелинейные зависимости (регрессии): квадратичная, показательная, экспоненциальная, логарифмическая. Регрессионный анализ позволяет найти пути сбережения энергии, установить обоснованные режимы потребления и контролировать использование энергии.

На рис. 6.1 приведен типичный пример графика регрессионного анализа. Положения звездочек определяют количество выработанной за определенный промежуток времени (например, за неделю) продукции и количество потребленной за это время энергии. С максимальным приближением к звездочкам проведена линия регрессии - "идеальная прямая". Это сделано приближенно. Однако целесообразно использовать точный математический метод "линейного регрессионного анализа".

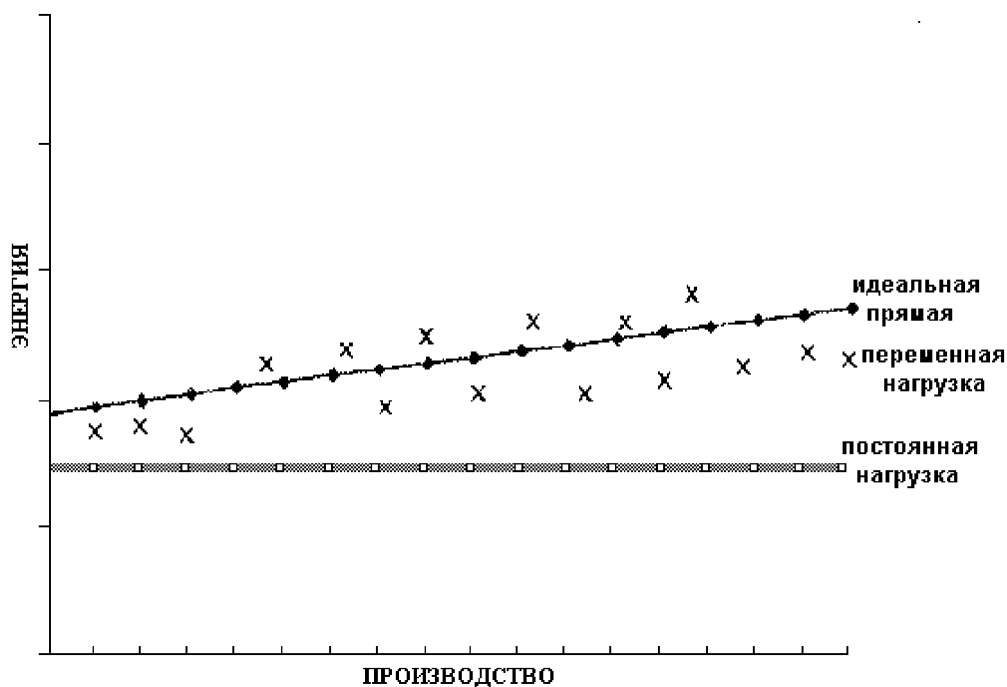


Рисунок 6.1. Типичный пример графика регрессионного анализа.

Практически все инженерные калькуляторы имеют встроенные программы определения параметров линейной и других видов регрессии. Отрезок, который отсекает "идеальная прямая" на оси энергии, отвечает потреблению энергии предприятием в случае отсутствия производства продукции – постоянному потреблению. Понятно, что с увеличением объема производства продукции возрастает лишь сменная составляющая затрат энергии.

Таблица 6.1 показывает, как составляющие затраты энергии связаны с определяющими переменными величинами, а также куда, в основном, идет любая из составляющих потерь. Следует отметить, что любые потери, такие, например, как выход пара, теплопередача с поверхности труб, обусловленная их плохой изоляцией, относят к посто-

янным потерям. Иногда с потерями энергии соотносят несколько переменных.

Энергоаудитор должен самостоятельно определить важнейшую переменную. Для этого выполняют регрессионный анализ относительно каждой альтернативной переменной, а потом выделяют определяющую переменную. Однако наиболее часто этот выбор основан на здравом смысле.

Таблица 6.1. Разделение потребленной энергии определенного вида на постоянное и переменное потребление

Энергия (энергоноситель)	Измеряемая переменная	Постоянная нагрузка	Переменная нагрузка
Котельное топливо для отопления помещений	Градусо-дни*	Горячая вода для бытовых нужд	Отопление помещений
Водоснабжение для центрального отопления	Градусо-дни	Горячая вода для производственных нужд	Отопление помещений
Котельное топливо	Количество пара	Потери в котельной	Технологический пар
Пар для производства	Объем выпускаемой продукции	Потери в распределительной сети	Технологический пар
Электроэнергия для производства	Объем выпускаемой продукции	Непроизводственные потери электроэнергии	Производственные потери электроэнергии

\*Градусо-дни - объективный показатель потребности в энергии для отопления помещений.

Иногда применяют "мультипликативный регрессионный анализ", то есть сопоставление количества использованной энергии с несколькими переменными одновременно. Однако, такие ситуации встречаются редко.

Метод тестового контроля применяют в случае, если несколько потребителей получают энергию от одного источника, на котором организовано измерение потерь энергии.

Индивидуальное потребление энергии любым из потребителей может быть определено наблюдением за изменением общей нагрузки в случае отключения и включения различных нагрузок индивидуальных энергопотребителей.

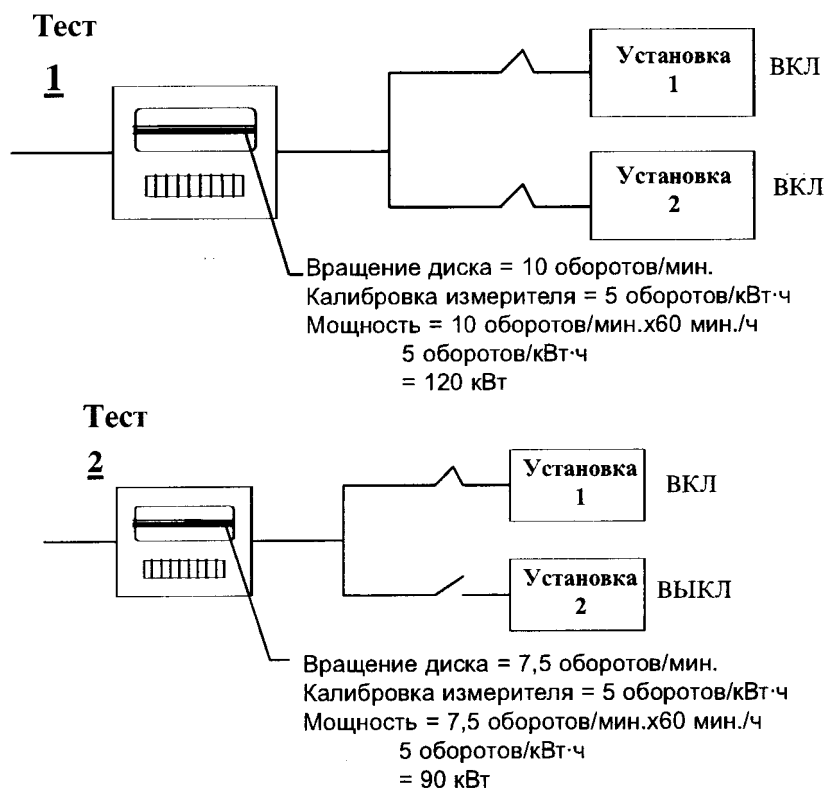
Рис. 6.2 дает практический пример использования метода тестового контроля для определения энергопотребления одной из двух установок, которые подключены к одному счетчику электрической энергии.

В этом приборе минутное потребление энергии определялось по количеству оборотов диска электрического счетчика на протяжении минуты .

Тестовый контроль может быть применен и для других типов счетчиков, например, газовых или паровых.

Хотя в таких счетчиках нет вращающихся дисков, можно зафиксировать время, за которое изменятся показания счетчика, например, на единицу младшего разряда. Таким образом, принцип: остается таким самым, хотя времени для снятия показаний может понадобиться больше.

Для получения достоверных результатов методом тестового контроля следует быть уверенным в том, что энергопотребление тестового оборудования находится на нормальном уровне и не изменяется на протяжении времени тестирования, например, автоматическими системами управления.

Вывод:

Установка 1. Средняя нагрузка = 90 кВт.

Установка 2. Средняя нагрузка = 30 кВт.

Рисунок 6.2. Пример использования метода тестового контроля.

Ниже приведены другие примеры применения тестового контроля.

*Электроснабжение производственных механизмов и систем освещения.* Если производственный процесс останавливается (например, во время обеденного перерыва или в конце рабочего дня), освещение остается включенным еще на несколько минут. При условии, что отключены все производственные механизмы, вы можете точно измерять количество электроэнергии, которая потребляется электрическим освещением.

*Сжатый воздух.* Если производственный процесс останавливается и нет потребности в сжатом воздухе, оставьте компрессоры включенными еще на несколько минут. Потребляемая компрессорами энергия покажет размер истоков сжатого воздуха. Если компрессоры периодически включаются, вам следует измерять время загрузки / незагрузки компрессоров, чтобы оценить уровень потерь воздуха и количество потребленной электроэнергии.

Относительно применения тестового контроля есть определенные предостережения.

Тестовый контроль наиболее эффективен, если при всем работающем оборудовании выключаются некоторые электроприборы (или их группы) на определенные промежутки времени. Эта система не всегда срабатывает в обратном направлении, поскольку некоторые электроприборы (а именно люминесцентные лампы, электродвигатели, системы сжатого воздуха) потребляют больше энергии в режиме включения, чем в устойчивом

рабочем режиме.

Тестовый контроль может применяться исключительно к оборудованию, которое потребляет на протяжении интервала тестирования постоянную мощность. Если во время тестирования оборудование автоматически включается и выключается (например, холодильник), можно получить ошибочный результат. Однако, заметим, что в предшествующем примере с воздушными компрессорами, оставленными для тестирования потерь в рабочем состоянии, это не имеет значения, поскольку компрессоры в условиях примера являются единым контролируемым потребителем энергии.

## 6.2. Оценка потребления энергии

Одним из основных способов определения потребления энергии, в котором измерители не используют, является оценка потребления. Способ применяют в ситуациях, если измерение энергии и ее потоков счетчиками невозможно, а потребление энергии оценивают по параметрам и режиму работы имеющегося оборудования. На практике (через ограниченность ресурсов и времени) это один из основных методов определения энергопотребления разными потребителями на объекте. Годовое потребление энергии  $W$  (кВт·ч) получают путем перемножения номинальной мощности оборудования  $P$  (кВт) на коэффициент средней загрузки  $k_z$  (это произведение дает средняя загрузка оборудования) и на время использования оборудования на протяжении года  $T_r$  (часов):  $W = P * k_z * T_r$ .

Преимущество метода состоит в том, что для определения потребления не нужны специальные измерители, а недостатком является то, что он основан на определенных предположениях. Из-за необходимости принимать определенные предположения метод дает достоверные результаты при условиях, когда хорошо известны особенности эксплуатации оборудования. Например, если известно количество и мощность ламп, которые освещают площадку маркирования машин, а также время, на протяжении которого в течение года эти лампы включены, то описываемый метод может дать довольно точный результат. Для оборудования, которое на протяжении производственного процесса изменяет мощность, расчет энергопотребления более сложен. В этих случаях могут помочь замеры, выполненные на оборудовании его производителями. Кроме того, можно использовать данные, опубликованные институтами энергетических обследований. Очень часто бывает тяжело определить точно продолжительность работы оборудования. В таких случаях можно опросить операторов.

Кроме того, если работа оборудования контролируется автоматически (например, выключателем с часовым механизмом), это также может дать необходимую информацию.

Для успешного использования в энергоаудите способа оценки потребления аудитор должен знать достоверное значение коэффициента загрузки оборудования и проводить перекрестную проверку результатов, сравнивая их с известными нормами и общим потреблением энергии.

Ключевым моментом определения объема потребления способом оценки является сбор данных. Рассмотрим возможные источники получения необходимой информации детальнее.

*Номинальная мощность оборудования.* Эту информацию можно получить из нескольких источников, а именно: из информационной таблички (шильда) оборудования, из инструкции по эксплуатации, по предшествующему опыту работы при известной мощности или аналогичного оборудования.

*Коэффициент средней загрузки.* Хотя эта информация иногда может быть получена из инструкции или опубликованных обследований, аудитору часто приходится самостоятельно оценивать варианты нагрузки на протяжении эксплуатационного периода.

Иногда он может быть определен по показаниям измерителей, например, стационарных амперметров или токоизмерительных клещей.

*Время использования оборудования в течение года.* Информация может быть получена по показаниям контрольных устройств и условиям их точной работы. Необходимо учитывать продолжительные интервалы работы оборудования в разных режимах, например, в случае оптимизации работы систем отопления в условиях поддержания в помещениях разной температуры в рабочее и нерабочее время. Опрос операторов - также хороший источник для уточнения продолжительности работы оборудования, однако операторы часто не уверены в том, как часто используется некоторое оборудование. Поэтому следует различать неработающее оборудование и оборудование, которое функционирует нормально. Рассчитывая время использования оборудования в течение года, необходимо принимать во внимание простой оборудования в связи с запланированными и незапланированными текущими ремонтами.

Обследование может проводиться по таким направлениям:

- обследование системы учета электроэнергии в учреждении, при наличии арендаторов предусматривается изъятие потребленной ими электроэнергии из общих объемов потребления, и в дальнейшем организация для них отдельного учета;
- изучение характерных сезонных, суточных (рабочий, выходной, отпускной день) и годового графиков электропотребления;
- обследование режимов работы основного электрооборудования, установленного в учреждении, его загруженности, выявление устаревшего, нестандартного оборудования, анализ целесообразности его использования;
- разработка рациональных мероприятий экономии электроэнергии и реальных лимитов на потребление ее учреждением.

Нормы устанавливаются как комплексные усредненные электрические нагрузки всего электрического оборудования объекта, которое может быть установлено по соответствующим действующим Строительным нормам и правилам. Нормы корректируются и дополняются согласно статистической отчетности по категориям общественных организаций в разных регионах и населенных пунктах.

Пример определения энергопотребления общественными зданиями и организациями бюджетной сферы Украины (для объектов массового строительства, согласно ВСН 59-88 "Электрооборудование жилых и общественных зданий") приведен в таблице 6.2.

Таблица 6.2.

Удельная электронагрузка и потребление электроэнергии общественных зданий и организаций бюджетной сферы Украины .

Объекты массового строительства	Единица измерения	Удельная нагрузка, кВт	Годовое количество часов, час / год	Годовое электропотребление, кВт×ч/год
Детские сад-ясли с электрифицированными пищеблоками	кВт / 1 место	0,4	2200-2600	880-1040
Общеобразовательные школы с электрифицированными пищеблоками и спортзалами (одна смена)	кВт/1 ученика	0,22	800-1200	176-264
-//- (две смены)	-//-	0,25	1120-1680	280-420
Профтехучилища (без общежитий)	-//-	0,4	900-1300	360-520
Учебные корпуса вузов с кондиционированием воздуха	кВт/м <sup>2</sup> пол. площади	0,04	1100-1500	44-60

Объекты массового строительства	Единица измерения	Удельная нагрузка, кВт	Годовое количество часов, час / год	Годовое электропотребление, кВт×ч/год
-//- без кондиционирования воздуха	-//-	0,03	900-1300	27-39
Лабораторные корпуса вузов с кондиционированием воздуха	-//-	0,06	1100-1500	66-90
-//- без кондиционирования воздуха	-//-	0,05	900-1300	45-65
Больницы многопрофильные с электрифицированными пищеблоками	кВт/кровать	2,2	2800-3400	6160-7480
Поликлиники	кВт/ посещения в смену	0,15	1900-2200	285-330
Дома отдыха, пансионаты, профилактории (без столовых и кондиционирования воздуха)	кВт/место	0,3	2000-2500	600-750
Общежития с электроплитами на кухнях	-//-	0,4	3000-3400	1200-1360
Детские лагеря	кВт/м <sup>2</sup> жил. площади	0,02	1000-1400	20-28
Дворцы культуры, клубы	кВт/место	0,4	1200-1800	480-720
Библиотеки	кВт/м <sup>2</sup> пол. площади	0,04	2000-3500	80-140
Админздания с столовыми, без кондиционирования воздуха	-//-	0,036	2200-3200	79-115

В проектные расчеты норм электронагрузки и "потребляемой мощности" (по паспортам типовых проектов) заложены коэффициенты запаса для обеспечения системы электроснабжения при массовых повреждениях в экстремальных ситуациях. Поэтому для приближения показателей электропотребления к реальному уровню при исследовании типовых проектов годовое количество часов использования необходимой мощности необходимо уменьшать на 35 - 50%.

### 6.3. Оценка потребления электроэнергии системами освещения

Большое количество электроэнергии расходуется на освещение помещений. Для ее уменьшения необходимо применять местное освещение каждой функциональной зоны. Для различных зон и видов деятельности должны быть установлены и различные уровни освещения (например, для дизайн-студий и коридоров). Там, где есть возможность, надо широко применять более экономичные люминесцентные лампы вместо ламп накаливания или же энергосберегающие лампы небольшой мощности. Загрязнение ламп и плафонов ухудшает освещенность на 10-15%, а загрязненные окна - на 30%. Чистые окна дают хороший экономический и эстетичный эффект. Поэтому расположению систем высокоэффективного освещения и содержанию их в чистоте надо уделить особое внимание. Освещение должно быть минимальным или вообще отсутствовать там, где это не требуется.

Должен быть найден оптимальный баланс между естественным и искусственным освещением в различных зонах. Рациональное размещение общего и местного освещения в комнате до 20 кв.м позволяет уменьшить затраты электроэнергии на 200 кВт×ч в год. При этом окна малых размеров при меньших потерях тепла через застекление требуют большего искусственного освещения. В ходе оценки потребления электроэнергии систе-

мами освещения необходимо исследовать систему контроля и управления освещения и при необходимости пересмотреть ее. В цвете стен должны преобладать светлые, легкие тона, а отражающие поверхности должны содержаться в чистоте. Необходимо также учитывать и наличие дополнительного тепла, поступающего от источников света (особенно ламп накаливания).

Поскольку определенные виды ламп потребляют известную мощность (за исключением ламп с регуляторами освещенности), освещение - это нагрузка, потребление электроэнергии которой рассчитывается относительно просто.

Пример определения энергопотребления системами освещения приведен в табл. 6.3.

Таблица 6.3. Перечень осветительной нагрузки

Помещения, территории	Установленная мощность, кВт	Условия эксплуатации		
		Годовое потребление энергии	Время использования, часов	Коэффициент загрузки
Офисный блок	24	2400	28800	0,5
Механический цех	62	4900	243040	0,8
Литейный цех	48	4900	188160	0,8
Склад	18	2400	21600	0,5
Инженерный отдел	17	2400	28560	0,7
Внешнее освещение	11	3600	35640	0,9
Всего	180		545800	

Во время оценивания потребления энергии осветительными системами необходимо учитывать приведенные ниже соображения.

*Максимальная мощность системы освещения.* Это мощность ламп (Вт), а для люминесцентных и газоразрядных ламп еще и мощность затрат в цепи управления (Вт). Лампы накаливания с вольфрамовой спиралью напряжением 220 В не требуют никакого устройства управления, кроме выключателя, потерями в котором пренебрегают. Потери мощности в преобразователях галогенных ламп низкого напряжения обычно достигают 10% от мощности ламп.

*Коэффициент средней загрузки.* Здесь следует принимать во внимание лампы, которые работают в режиме регулируемой освещенности. Необходимо учитывать также обслуживание осветительного оборудования. Например, заводские цеха с высокими проемами могут иметь в средних 10-20% неисправных ламп между очередными текущими ремонтами.

*Время использования оборудования в течение года.* Это время оценивается, исходя из продолжительности работы, с учетом загрузки (офисы) и времени использования естественного освещения. Необходимо принимать во внимание имеющееся автоматическое управление.

## Лекция 7. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТА АУДИТОРАМИ (продолжение)

### 7.1. Оценка потребления энергии электроприводами (вентиляторов и помп)

Наибольшее количество энергии на производстве потребляют электродвигатели. Кроме приводов станков и механизмов, многообразие которых зависит от характера производства, практически на всех производствах электродвигатели применяют для приведе-



ния в движение вентиляторов, помп, лифтов, конвейеров и компрессоров.

Пример определения количества энергии, которая потребляется вентиляторами, приведен в табл. 7.1.

Рассмотрим некоторые особенности, которые следует учитывать во время определения количества электроэнергии, потребляемой двигателями вентиляторов и помп.

Таблица 7.1. Определение потребления электроэнергии устройствами кондиционирования воздуха

Назначение установки	Мощность двигателей, кВт	Условия эксплуатации	
		Время использования × коэффициент загрузки, часов	Годовое потребление энергии, кВт×ч
Подача воздуха в админздание	3,75	8760×0,5	16425
Вытяжная вентиляция админздания	3,30 (оценка)	8760×0,5	14454
Подача воздуха в палату 1/2	4,12	8760×1,0	36091,2
Подача воздуха в палату 3/4	4,12	8760×1,0	36091,2
Подача воздуха в палату 5/6	4,12	8760×1,0	36091,2
Подача воздуха в палату 11/12	4,12	8760×1,0	36091,2
Подача воздуха в палату 15/16	2,25	8760×1,0	19710
Подача воздуха в палату 17/18	2,25	8760×1,0	19710
Подача воздуха в прачечную	0,50 (оценка)	8760×0,3	1314
Вытяжная вентиляция прачечной	0,22	8760×0,3	5781,6
Подача воздуха в палату 9	2,25	8760×0,1	19710
Подача воздуха в столовую	1,50	8760×1,0	13140
Подача воздуха на кухню	7,50	8760× -	-
Вытяжная вентиляция кухни 1	0,82	8760×0,6	4309,9
Вытяжная вентиляция кухни 2	1,20	8760×0,6	6307,2
Вытяжная вентиляция кухни 2	1,20	8760×0,6	6307,2
Вытяжная вентиляция кухни 3	1,10	8760×0,6	5781,6
Подача воздуха в холл	3,75	8760×1,0	32850
Вытяжная вентиляция в холле	3,30 (оценка)	8760×1,0	28908
Подача воздуха в коридор	3,75	8760×1,0	32850
Подача воздуха в физиотерапевтическое отделение	1,12	8760×1,0	9811,2
Всего	57,29		395137,3

*Номинальная мощность электродвигателей.* Номинальная мощность двигателя обычно указана на его информационной табличке (шильдe).

*Коэффициент средней загрузки.* Коэффициент средней загрузки можно определить с помощью имеющегося амперметра или токоизмерительных клещей. Его можно также вычислить через измеренное значение расхода воздуха (воды), которое сравнивают с номинальной производительностью вентилятора (насоса), по этому соотношению определяют собственное энергопотребление (см. график ниже). Необходимо также учитывать наличие системы автоматического управления привода с регулируемой скоростью (см. график ниже).

*Рабочее время в течение года.* Для определения продолжительности работы электропривода следует выходить на график работы оборудования, которое обслуживается вентиляционной или помповой системой. Нужно также учитывать пребывание двигателя в состоянии горячего (холодного) резерва, а также наличие системы автоматического управления.

*Количество энергии,* которая потребляется двигателями вентиляторов или помп зависит от номинальной мощности двигателя и объема выполненной работы. Если двигатель, мощность которого соответствует мощности вентилятора или насоса, постоянно работает на полную мощность, то он обеспечивает запланированный максимальный объем вентилирования воздуха (закачивания воды). Однако, часто этот объем является избыточным. Уменьшить его с соответствующим уменьшением энергопотребления можно с помощью задвижек или регулированием скорости обращения двигателя. На рис. 7.1 приведена связь между относительной потребляемой мощностью и относительной производительностью для вентилятора (а) и насоса (б) в зависимости от способа регулирования производительности механизмов. На рис. 7.1 видно, что для обоих механизмов использование механических приспособлений, таких как задвижки, менее эффективно, чем электронных регуляторов скорости двигателя, например, регуляторов частоты.

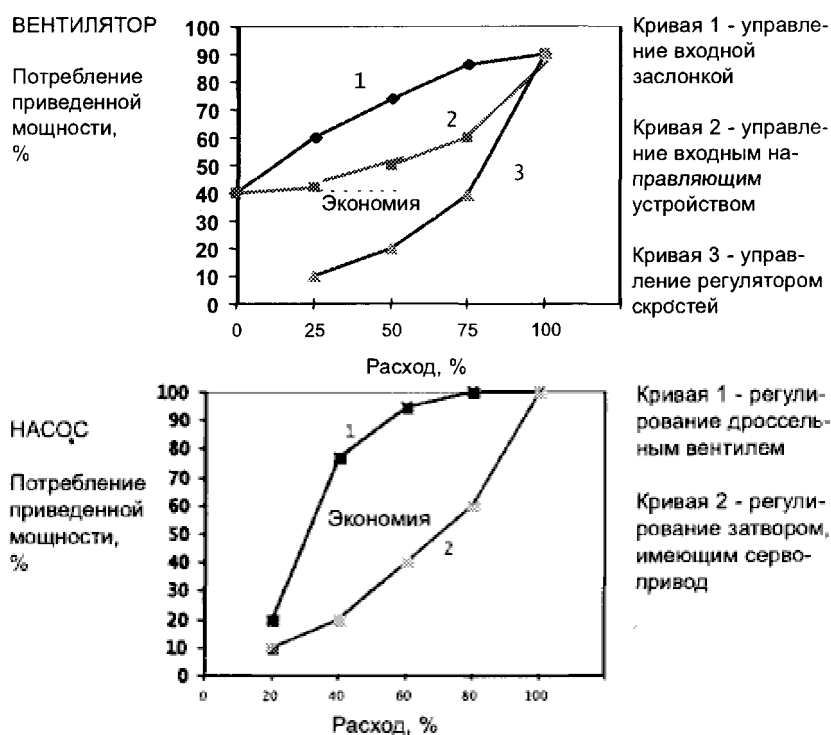


Рисунок 7.1. Относительная потребляемая мощность и относительная производительность для вентилятора и насоса в зависимости от способа регулирования.

Определяя потребление энергии вращающимися электроприводами вентиляторов и помп, энергоаудитор должен учитывать все перечисленные выше факторы. Это поможет обнаружить потенциал энергосбережения, например, за счет более эффективного управления потоками.

## 7.2. Оценка потребления энергии воздушными и холодильными компрессорами

Управление воздушными и холодильными компрессорами с электроприводными

устройствами осуществляют четырьмя основными способами.

*Управление типа "включить-выключить".* Этот способ применяют в основном для небольших поршневых компрессоров. Компрессор повышает давление воздуха в системе и в случае достижения определенного значения давления двигатель компрессора выключается. Если давление снижается, компрессор снова включается.

*Управление типа "с нагрузкой – без нагрузки".* Этот способ используют для больших поршневых компрессоров, для которых частые включения и выключения могут вызвать повреждение двигателя. Поэтому здесь в случае достижения желательного уровня давления используют клапаны, которые разрешают поршням двигаться без подачи воздуха в резервуар сжатого воздуха. Этот метод разрешает экономить большое количество энергии, хотя компрессор, работая без нагрузки, все еще потребляет значительное количество энергии.

*Управление типа "полная нагрузка – половина нагрузки".* Это вариант описанного выше способа управления, в котором существует положение между полной нагрузкой и без нагрузки во время которой механизм используется наполовину, чтобы уменьшить уровень выработки воздуха.

*Управление типа "полное регулирование".* Этот способ обычно используют для ротационных винтовых компрессоров или турбокомпрессоров. Он позволяет подавать воздух в соответствии со спросом на него. В некоторых случаях возможно изменение производительности компрессора в соотношении 3:1, или даже 4:1. Обычно для этого используют изменение рабочего объема цилиндров винта или турбины, хотя в некоторых случаях используют двигатели со переменной скоростью обращения. Однако, с уменьшением нагрузки всегда имеет место уменьшение эффективности.

Теперь остановимся на некоторых особенностях, которые следует учитывать во время определения количества электроэнергии, которую потребляют двигатели воздушных и холодильных компрессоров.

*Номинальная мощность электродвигателей.* Номинальная мощность двигателя обычно указана на его информационной таблице (шильд).

*Коэффициент средней загрузки.* Оценка коэффициента загрузки обычно базируется на замерах времени работы компрессора в разных режимах. Данные о нагрузке двигателя для разных режимов компрессора обычно дают заводы-изготовители компрессоров.

*Рабочее время в течение года.* Этот показатель основан на количестве часов, на протяжении которых нужен сжатый воздух (охлаждение).

Рассмотрим процедуру оценки потребления электроэнергии на примере воздушного компрессора.

Поршневой воздушный компрессор, который поставляет воздух под давлением 0,7 МПа, работает с управлением типа "полная нагрузка - половина нагрузки - без нагрузки". Энергоаудитор фиксирует время работы компрессора в разных режимах (которые отличаются по характеру звука и по изменению давления воздуха) на протяжении приблизительно двадцати минут в условиях нормальной работы.

Результаты измерений показаны в таблице 7.2 и на графике (рис. 7.2):

Таблица 7.2. Параметры работы воздушного компрессора.

Характер нагрузки	Время, с	Доля, %
Полная	371	31
Половинная	697	59
Без нагрузки	115	10
Итого	1183	100

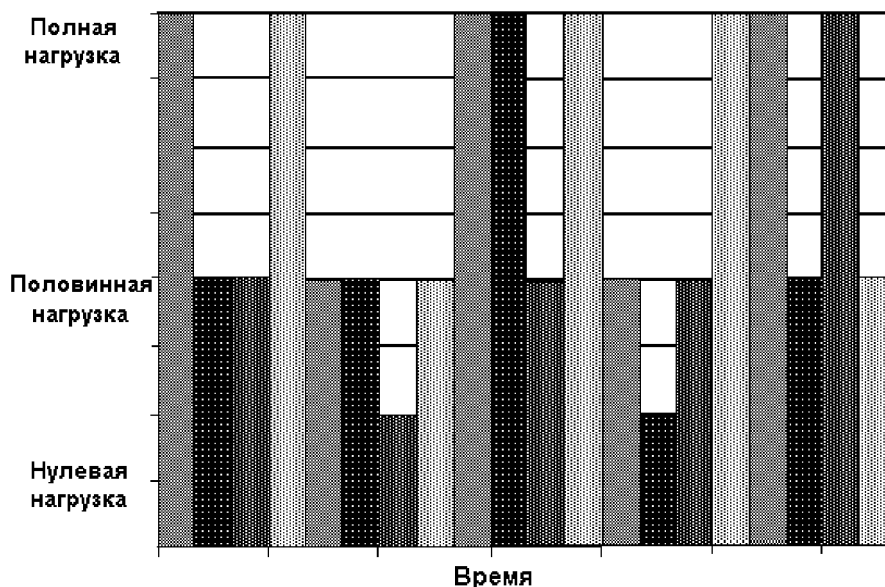


Рисунок 7.2. График работы воздушного компрессора.

По данным завода-изготовителя компрессора определяют мощность двигателя и величина энергопотребления (продуктивность) компрессора в разных режимах (табл. 7.3).

Таблица 7.3. Мощность двигателя и продуктивность компрессора в разных режимах работы

Режим работы	Мощность двигателя, кВт	Продуктивность компрессора, м <sup>3</sup> сжатого воздуха/мин
Полная нагрузка	120	82,8
Половинная нагрузка	73	39,4
Без нагрузки	34	0

С использованием данных табл. 7.3 выполнен расчет средней мощности двигателя  $P_{ср}$ :

$$P_{ср} = (120 \text{ кВт} \times 371 \text{ с} + 73 \text{ кВт} \times 697 \text{ с} + 34 \text{ кВт} \times 115 \text{ с}) / 1183 \text{ с} = 83,95 \text{ кВт},$$

отсюда коэффициент средней загрузки  $k_3 = P_{ср} / P_{ном} = 83,95 / 120 = 0,7$ .

Аналогично можно рассчитать среднюю продуктивность компрессора. Потом для определения размера утечки воздуха, например, через неправильную эксплуатацию, эту среднюю продуктивность можно сравнить с суммой номинального потребления воздуха всем задействованным воздушно - компрессорным оборудованием.

### 7.3. Оценка потребления энергии другими электроприводами и офисным оборудованием

Кроме вентиляторов, насосов и компрессоров вращательные электроприводы применяются и в другом оборудовании. Примерами могут служить лифты, конвейеры, вакуумные насосы и серводвигатели для автоматического оборудования. Для такого оборудования нет четких правил оценки электропотребления. Каждый случай рассматривают индивидуально. Использование персональных компьютеров, принтеров и другого офисного оборудования предопределяет возрастание потребления энергии. Простой способ оценки

энергопотребления состоит в подсчете часов использования оборудования в течение года и в использовании данных о мощности соответствующего оборудования.

Номинальная мощность персональных компьютеров лежит в пределах 90 - 140 Вт, средняя - в пределах 49 - 128 Вт; мониторов - номинальная в пределах 60 - 205 Вт; средняя - в пределах 32 - 198 Вт; лазерных принтеров - номинальная в пределах 850 - 900 Вт; средняя - в пределах 75 - 129 Вт; копировальных аппаратов - номинальная в пределах 1250 - 2200 Вт; средняя - в пределах 125 - 990 Вт.

В быту вообще тяжело вообразить жизнь без электробытовых приборов, которых ныне используется до 400 наименований. В вечерние часы резко возрастает потребление электроэнергии в быту, поскольку зачастую включены почти все электробытовые приборы. В этот период энергосистемы перегружены, в особенности в зимний период, а также в период так называемых утреннего и вечернего максимума (то есть во время наибольшего потребления), когда включено много электронагревательных приборов. Это является не только значительной проблемой для электросистем, но и представляет собой значительные затраты из семейного бюджета. Но довольно часто эти приборы работают без особой на то потребности. Так, если в Украине всего около 20 млн. телевизоров, которые работают 3-4 часа в сутки, то они потребляют 4 млрд. кВт×ч электроэнергии в год. Сократив время работы телевизора на 8 минут в сутки, мы сэкономим около 200 млн. кВт×ч электроэнергии. А одного сэкономленного киловатта электроэнергии хватает для производства 5 кг масла, 14 кг муки, 30 кг хлебобулочных изделий.

#### 7.4. Оценка потребления энергии электронагревательным и холодильным оборудованием

Электронагревательное оборудование содержит широкую гамму приборов различного назначения. Сюда относят оборудование предприятий общественного питания (электрические печи), прачечных (сушильные камеры), испытательных стендов (климатизационные камеры). В промышленном производстве применяют электрическое оборудование, которое генерирует пар (для заводских прессов, паровых стерилизаторов). Электрическую энергию используют в высокотемпературных электротермических установках (плавка алюминия; инфракрасный, индукционный и высокочастотный нагрев, прямой нагрев).

Холодильное оборудование базируется на парокомпрессионном цикле тепловой помпы, но могут применяться и электронагревательные пароабсорбционные циклы.

Едва ли требуется оценка энергопотребления высокотемпературных и электронагревательных процессов, поскольку соответствующее оборудование имеет собственные счетчики. Однако, для небольших пользователей оценка потребления, как правило, единый практический путь определения количества потребленной энергии. Пример определения потребления энергии электронагревательным оборудованием приведен в таблице 7.4.

Таблица 7.4. Оценка потребления энергии электронагревательным и холодильным оборудованием

Электрооборудование	Мощность двигателей, кВт	Условия эксплуатации:	
		время использования × коэффициент загрузки, часов	Годовое потребление энергии, кВт×ч
Стиральная машина	2,0	1040×0,6	1248

Электрооборудование	Мощность двигателей, кВт	Условия эксплуатации:	
		время использования × коэффициент загрузки, часов	Годовое потребление энергии, кВт×ч
Туннельная стиральная машина	86,0	1040×0,5	44720
Центрифуга 1	2,2	208×1,0	457,6
Центрифуга 2	2,0	26×1,0	52
Центрифуга 3	2,0	26×1,0	52
Электродуховка	9,0	4992×0,2	8985,6
Сублимационная установка для сушки 1	7,5	4680×0,1	35100
Сублимационная установка для сушки 2	7,5	2600×0,1	19500
Сублимационная установка для сушки 3	4,0	2340×1,0	9360
Сублимационная установка для сушки (микро)	1,0	3744×0,7	2620,8
Стиральная машина Доусона	1,0	1040×0,6	624
Центрифуга (микро)	2,0	26×1,0	52
Холодильник	0,22	8765×0,3	578,49
Другое оборудование цеха	42,0	104×0,8	577,9
Итого	168,42		126843,7

Остановимся на обстоятельствах, которые следует учитывать во время определения номинальной мощности оборудования, коэффициента средней загрузки и годового времени использования.

*Номинальная мощность оборудования.* Обычно номинальная мощность оборудования указывается на его информационной табличке (шильд). Следует обратить внимание на то, что для некоторого оборудования может указываться в отдельности мощность привода и мощность нагревательных элементов.

*Коэффициент средней загрузки.* Здесь следует учитывать как периоды нагревания, если оборудование работает на полную мощность, так и периоды поддержания температуры с частичным (близко 30%) потреблением энергии. Оборудование, которое работает короткими циклами, может иметь более высокий коэффициент средней загрузки, чем оборудование, которое работает одинаково на протяжении продолжительного времени.

*Рабочее время в течение года.* Определение этой величины проблематично. Наилучший метод оценки продолжительности работы на протяжении года - опрос операторов.

## Лекция 8. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТА АУДИТОРАМИ (продолжение)

### 8.1. Оценка потребления энергии паронагреваемым оборудованием

Для крупных потребителей технологического пара объем потребления определяется путем прямых измерений или на основе анализа энергопотоков. Но для небольших потребителей единым путем определения количества потребленной энергии является оценка потребления.

Прежде всего необходимо исследовать систему изоляции паропроводов, баков, на-

сосов и клапанов. Ее отсутствие или плохое состояние говорит о низком уровне экономичности и эффективности всей системы. Необходимо выполнить расчеты потерь теплопередачи и соотношение теплопотерь на единицу поверхности, чтобы оценить теплопродуктивность. Для аудита энергии надо оценить полные потери тепла, связанные с системами распределения энергии. Далее надо проанализировать систему насосов и воздухопроводов для оценки уровня эффективности ее использования. При оценке потребления потребуются данные о расположении и деятельности всех систем контроля и управления, поэтому энергоаудитор должен обязательно их зафиксировать. В ходе обследования необходимо также проверить целостность печатей на тех трубах и оборудовании, где они должны обязательно быть в наличии.

Примерами паронагревательного оборудования может быть оборудование предприятий общественного питания (варочные котлы, пароварочные аппараты), оборудование прачечных (стиральные машины, сушильные камеры), оборудование с процессами нагнетания пара (автоклавные стерилизаторы, каустические резервуары), оборудование со среднетемпературными процессами (кубовые красители, текстильное сушка, производство бумаги).

Пример оценки энергопотребления паронагреваемым оборудованием приведен в табл. 8.1.

Таблица 8.1. Оценка энергопотребления паронагреваемым оборудованием

Оборудование, потребляющее пар	Норма потребления пара, кг/час	Продолжительность работы в течение года, час	Годовое потребление энергии, ГДж*
Стиральная машина с центрифугой	10	1040	24,22
Туннельная стиральная машина	9	1040	43,60
Автоклавы	400	780	3283,24**
Пастеризационные ванны	30	2340	326,99
Сублимационная установка 1	150	156	54,50
Сублимационная установка 2	100	156	36,33
Сублимационная установка 3	150	156	54,50
Автоклавы (микро)	250	420	683,80**
Эталонный коллектор	40	4992	1050,32**
Итого		2668	5556,50**

Примечания:

\* При вычислении потерь энергии не учтены потери в котле. При средней эффективности котла 82,1% валовое энергопотребление составляет 6767,97 ГДж.

\*\* Учтено то, что это оборудование не возвращает конденсат.

Остановимся на обстоятельствах, которые следует учитывать во время определения энергопотребления паронагреваемым оборудованием.

*Норма потребления пара.* Норма потребления пара обычно указана на информационной табличке (шильде) оборудования. Норма потребления задается относительно определенного давления пара. При этом должно быть учтено отклонение давления пара от нормированного значения.

*Коэффициент средней загрузки.* Этот коэффициент учитывает как периоды нагрева (если оборудование работает на полную мощность), так и периоды поддержания температуры (оборудование работает с 30% мощностью). Как и в случае с электронагрева-

тельным оборудованием, паронагреваемое оборудование, работающее в режиме кратковременных циклов, также может иметь больший коэффициент средней загрузки, чем оборудование, которое работает на одном уровне нагрузки на протяжении продолжительного периода времени. Некоторое паронагревательное оборудование имеет лишь ручное управление и постоянную норму потребления пара.

*Продолжительность работы оборудования в течение года.* Оценка этой величины часто проблематична. Наилучший метод оценки времени работы оборудования - опрос операторов.

## 8.2. Оценка потребления энергии газонагревательным оборудованием

В случае высокотемпературных процессов количество потребленного газа обычно измеряют счетчиками, или объем его потребления может быть получен из анализа энергопотоков. Однако для небольших потребителей количество потребленного газа можно определить способом оценки потребления.

Примерами типичного небольшого газонагревательного оборудования может быть оборудование предприятий общественного питания (газовые печи), оборудование прачечных (сушильные камеры), оборудование среднетемпературных процессов (стендеры, цилиндры Янки), оборудование с высокотемпературными процессами (топочные камеры).

В табл. 8.2 приведен пример оценки потребления газа газонагревательным оборудованием.

Таблица 8.2. Оценка потребления энергии газонагревательным оборудованием

Газовое оборудование	Норма потребления, м <sup>3</sup> /ч	Продолжительность работы в течение года, часов (коэффициент нагрузки)	Годовое потребление энергии,	
			ГДж×м <sup>3</sup>	ГДж
Варочные котлы	2,17	1825 (×0,3)	4752,5	184,85
Печь для обогрева 1	1,57	-	-	-
Печь для обогрева 2	2,63	-	-	-
Печь для обогрева 3	3,44	3285 (×0,4)	3285×0,4	176,07
Двойной вулканизированный осажаритель	2,00	2920 (×0,7)	4102,1	159,59
Жаровня	0,68	73 (×1,0)	49,5	1,93
Вулканизированный осажаритель	2,17	1095 (×0,8)	3801,8	147,88
Итого	23,34		17231,4	670,32

Во время оценки потребления энергии газонагревательным оборудованием следует учитывать приведенные ниже соображения.

*Норма потребления газа.* Норма потребления газа обычно указана на информационной табличке (шильдике) оборудования. Часто указывают интервал значений (например 1,02 - 1,1 м<sup>3</sup>/час), чем учитывают нормальные отклонения теплотворной способности газа.

*Коэффициент средней загрузки.* В этом показателе учитывают периоды нагревания (если оборудование работает на полную мощность) и периоды поддержания температуры (если оборудование работает с ≈30% мощностью) То есть, оборудование, работающее в режиме кратковременных циклов, может иметь коэффициент загрузки выше, чем



оборудование, которое работает на одном уровне нагрузки на протяжении продолжительного времени.

*Продолжительность работы оборудования* в течение года. Оценка этого показателя часто проблематична. Наилучший способ определения продолжительности работы оборудования – опрос операторов.

## Лекция 9. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТА АУДИТОРАМИ (продолжение)

### 9.1. Потоки энергии на объекте

Для оценки эффективности преобразования одного вида энергии в другой, а также для определения общего потребления энергии энергоаудитору следует проанализировать потоки энергии. Это могут быть первичные (энергия на входе), вторичные (энергия на выходе), или даже третичные потоки энергии. Кроме того, анализ потоков энергии дает возможность по значению измеренного параметра легко определить значение параметра энергопотребления, которое трудно непосредственно измерить.

### 9.2. Потоки энергии в паровом котле

Рис. 9.1 показывает различные измеряемые потоки в котельной. На этом примере проследим, как можно использовать измеренные потоки для определения других параметров. Известно, что общий объем питательной холодной воды равен сумме объемов воды, которая поступает из котла, и других потерь системы (а именно, запланированные потери, такие как системы впрыскивания пара, и неконтролируемые потери, такие как выброс и утечка пара).

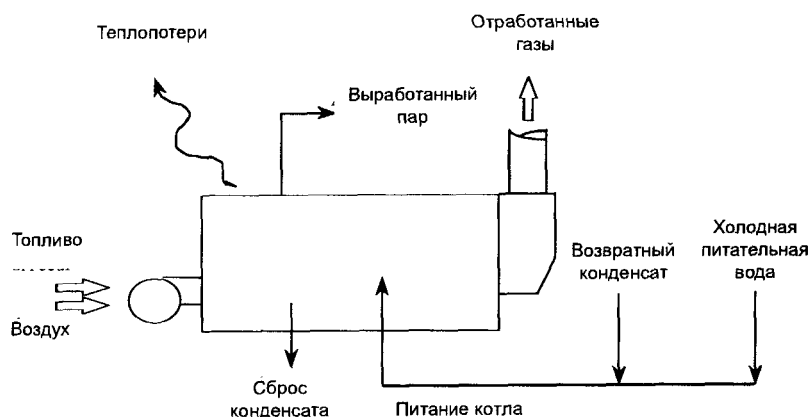


Рисунок 9.1. Измеренные потоки в котельной.

Потери при сбросе можно легко оценить по давлению в котле, диаметру и длине труб для сброса конденсата и, таким образом, определить сумму всех других потерь пара (конденсата). Эту величину можно сравнить с запланированными и незапланированными потерями, чтобы выявить область улучшения. Еще один полезный показатель эффективности - значение потерь пара как процент от общего количества выработанного пара.

Аналогично, измеряя поток топлива и количество выработанного пара, можно определить эффективность котла за определенный промежуток времени. Сравнивая эту величину с результатами теста процесса горения топлива, можно найти либо несоответствие величин друг другу или использовать эти наборы данных для проверки точности дру-

гих величин. Если оба расчета эффективности соответствуют друг другу, можно вычислить потери вне процесса горения, такие, как потери излучением и конвекцией, потери при сбросе и потери коротких рабочих циклов.

### 9.3. Анализ потоков энергии в теплообменнике

Принцип устройства типичного теплообменника (калорифера) который использует тепло пара для нагрева воды, показан на рис. 3.12. В этом примере установка недорогого счетчика холодной воды дает возможность измерять потребление воды и энергии. Потребление воды учитывается счетчиком непосредственно, а энергопотребление можно вычислить как произведение количества воды на теплоемкость и на разницу температур (заданная температура на выходе минус температура холодной воды на входе). Это произведение отражает количество изъятого из пара тепла, равное сумме поглощенного водой тепла и потерь тепла с поверхности теплообменника.

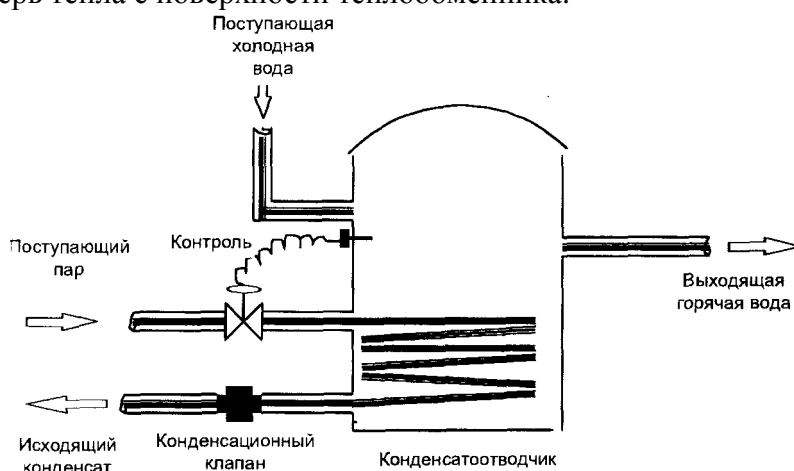


Рисунок 9.2. Принцип устройства типичного теплообменника (калорифера).

### 9.4. Анализ потоков энергии в холодильной установке

Система охлаждения реализует цикл преобразования энергии, в котором количество теплоты, отводимой конденсатором (и за счет других поверхностных потерь), равняется количеству энергии, поглощенной испарителем, плюс электроэнергия, потребляемая компрессором. Таким образом, измерив любые два из этих компонентов, мы можем вычислить третий. Этим мы не только определим общее количество потребленной энергии, но и узнаем, насколько хорошо работает система.

На рис. 9.3 показана парокомпрессионная система охлаждения, в которой для охлаждения используется холодная вода, а также показана градирня водяного охлаждения открытого циркулирования, в которой как средство эффективного охлаждения конденсатора используется принцип паропоглощения. Энергоаудитору следует сосредоточить внимание на операционной эффективности системы, в частности, на расчете коэффициента эффективности системы и эффективности работы стояка водяного охлаждения.

В этом примере потребление электроэнергии измеряется стационарным или временным счетчиком, а количество тепла, отводимого в градирни водяного охлаждения, определяют на основе измерения температуры в подающем и обратном трубопроводах. Его вычисления осуществляют умножением теплоемкости воды на массу воды, которая определяется на основе разности давлений на входе и выходе помпы, либо по показаниям

не врезанного в сеть счетчика воды.

Отношение выделенной теплоты к потребленной электроэнергии обозначают как  $KoП(t)$  - коэффициент теплопроизводительности. По определению, соотношение между коэффициентом теплопроизводительности  $KoП(t)$  и коэффициентом охлаждения  $KoПO(o)$  (отношение охлаждения к количеству электроэнергии) задается формулой:

$$KoПO(o) = KoП(t) - 1.$$

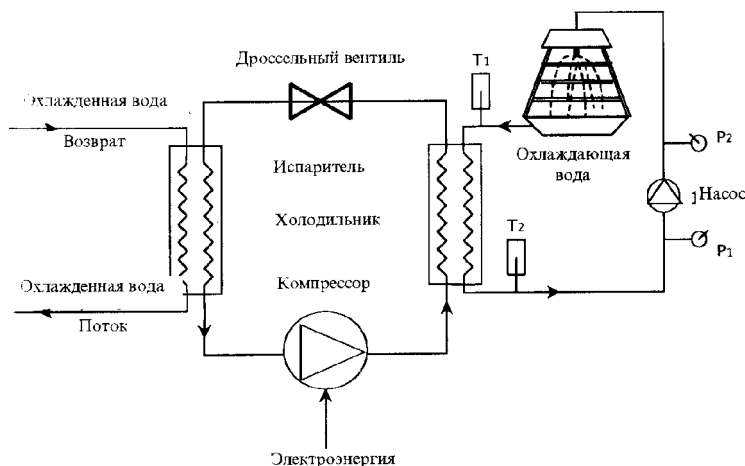


Рисунок 9.3. Парокомпрессионная система охлаждения

Таким образом, мы можем сравнить рассчитанные коэффициенты  $KoП$  с ожидаемыми  $KoП$  по данным предприятия. Это поможет определить операционную эффективность и выявить резервы сбережения.

Другая область обследования - это градирня водяного охлаждения. В этом случае следует измерять параметры охлаждающего воздуха и воздуха, нагнетаемого с вершины градирни с учетом показаний сухого и смоченного термометров. Если разница температур охлажденной воды, возвращаемой в конденсатор, и воздуха окружающей среды по показаниям смоченного термометра лежит в границах  $2^{\circ}C$ , то для многих систем это является показателем высокой эффективности. Относительная влажность воздуха, входящего в градирню водяного охлаждения, должна составлять около 70-90%. Если влажность меньше, то это свидетельствует об избыточной искусственной вентиляции (если таковая имеется) относительно количества воды, которое нужно охладить, или о том, что градирня требует ремонта, а именно, модернизации системы распыления воды и поверхностей теплопередачи. Если влажность превышает приведенное выше значение, то это свидетельствует о том, что в градирню водяного охлаждения подается недостаточный поток воздуха, за исключением случаев, когда высокая влажность является результатом очень высокой влажности окружающей среды.

### 9.5. Оценка потоков жидкостей и газов по экономически целесообразной скорости в трубопроводах

В правильно спроектированных установках жидкости и газы перемещаются в трубопроводах с экономически целесообразной скоростью (табл. 9.1), что позволяет оценить потери по размерам трубопроводов.

Таблица 9.1. Диапазон экономически целесообразных скоростей трубопроводах (м/с)

Вещество	Низкое давление (0-0,8 МПа)	Высокое давление (> 0,8 МПа)
Вода	1,5-2,0	3,0

Природный газ, воздух	6,0-7,0	12,0-13,0
Влажный пар	20,0	25,0
Сухой насыщенный пар	28,0-30,0	40,0-43,0
Перегретый пар	40,0	55,0

Для оценки объемных потерь  $Q_v$  необходимо знать внутренний диаметр трубы  $d$  (м). При скорости  $V$  (м/с)  $Q_v$  определяется по формуле:

$$Q_v = \pi V d^2 / 4 \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

Массовые потери  $Q_m$  для жидкости с плотностью  $\rho$  (кг/м<sup>3</sup>) определяются по формуле:

$$Q_m = \rho Q_v \text{ (кг/с)}.$$

Например, для водопровода низкого давления с внутренним диаметром трубы 50 мм массовые потери можно оценить такими показателями:

$$Q_v = 3,14 \times 0,05^2 \text{ (м}^2\text{)} \times 2 \text{ (м/с)} / 4 = 3,925 \times 10^{-3} \text{ (м}^3\text{/с)}$$

$$Q_m = 1000 \text{ (кг/м}^3\text{)} \times 3,925 \times 10^{-3} \text{ (м}^3\text{/с)} = 3,925 \text{ (кг/с)}$$

Часовые потери  $Q_{ч}$  :

$$Q_{ч} = 3,925 \text{ (кг/с)} \times 60 \text{ (мин/час)} \times 60 \text{ (с/мин)} = 14130 \text{ (кг/час)},$$

$$Q_m \text{ в час} = 14,13 \text{ (т/час)}.$$

## Лекция 10. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТА АУДИТОРАМИ (продолжение)

### 10.1. Сопоставление и перекрестная проверка данных об энергопотреблении

После завершения сбора информации о потреблении энергии на основании измерений, оценки и анализа потоков энергии выполняют сопоставление данных путем добавления использованной всеми потребителями электроэнергии, пара, и т.п. Эта процедура детально рассматривается ниже. Однако, во время сопоставления данных часто обнаруживается несоответствие, то есть сумма индивидуального энергопотребления не всегда согласовывается с измеренным общим энергопотреблением.

Если выявлены большие несоответствия между суммой показаний отдельных счетчиков, установленных на объекте, и основного счетчика, то можно выполнить такие действия:

- выяснить, имеется ли разность такого же порядка в месячных показаниях;
- выяснить, есть ли среди счетчиков на объекте такие, показания которых не считываются и не учитываются;
- выяснить, есть ли неконтролируемые потребители энергии;
- провести на протяжении недели ежедневное считывание счетчиков и определить расхождения;
- проверить соотношения между номинальными параметрами счетчиков и их преобразователей (например, номинальные токи трансформаторов тока) и соответствующих действительности значений потоков;
- провести поверку «подозрительных» счетчиков.

Для выявления ошибок, допущенных в ходе обследования или сопоставления данных, проводится перекрестная проверка данных.

Существует несколько разных методов проверки правильности измеренного или оцененного энергопотребления:

- входной - выходной топливно - энергетический баланс;
- баланс массы;

- эффективность использования энергии;
- сравнение с показателями работы.

## 10.2. Входной / выходной топливно-энергетический баланс

Рассмотрим пример проведения аудита электроэнергии на заводе. Аудитор определил годовое потребление электроэнергии, разделил его на четыре категории использования: освещение, вентиляция, сжатый воздух и непроизводственные потребители (табл. 10.1).

Таблица 10.1. Потребление электроэнергии на предприятии за год (по категориям):

Общее потребление электроэнергии за год (по данным электросчетчика компании)	Проверенное потребление энергии	
	4203250 кВт×ч	- освещение
- вентиляция		250000 кВт×ч
- сжатый воздух		1412000 кВт×ч
- непроизводственные потребители энергии		1258500 кВт×ч
Суммарное потребление		3900500 кВт×ч

Разница между общим и суммарным потреблением - 302750 кВт×ч (7,2% от общего потребления).

Вычислив общую сумму потребления, аудитор заметил, что эта величина на 7,2% меньше аналогичной величины, зафиксированной электросчетчиками предприятия. Эта разница может быть отнесена на счет разнообразных небольших потребителей.

В случае, если разница очень велика или отрицательна, это указывает на ошибку в аудите, которая должна быть выявлена.

Перейдем теперь к рассмотрению в качестве примера аудита котельной (табл. 10.2). Здесь потребленное топливо умножают на теплотворную способность, а выработанное количество пара – на чистую энтальпию. Таким образом, получаем энергию топлива и энергию пара в одинаковых единицах энергии - в ГДж.

Поскольку паровые котлы не могут достигать такой высокой эффективности, как полученная в приведенном примере, это свидетельствует об ошибке в аудите. Некоторые данные требуют проверки.

Таблица 10.2. Топливо-энергетический баланс парового котла

Общее потребление топлива (мазут)	1570420 кг
Теплотворная способность топлива	40,6 МДж/кг
Вся энергия топлива	63759 ГДж
Весь выработанный пар	25200 т
Энтальпия пара	2730 кДж/кг
Энтальпия питательной воды котла	293 кДж/кг
Вся энергия пара	61412 Гдж
Расчетная эффективность (КПД)	96,3%

## 10.3. Баланс массы

Перекрестная проверка по балансу массы пара и конденсата может быть применена к паровому котлу. Потоки пара и воды могут быть измерены в системе парогенерации и утилизации.

Выработанный пар используется в теплообменниках и пароинжекторах (впрыскивателях) производственного оборудования и, кроме того, часть пара вытекает через разного рода неплотности паропроводов. Пусть аудитор определил потребление пара теплообменниками и инжекторными установками. Эти значения прибавляются и сравниваются с общим количеством выработанного пара. Если эта сумма оказывается больше общего количества выработанного пара, то становится очевидно, что по крайней мере одна из трех величин измерена неверно.

Следующим шагом может быть проверка точности счетчика пара. Для этого сравнивают показания счетчика пара с показаниями счетчика питательной воды (если таковой имеется), или с величиной потребления топлива, умноженной на измеренную эффективность горения. Если эти проверки показывают, что счетчик пара работает точно, то потребление пара теплообменниками и (или) пароинжекторами переоценено.

Следующий этап перекрестной проверки по балансу массы - сравнение количества потребленного инжекторами количества пара с количеством свежей питательной воды, при условии, что это количество измерено точно. Известно, что количество питательной воды равно количеству пара, потребленного инжекторами плюс продувка, утечки и мгновенные потери. Значение продувки котла определить относительно просто, исходя из давления котла, диаметра трубы продувки, продолжительности и частоты продувки. Существуют также способы подсчета утечек пара и мгновенных потерь пара, которые можно использовать после исследования системы парораспределения. При условии, что количество потребленного пароинжекторами пара существенным образом превышает указанные выше потери, она может быть довольно точно вычислена и теперь можно точно определить потребление пара как теплообменниками, так и пароинжекторами.

#### **10.4. Перекрестная проверка по эффективности использования энергии**

Примером проверки по эффективности использования энергии может быть сравнение мощности освещения и достигнутого уровня освещенности.

Завод освещается люминесцентными лампами с общей мощностью осветительной системы 55 кВт с использованием полученных от производителя характеристик ламп и учетом измеренных параметров здания, пола, стен и крыши аудитор рассчитал ожидаемую освещенность на уровне 300 люксов.

Во время измерения фактических уровней освещенности аудитор обнаружил, что они находятся в пределах от 100 люксов до 380 люксов со средним значением 280 люксов. Итак, измеренные аудитором значения освещенности довольно близки к значениям, полученным на основе расчета мощности осветительной системы.

### **Лекция 11. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТА АУДИТОРАМИ (продолжение). ПРОВЕРКА СРАВНЕНИЕМ С ТИПИЧНЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ РАБОТЫ**

Этот метод перекрестной проверки служит для сравнения измеренного аудитором потребления энергии с надежным показателем того, сколько энергии должно быть использовано. Например, в Великобритании государственные органы устанавливают для разных типов зданий (офисы, жилые здания, промышленные здания, холодильники) значения удельного энергопотребления (на м<sup>2</sup>), которые отвечают хорошему, удовлетвори-

тельному, посредственному, плохому и очень плохому уровню эффективности энергоиспользования. Эти показатели конкретизированы для разного расположения зданий (на горе, в долине), характеристик ветров, продолжительности пребывания людей в зданиях. Причем эти показатели являются не теоретически рассчитанными, а практически достигнутыми (табл. 11.1).

Таблица 11.1. Показатели энергоэффективности зданий.

Категория потребления	Показатель энергозатрат (ГДж/м <sup>2</sup> ) для уровня энергоэффективности				
	Хороший	Удовлетворительный	Посредственный	Плохой	Очень плохой
Центральное отопление	<0,59	0,67	0,81	0,93	>0,93
Дополнительное отопление (электроэнергия)	<0,08	0,10	0,15	0,22	>0,22
Итого	<0,67	0,77	0,96	0,15	>1,15

Аналогичные показатели удельного потребления определены также для промышленных предприятий. Их получили путем многих обследований и анкетирования. Следует упомянуть, что на 70% разосланных предприятиям Великобритании анкет были получены ответы. Ниже приведены показатели для молочных заводов Великобритании и конкретные данные для молокозавода "Эшби" (табл. 11.2).

Таблица 11.2. Удельные потери воды, топлива и электроэнергии молокозавода "Эшби":

Энергоресурс молокозавода "Эшби"	Показатель	Уровень энергоэффективности	
		средний	наилучший
Вода	2,9 (литр/литр)	1,1	1,2
Топливо	128,95 (кВт×ч/литр)	52,75	79,13
Электроэнергия	56 (кВт×ч/литр)	31	41

Из таблицы видно, что молочный завод "Эшби" приближается к наилучшему уровню по потреблению воды и имеет средние результаты по потреблению топлива и электроэнергии. Приведем размерность еще нескольких типичных показателей энергопотребления:

- освещение кВТ×ч/м<sup>2</sup> в год;
- отопление помещений ГДж/м<sup>2</sup> в год;
- стирка кг пара /кг белья;
- производство бумаги (электроэнергия) кВт×ч/тонна бумаги;
- производство бумаги (топливо) ГДж/тонна бумаги.

Хотя эти показатели позволяют оценить уровень потребления энергии как "хороший", "удовлетворительный", "посредственный", они могут использоваться и в перекрестной проверке энергетических данных, чтобы убедиться в реальности потребленного удельного количества энергии.

В Украине в рамках разных программ и планов проводится довольно большая работа по повышению уровня энергетической эффективности домов разного назначения. Она включает энергоаудит и паспортизацию домов, увеличение термического сопротивления ограждающих конструкций, применение эффективного инженерного оборудования и т.п. К недостаткам следует отнести отсутствие надлежащего научного обоснования и нормативной базы проектирования и строительства энергоэффективных домов европей-

ского уровня в разных регионах страны.

Сам термин "энергоэффективный дом" толкуется по-разному и с разных позиций: утепленный, значит энергоэффективный. На данном этапе под энергоэффективным домом целесообразно понимать такой, что по теплотехническими показателями отвечает показателям европейских домов последних лет. В скандинавских странах, где климат близок к нашему, энергозатратность жилых домов составляет 120 - 150 кВт×ч/м<sup>2</sup> в год, а энергоэффективных (по их классификации) – 60 - 80 кВт×ч/м<sup>2</sup> в год (жилые дома застройки последних лет в Украине потребляют 300 - 400 кВт×ч/м<sup>2</sup> в год). Эти показатели могут быть заложены в основу классификации энергоэффективных домов. Чтобы достичь таких показателей, дом, кроме энергосберегающих ограждений, должен быть оборудован последними достижениями энергосберегающей техники: солнечными коллекторами, тепловыми насосами, системами аккумулирования тепла, экономическими автоматизированными системами отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, кондиционирования воздуха. Назрела необходимость разработки региональных пилотных проектов таких инновационно привлекательных домов с последующим их строительством в широких масштабах.

При условии решения этих взаимосвязанных проблем, которые не требуют значительных капиталовложений, можно было бы значительно повысить эффективность энергосбережения в жилищно-коммунальном хозяйстве.



## Лекция 12. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ НА ОБЪЕКТЕ

После окончания обследования энергопотребления на объекте энергоаудитор приступает к анализу использования энергии. Анализ содержит таблицы, графики и короткий комментарий.

Целью анализа является решение следующих вопросов:

1. Рассчитать объем потребления энергии разными потребителями в границах объекта.
2. Распределить финансовые расходы на энергию пропорционально между всеми потребителями.
3. Сравнить энергопотребление с выпуском продукции.
4. Определить отклонения от нормы относительно потребления энергии (то есть непредвиденные высокие или низкие уровни потребления, или ошибочно определенное потребление во время регрессивного анализа).

Эта информация очень важна для заказчиков аудита, поскольку она подтверждает или ставит под сомнение устоявшиеся представления о размерах энергопотребления в границах объекта. В особенности важным является тот факт, что эта информация подготовлена профессиональными энергетическими консультантами, которые осматривали объект "свежим взглядом".

Иногда в процессе анализа обнаруживаются отклонения от нормы. Отклонения могут быть обусловлены неверными счетами поставщиков топлива, в таких случаях иногда можно добиться возвращения денег. В других случаях могут быть выявлены отклонения от норм, вызванные злоупотреблениями в использовании энергии. В такой ситуации аудитор обязан четко обрисовать эту отрицательную практику, вынуждая менеджмент предприятия принять соответствующие меры для устранения таких эксцессов.

Для достижения упомянутых выше целей анализа энергоаудитор использует все или лишь часть из следующих элементов:

- ◆ отчет о годовой закупке топлива и энергии;
- ◆ график регрессивного анализа;
- ◆ таблицу энергоаудита;
- ◆ коэффициенты стоимости топлива;
- ◆ диаграмму Сенкей;
- ◆ круговые диаграммы энергопотребления.

Отчет о закупке топлива и энергии на протяжении года обычно подают в табличной форме. Таблицы составляют на основании ежемесячных счетов поставщиков топлива и энергии, они содержат всю необходимую техническую и финансовую информацию (табл. 12.1, 12.2).

Таблица 12.1. Потребление топлива (энергии)

Месяц, год	Виды топлива (энергии)					
	Электро- энергия, кВт·ч	Природ- ный газ, м <sup>3</sup>	Дизель- ное топ- ливо, т	Топлив- ный ма- зут, т	Сжи- женный газ, кг	Кокс
Январь, 04	531900	0	42,99	158,19	2300	0
Февраль, 04	9952100	0	266,67	1004,44	81800	291,4
Март, 04	11167800	0	264,87	1046,30	31500	299,8
Апрель, 04	7884000	0	208,72	777,28	25700	303,1

Месяц, год	Виды топлива (энергии)					
	Электро-энергия, кВт×ч	Природ-ный газ, м <sup>3</sup>	Дизель-ное топ-ливо, т	Топлив-ный ма-зут, т	Сжи-женный газ, кг	Кокс
Май, 04	11237200	0	178,63	1075,05	21500	329,1
Июнь, 04	8527200	0	232,91	633,16	20800	314,9
Июль, 04	3810400	161100	84,62	245,68	13800	91,6
Август, 04	9301300	297800	213,25	657,67	22800	284,3
Сентябрь, 04	10907900	360000	139,40	683,42	23300	370,9
Октябрь, 04	4401000	256300	238,21	525,99	24500	95,0
Ноябрь, 04	8394300	339100	204,62	650,00	34500	320,0
Декабрь, 04	11396300	418600	266,75	804,86	33600	338,5
Итого	97514400	1832900	2301,62	8280,91	286100	3038,6

Таблица 12.2. Расходы на оплату топлива (энергии), тыс. грн.

Месяц, год	Виды топлива (энергии)					
	Электро-энергия, кВт×ч	Природ-ный газ, м <sup>3</sup>	Дизель-ное топ-ливо, т	Топлив-ный ма-зут, т	Сжи-женный газ, кг	Кокс
Январь, 04	108,04	0	69,61	91,71	4,52	0
Февраль, 04	2021,47	0	431,80	582,30	160,59	124,25
Март, 04	2268,40	0	428,89	606,56	61,84	127,83
Апрель, 04	1601,40	0	337,97	450,61	50,45	129,24
Май, 04	2282,50	0	289,25	623,23	42,21	140,33
Июнь, 04	1732,05	0	377,14	367,06	40,83	134,27
Июль, 04	773,97	72,43	137,02	142,43	27,09	39,06
Август, 04	1889,28	133,89	345,30	381,27	44,76	121,22
Сентябрь, 04	2215,61	161,86	225,72	396,19	45,74	158,15
Октябрь, 04	894,54	115,23	385,64	304,93	48,10	40,51
Ноябрь, 04	1705,05	152,46	331,33	377,13	67,73	136,456
Декабрь, 04	2314,87	188,20	431,93	466,58	65,96	144,34
Итого	19807,13	824,07	3791,60	4800,62	561,67	1295,65

Данные таблицы 12.1 неудобны для сравнения, поскольку количество потребленной энергии и энергоносителей даны в своих "естественных" единицах измерения. Поэтому эти данные сводят к одной общей единице измерения энергии, чаще - кВт×ч (или ГДж) и сопоставляют со стоимостью соответствующих энергоносителей (табл. 12.3).

Таблица 12.3. Потребление топлива (энергии) и его стоимость

Топливо (энергия)	Коэффициен-ты пересчета в кВт×ч	Энергети-ческий эк-вивалент кВт×ч	% энер-гии	Стои-мость, грн.	% стои-мость	удель-ная стои-мость, грн. / кВт×ч
Электроэнергия	1	97514400	36,69	19807130	63,72	0,203
Природный газ	10,8 кВт×ч/м <sup>3</sup>	19795320	7,44	824070	2,65	0,042

Топливо (энергия)	Коэффициенты пересчета в кВт×ч	Энергетический эквивалент кВт×ч	% энергии	Стоимость, грн.	% стоимость	удельная стоимость, грн. / кВт×ч
Дизельное топливо	11,7 кВт×ч/кг	26928954	10,13	3791600	12,20	0,141
Топливный мазут	11,3 кВт×ч/кг	93574283	35,21	4800625	15,45	0,051
Сжиженный газ	12,8 кВт×ч/кг	3662080	1,38	561670	1,81	0,153
Кокс	8,0 кВт×ч/кг	24308800	9,15	1295655	4,17	0,053
Итого		265783837	100	31080750	100	

Как видно из таблицы 12.3, за счет топливного мазута покрывается около 35% всех потребностей в энергии, а его стоимость составляет лишь 15,45 % от общих расходов. Приблизительно такую же долю потребностей покрывает электроэнергия, но расходы на ее оплату составляют почти 64% всех расходов на оплату энергии.

Из анализа таблицы вытекает первый важный вывод: следует тщательно обследовать потребление наиболее дорогого вида энергии, а именно, электроэнергии и предлагать мероприятия по его сокращению или замене, в случае возможности, электроэнергии энергией, получаемой из топлива. Более полная информация необходима в случае действия сложной системы тарифов оплаты за потребленную энергию.

Ниже в табл. 12.4 приведен пример такой расширенной информации относительно потребления электроэнергии. В примере использована техническая информация, которая содержит данные об ежемесячном потреблении электроэнергии (в кВт×ч и ГДж), о максимальной нагрузке (кВА), и коэффициенте мощности (cos φ). Финансовая информация разделена на компоненты общей стоимости оплаты.

В примере представлена сложная система оплаты за использованную электроэнергию, которая содержит постоянную составляющую оплаты установленной максимальной мощности (колонка 6), плату за превышение этой мощности (колонка 7, на зимние месяцы установлено более низкое значение установленной мощности) и собственно плата за потребленную электроэнергию (колонка 8).

Таблица 12.4. Отчет о годовых закупках электроэнергии

Месяц	Потребление		Макс нагрузка, кВА	Коэф-т мощности (cos φ)	Постоянная оплата, грн	Оплата за макс. нагрузку, грн.	Стоимость электроэнергии, грн.	Общая стоимость, грн.
	кВт×ч	ГДж						
04/03	13100	47,16	85	0,976	725,0	-	5281,90	6006,90
05/03	11900	42,84	82	0,976	725,0	-	4798,10	5523,10
06/03	12800	46,08	90	0,975	725,0	-	5161,00	5886,00
07/03	9600	34,56	85	0,980	725,0	-	3870,7	4595,70
08/03	12900	46,44	92	0,965	725,0	-	5201,30	5926,30
09/03	14200	51,12	96	0,955	725,0	-	5725,4	6450,40
10/03	15800	56,88	98	0,948	725,0	-	6370,60	7095,60
11/03	15900	57,24	98	0,948	725,0	2200,00	6410,90	9335,90
12/03	14600	52,56	98	0,955	725,0	5280,00	5886,70	11891,70
¼	18100	65,16	101	0,921	725,0	5460,00	7297,90	13482,90
02/04	19300	69,48	100	0,931	725,0	2250,00	7781,80	10756,80

Месяц	Потребление		Макс	Коэф-т	Посто-	Оплата	Стоимость	Общая
¾	15600	56,16	90	0,965	725,0	-	6289,90	7014,90
Итого	173800	625,68	-	-	8700,0	1519000	70076,20	93966,20

Для расчета финансовых расходов в энергоаудите определены такие удельные расходы на оплату электроэнергии:

- ♦ средние расходы - 0,54 грн./кВт×ч (150,18 грн./ГДж);
- ♦ расходы без постоянной оплаты - 0,49 грн./кВт×ч (136,29 грн./ГДж);
- ♦ расходы без постоянной оплаты и оплаты за максимальную нагрузку – 0,40 грн./кВт×ч (112 грн./ГДж).

Эта информация дает основу для расчета экономии от внедрения мероприятий по сбережению энергии. Следует учитывать возможную экономию за счет уменьшения максимальной нагрузки (в особенности в зимние месяцы) и уменьшение доли постоянной оплаты в случае получения обоснований для перезаключения договора с электроснабжающей организацией на более низкую максимальную мощность. Вычисление энергоэкономии по средним расходам на единицу энергии - типичная ошибка неопытных энергоаудиторов.

Во время анализа и в отчетах по энергоаудиту применяют два вида графиков:

- ♦ график изменения энергопотребления во времени (так называемый линейный график энергопотребления), на котором кроме помесечного энергопотребления могут быть нанесены данные о температуре окружающей среды и прочие факторы, которые влияют на потребление энергии (рис. 12.1а);
- ♦ график регрессионного анализа (рис. 12.1б).

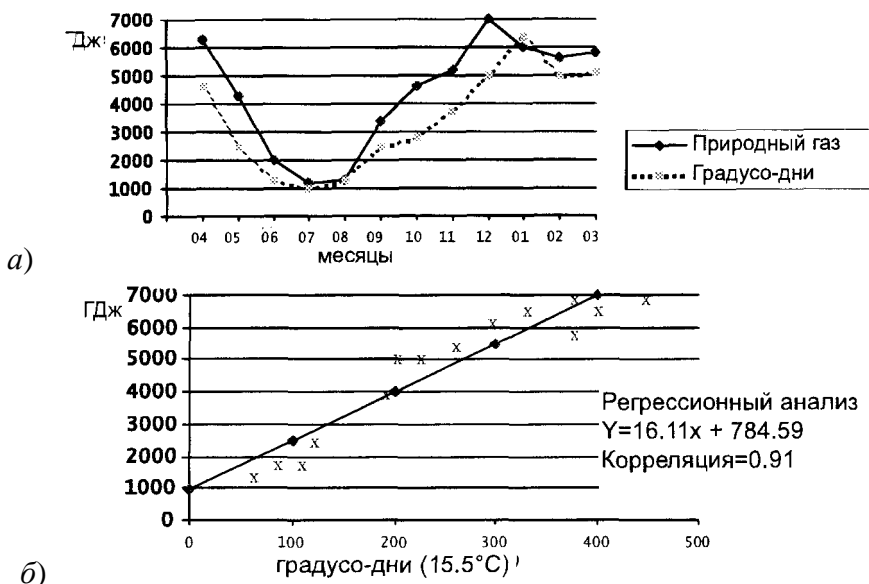


Рисунок 12.1. Виды графиков потребления энергоресурсов:

- а - линейный график энергопотребления;
- б - график регрессионного анализа.

На рис. 12.1а в качестве примера приведен помесечный график потребления газа отопительной системой и показатель изменения внешней температуры - градусо-дни. Чем ниже температура окружающей среды, тем больше градусо-дней. График иллюстрирует влияние погодных условий на потребление газа. В частности, наблюдается аномалия в декабре и в январе, хотя градусо-дней наоборот, в январе больше, чем в декабре. Это мо-

жет быть обусловлено тем, что считывание показаний счетчика за декабрь в связи с новогодними праздниками и Рождеством было отложено на начало января.

График на рис. 12.1б показывает результат регрессионного анализа зависимости между потреблением энергии и независимой переменной, в данном случае, между потреблением газа на отопление и градусо-днями. На основе регрессионного анализа определено базовое потребление (18468 м<sup>3</sup> газа) и скорость нарастания переменного потребления (550,0 м<sup>3</sup>/градусо-день), а также коэффициент корреляции. В нашем случае имеет место довольно высокая корреляция с коэффициентом, равным 0,91.

В таблице энергоаудита все виды энергии и все виды топлива, полученные объектом, делятся между определенными группами энергопотребителей. Финансовые расходы в таблице делятся пропорционально этому энергопотреблению. Энергопотребление каждым пользователем представлено в тех единицах, которые используют во время приобретения этой формы энергии или энергоносителя, а также в единых единицах (гигаджоулях), что позволяет сравнить между собой использование разных видов энергии.

Таблица 12.5 иллюстрирует долю потребления и долю стоимости энергии для каждого потребителя.

Стоимость потребленной конкретным потребителем энергии определялась как произведение стоимости единицы электроэнергии или газа на количество потребленной электроэнергии или газа. Колонка "стоимость" показывает, сколько предприятие платит за каждый вид потребленной конкретным потребителем энергии. Колонки "доля потребления" и "доля стоимости" иллюстрируют значения каждого потребителя в общем количестве использованной энергии. Можно заметить, что "доля стоимости" электроэнергии выше ее "доли потребления", а для газа - наоборот. Это поясняется более высокой стоимостью электроэнергии по сравнению с газом.

Таблица 12.5. Таблица энергоаудита.

Потребление	В естественных единицах измерения	В единых единицах измерения, ГДж	Стоимость, грн.	Доля потребления, %	Доля стоимости, %
Электроэнергия (кВтч)					
Внутреннее освещение	115340	415,22	49079,00	7,1	15,9
Внешнее освещение	15811	56,92	6727,90	1,0	2,2
Котельная	18905	68,06	8044,70	1,2	2,6
Кухня	62115	233,61	26430,70	3,8	8,6
Прачечная	81304	292,69	34596,00	5,0	11,2
Водоснабжение	96108	345,99	40896,00	6,0	13,2
Офисное оборудование	32116	115,62	13666,30	2,0	4,4
Итого	421699	1518,11	179440,60	26,1	58,1
Газ (м <sup>3</sup> )					
Отопление помещений	67121,1	2611,01	78591,40	44,9	25,4
Горячая вода коммунально – бытового назначения	6270,4	243,92	7342,00	4,2	2,4
Кухня	15458,1	601,32	18099,77	10,3	5,9
Прачечная	18139,0	705,61	21238,90	12,2	6,9
Потери распределения	3397,7	132,17	3978,30	2,3	1,3

Потребление	В естественных единицах измерения	В единых единицах измерения, ГДж	Стоимость, грн.	Доля потребления, %	Доля стоимости, %
Итого	4294,03	4294,03	129250,30	73,9	41,9
Всего	5812,14	5812,14	308690,90	100,0	100,0

Во время анализа рассматривается потребление энергии внутри объекта. Потери, связанные с изготовлением энергии на электростанции и пересылкой ее потребителю, не принимаются во внимание. В некоторых государствах эти потери традиционно включают в энергоаудит путем деления фактически потребленной объектом энергии на средний национальный коэффициент изготовления и распределения электроэнергии (приблизительно от 25% до 35% в большинстве стран).

Заметим, что в данном примере (табл. 12.5) все потери, связанные с сжиганием газа в котле, распределены между конечными потребителями, то есть домашними системами горячего водоснабжения и районными отопительными системами. Можно также выделить отдельной категорией потери тепла (например, за счет выбросов в атмосферу через дымовую трубу).

Коэффициенты стоимости топлива и энергии соотносят потребление и стоимость энергии с объемом производства, внешней температурой, размерами здания, то есть с факторами, от которых зависит объем энергопотребления.

Таким образом, коэффициент стоимости топлива и энергии являются простыми показателями работы. Эти показатели используют, как информацию о стоимости энергии, потребленной в определенных зонах. Их также используют для сравнения эффективности использования энергии на нескольких однотипных объектах.

Пример типичных коэффициентов стоимости топлива приведен в табл. 12.6. Во время обследования одного из офисов [ 3 ] (почти нового дома с хорошей тепловой изоляцией и с системой кондиционирования воздуха) установлено, что на отопление расходуется почти вдвое больше энергии, чем это нужно было бы при хорошем уровне энергоиспользования.

Одной из причин было круглосуточное поддержание температуры в офисе на уровне 21°C. Перенастройка регулятора системы кондиционирования воздуха на поддержание в нерабочее время температуры 16°C позволила уменьшить потребление энергии на отопление на 30% фактически с нулевыми расходами.

Таблица 12.6. Коэффициенты стоимости топлива

Название коэффициента	Количественное значение
Энергия для освещения 1 м <sup>2</sup>	19,46 кВт×ч (0,070 ГДж)
Его стоимость	8,05 грн.
Топливо, необходимое для отопления 1 м <sup>2</sup> помещений	1,68 ГДж
Его стоимость	50,60 грн.
Топливо, необходимое для обеспечения горячей водой коммунально – бытового назначения (ГВКБН) (на 1 чел.)	10,2 ГДж
Его стоимость (на 1 чел.)	307,6 грн.
Топливо, необходимое для приготовления 1 кушанья	0,006 ГДж

Название коэффициента	Количественное значение
Его стоимость	0,32 грн.
Топливо, необходимое для стирки 1 комплекта одежды	0,005 ГДж
Его стоимость	0,25 грн.
Общая занимаемая площадь помещений	42000 м <sup>2</sup>
Общий объем здания	126000 м <sup>3</sup>
Количество потребителей	800
Годовое количество приготовленных кушаний	584000
Годовое количество выстиранных комплектов одежды	166400
Всего топлива, потребляемого на 1 м <sup>2</sup>	2,10 ГДж
Его стоимость	94,5 грн.
Всего топлива, потребляемого на 1 м <sup>3</sup>	6,3 ГДж
Его стоимость	283,5 грн.

Диаграмма Сенкей – это графическое изображение потоков энергии, при котором толщина разных элементов диаграммы пропорциональна соответствующему количеству энергии. Некоторые диаграммы Сенкей отображают циклическое движение энергопотоков, например, возвращение конденсата в котельную.

Пример диаграммы Сенкей приведен на рис. 12.2.

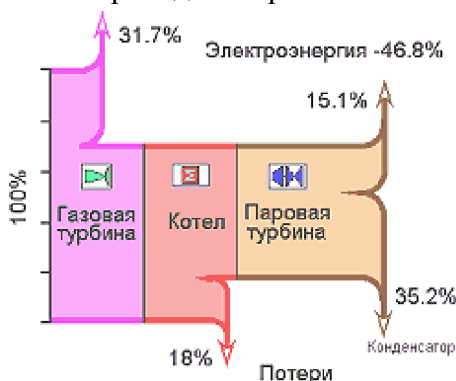


Рисунок 12.2. Пример диаграммы Сенкей

Кроме диаграммы Сенкей в энергоаудите используются круговые диаграммы, с помощью которых можно графически изобразить потребление энергии как в естественных, так и в относительных единицах.

Пример круговой диаграммы приведен на рис. 4.3.

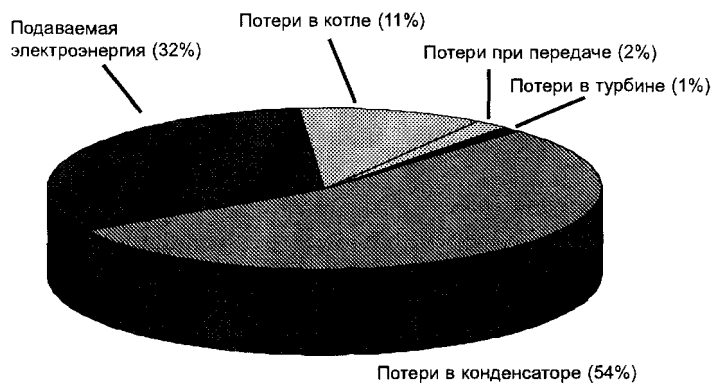


Рисунок 12.3. Пример круговой диаграммы.

## Лекция 13. ОПИСАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ И ЗДАНИЙ

*Описание предприятия и зданий* - это изложение наблюдений энергоаудитора, на которых он обосновывал проверку и разрабатывал рекомендации по энергосбережению.

Описание содержит некоторые характеристики предприятия относительно определенных аспектов энергоснабжения и энергопотребления, комментарии и наблюдения, таблицы и приложения.

*Энергоснабжение объекта.* Тут дают краткое описание оборудования, через которое осуществляется энергоснабжение объекта (трубы, регуляторы давления, главные распределительные электрощиты), а также топливное оборудование, главное измерительное оборудование, централизованные (общезаводские) устройства компенсации реактивной мощности.

*Оборудование преобразования энергии.* Этот пункт содержит описание такого оборудования, как котлы, системы комплексного производства тепловой и электрической энергии, воздушные компрессоры, холодильные установки.

*Распределение энергии.* В этом пункте приводят информацию о системах распределения энергии, в частности, системах распределения холодной и горячей воды, системах конденсирования пара и системах распределения сжатого воздуха. Комментарии должны ориентировать на повышение эффективности упомянутых систем и уделять особое внимание причинам затрат энергии, таким, как недостаточная тепловая изоляция или утечки.

*Оборудование потребления энергии.* Здесь описывают оборудование, потребляющее первичную или вторичную энергию, а именно: производственные механизмы, системы вентиляции и кондиционирования воздуха, осветительные системы, оснащение офисов и т.п.

Описание должно быть не просто перечнем оборудования и информацией, на основе которой можно проводить расчеты энергоаудита. Оно должно содержать также комментарии и наблюдения о способах использования энергии. К рекомендованным элементам описания принадлежит:

- § физическое описание оборудования (тип, номер модели, мощность, системы управления);
- § способ использования оборудования (его назначение, время эксплуатации, система управления);
- § измеренные параметры режимов работы (электроэнергия, расход жидкости, температура, влажность, уровни освещенности);
- § общие наблюдения (эффективность управления, неисправности, несовместимое оборудование).

В описании потребителей энергии группируют чаще всего не по аспектам энергопотребления, а по категориям, в частности:

- § здания;
- § котельная;
- § система парораспределения;
- § холодильная система;
- § установки вентиляции и кондиционирования воздуха;
- § снабжение горячей водой;
- § производственное оборудование, потребляющее пар;
- § снабжение и распределение электроэнергии;
- § производственное оборудование, потребляющее электроэнергию;
- § система сжатого воздуха;



- § производственное оборудования, работающее на газе (нефтепродуктах);
- § офисное оборудование (разные энергопотребители);
- § система освещения;
- § оборудование предприятий общественного питания;
- § оборудование прачечных.

*Конструкция и структура зданий.* Этот пункт содержит описание элементов конструкции зданий с точки зрения дизайна и использованных материалов. Например, может быть указано, что стены выполнены из кирпича или бетона, окна - из стеклопакетов, с одинарным или двойным остеклением, крыша плоская или имеет наклон. Должна быть характеристика имеющейся в здании системы вентиляции: естественной или искусственной. Эти элементы описания вместе с размерами зданий используют для расчета теоретически необходимой для отопления энергии. После этого результаты расчетов сравнивают с фактическим потреблением энергии. В описании должно быть указано время пребывания в здании работников. Это нужно для проверки работы установок, которые регулируют температуру в помещениях.

Для удобства большая часть информации, которая было собрана во время энергетического обследования, подается в виде таблиц как подраздел раздела "Описание предприятия и зданий". Если таблицы выходят очень объемными, их можно оформить как приложения. Типичными данными, которые включают в таблицы и приложения, являются:

*перечень оборудования:*

- § перечень осветительного оборудования;
- § перечень оборудования отопительной системы помещений;
- § перечень электроприводов;
- § перечень оборудования предприятий общественного питания;
- § перечень оборудования прачечных;
- § перечень производственного оборудования;
- § перечень утечек;
- § перечень неизолированных трубопроводов горячей воды;

*измеренные параметры:*

- § данные анализа процесса сжигания топлива;
- § точечные замеры температуры;
- § точечные замеры уровней освещенности;
- § замеры потоков воздуха (жидкости);

*графические материалы:*

- § графики нагрузки оборудования (для которого они снимались);
- § фотоснимки (стандартные);
- § фотоснимки в инфракрасных лучах.

## Лекция 14. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭФФЕКТИВНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЭНЕРГИИ

Разработка рекомендаций является важнейшим этапом энергоаудита, поскольку ради получения обоснованных предложений по повышению эффективности использования энергии проводится энергетическое обследование. Важно подчеркнуть, что нельзя ограничиваться очевидными мероприятиями, такими, например, как внедрение энергоэффективного оборудования. Следует обратить внимание на менее очевидные возможности повышения энергоэффективности, примерами которых могут быть изменение системы энергоснабжения, применение комплексного производства тепловой и электрической энергии, использование в виде топлива отходов производства, изменение методов производства на такие, что позволяют использовать более дешевые энергетические ресурсы.

Предлагаемые рекомендации по энергосбережению можно разделить относительно категорий энергопотребления или относительно альтернативных решений одной и той же энергетической проблемы. Однако, наиболее часто используют распределение мероприятий по их стоимости, как приведено ниже:

### *Беззатратные рекомендации:*

- Ø экономное использование имеющихся ресурсов;
- Ø улучшения по нормативному техническому обслуживанию оборудования;
- Ø приобретение топлива у других поставщиков по более низкой цене.

### *Малозатратные рекомендации:*

- Ø установка более эффективного оборудования;
- Ø установка новых (автономных) устройств управления;
- Ø тепловая изоляция теплотрасс и помещений;
- Ø изменение регламента технического обслуживания оборудования;
- Ø обучение персонала;
- Ø контроль энергопотребления и оперативное планирование.

### *Высокозатратные рекомендации:*

- Ø замена значительной части производственного оборудования;
- Ø установка комплексных систем управления;
- Ø комплексное производство тепловой и электрической энергии (когенерация);
- Ø рекуперация тепла.

Для определения наилучших рекомендаций необходимо понимание технологических процессов и знание доступной техники и технологий. Обоснование мероприятий повышения эффективности и энергоиспользования должно содержать определенные элементы, главные из которых приведены ниже:

### *Необходимые изменения:*

- Ø модернизация предприятия и зданий;
- Ø замена оборудования;
- Ø модернизация оборудования, систем управления, изоляции;
- Ø усовершенствование технического обслуживания оборудования;
- Ø внедрение новых процедур управления.

### *Аспекты энергосбережения с внедрением рекомендаций:*

- Ø уменьшение потерь;
- Ø сокращение лишних операций (снижение температуры воздуха в помещениях во внерабочее время и по выходным дням, исключение нерабочего хода оборудования);
- Ø повышение эффективности использования энергии;
- Ø повышение эффективности преобразования энергии (замена котла на другой с бо-

лее высоким КПД, замена пневмопривода на электрический и т.п.);

- ∅ использование более дешевых энергетических ресурсов.

*Финансовые расходы:*

- ∅ капиталовложения;
- ∅ амортизационные расходы;
- ∅ расходы на техническое обслуживание;
- ∅ энергетические расходы;
- ∅ анализ эффективности капиталовложений.

Методика оценки эффективности мероприятий аналогична расчету текущего энергопотребления и энергопотребления за предшествующий репрезентативный период. Разница состоит в том, что во время оценки мероприятий по энергосбережению нужно спрогнозировать, как изменится ситуация после их внедрения. А это потянет за собой изменение множества коэффициентов, таких как норма потребления энергии, коэффициент использования мощности и продолжительность эксплуатации оборудования в течение года.

Покажем, как можно рассчитать объем энергосбережения путем сравнения нынешней ситуации с прогнозируемой улучшенной. Для некоторых энергосберегающих рекомендаций (например, устранение утечек пара) сэкономленная энергия отвечает суммарным потерям энергии при внедрении рекомендаций. Расчет годового объема энергосбережения в других случаях более сложен и требует решения уравнения, как показано ниже.

Показатель	Исходная ситуация	Улучшенная ситуация
Мощность оборудования, кВт	A	X
Коэффициент средней нагрузки	B	Y
Продолжительность работы в течение года, часов	C	Z
Годовое энергопотребление, кВт×ч	A×B×C	X×Y×Z

Таким образом, объем сбереженной за год энергии вычисляется по формуле:

$$\text{Годовое энергосбережение} = (A \times B \times C) - (X \times Y \times Z), \text{ кВт} \times \text{ч}.$$

Перечислим теперь основные причины, которые могут привести к снижению потребления энергии после внедрения мероприятий по энергосбережению:

- ∅ ликвидация прямых потерь (изоляция труб, устранение утечек, возвращение конденсата);
- ∅ сокращение чрезмерного энергопотребления (управление временем и температурой отопления, эффективная передача энергии);
- ∅ сокращение мощности потребления (использование оборудования с меньшей мощностью, устранение передачи энергии в места, где она не нужна);
- ∅ повышение эффективности преобразования (повышение КПД котла, компрессора и т.п.);
- ∅ утилизация тепла выбросов (рекуперация тепла, рециркуляция воздуха в системах вентиляции и кондиционирования воздуха);
- ∅ использование более экономичного источника энергии (более дешевое топливо, возобновляемые источники энергии).

#### 14.1. Последовательность разработки рекомендаций и энергетический баланс

Хорошей аналогией систем энергопотребления является их сравнение с луковицей.

Верхний пласт луковицы отвечает потерям в процессе генерирования энергии, то есть получение удобного для использования определенной группой потребителей вида энергии из другого вида, в частности из энергии топлива. Эти процессы имеют место во время генерирования пара, электрической энергии, получение сжатого воздуха или холодоагента. Если снять пласт потерь в процессе генерирования, получим энергию, которая поступает в распределительную систему. После пласта потерь в распределительной системе получаем, в конце концов, энергию, которую потребляют конечные потребители энергии. Это относительно небольшая часть общего поступления энергии в систему. Сначала целесообразно сосредоточить внимание на сердцевине луковицы, то есть на минимизации конечного потребления. Сбережение энергии конечного потребления отвечает большему сбережению энергии, поступающей в систему. Там, где потребление нецелесообразно, как, например, использование сжатого воздуха для чистки, возможно, следует совсем устранить эту нагрузку. Там, где это невозможно, можно снизить потребление энергии уменьшением утечек или усилением изоляции. Однако, реально, энергосбережение на этапе конечного потребления является наиболее сложным.

#### 14.2. Влияние систем энергопотребления на эффективность энергосбережения.

Рассмотрим последовательную систему энергопотребления, состоящую из системы преобразования, системы распределения и системы конечного потребления. Если КПД систем преобразования и распределения одинаков и составляет 60%, то в случае конечного потребления, например, 60 ГДж, распределительная система должна получить  $60 / 0,6 = 100$  ГДж (потери 40 ГДж), а энергия, которая поступает в систему преобразования, должна составлять  $100 / 0,6 = 167$  ГДж (потери 67 ГДж).

Пусть благодаря энергосберегающим мероприятиям конечное потребление уменьшилось на треть и составляет теперь 40 ГДж, а характеристики систем распределения и генерирования остались такими же, как и в предшествующем случае. Теперь распределительная система должна получать  $40 / 0,6 = 67$  ГДж (потери 27 ГДж), а в систему преобразования должно поступать  $67 / 0,6 = 111$  ГДж (потери 44 ГДж).

Рассмотрим другую ситуацию для случая, когда конечные потребители получают то же количество энергии, что и в первом случае, (то есть 60 ГДж), КПД системы распределения осталось 60%, а КПД системы преобразования возрос на треть и составляет теперь 80%. В этом случае распределительная система должна получить  $60 / 0,6 = 100$  ГДж (потери 40 ГДж), а в систему преобразования должно поступать  $100 / 0,8 = 125$  ГДж (потери 25 ГДж).

Данный пример показывает, что снижение конечного потребления на треть экономит больше энергии, чем увеличение на треть КПД системы преобразования.

#### 14.3. Анализ использования энергии конечным потребителем

Рассматривая определенный процесс или мощного потребителя, следует проанализировать ответа на такие вопросы:

- Ø что именно выполняет эта установка (процесс), для чего здесь необходима энергия (если взять, например насос, то можно ответить, что электроэнергия необходима для обеспечения протекания жидкости в трубопроводе);
- Ø необходимо ли это потребление энергии (нужно ли подавать жидкость именно насосом);
- Ø какие мероприятия по сокращению энергопотребления возможны (должен ли насос постоянно работать с постоянным расходом жидкости);

- Ø можно ли управлять насосом с целью уменьшения потребления при условии удовлетворения потребностей в жидкости;
- Ø не превышена ли мощность двигателя насоса;
- Ø правильно ли выбран насос для решения поставленных задач;
- Ø возможно ли перемещение жидкости за счет сил гравитации;
- Ø выключается ли автоматически двигатель насоса, если завершается рабочий цикл;
- Ø существуют ли альтернативные способы выполнения задачи (нужно ли вообще подавать жидкость насосом);
- Ø можно ли использовать водонапорный бак;
- Ø существуют ли другие способы снабжения воды.

Со времени ввода установки в эксплуатацию ситуация могла существенным образом измениться и, возможно, насос сейчас не нужен вообще, или уже достаточно насоса меньшей мощности. Во время анализа использования энергии конечными потребителями следует обратить внимание и на то, действительно ли необходимыми являются параметры энергоносителя (давление, температура) и является ли оптимальным время использования энергии как по продолжительности, так и по времени суток.

В качестве примера рассмотрим внедрение мероприятий сбережения энергии, которая потребляется электроприводом воздушного компрессора, рассматривая двигатель привода как конечный потребитель системы электроснабжения.

Энергетическое обследование показало такие недостатки в воздушно - компрессорной станции: всасывающие воздушные фильтры загрязнены, что служит причиной перепада давления на них около 150 мм водяного столба (15 гПа) вместо ожидаемого перепада давления в 40 мм водяного столба (4 гПа); компрессоры всасывают воздух из помещения компрессорной станции; температура воздуха в среднем на 15°C выше, чем температура внешнего воздуха.

Рекомендовано повысить эффективность компрессорной станции путем усовершенствования графика очистки (замены) воздушных фильтров и установки нового трубопровода, что позволит всасывать внешний воздух. Нужно определить средний процент энергосбережения от упомянутых выше мероприятий и оценить другие факторы, которые следует учитывать во время внедрения мероприятий.

Напомним, что энергия, которая используется для сжатия воздуха, приблизительно пропорциональна отношению давления на выходе - входе к абсолютной температуре всасываемого воздуха. Среднегодовые условия принимаются такими: давление на входе - 1000 гПа, внешняя температура 15°C, давление на выходе компрессора 7000 гПа.

Итак, отношение давлений в исходной ситуации составляет  $7000/(1000-15)=7106,5$  гПа.

Абсолютная температура всасываемого воздуха в исходной ситуации  $15^\circ\text{C} + 15^\circ\text{C} = 30^\circ\text{C}$  (303 К).

Отношение давлений в улучшенной ситуации составляет  $7000/(1000-4)=7028,1$  гПа.

Абсолютная температура всасываемого воздуха в улучшенной ситуации равна 15°C (288 К).

Процент энергосбережения составит  $100\% - 100 \times (288 \times 7028,1) / (303 \times 7106,5) = 6\%$ .

Неучтенными остались перепад давления в новом трубопроводе, всасывающем внешний воздух и стоимость регулярной очистки (замены) фильтров.

#### 14.4. Эффективность распределительных систем

В ходе анализа эффективности распределительных систем в первую очередь вы-

полняют общую оценку действующих систем распределения электроэнергии, пара, горячей воды, охлажденных жидкостей, сжатого воздуха и т.п., с точки зрения возможной их рационализации и децентрализации питания отдельных потребителей, сокращения участков трубопроводов, устранения резервной системы трубопроводов.

Следующий анализ предусматривает сравнение полезных и паразитных нагрузок для выяснения соответствующей действительности потребности в данном виде энергии и доли общего потребления, которое приходится на паразитные нагрузки, например, на потерю давления в трубопроводах. Важное значение имеет правильный размер трубопровода. Возможно, что проведенная на производстве модернизация повысила производительность базовых систем и увеличила потери энергии, обусловленные потерей давления в трубопроводах.

Электрическая мощность привода двигателя насоса пропорциональна кубу скорости обращения. Использование регулятора скорости приводного двигателя может дать значительную экономию электроэнергии при условии соблюдения нужного уровня расхода жидкости.

Заслуживает внимания уровень давления пара в паропроводе. Чем выше давление в системе, тем больше потери из-за утечек и/или в тепловой системе; возрастают также потери давления в трубопроводе из-за закипания конденсата.

В конце концов, проблема возвращения конденсата. Следует выяснить, измеряется ли количество возвращенного конденсата и нельзя ли его увеличить.

Остановимся на нескольких примерах анализа эффективности распределительных систем. Первый пример касается использования пара на предприятии по производству транспортных средств.

Производственные процессы с использованием пара приведены в табл. 14.1.

Таблица 14.1. Использование пара, Гдж

Назначение пара	Летний период		Зимний период	
	Полезное тепло	Потери	Полезное тепло	Потери
Отопление	-	-	52500	-
Потери в нагревателе	-	420	-	4200
Потери в трубопроводах	-	650	-	16400
Технологические процессы	200	-	200	-
Горячая вода	200	-	200	-
Потери закипания конденсата	-	200	-	11200
Утечки	-	150	-	1250
Всего	400	1420	52900	33050

На протяжении летнего периода полезное тепло тратится лишь на технологические процессы и на нагрев воды. Фактически в зимний период почти 80% тепла расходуется даром. Существует множество способов снизить эти потери летом и ограничить в зимний период, а именно: децентрализация теплоснабжения технологических процессов; децентрализация снабжения потребителей горячей водой; изолирование трубопроводов; прекращение подачи воды к отопительным приборам в летнее время; устранение утечек; снижение давления пара; улучшение утилизации конденсата.

Во втором примере пар, используемый в высокотемпературных технологических процессах с температурой 165°C, используется также для процессов среднетемпературной нагрузки с температурой 70°C. Такую температуру получают путем мгновенного понижения давления с 0,85 Мпа до 0,1 Мпа. Это является причиной 18% объемных потерь и

оставляет 55% тепла в конденсированном паре.

Возможное предложение по сбережению энергии состоит в установке перед нагрузкой с температурой 70°C станции понижения давления и подводе к нагрузке пара под давлением 0,2 МПа. Потери теперь от мгновенного снижения давления и температуры будут снижены с 8% (по объему) и в конденсате будет оставаться лишь 31% тепла.

Другой возможный вариант - использование пара закипевшего конденсата высокотемпературных процессов для подачи пара под давлением 0,2 МПа к среднетемпературной нагрузке. Таким образом, можно полностью удовлетворить потребности в поступлении первичного пара к среднетемпературной нагрузке. Реализация этого мероприятия зависит от относительного значения и продолжительности средне- и высокотемпературных нагрузок. Таким образом будет сэкономлена тепловая энергия, уменьшено потребление воды и сокращены расходы на подготовку воды.

Вообще, в ситуациях, подобных рассмотренной, следует выяснить, нужны ли именно такие используемые параметры энергоносителя, есть ли другие пути получения нужного вида энергии, оптимальны ли значения температуры и давления энергоносителя, и не ли работает установка с избыточной производительностью.

Третий пример посвящен рассмотрению системы охлаждения на пивоваренном заводе (табл. 14.2).

Соляной раствор охлаждается первичной системой охлаждения, а потом перемещается к нагрузкам в границах пивоварни с помощью группы циркуляционных насосов. Нагретый в нагрузках соляной раствор возвращается к первичной системе охлаждения, откуда после понижения температуры снова подается в нагрузки.

Таблица 14.2. Использование энергии в системе охлаждения

Вид нагрузки	Объем энергии, МВт×ч	Доля, %
Полезная	8420	64
Потери в трубопроводах	730	5
Насосы	3700	28
Вентиляторы	450	3
Всего	13300	100

Приведенные результаты показывают, что нагрузка, обусловленная циркуляционными насосами, составляет почти треть общей нагрузки. Можно рассмотреть использование для насосов и вентиляторов приводов с регулируемой скоростью и управление работой системы с помощью таймера. Усиление изоляции могло бы дать небольшие энергетические сбережения и, в зависимости от внешних условий, уменьшение коррозии труб.

Следующий пример иллюстрирует эффективность упомянутого выше регулирования скорости привода насоса. Электродвигатель мощностью 90 кВт приводит в движение водный насос. Количество воды, подаваемой насосом, регулируется вентилем с сервоприводом, что изменяет положение затвора в зависимости от давления воды в системе. Измерение затрат воды на протяжении суток дало такие результаты:

- 10 часов/день 100% максимального расхода;
- 6 часов/день 70% максимального расхода;
- 6 часов/день 40% максимального расхода;
- 2 часа/день 20% максимального расхода.

С целью сбережения энергии предложен установить частотно-регулируемый привод, который автоматически реагирует на давление в системе. Как и в предшествующем примере, нужно определить количество сэкономленной за год электроэнергии и ука-

зять другие следствия внедрения новой системы управления приводом.

Считается, что двигатель потребляет 90 кВт мощности в случае 100% максимального расхода насоса, зависимость энергопотребления от нагрузки приведена на рис. 3.9. Частотный регулятор скорости имеет внутренние потери мощности, равные 1 кВт. Насос работает 24 часа в сутки, 350 дней в году.

Определенные по графику рис. 4.9 значения мощностей двигателя для разных систем регулирования приведены ниже в таблице 14.3.

Таблица 14.3. Результаты расчета мощностей двигателя для разных систем регулирования

На- грузка	Регулировка дрос- сельным вентилем	Регулировка частотно- регулируемым приводом	Объем сэкономленной энергии
100%	$90 \text{ кВт} \times 1,00 = 90,0 \text{ кВт}$	$(90,0 \text{ кВт} \times 1,00) + 1 \text{ кВт} = 91,0 \text{ кВт}$	$10 \times 350 \text{ дней/год}: 3500 \text{ ч/год} \times (90,0 - 91,0) \text{ кВт} = -3500 \text{ кВт} \times \text{ч/год}$
70%	$90 \text{ кВт} \times 0,95 = 85,5 \text{ кВт}$	$(90,0 \text{ кВт} \times 0,45) + 1 \text{ кВт} = 41,5 \text{ кВт}$	$6 \times 350 \text{ дней/год}: 2100 \text{ ч/год} \times (88,5 - 41,5) \text{ кВт} = 92400 \text{ кВт} \times \text{ч/год}$
40%	$90 \text{ кВт} \times 0,78 = 70,2 \text{ кВт}$	$(90,0 \text{ кВт} \times 0,15) + 1 \text{ кВт} = 14,5 \text{ кВт}$	$6 \times 350 \text{ дней/год}: 2100 \text{ ч/год} \times (70,2 - 14,5) \text{ кВт} = 116970 \text{ кВт} \times \text{ч/год}$
20%	$90 \text{ кВт} \times 0,20 = 18,0 \text{ кВт}$	$(90,0 \text{ кВт} \times 0,10) + 1 \text{ кВт} = 10,0 \text{ кВт}$	$2 \times 350 \text{ дней/год}: 700 \text{ ч/год} \times (18,0 - 10,0) \text{ кВт} = 5600 \text{ кВт} \times \text{ч/год}$
Всего сбережений за год			211470 кВт×ч/год

Другие следствия введенного частотного регулирования электродвигателя насоса:

- Ø уменьшение расходов на техническое обслуживание частотного регулятора по сравнению с расходами на ремонт вентилей с сервоприводом;
- Ø необходимость защиты частотного регулятора от попадания воды и от электромагнитных помех;
- Ø в случае выхода из строя частотно-регулируемого привода может понадобиться дублирующая система.

#### 14.5. Эффективность систем преобразования энергии

Чтобы достичь сбережений в системе преобразования (генерирования) энергии, необходимо знать соответствующую технологию и лучший современный опыт подобных предприятий.

Номинальные паспортные данные используемого на объекте оборудования могут быть взяты из документации, которая сохраняется на объекте, или от фирм - изготовителей этого оборудования.

Измеренные эксплуатационные показатели следует сравнить с паспортными или проектными показателями, с показателями предшествующего периода эксплуатации оборудования и с лучшими показателями, достигнутыми на таком оборудовании. В качестве примера рассмотрим возможные пути сбережения энергии за счет уменьшения потерь энергии с выходящими газами.

Идеальное сгорание имеет место, если в реакции принимают участие строго определенные частицы топлива и кислорода для образования двуокси углерода и воды без остатков несгораемого топлива или неиспользованного кислорода. Этот процесс известен



под названием "сгорание с нулевым избытком кислорода" или "стехиометрическое горение".

При условии стехиометрического горения достигается максимальная эффективность, поскольку все топливо полностью превращается в продукты сгорания, а количество избыточного воздуха, который выносит тепло процесса сжигания, минимально. Содержание кислорода при таких условиях в топочных газах равно нулю, а количество двуокиси углерода (CO<sub>2</sub>) - максимально.

С увеличением количества воздуха в топочных газах появляется кислород, который не вступил в реакцию: это означает, что количества топлива недостаточно для использования всего кислорода, который содержится в воздухе для горения.

Общий вес газов, выходящих из горелки, возрастает. На практике идеальное сгорание достигается редко и почти всегда нужна определенная доля избыточного воздуха.

Контролируя процесс сгорания, можно достичь максимальной возможной эффективности системы, которая имеет место при условии обеспечения минимально необходимого для полного сгорания топлива избыточного воздуха. Для этого необходимо достичь максимально возможного содержания CO<sub>2</sub> и минимально возможного содержания O<sub>2</sub> на выходе из котла для получения бездымных выбросов из дымовой трубы и заданной скорости сгорания.

Температура выбрасываемых газов должна быть по возможности ниже, но не настолько, чтобы наступила конденсация влаги с образованием окислов серы.

Количество энергии, потерянной с отходящими газами при определенном уровне концентрации двуокиси углерода (или при соответствующем уровне кислорода) и температуре топочных газов в случае сжигания природного газа обычно определяют из соответствующих графиков. Чтобы определить необходимые параметры, следует найти точку на кривой двуокиси углерода, которая соответствует объемной доле сухого топочного газа. Потом проводят вертикальную линию, которая пересекает кривые, соответствующие определенным температурам топочных газов. Из точки пересечения вертикальной линии с нужной кривой температуры газа проводят горизонтальную линию к пересечению с осью потерь энергии в топочных газах и считают долю потерь.

Аналогичные графики существуют для сжигания угля и нефти.

Так, для невысоких температур топочных газов (100°C) между 0% и 100% избыточного воздуха потери в топочных газах возрастают с 13% до 16%. С ростом температуры (до 300°C) разность становится более заметной, от 22% до 30%.

Теперь рассмотрим пример повышения эффективности сжигания топлива в котле.

Вследствие проведенного теста эффективности сжигания топлива в котле установлено, что средний коэффициент эффективности (КПД) составляет 79%. Котел имеет ручную систему продувки, которая очень неэкономна, поскольку потери тепла на продувку при грубой оценке составляют 1% от общего количества энергии топлива, потребленной котлом.

В ходе проведения аудита котельной установки определены такие величины:

Энергия поступающего топлива, в том числе	62000 ГДж (100%);
- энергия потерь с отходящими газами	13020 ГДж (21%);
- преобразованная в котле энергия топлива	48980 ГДж (79%);

а также

Тепловые потери через обшивку котла	700 ГДж;
Тепловые потери при продувке	500 ГДж;
Полезное тепло для парообразования	47780 ГДж;
Всего	48980 ГДж

С целью экономии энергии предложено установить в котельной систему автоматической поддержки оптимального соотношения газ - воздух и систему автоматической продувки. По предварительной оценке, первое мероприятие повысит эффективность сжигания топлива в среднем до 83%, а второе -сократит продувку на 50% от ее нынешнего уровня.

Нужно определить величину ежегодного энергосбережения, а также обратить внимание на сопутствующие обстоятельства внедрения рекомендаций.

Сокращение уровня продувки позволит сэкономить 50% от нынешних потерь энергии на нее, то есть  $0,5 \times 500 \text{ Гдж} = 250 \text{ Гдж}$ . Отсюда требуемая преобразованная в котле энергия топлива составляет  $48980 - 250 = 48730 \text{ Гдж}$ . С повышением средней эффективности до 83% количество энергии топлива для получения упомянутого количества преобразованной энергии составляет  $48730 / 0,83 = 58711 \text{ Гдж}$ .

Ежегодное сбережение топливной энергии:  $62000 - 58711 = 3289 \text{ Гдж}$ .

Однако внедрение упомянутых мероприятий требует капитальных вложений и амортизационных отчислений на системы автоматического управления. Кроме того, увеличатся затраты на техническое обслуживание систем автоматического управления, хотя автоматизация может позволить сократить обслуживающий персонал. И, в конце концов, можно сократить затраты на очистку воды.

Рассмотрим еще пример эффективности превращения энергии в источниках света (рис. 14.1). На сегодня существует множество разновидностей источников света (рис. 6.7): обычные и галогенные лампы накаливания с вольфрамовой нитью; лампы высокого давления натриевые, ртутные и комбинированные ртутные с вольфрамовой нитью; лампы низкого давления газоразрядные (люминесцентные лампы) и натриевые; металлогалоидные лампы.



Рисунок 14.1. Разновидности источников света.

Здравый смысл подсказывает использовать такой тип ламп, которые обеспечивают максимальный световой поток на Ватт мощности лампы (максимальную светоотдачу) при условии, что другие характеристики лампы удовлетворяют требованиям к конкретной осветительной установке.

Светоотдача каждого типа лампы может быть определена на основе информации о лампе и схеме ее включения.

В случае проектирования новой осветительной установки необходимо сравнивать пригодные типы ламп и применять те, которые имеют более высокую светоотдачу.

В случае анализа действующей осветительной установки следует определить тип

используемых ламп. Если лампы этого типа имеют низкую светоотдачу, следует проанализировать возможность использования более эффективных ламп. В некоторых случаях это не требует каких-либо изменений в установке без замены ламп, в других - могут понадобиться изменения в установке с установкой новых элементов оснащения. Энергетическое обследование системы освещения требует оценки количества и типов ламп, оценки продолжительности работы и эффективности системы управления.

Необходимо, чтобы уровень освещенности определенной рабочей плоскости отвечал нормативам. Измерить его можно с помощью портативных люксметров (цена на сегодня составляет около 100 долларов).

Рассмотрим пример энергоэффективной системы освещения.

Автостоянку освещают 10 галогенных ламп с вольфрамовыми нитями накаливания мощностью 500 Вт каждая. Лампы включают и выключают вручную работники охраны автостоянки, которые иногда оставляют лампы включенными на дневное время.

Для сбережения энергии предложено заменить эти лампы на десять натриевых ламп высокого давления мощностью 114 Вт (вместе с потерями мощности в пускорегулирующей аппаратуре). Благодаря большей светоотдаче натриевых ламп уровень освещенности остается на том же уровне. Кроме того, предложено установить автоматическое управление освещением системой с фотоэлектрическими элементами.

Необходимо определить количество сэкономленной за год энергии и указать другие положительные последствия реконструкции системы освещения.

Считается, что в ожидании текущего ремонта в нерабочем состоянии находятся, в среднем, две из галогенно-вольфрамовых лампы и, благодаря более высокой надежности, лишь одна из ламп высокого давления.

Показатель	Исходная ситуация	Улучшенная ситуация
Установленная нагрузка, кВт	5,00	1,14
Коэффициент средней нагрузки	0,8	0,9
Продолжительность работы в течение года, часов	5400	3650
Годовое энергопотребление, кВт×ч	21600	3745
Годовое энергосбережение (кВт×ч):	21600-3745=17855	

Другие положительные факторы реконструкции системы освещения:

- Ø уменьшение расходов на замену ламп;
- Ø уменьшение расходов на оплату технического обслуживания системы;
- Ø повышение уровня освещенности.

## Лекция 15. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭФФЕКТИВНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЭНЕРГИИ (продолжение)

### 15.1. Перекрестная проверка предложений по сбережению энергии

После определения потенциала сбережения энергии для объекта обследования энергоаудитор должен тщательно проверить все расчеты и выводы перед введением их в отчет по энергообследованию.

Проверка данных необходима для того, чтобы убедиться, в том, что потенциальные сбережения согласовываются с общим использованием энергии на объекте. Наиболее часто применяют такие приемы перекрестной проверки:

- Ø сопоставление объема потенциального сбережения энергии с начальным энергопотреблением; это позволит избежать ситуации, когда энергоаудитор объявит, что

- есть возможность сэкономить энергии больше, чем ныне потребляет объект;
- Ø сравнение предлагаемых уровней потребления энергии на единицу продукции с лучшими практически достигнутыми результатами;
  - Ø анализ потоков энергии;
  - Ø несовместимость рекомендаций, то есть фактическая возможность внедрить лишь одну из нескольких рекомендаций, например, или отремонтировать систему парораспределения, или децентрализовать парораспределительное оборудование, энергоаудитор должен объяснить, которое из предложений он считает наиболее приемлемой;
  - Ø уменьшенный предельный возврат.

На последнем стоит заострить внимание. Концепция "уменьшенных предельных возвратов" хорошо знакома экономистам, она во многих случаях может быть применена к мероприятиям по сбережению энергии. Ее суть состоит в том, что потенциальное энергосбережение от внедрения определенного мероприятия сокращается, если другое энергосберегающее мероприятие было введено раньше. Иногда говорят, что речь идет о взаимодействии мероприятий или взаимодействии проектов. Рассматривая несколько проектов для одной системы, нельзя оценивать потенциальные сбережения изолированно друг от друга.

Проиллюстрируем эффект взаимодействия проектов конкретным числовым примером. Для отопления помещения нужно 50000 Гдж тепла. Энергоаудитор считает такое потребление расточительным, поскольку, во-первых, в помещении все время (как в рабочее, так и в нерабочее) поддерживается одинаковая комфортная температура и, во-вторых, дом имеет слабую теплоизоляцию.

С целью экономии энергии предложены мероприятия:

1. установить временной синхронизированный с рабочим временем регулятор отопления, который разрешит сократить отопительную нагрузку на 40%;
2. улучшить тепловую изоляцию здания, что само по себе позволит сократить количество необходимого тепла на 10%.

Сравним, какими будут годовые сбережения энергии (в Гдж и в процентах) при внедрении лишь первого мероприятия, лишь второго мероприятия и в случае внедрения обоих мероприятий.

Считается, что здание уже имеет хорошую систему регулирования температуры, которая поддерживает заданную температуру регулированием подачи теплоносителя.

В случае внедрения лишь первого мероприятия с 50000 Гдж начального потребления будет сэкономлено 20000 Гдж (40%) и потребление ограничится до 30000 Гдж.

В случае внедрения лишь второго мероприятия с 50000 Гдж начального потребления будет сэкономлено 10000 Гдж (20%) и потребление ограничится до 40000 Гдж.

В случае внедрения обоих мероприятий первое может дать такое же сбережение, как и рассмотренное выше, то есть, ограничить потребление до 30000 Гдж, но второе даст ограничение на 20% от уже уменьшенного потребления.

Результирующее сбережение будет составлять:

$$50000 \times 0,4 = 20000 \text{ Гдж}, \quad (50000 - 20000) \times 0,2 = 6000 \text{ Гдж},$$

$$20000 + 6000 = 26000 \text{ Гдж}, \quad 26000 / 50000 = 0,52 \text{ (52\%)}.$$

Результат является эффектом от "уменьшенного предельного возврата", при котором мероприятия, которые поодиночке сокращают энергопотребление на 40% и 20%, имеют общее снижение лишь на 52%, а не на 60%.

## 15.2. Сбережение первичной и вторичной энергии

Одной из важнейших, хотя часто и пренебрегаемых, особенностей отчета по энергосбережению является осознание отличий между сбережением первичной и сбережением вторичной энергии. Остановимся на этом вопросе поподробнее.

*Сбережение первичной энергии топлива за счет экономии вторичной энергии.* Сбережение вторичной энергии оказывает влияние на потребление первичной энергии. Простейший путь вычисления экономии первичной энергии - разделить количество сэкономленной вторичной энергии на коэффициент эффективности (электростанции или котла).

Сбережение вторичной энергии может отрицательно или положительно влиять на сбережение предприятия в целом. Например, уменьшение сбережения вторичной энергии и увеличение нагрузки на котел, может обеспечить его работу в режиме оптимальных нагрузок. Иногда экономия вторичной энергии влияет на распределение потерь, так, сокращение уровня потребления пара может сократить потери пара в резервуарах для сбора конденсата.

*Эффект замены топлива.* Замена одного источника топлива другим обычно происходит в тех случаях, когда есть возможность приобрести другое топливо по более низкой цене на единицу содержания энергии. Финансовый расчет сбережений должен учитывать также возможность изменения затрат на ремонт оборудования. Кроме того, замена топлива может изменить коэффициенты преобразования. Проиллюстрируем сказанное примером.

Паровой котел работает на нефтяном газе и потребляет 1033 тонн топлива для получения технологического пара. Общий КПД котла составляет 82%. С целью сбережения средств рекомендовано перевести котел на природный газ. Поскольку природный газ имеет более низкий уровень теплопередачи пламени, чем нефтяной газ, общий КПД снизится с 82% до 80% (более высокая теплотворная способность), однако, предполагается, что низкая стоимость природного газа компенсирует этот технический недостаток.

Нужно определить величину сбережения энергии и сбережение средств за счет замены топлива.

Теплотворная способность нефтяного газа 42,3 МДж/кг, цена 1,47 грн/кг; природного газа 40,5 МДж/м<sup>3</sup> и 0,88 грн/м<sup>3</sup>, соответственно.

*Показатели имеющегося состояния.*

Теплота сгорания нефтяного газа:  $1033000 \text{ кг} \times 42,3 \text{ МДж/кг} = 43695900 \text{ МДж} = 43695,9 \text{ ГДж}$ .

Годовые расходы на нефтяной газ:  $1033000 \text{ кг} \times 1,47 \text{ грн/кг} = 1518510 \text{ грн}$ .

Годовое генерирование тепла:  $43695,9 \times 0,82 = 35831 \text{ ГДж}$ .

*Показатели будущего состояния:*

Годовая потребность в тепле: 35831 ГДж.

Годовое потребление природного газа:  $35831 / 0,8 = 44788 \text{ ГДж}$ .

Годовые расходы на природный газ: 44788 ГДж, что соответствует  $1105876 \text{ м}^3$  газа, который при цене 0,88 грн/м<sup>3</sup> дает 973171 грн.

*Объемы сбережений:*

энергии топлива:  $43696 \text{ ГДж} - 44788 \text{ ГДж} = - 1092 \text{ ГДж}$ ;

средства:  $1518510 \text{ грн} - 973171 \text{ грн} = 545340 \text{ грн}$ .

Рассматривая вариант изменения топлива, следует еще учесть изменение расходов на техническое обслуживание котла, возможность изменения ожидаемого срока службы котла и будущее изменение стоимости топлива. Следует иметь в виду, что, возможно, под новое топливо нужно будет заменить горелки котла. Еще один вопрос - это утилизация ненужного теперь резервуара для хранения нефтяного газа.

*Рекуперация тепла.* Если потоки энергии изымаются из регенеративных систем

или выводятся как побочный продукт систем преобразования энергии (низкотемпературное тепло в системе комбинированного производства тепловой и электрической энергии), то экономия в этих энергопотоках не обязательно приводит к сбережениям первичной энергии.

Например, если горячее водоснабжение осуществляется системой комбинированного производства тепловой и электроэнергии, которая во втором случае выбросила бы это тепло в атмосферу, то экономия горячей воды не экономит топлива, на котором работает комбинированная система. Наоборот, если низкотемпературное тепло в системе комбинированного производства покрывает лишь частично потребности отопления, а остаток обеспечивает электрическое отопление, то сбережение горячей воды отрицательно повлияет на сбережение электроэнергии.

### 15.3. Предельная стоимость энергосбережения

В отчете по энергообследованию необходимо показать сбережение энергии как сбережение средств. Однако средняя стоимость топлива - не всегда наилучший критерий перехода от объема сбережений энергии к объему сбережений средств. Ниже рассмотрены некоторые обстоятельства, которые следует учитывать во время упомянутого перехода.

*Структура стоимости энергии.* Необходимо рассчитывать финансовые сбережения, исходя из тех элементов структуры стоимости энергии, на которые влияют предложенные мероприятия по сбережению энергии (пиковая и ночная стоимость единицы энергии, стоимость единицы энергии во время максимума нагрузки и т.п.).

*Неэнергетические сбережения средств.* Мероприятия по эффективному использованию энергии часто влияют на смену неэнергетических расходов, таких, как например, расходы на ремонт производственного оборудования. Это влияние может быть как положительным, так и отрицательным, его следует обязательно учитывать.

*Снижение (повышение) цен.* Естественно во время определения цен на энергию руководствоваться уже сложившимися в аудите тарифами или известными текущими данными о ценах. Однако, иногда можно исходить из расчетных или известных будущих цен на энергию и энергоносители.

### 15.4. Формирование и оценка проекта улучшения энергоиспользования на объекте

После рассмотрения всех возможных мероприятий по улучшению энергоиспользования осуществляется их обобщение и формирование проекта относительно объекта в целом. Перечень возможных мероприятий может быть довольно большой. Нужно сопоставить все идеи и сформировать список приоритетных мероприятий.

На этом этапе важным является общение с полномочными представителями объекта. Это позволит выяснить, какие из предлагаемых мероприятий уже внедрялись, но результаты оказались неудачными, а какие раньше рассматривались и были отклонены вследствие ограничений технологического характера или других ограничений. Возможно внедрение некоторых из предлагаемых проектов уже начато, а некоторые уже запланировано внедрить.

Еще один важный момент - это согласования мероприятий по энергосбережению с запланированной реконструкцией основного производства объекта.

Ознакомив руководство объекта с перечнем предлагаемых мероприятий, следует прислушиваться к их мысли относительно возможных препятствий и трудности внедрения мероприятий на объекте.

После этого можно перейти к оценке мероприятий, а именно:

- Ø проверить, какие из мероприятий являются приемлемыми, т.е. возможными к реализации в конкретных условиях объекта;
- Ø проверить, какие из мероприятий являются целесообразными;
- Ø изучить взаимодействие мероприятий;
- Ø определить капиталовложения на реализацию мероприятий;
- Ø определить конечные результаты (выгоду) от внедрения мероприятий;
- Ø сравнить конкурирующие мероприятия и определить приоритеты;
- Ø сделать выводы.

В ходе оценки мероприятий выполняется в первую очередь их техническая проверка с целью гарантирования того, что определенное мероприятие не окажется неприемлемым из технических соображений. Выясняется приемлемость мероприятий в конкретных условиях производства вообще, и будет ли оборудование, которое предлагается установить, работать в прогнозируемых условиях, правильно ли определена его мощность (производительность).

Учитываются также побочные эффекты мероприятий по энергосбережению. Например, введение в питьевую кислотных примесей для устранения осадка на стенках трубопроводов может привести к усиленной их коррозии, вызвать загрязнение воды, подаваемой в котел, что может через технологический пар отрицательно повлиять на качество продукции. Внедрение некоторых мероприятий может потребовать повышения уровня технического обслуживания с привлечением квалифицированного персонала. С другой стороны, возрастает возможность влияния персонала на производственный процесс, например, изменением во время эксплуатации регулятора.

Среди факторов оценки мероприятий важна их надежность. Есть также определенный субъективный фактор восприятия мероприятий работниками объекта, которые могут считать их надуманными и ненужными. Кроме технического анализа, осуществляется также проверка целесообразности мероприятий. Целью этой проверки является гарантирование того, что данное мероприятие не окажется неприемлемым из других соображений, некоторые из которых приведены ниже.

Во-первых, это могут быть требования экологического характера. Выполнима ли проверка или внедрение мероприятий противоречит действующему законодательству об охране окружающей среды. А если и не противоречит, то не ухудшит ли репутацию производства как экологически безвредного объекта.

Во-вторых, действительно ли предлагаемое мероприятие является наилучшим решением. Для этого следует проанализировать выигрыш от его внедрения не только в кратковременном, а и в долгосрочном плане.

В-третьих, приемлемо ли предлагаемое мероприятие по причине непроизводительного характера. Например, расположение нового оборудования может потребовать ликвидации спортивного клуба для работников объекта.

В-четвертых, приемлемы ли мероприятия с точки зрения капиталовложений в их реализацию. Следует определить приблизительные, но реальные границы возможных расходов.

В конце концов, необходимо выполнить оценку потенциальных финансовых выгод и других подобных выгод от реализации предложенных мероприятий. Определение расходов на внедрение проекта по энергосбережению - это ключевой момент энергоаудита. По ошибке оцененные расходы (обычно заниженные) могут легко подорвать доверие к проекту в целом. Как правило, причина снижения расходов не в недооценивании расходов, а в том, что некоторые их компоненты оказываются полностью выпущенными из виду.

Ниже приведен далеко не полный перечень таких компонентов:

- ∅ стоимость приобретения энергосберегающего оборудования;
- ∅ закупочная стоимость вспомогательного оборудования (регуляторов, инструментов и т.п.);
- ∅ расходы на доставку (таможенные формальности, установка оборудования на рабочем месте);
- ∅ страхование;
- ∅ расходы на изоляцию;
- ∅ предпусковое тестирование и введение установки в промышленную эксплуатацию;
- ∅ оплата консультаций;
- ∅ расходы на гражданское строительство;
- ∅ расходы на перемещение производственного оборудования;
- ∅ расходы на удовлетворение требований техники безопасности и охраны труда;
- ∅ перестройка здания в связи с установкой нового оборудования;
- ∅ проверка лицензирования (сертификации);
- ∅ стоимость продукции, которая не будет выработана из-за остановки производственного процесса на время реализации мероприятий по сбережению энергии;
- ∅ обучение персонала.

Определение расходов на компонент общей стоимости требует источников стоимостной информации. Наиболее надежным источником является предшествующий личный опыт внедрения аналогичного проекта, но и в этом случае следует осторожно относиться к фактам, которые могут вызвать значительную разницу в расходах аналогичных проектов.

Например, установка электронного контроля на нефтехимическом заводе может стоить намного больше, чем аналогичная установка на пивоваренном заводе в связи с необходимостью использовать оборудование, которое сертифицировано для использования во взрывоопасной среде.

Полезно также использовать бюджетные расценки поставщиков, а также цены, взятые из разных реклам и объявлений. Однако, и здесь важно убедиться, что эти источники не скрывают все стоимостные компоненты, в частности, доставку и наладку оборудования.

Прайс-листы - простой и надежный путь определения цены оборудования, но их можно использовать лишь в том случае, если трудозатраты незначительны, или известны.

Итак, источниками для оценки расходов могут быть:

- ∅ прайс-листы на оборудование;
- ∅ данные о стоимости оборудования, затраты на оплату работы и общие средние затраты (а именно, на 1 м<sup>2</sup>, на 1 кВт установленной мощности и т.п.);
- ∅ расценки поставщиков (монтажников);
- ∅ информация о стоимости предшествующих введенных проектов.

Очень важно использовать надежные финансовые критерии. Обычно выполняют анализ дисконтного денежного потока, чистой приведенной стоимости и (или) внутренней нормы прибыли для всех, кроме простейших, мероприятий. Важно, чтобы данные финансового анализа были представлены в форме, доступной и понятной руководству объекта и его подразделений.

Теперь весь материал для предоставления мероприятиям определенных приоритетов собран. Однако надо учитывать, что если мероприятие потребует больших капиталовложений и сбережение не будет достигнуто, то нужно ли детальное энергетическое обследование.



## Лекция 16. ОТЧЕТ ПО ЭНЕРГОАУДИТУ

*Целью отчета* по энергоаудиту является представление аудиторской информации в едином рекомендательном документе вместе с данными об энергетических и финансовых расходах и сбережении. Отчет должен быть информативным, профессиональным, таким, чтобы его интересно было читать.

В типичном случае отчет имеет такую *структуру*:

- аннотация;
- вступление;
- анализ состояния энергопотребления на объекте;
- описание предприятия и зданий;
- рекомендации по эффективному использованию энергии;
- выводы;
- приложения.

*Аннотация* отчета имеет объем не более двух или трех страниц с четко выделенными рубриками. Аннотация представляет собой самостоятельный (без ссылки на отчет) реферат для высшего руководства, которому некогда читать весь отчет. Для большей выразительности аннотация может быть представлена на бумаге другого цвета.

Аннотация обычно освещает такие моменты:

- состояние энергоиспользования на обследуемом объекте (слабый, удовлетворительный, хороший уровень энергоиспользования в сравнении с другими объектами);
- основные моменты энергообследования (а именно, наиболее высокий (низкий) уровень использования энергии);
- обоснование необходимых изменений (рекомендованное направление действий, альтернативные действия);
- прогнозируемый результат (будущая ситуация на объекте при условии реализации рекомендаций).

В аннотации поясняется выявленная аудитором нынешняя ситуация на объекте, определяются важные относительно использования энергии моменты. Аннотация должна направлять читателя на рекомендованное направление действий, призванных улучшить эффективность использования энергии на объекте, а также освещать выгоды и следствия, которые может дать энергосбережение. Аннотация должна быть написана понятно и коротко, без чрезмерного употребления технической лексики.

*Целью вступления* является информирование читателя о подготовке и ходе обследования на объекте, а также об ожидаемых результатах.

Во вступлении приводят такую информацию:

- исполнители отчета по энергообследованию (компания, которая проводила обследование, или компания, которая использовала материалы аудита другой компании);
- обоснование проекта (является ли этот проект одним из нескольких проектов для разных подразделений компании, или он является частью нового проекта по энергосбережению);
- цель проекта (а именно, выявление потенциала энергосбережения);
- параметры отчета (выделение особых аспектов энергопотребления или изъятие определенных типов энергопотребления, поскольку они являются частью отдельного обследования);
- методы проведения проверки (использование измерителей, визуальные методы: изучение оборудования, анализ энергетической ситуации).

В первом основном разделе «Анализ состояния энергопотребление на объекте» приводится информация о количестве и стоимости энергии, которая используется потребителями объекта исследования. Рассматривается использование отдельных видов энергии. Содержание этого раздела отвечает разделам 3 и 4 этого пособия.

«Описание предприятия и зданий» (*второй основной раздел отчета*) характеризует имеющиеся на объекте установки и оборудование, режимы их работы и производительность. Детально информация, которая входит в этот раздел, рассмотрена в разделе 5 этого пособия.

*Третий основной раздел отчета* содержит «Рекомендации по эффективному энергоиспользованию» и обоснование действий по повышению эффективности использования энергии. Раздел содержит результаты исследований, разных аспектов сбережения энергии. Он начинается с описания рекомендаций по сбережению энергии, то есть описания тех действий, которые должны быть выполнены, новых процедур, установки нового оборудования. Далее идет оценка энергосбережения, то есть расчет, показывающий, сколько энергии и соответственно средств будет сэкономлено, а также эффект от сбережения энергии, то есть ожидаемое влияние сбережения энергии на показатели работы объекта, а именно, на показатели эффективности за счет сокращенного потребления энергии, на ремонтные затраты, на необходимые изменения в технологии производства.

Очевидно, что внедрение мероприятий по энергосбережению будет требовать определенных расходов. Поэтому нужно привести результаты расчета стоимости проекта с учетом всех сопутствующих расходов на внедрение рекомендаций, а именно: стоимости необходимого оборудования, рабочей силы, потерь производства и т.п..

Энергоаудитор должен обосновать жизнеспособность проекта, то есть показать, насколько жизнеспособным является внедрение рекомендаций по энергосбережению при имеющихся ограничениях в виде необходимости остановки производства, колебаний цен на топливо, инвестиционной политики и т.п.

*Выводы* обычно дают после рекомендаций по энергосбережению, в них представляют нынешнее состояние и потенциал энергосбережения объекта. Пункты выводов в основном соответствуют пунктам аннотации, однако они сосредоточены на действиях аудитора во время выполнения работ. Поэтому выводы содержат данные об обследовании объекта и источнике получения необходимой информации, в частности, о распределении энергии по разным категориям, о выявленных несоответствиях или неправильном энергопотреблении, сравнение энергопотребления на объекте с энергопотреблением на аналогичных объектах.

Далее приводят стоимость и выгоды от реализации беззатратных, низко- и высокозатратных рекомендаций, характеристики альтернативных мероприятий, а также сумму общего потенциала энергосбережения.

Выводы содержат обоснованные аргументы в пользу одних рекомендаций относительно других, прогнозы энергосбережения на объекте после внедрения мероприятий. В конце концов, выводы обосновывают необходимые дальнейшие детальные обследования и (или) действия, которые должны быть осуществлены на объекте, а также указывают общую рассчитанную прибыль от этих действий.

*В приложениях* к отчету приводят детальные расчеты, описания, сметы, таблицы данных и т.п., так как иначе эти материалы прерывали бы ход отчета. Однако, они безусловно повышают качество отчета, обеспечивая ему большую полноту. В приложениях дают описание оставшихся предложений по энергосбережению, которые аудиторы не включили в основную часть отчета.

Отчет представляет собой весомый продукт, который клиент получает от консультанта. Он должен быть написан хорошим языком, ясно и лаконично. Для подготовки ка-

чественного отчета нужно время, но в данном случае речь идет в первую очередь о качестве, а не о количестве.

Не следует оставлять без внимания участки производства, по которым нет предложений по повышению эффективности энергоиспользования. Нужно упомянуть, что они работают эффективно. Отчет по энергоаудиту составляет основу стратегического плана улучшения использования энергии на объекте.

Типичный отчет имеет объем около 40 страниц, чтение его требует 1-2 часов.

## Лекция 17. ПРЕЗЕНТАЦИЯ ЭНЕРГОАУДИТА НА ОБЪЕКТЕ

Возможны два варианта выбора времени презентации итогов энергоаудита на объекте. Лучшим считается время перед окончательным оформлением отчета, чтобы учесть благоприятные замечания, высказанные на обсуждении результатов аудита. В случае полной уверенности в качестве отчета презентацию можно провести после представления отчета, но с обязательным условием предшествующего ознакомления с ним заказчиков. К презентации следует обсудить ключевые проблемы с заинтересованными лицами, чтобы не возникли досадные неожиданности на самой презентации.

Часто предлагаемые энергоаудитором рекомендации относительно повышения эффективности энергоиспользования встречают возражения из-за того, что в них не учтены другие, не касающиеся энергосбережения, но жизненно важные для предприятия вопросы.

К числу таких вопросов наиболее часто относятся:

- достаточно ли обоснована экономическая эффективность рекомендаций;
- отсутствие анализа ценовой политики;
- условия коллективного договора (защита работников от возможных сокращений);
- влияние на производственный процесс;
- доступность топлива;
- требование по технике безопасности;
- законодательство об охране окружающей среды;
- отсутствие площадей для расположения нового оборудования;
- требование промышленной эстетики;
- доступность оборудования (и комплектующих частей);
- нормативы предприятия;
- необходимость дополнительного обучения персонала.

Презентация на объекте - это шанс энергоаудитора "продать" предложенные им рекомендации по улучшению эффективности деятельности объекта людям, которые принимают решение. Возможно, что высшее руководство вообще не прочитает отчет. Поэтому презентация - выступление на итоговом совещании - это шанс аудитора настоять на необходимости изменений и обеспечить себя работой на будущее.

Во время презентации нужно придерживаться таких рекомендаций:

- основной доклад не должен длиться больше часа;
- не следует весьма вдаваться в технические детали, поскольку речь идет скорее о финансовой, а не о технической презентации;
- не следует создавать ситуаций "глухого угла" - нужно быть осторожней с критикой конкретных лиц в присутствия их руководителя;
- не следует создавать никаких "шоков" - следует объяснять так, чтобы все поняли ожидаемые результаты предлагаемых действий, иначе аудитор может стать объектом нападков;
- всегда положительно воспринимать доброжелательное отношение к людям;
- следует стараться доброжелательно говорить о работе обслуживающего персонала объекта;
- к презентации следует привлечь на свою сторону максимально возможное количество людей.

На презентации обязательно должно присутствовать ключевое лицо, которое будет принимать нужное решение. Качественно проведенный аудит, тщательно подготовленный отчет, хорошая презентация аудита создают предпосылки для заключения контракта.

тов на проведение следующих аудитов.

Несколько слов о том, на что следует обратить внимание предприятию, заказывая энергоаудит. Несмотря на наличие стандартных методик, энергоаудит можно проводить по-разному. Первое, что должно беспокоить любого руководителя, это знает ли он реальную картину распределения энергоресурсов внутри заводской территории. Степень достоверности внутреннего учета распределения энергоресурсов определяет трудоемкость и продолжительность работ по составлению балансов, а также программу приборных измерений. Величина потерь энергии может складываться не только за счет несовершенства энергетического хозяйства.

Второй составляющей является нерациональное использование энергии технологическим оборудованием. В то же время, много руководителей требуют ограничиться обследованием энергетического хозяйства за границей технологических линий. Такой подход оправдан только в том случае, если предприятие имеет высокие постоянные затраты на отопление и освещение, например, в легкой промышленности. В металлургии, например, где технология чрезвычайно энергозатратна, мы рекомендуем только комплексный подход.

Энергетическая составляющая вносит ощутимый вклад в структуру себестоимости готовой продукции, но отсутствие внутрипроизводственного учета энергоносителей не позволяет отделить постоянные затраты от временных или разнести затраты по разным видам продукции. Расчет удельной энергоемкости каждого вида продукции при большой номенклатуре изделий обычно не входит в программу энергоаудита, однако, по желанию заказчика может быть выполнен.

Не секрет, что большинство украинских предприятий сегодня функционируют в условиях недостаточности оборотных средств. Поэтому деньги на модернизацию производства выделяются в меньших объемах, чем необходимо. В этой ситуации энергоаудитор должен помочь расставить приоритеты в запланированных мероприятиях, для того, чтобы они принесли наибольший экономический эффект.

Что будет следующим шагом после проведения энергоаудита? Во-первых, это реализация тех мероприятий, которые были рекомендованы специалистами. Во-вторых, энергетические службы должны учиться осуществлять непрерывный контроль за распределением энергоресурсов самостоятельно. Энергоаудиторы оставляют за собой сформированную систему критериев, которые характеризуют положение предприятия на момент аудита. На этой базе должен развиваться современный энергетический менеджмент - команда специалистов, способных не только решать оперативные задачи, связанные с исправностью отдельных систем, но и рационально руководить энергетическим хозяйством, используя как критерий энергетическую составляющую себестоимости продукции.

Кроме того, и это, возможно самое главное, улучшенное энергоиспользование позволит сэкономить ограниченные энергетические ресурсы Земли для будущих поколений и уменьшить экологическую нагрузку на природу для нынешних.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

1. Материалы проекта TACIS EUK 9701 "Усиление деятельности по подготовке энергоменеджеров в Украине".
2. Энергетический менеджмент: Учебное пособие / Праховник А.В., Розен В.П., Разумовский О.Б., и прочие. - К.: Киев: Нот.ф-ка, 1999. - 184 с.
3. Энергетический менеджмент / А.В.Праховник, А.И. Соловей, В.В.Прокопенко и др. - Киев, ИЭЭ НТУУ «КПИ», 2001.
4. Energy Management / Paul W. O'Callagan. – McGraw-Hill Book Company Europe, London, 1993. - 438 p.
5. Закон України про енергозбереження. 1 липня 1994 р. № 74/94 - ВР.
6. Ковалко М.П. Енергозбереження - досвід, проблеми, перспективи. Київ 1997.
7. Энергия будущего века. Информационный бюллетень. Шеф-редактор Праховник А. В.
8. Промышленность Украины: путь к энергетической эффективности. TACIS - Program.
9. Украина: Энергосбережение в зданиях. TACIS - Program.
10. Шински Ф. Управление процессами по критерию экономии энергии. - М.: "Мир", 1981.
11. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭ). Киев 1995г.
12. Правила технической эксплуатации теплоиспользующих установок и тепловых сетей. Киев 1995г.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1.

*Перечень тем для практических занятий.*

1. Использование энергетического паспорта предприятия в структуре энергоменеджмента.
2. Использование систем учета энергоносителей для создания технической базы энергоменеджмента.
3. Моделирование возможностей энергосбережения при внедрении инфракрасного отопления.
4. Моделирование возможностей энергосбережения при внедрении установок когенерации.
5. Энергетический аудит системы сжатого воздуха.
6. Энергетический аудит системы вентиляции и кондиционирования.
7. Энергетический аудит насосных систем.
8. Энергетический аудит систем охлаждения.
9. Энергетический аудит котельных установок.
10. Энергетический аудит систем освещения.
11. Энергетический аудит систем теплоснабжения.
12. Использование электронного прибора сбора данных "501ЛККЕ1-1003" для обработки данных энергетического обследования.
13. Использование газоанализатора QUINTOX KM9006 для энергетического аудита и анализа режимов горения топливосжигающих устройств.
14. Использование тягонапорометров для энергетического аудита.
15. Использование контактных и бесконтактных термометров для энергетического аудита.
16. Использование термоанемометров для энергетического аудита.
17. Использование детекторов потерь для энергетического аудита.

### Приложение 2.

*Перечень тем для самостоятельного изучения*

1. Примеры энергетических балансов разных энергоносителей.
2. Особенности энергоаудита электрических станций (ТЭЦ, ТЭС, КЭС).
3. Задачи и методика проведения энергоаудита в жилых и административных зданиях.
4. Энергетический паспорт промышленного предприятия.
5. Экологические проблемы при производстве и потреблении энергии.
6. Заводы - производители - поставщики энергосберегающего оборудования. Организация тендера на закупку.
7. Энергосервисные компании в Украине и их роль в осуществлении энергосберегающих проектов.

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ**  
**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АУДИТ**

для студентов специальности  
7.000008 «Энергетический менеджмент»

**Составители:**

**Гридин Сергей Васильевич**

**Сафьянц Сергей Матвеевич**

Редактор

Издательский редактор

Технический редактор

Корректоры

Сдано в набор      г. Подп. к печати    Формат . Объем   печ. л.    усл. п. л.    Уч.изд. л  
Изд- №      . Тираж      экз. . Заказ №      . Тематический план издательства