

Государственный комитет Украины по энергосбережению

<http://www.necin.com.ua/rus/>

ЭНЕРГОАУДИТ. ПОСОБИЕ ДЛЯ СЛУШАТЕЛЕЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ КУРСОВ ПО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМУ МЕНЕДЖМЕНТУ

СОДЕРЖАНИЕ

Вступление

- 1. Методология энергоаудита**
- 2. Объём потребления энергии, её стоимость согласно документации объекта**
- 3. Энергетическое обследование объекта аудиторами**
 - 3.1. Знакомство с технологическим процессом**
 - 3.2. Текущее состояние энергопотребления**
 - 3.3. Потоки энергии на объекте**
 - 3.4. Сопоставление и перекрёстная проверка данных по энергопотреблению**
- 4. Анализ эффективности использования энергии на объекте**
- 5. Описание предприятий и строений**
- 6. Рекомендации по эффективному использованию энергии**
 - 6.1. Последовательность разработки рекомендаций и энергетический баланс**
 - 6.2. Анализ использования энергии конечным потребителем**
 - 6.3. Эффективность распределительных систем**
 - 6.4. Эффективность систем распределения энергии**
 - 6.5. Перекрёстная проверка предложений по экономии энергии**
 - 6.6. Экономия первичной и вторичной энергии**
 - 6.7. Граничная стоимость экономии энергии**
 - 6.8. Формирование и оценка проекта улучшения энергопотребления на объекте**
- 7. Отчёт по энергоаудиту**
- 8. Презентация энергоаудита на объекте**

ВСТУПЛЕНИЕ

Энергетический аудит - это вид деятельности, направленный на уменьшение потребления энергетических ресурсов субъектами хозяйствования за счет повышения эффективности их использования.

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

Энергетический аудит предназначен для решения таких главных задач:

- обследование состояния использования энергетических ресурсов на объекте;
- разработка организационно-технических мероприятий, направленных на снижение энергетических затрат;
- определение потенциала сбережения энергии;
- экономическое обоснование организационно-технических мероприятий.

Итоговым документом энергоаудита является отчет, который содержит итоги изучения состояния потребления энергии и энергоносителей на объекте, описание объекта и рекомендации с эффективным энергопотребления.

Задачей раздела отчета об изучении состояния энергоиспользования есть 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, в которых направленные на энергосбережение инвестиции дадут наибольший экономический эффект.

Описание объекта и его зданий характеризует имеющиеся на объекте установки и оборудование, режим их работы, производительность, а также оценивает эффективность производственного оснащения. 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 разработанные во время проведения обследования. Предлагаемые практические проекты должны обосновываться технико-экономическими расчетами. Описание мероприятий из сбережения 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.

1. Методология энергоаудита

Проведение энергоаудита состоит в выполнении шести последовательных этапов:

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 из эффективного использования энергоресурсов.
5. Экономическое обоснование предлагаемых рекомендаций.
6. Подготовка отчета.

Приблизительно продолжительность отдельных этапов аудиту составляет соответственно 10%, 30%, 10%, 10%, 20%, 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 суток и стоит 18000 долларов, на уровне 5 млн. долларов - соответственно 40 суток и 30000 долларов, на уровне 10 млн. долларов - 50 суток 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 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 большее того, за что он желает заплатить. Эти соображения могут повлиять на детальность энергоаудита, количество используемых измерителей, акцент на определенном оборудовании или на мероприятиях с энергосбережения 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, тестирования и измерений на протяжении продолжительного времени. Вследствие детальной проверки аудитор сможет выдать обоснованные рекомендации. Естественно, что второй с упомянутых энергоаудитов, будет значительно более дорогим.

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 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, что владеет сетью отелей, мог бы определить перечень энергосберегающих мероприятий, которые можно внедрять во всех отелях сети. Этот подход не рекомендуется использовать профессиональным аудиторам по энергетическим вопросам.

"Подход ведущей проверки" - это способ, рекомендованный для профессиональных энергоаудиторов. Метод основан 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, что основан 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, сосредотачивается на небольшом количестве (наиболее частое одной) из технологий энергосбережения. По этой причине подход удобный, например, для исследования когенерации.

На завершение остановимся коротко на требованиях к квалификации и человеческим качествам энергоаудитора. Он должен иметь достаточные знания и умение из технических аспектов, бухгалтерского учета, техники безопасности и управления. Аудитор должен уметь собирать, анализировать и интерпретировать данные из энергопотребления. В связи с необходимостью анализа больших объемов информации он должен владеть привычками работы на персональных компьютерах и иметь доступ к ним. Аудитор должен знать принцип действия и рабочие характеристики основного оснащения. Глубокие знания о конкретном оснащении, которое эксплуатируют на объекте, желательны, но не обязательные, поскольку детальная информация может быть получена из конструкторской документации и инструкций изготовителей. Важным есть знакомство с технологическим процессом и с энергетическими ресурсами, которые используются на объекте. Следует заметить, что в аудиторских фирмах эксперты специализируются за областями производства и имеют в этих областях глубокие знания.

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

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

2. Объем потребления энергии, ее стоимость согласно документации объекта

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

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

Помесячные данные о потреблении всех видов энергии и энергоносителей дополняют данными о стоимости топлива и электроэнергии за год и за каждый месяц, о теплообразовательной способности топлива, если оно нестандартное. Информация о расходах должна включать

стоимость единицы топлива и электроэнергии и тарифы на ее снабжение. Принимаются к вниманию колебания теплообразовательной 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 предоставлении услуг предприятием. Эту информацию аудитор может получить еще до посещения предприятия в виде ответов на составленный им запрос. К ответам должны быть добавленные 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 энергоресурсы, в частности, электроэнергия, имеют сложную структуру цены, которая зависит и вдобавок от нескольких факторов.

В Украине для расчета за потребленную электроэнергию действуют 2 тарифы: одноставочный и дифференцированный за периодами времени на протяжении поры, так называемый зонный тариф.

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

Ниже приведенные действующие в Украине с 01.11.2000г. тарифы (без НДС). Одноставочный тариф для всех потребителей первого класса составляет 12,53 коп/кВт*ч.

Одноставочный тариф 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 сельскохозяйственных потребителей - производителей - 13,07 коп/кВт*ч.

По тарифу, дифференцированным за периодами времени, соответственно Постановлению Национальной комиссии регулирования электроэнергетики Украины (НКРЭ) с 01.01.2002 года пруда тарифа определяется умножением установленного одноставочного тарифа (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 за часами поры (ночной, полупикового и пикового), установлен 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 за часами поры для каждого сезона устанавливаются соответствующими службами НЕК "Укрэнерго" по согласованию с НКРЭ.

Однако в связи с напряженной ситуацией в электроэнергетике Украины для выравнивания графика загрузки, ограничение потребления электроэнергии в период максимальной погрузки энергосистемы возможное внедрение других составных оплаты за электроснабжение, практика применения которых есть в зарубежных странах.

В частности, вне оплаты за потребленную электроэнергию за зонным или одноставочным тарифом, практикуется доплата за присоединенную мощность электроприемников, за договорный и фактический среднемесячный максимум нагрузки. И вдобавок доплата за максимум мощности потребление может иметь свои тарифные зоны с изменением тарифа на протяжении года.

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

Энергоаудитор должен получить информацию про полную присоединенную мощность электроприемников 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 есть также информация о том, какую часть электроэнергии потребляют отдельные группы электроприемников: электродвигатели, освещение, отопление, технологические процессы и т.п..

Вследствие обработки учетной и финансовой документации объекта получают такую информацию:

- общая стоимость, энергоресурсов, который потребляет объект (здесь важно не забыть о водоснабжении и связанные с ним расходы);

- распределение расходов между видами топлива;
- сезонные изменения потребления топлива;
- 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 большее потребление энергии и ее стоимость, тем более времени следует израсходовать на оценку возможных путей сбережения.

3. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТА АУДИТОРАМИ

Зная стоимость и потребленное количество каждого вида энергии (энергоносителя) можно перейти к определению мест их потребления, чтобы для каждого вида энергии (энергоноситель) определить важнейших потребителей по объему и за стоимостью. Для крупных потребителей следует сделать распределение энергии относительно отдельных агрегатов или электроприемников. Это дает энергоаудитору четкое воображение о технологических процессах и о конкретном оснащении, а сравнение конкретных показателей с плановыми показателями или с лучшим опытом дает возможность оценить потенциал энергосбережения.

3.1. Знакомство с технологическим процессом

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

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

На основе доступной информации и визуальных проверок оценивают относительные таяния потоков энергии и потерь и составляют список основных потребителей энергии, как на производственные потребности, так и на отопление и прочие погреша для создания надлежащих, условий работы.

Для определения потребления энергии конечными энергоприемниками полезным может быть использование информации от дополнительных счетчиков, других ли измерителей, если они имеющиеся.

Особое внимание следует свернуть на крупных потребителей энергии. Небольшая относительная экономия для крупного потребителя часто оказывается более значимой (и легче достижимой), чем большая относительная экономия для маленького потребителя. Это, однако, не означает, то мелкими потребителями можно пренебрегать, но начальные усилия следует сосредоточить на тех участках, где получение значительных сбережений есть наиболее вероятным. Время, необходимое для ознакомления с технологическим процессом, зависит от размеров предприятия и уровня информационного обеспечения. Ниже каждый из упомянутых шагов рассмотренный подробнее.

3.1.1. Экскурсия на предприятие

Экскурсия на предприятие есть 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 исходные потоки энергии каждого этапа;
- потоки сырья и материалов;
- потоки у решетки и ответвлений.

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

Ответы на эти и другие вопросы могут быть получены лишь во время бесед на производстве с ключевыми лицами, к которым можно отнести:

- менеджеров производства;
- диспетчеров технологического процесса;

- технологов;
- менеджеров технического обслуживания;
- инженеров проекта;
- сотрудников планового отдела;
- бухгалтеров из учета расходов на производство.

Очень важно переговорить с упомянутыми работниками. Часто они знают больше, чем руководители. В общении с ними следует объяснить чему 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 влиять на энергопотребление. Аудитор должен смотреть на вещи более широко, задавать вопрос и пробовать дискутировать. В другом случае у людей может создаться впечатление, то все, что и как они делают - доброе и ничего не нужно изменять. Это всегда более легкое.

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

3.1.2. Схема технологического процесса

На схеме технологического процесса условно изображают основные этапы, из-за которых проходит сырье к преобразованию на конечный продукт производства и связи между ними этапами. На схеме обязательно должны быть показанные также основные вводы и вили энергии, которые используются. Каждый из выделенных этапов (ли подразделов производства) рассматривают как отдельный объект обследования. Указывается любая вторичная переработка отходов в границах технологического процесса а также переработка отходов, которые поступают на предприятие извне. Дело в том, что на отходы определенной в этапе производства была израсходованная энергия предшествующих этапов, если отходы еще были качественным продуктом тех этапов. Посторонний взгляд аудитора часто может более легкое заметить причину отходов и пути их уменьшения.

В качестве примера, на **рис 3.1** приведенная схема технологического процесса производства стеклотары. Заметим, то отходы процессов формирования и термообработки подают как вторичное сырье после соответствующей подготовки дробилкой.

3.1.3. Список важных потребителей энергии

Список важных потребителей энергии составляют, с разделом их по видам потребляемой энергии.

К основным потребителям электроэнергии принадлежат, в частности:

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

К основным потребителям тепловой энергии принадлежат, 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 пары и горячей воды.

3.2. Текущее состояние энергопотребления

Определение соответствующей действительности объема потребления энергии достигается комбинацией измерения, оценки и расчета. Хотя следует стараться получить всегда по возможности точный результат, все же определенные неувязки являются неминуемыми. Но не столько важной есть точная цифра, как масштаб потребления.

Рис. 3.2 иллюстрирует методы, которые применяют для определения количества потребленной энергии. Пять кругов, сосредоточенных вокруг центрального кола "Сопоставление и перекрестная проверка данных", подают разные приемы измерения и оценки количества энергии, которые потребляются разными категориями энергоприемников. 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 которые проводится энергоаудит, должны иметь измерительное оснащение, по крайней мере, это могут быть счетчики предприятия, за которыми осуществляют расчеты за коммунальные услуги. Некоторые предприятия могут иметь развитую сеть дополнительных счетчиков. Кроме того, всегда есть возможность использовать временные портативные измеряющие приборы. Непосредственное измерение именно энергии осуществляют по сути лишь счетчики электроэнергии. С помощью, например, амперметра ли токоизмерительных клещей измеряют лишь один показатель потребляемой энергии, а именно - ток. Термометром можно измерять концентрацией энергии. Определить энергию, которая пошла на нагревание воды, можно за показами 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 оснащения.

Рассмотрим теперь детальнее каждую составляющую **рис. 3.2**

3.2.1. Непосредственное измерение затрат энергии и энергоносителей

Непосредственное (прямое) измерение затрат энергии - это самый точный способ определения объема потребленной энергии, как объектом в целом, так и отдельными его потребителями. Определенную информацию о прямых измерениях дает **рис.3.3**

Непосредственные измерения потребленной энергии или объема потребленного энергоносителя осуществляется с помощью счетчиков. На **рис. 3.4** изображенные счетчики электрической энергии, газовый счетчик и олеометр - счетчик потребления редких энергоносителей (нефтепродуктов).

Из приведенных **рис. 3.4** измерителей, как уже отмечалось, лишь счетчик электроэнергии непосредственно измеряет потребленную энергию. Газовый счетчик и олеометр измеряют объем потребленного энергоносителя (газа ли, например, мазута) и для получения результата в единицах энергии необходимо объем помножить на теплообразовательную способность топлива. В случае достоверных данных о теплообразовательной способности конкретного топлива, которое потребляется, такие счетчики становятся надежным источником информации для энергоаудитора. За показами счетчиков определяют количество потребленной энергии определенного вида за принятый промежуток времени (пору, неделя, месяц, сезон, год).

Как видно из **рис.3.3** к непосредственным измерениям отнесены вычисления объема потребленного топлива. Если топливо поставляют в известных количествах и ее любой момент можно измерять объемы снабжения, то применение счетчиков непосредственного измерения потребленного топлива с необязательным. Прием "Вычисление объема потребленного топлива" широко используют для расчета потребленного объема редкого (нефть, мазут, газ) и твердого (уголь) топлива. Для расчета потребленного топлива за определенный интервал время) нужно располагать информацией об имеющемся количестве топлива на складе (в газохранилище) на начало интервала времени (S_1). О количестве топлива, которое поступило на протяжении интервала (D) и о количестве топлива на складе в конце Интервала (S_2). Отсюда потребленное количество топлива A :

$$A = S_1 + D - S_2$$

Определение количества потребленного редкого топлива, как правило, элементарное, поскольку она сохраняется в резервуарах или цистернах, объем которых известный. Возможные разные способы: от традиционного черпака к нефтяным резервуарам 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 уровня шкалы должны быть тщательно проградуированы. Количество топлива в резервуаре может быть определена через показания манометра (аналогового или цифрового), что 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 сыпанный на земле, то его количество определяется по размерам и формой образованной углем объемной фигуры. Соответствующие формулы приведены на **рис.3.5** (размеры - в метрах, масса - в тонах).

Во время проведения энергетического аудита используют также разнообразные временные измерители от простейших к довольно сложным. Перечень часто используемых временных измерителей приведенный ниже в табл.3.1. Некоторые из них (например, портативный счетчик электроэнергии) непосредственно измеряет потребление энергии, хотя подавляющее большинство приведенных в таблицы приборов измеряют другие, связанные с использованием энергии параметры, такой как затраты 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 и измеряемой постоянной можно также определить затрату воздуха или жидкости за короткий промежуток времени, но эти данные не отображают изменения параметров затрат 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 оснащение.

Приведенная ниже таблица 3.2 показывает, как вымеренные временными измерителями значения разных параметров можно использовать для определения энергопотребления, или других параметров, связанных с использованием энергии. В таблице приведенные также гипотезы, на которые основаны эти выводы.

Таблица 3.1. Перечень временных измерителей

Счетчики (категория, тип)	Показания	
	Мгновенное значение	Потребление на промежутке времени
электрические измерители		
Портативный счетчик электроэнергии	+	+
Токоизмерительные клещи	+	-
измерители температуры		
Цифровой термометр	+	-
Инфракрасный термометр	+	-
измерители потребления жидкости		
Ультразвуковой детектор потребления	+	-
Измерительная посуда	+	-
измерители потребления газа		
Анемометр (роторное устройство, электрический датчик)	+	-
Приемник полного давления и манометр	+	-
измерители влажности атмосферы		
Гигрометр (электронный, сухой и увлажненный термометр)	+	-

измерители скорости вращения		
Тахометр (контактный, стробоскопический)	+	-
измерители освещенности		
Люксметр	+	-

Таблица 3.2. Использование информации временных измерителей

Измерители	Получаемая информация	Условия и предположение относительно достоверности информации
Портативный счетчик электроэнергии	Потребление электроэнергии, коэффициент мощности	Точность измерителя
Измеритель электрического тока (токоизмерительные клещи)	Мощность через вымеренный ток	Напряжение, коэффициент мощности
Анализатор дымовых газов	Эффективность сжигания топлива	Полное сжигание, другие затраты котла
Цифровой термометр	Температура поверхности, газа, жидкости	Хороший контакт, сухой датчик
Инфракрасный термометр	Температура поверхности	Способность излучения
Ультразвуковой детектор затрат	Затрата жидкости	Хороший контакт, плотность жидкости
Измеримый сосуд	Затрата жидкости	Затраты пара на единицу времени
Анемометр (приемник полного давления и манометр)	Затрата жидкости (газа)	Типичные пробы
Гигрометр	Относительная влажность	Точность измерителя
Тахометр	Скорость вращения	Точность измерителя
Люксметр	Освещенность	Точность измерителя

Доказательством правильных выводов из анализа информации временных измерителей есть здравый смысл и перекрестная проверка результатов. Например, опытный энергоаудитор, как правило знает коэффициенты мощности характеристик электроприемников. Если в котле нет полное сжигание топлива, специалист делает замечание характер выбросов из дымовой трубы котлов, которые работают на мазуте или газойле, или отмечает непривычно высокий уровень угарного газа в выбросах котлов, которые работают на газе. За температурой дымовых газов можно оценить общий КПД котла, но без учета потерь на продувку и излучение из поверхности котла.

Первое шагом обобщение информации, полученной от временных измерителей, есть построение изменения нагрузки на протяжении неявного времени - графика нагрузки (рис.3.6). Для

этого используют показатели измерителей, которые могут измерять затраты 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 ожидаемой, а также показывает, насколько успешно функционируют ручная и автоматическая система управления потреблением.

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

- систему контроля повреждений;
- ручные системы управления;
- отличия эффективности потребления энергии разными рабочими изменениями;
- потери и истоки

Графики нагрузки (а также графики затрат воды) обязательно включают в отчет энергетического обследования, поскольку они наглядно отображают имеющиеся проблемы и, таким образом, проявляют конкретные пути сбережения энергии.

3.2.2. Частичные измерения параметров затрат энергии и энергоносителей

Потребление энергии или энергоносителей можно также определить за показами стационарных или временных, измерителей, которые дают значения определенных параметров, которые касаются потребления энергии. Чтобы свести эти показы к единицам потребления энергии, необходимые определенные предположения относительно других параметров процесса потребления энергии. Так для определения мощности потребления электроэнергии за величиной 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 электроприемника (указанные на его щитке). Для определения затрат энергии за показами параметра необходимо знать энтальпию пары и энтальпию конденсата. Определение потребления энергии за измерителями продолжительности работы возможно для оснащения, которое работает с постоянной нагрузкой.

Однако, в многих случаях опытный энергоаудитор может оценить влияние любого из тех факторов, значение которых за частичных измерений не определяется, и соответственно скорректировать показатели энергопотребления.

3.2.3. Посредственные измерения затрат энергии и энергоносителей

Потребление энергии может быть вымерено также посредственно. Анализ данных, полученных для сменных производственных условий, часто дает количественные показатели для распределения вымеренных затрат энергии на компоненты энергопотребления. Наиболее часто для этого используют метод регрессивного анализа и метод тестового контроля.

Метод регрессивного анализа представляет собой математический прием, который основан на сравнении количества использованной энергии с другой сменной, от которой может зависеть потребление энергии. Например, можно сравнивать значение месячного потребления энергии с выпуском продукции предприятием за соответствующий месяц. Регрессивный анализ разделяет объем потребленной энергии на постоянное потребление (то есть на то количество энергии, которая необходима для поддержания на предприятии нулевого уровня производства) и сменное потребление (количество энергии, которое расходуется на производство продукции и зависит от ее объема). Регрессивный анализ также дает характер зависимости изменения количества энергии от количества продукции, которая вырабатывается. Простейшей есть линейная зависимость - так называемая линейная регрессия. Существуют также разного вида нелинейные зависимости и, соответственно, квадратичная, показательная, экспоненциальная, логарифмическая регрессия. Регрессивный анализ разрешает обнаружить пути сбережения энергии, установить основание равного потребления и контролировать использование энергии.

На **рис.3.7** приведен типичный пример графика регрессивного анализа. Положение звездочек соответствуют количеству выработанной за определенный промежуток времени (например, за неделю) продукции и количества потребленной за это время энергии. С максимальным приближением к звездочкам проведенная линия регрессии - "стандартная линия". Это сделано приближенно. Однако целесообразней использовать точный математический метод "линейного регрессивного анализа". Практически все инженерные калькуляторы имеют встроенные программы определения параметров линейной и других видов регрессии.

Отрезок ОА, который отсекает "стандартная линия" на оси энергии, соответствуют потреблению энергии предприятием в случае отсутствия производства продукции - постоянному потреблению. Отрезок ВС отвечает потреблению, которое обусловлено выпуском определенного объема продукции (отрезок ОТ). Понятно, что с увеличением объема производства продукции возрастает

лишь сменная составная затрат энергии.

Таблица 3.3 показывает, как составляющие затрат энергии связанные с определяющими переменными величинами, а также куда, в основном идет любая с составляющих затрат. Следует заметить, что любые затраты, такие, например, как вытек пары, теплопередача из поверхности труб, обусловленная их плохой изоляцией, относят к постоянным затратам. Иногда с затратами энергии соотносят несколько переменных. Энергоаудитор должен самостоятельно определить важнейшую переменную. Для этого выполняют регрессивный анализ относительно каждой альтернативной сменной, а потом выделяют определяющую сменную. Однако наиболее часто, этот выбор основан на здравом смысле.

Деление потребленной энергии определенного вида на постоянное и сменное потребление

Энергия (энергоноситель)	Определяющая переменная	Постоянная нагрузка	Переменная нагрузка
Котельное топливо для отопления помещений	Градусо-дни*	Горячая вода для бытовых потребностей	Точность измерителя
Водоснабжение для центрального отопления	Градусо-дни	Горячая вода для производственных потребностей	Отопление помещений
Котельное топливо	Количество пара	Затраты в котельной	Технологический пар
Пар для производства	Объем выпуска продукции	Потери в распределительной сети	Технологический пар
Электроэнергия для производства	Объем выпуска продукции	Непроизводственные затраты электроэнергии	Производственные затраты электроэнергии

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

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

Метод тестового контроля применяют тогда, если несколько потребителей получают энергию от одной источника, на котором организовано измерение затрат энергии. Индивидуальное потребление энергии любым из потребителей может быть определено наблюдением за изменением общей нагрузки в случае отключения и включения разных энергоприемников.

Рис.3.8 дает практический пример использования метода тестового контроля для определения энергопотребления одной из двух установок, которые питаются через один счетчик электрической энергии.

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

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 изменяются показания счетчика, например, на единицу младшего разряда. Таким образом, принцип: остается таким самым, хотя времени для снятия показов может понадобиться больше.

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

Ниже приведенные другие примеры применения тестового контроля.

Электроснабжение производственных механизмов и системы освещения. Если производственный процесс останавливается (например, во время обеденного перерыва или в конце рабочего дня), освещение остается включенным еще на несколько минут. При условии, котором отключенные 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 потоков сжатого воздуха. Если компрессоры периодически включаются, вам следует измерять время загрузки-разгрузки компрессоров, чтобы оценить уровень потерь воздуха и количество потребленной электроэнергии.

Относительно применения тестовой контрольной нагрузки есть определенные предостережения.

Тестовый контроль, наиболее эффективный, если из всего работающего оснащения выключаются некоторые электроприемники (или их группы) на определенные промежутки времени. Эта система не всегда отрабатывает в обратном направлении, поскольку некоторые электроприемники (а именно люминесцентные лампы, электродвигатели, системы сжатого воздуха) потребляют больше энергии в режиме включения, чем в упрощенном рабочем режиме.

Тестовый контроль может применяться исключительно к оснащению, которое потребляет на протяжении интервала постоянную мощность. Если во время тестирования оснащение 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 этапе, это не имеет значения, поскольку компрессоры в условиях примера есть единым контролируемым потребителем энергии

3.2.4. Оценка потребления энергии

Одним из основных способов определения потребления энергии, в котором измерители не используют, есть оценка потребления. Способ применяют в ситуациях, если измерение энергии и ее потоков счетчиками невозможное, а потребление энергии оценивают за параметрами и режимом работы имеющегося оснащения. На практике (через ограничение 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 оснащения P (кВт) на коэффициент средней загрузки A , (это произведение дает средняя загрузка оснащения) и на время использования оснащения на протяжении года T , (часов).

$$W = P * k_3 * T_e$$

Преимущество метода состоит в том, что для определения потребления не нужны специальные измерители, а недостатком есть то, что он основан на определенных предположениях. Через необходимость принимать определенные предположения метод дает достоверные результаты при условии, которые хорошо известны особенности эксплуатации оснащения. 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 оснащения, которое на протяжении производственного процесса изменяет мощность, расчет энергопотребления с более сложным. В этих случаях могут помочь замеры, выполненные на оснащении его производителями. Кроме того, можно использовать данные, опубликованные институтами энергетических обследований. Очень часто бывает тяжело выдающейся точно продолжительность работы оснащения. В таких случаях можно опросить операторов. Кроме того, если работа оснащения контролируется автоматически (например, выключателем с часовым механизмом), это также может дать нужную информацию.

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

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

Номинальная мощность оснащения. Эту информацию можно получить с нескольких источников, а именно: из информационной таблички оснащения, из инструкции относительно эксплуатации, по предшествующему опыту работы за известной мощностью или аналогичного оборудования.

Коэффициент средней загрузки. Хотя эта информация иногда может быть получена из инструкции или опубликованных обследований, аудитору часто приходится самостоятельно оценивать варианты загрузки на протяжении эксплуатационного периода. Иногда не может быть определен за показаниями измерителей, например, стационарных амперметров или токоизмерительных клещей.

Время использования оснащения в течение года. Информация может быть получена за показаниями контрольных устройств и условия их точной работы. Необходимо учитывать продолжительные интервалы работы оснащения в разных режимах, например, в случае оптимизации работы систем отопления по условиям поддержания в помещениях разной температуры в рабочее и нерабочее время. Опрашивание операторов - также хороший источник для уточнения продолжительности работы оснащения, однако операторы часто не уверены в том, как часто используется некоторое оснащение. Поэтому следует различать неработающее

оснащение и оснащение, которое функционирует нормально. Рассчитывая время использования оснащение в течение года, необходимо принимать во внимание простаивания оснащение в связи с запланированными и незапланированными текущими ремонтами.

3.2.4.1. Оценка потребления электроэнергии системами освещения

Поскольку определенные виды ламп потребляют известную мощность (за исключением лампы с регуляторами освещенности), освещение - это нагрузки, потребление электроэнергии которым рассчитывается относительно просто. Пример определения энергопотребления системами освещения приведен в табл. 3.4.

Таблица 3.4. Перечень осветительной нагрузки

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

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

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 на напряжение 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 оснащения. Например, заводские цеха с высокими проемами могут иметь в среднем 10-20% неисправных ламп между очередными текущими ремонтами.

Время использования оснащение 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.

3.2.4.2. Оценка потребления энергии электроприводами (вентиляторов и помп)

Наибольшее количество энергии на производстве потребляют, электродвигатели. Кроме повода станков и механизмов, многообразия которых зависит от характера производства, практически на всех производствах электродвигатели применяют для приведения в движение вентиляторов, помп, лифтов, конвейеров и компрессоров. Пример определения количества энергии, которая потребляется вентиляторами, приведен в табл. 3.5.

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

Таблица 3.5. Определение потребления электроэнергии устройствами кондиционирования воздуха

Назначение устройства	Мощность двигателей, кВт	Условия эксплуатации: время использования*коэффициент нагрузки., часов	Годовое потребление энергии, кВт*ч
Снабжение воздуха в админпомещения	3,75	8760*0,5	16425
Вытяжная вентиляция админпомещения	3,30 (оценка)	8760*0,5	14454
Снабжение воздуха в палату 1/2	4,12	8760*1,0	36091,2
Снабжение воздуха в палату 3/4	4,12	8760*1,0	36091,2
Снабжение воздуха в палату 5/6	4,12	8760*1,0	36091,2
Снабжение воздуха в палату 11/12	4,12	8760*1,0	36091,2
Снабжение воздуха в палату 15/16	2,25	8760*1,0	19710
Снабжение воздуха в палату 17/18	2,25	8760*1,0	19710
Снабжение воздуха в прачечную	0,50 (оцінка)	8760*0,3	1314
Вытяжная вентиляция в прачечной	0,22	8760*0,3	5781,6
Снабжение воздуха в палату 9	2,25	8760*0,1	19710
Снабжение воздуха в столовую	1,50	8760*1,0	13140
Снабжение 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
Снабжение воздуха в холл	3,75	8760*1,0	32850
Вытяжная вентиляция холла	3,30 (оцінка)	8760*1,0	28908
Снабжение воздуха в коридор	3,75	8760*1,0	32850

Снабжение воздуха в физиотерапевтическое отделение	1,12	8760*1,0	9811,2
Вместе	57,29		395137,3

Номинальная мощность электродвигателей. Номинальная мощность двигателя обычно указанная 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 вымеренное снабжение воздуха (воды), которое сравнивают с номинальной производительностью вентилятора (помпы), за этим соотношением определяют собственное энергопотребление (см. график ниже). Необходимо также учитывать наличие системы автоматического управления поводом с регулируемой скоростью (см. график ниже).

Рабочее время в течение года. Для определения продолжительности работы электропривода следует выходить из графика работу 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 отвечает мощности вентилятора или насоса, постоянно работает на полную мощность, то он обеспечивает запланированный максимальный объем вентиляции воздуха (помпирование воды). Однако часто этот объем есть избыточным. Уменьшить его с соответствующим уменьшением энергопотребления можно с помощью задвижек или регулированием скорости обращения двигателя. На **рис.3.9** приведена связь между относительной потребляемой мощностью и относительной производительностью (затратой) для вентилятора (а) и помпы (б) в зависимости от способа регулирования производительности механизмов. На **рис.3.9** видно, что для обоих механизмов использование механических приспособлений, таких как задвижки, менее эффективно, чем электронных регуляторов скорости двигателя, например, регуляторов частоты.

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

3.2.4.3. Оценка потребления энергии воздушными и холодильными, компрессорами

Управления воздушными и холодильными компрессорами с электроприводными устройствами осуществляют четверью 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 компенсатора 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 посылки воздуха в резервуар сжатого воздуха. Этот метод разрешает сэкономить большое количество энергии, хотя компрессор, работая без нагрузки, все еще потребляет значительное количество энергии.

Управление типа "полная нагрузка - половинная нагрузка", Это вариант описанного выше способа управление, в котором существует положение между полной нагрузкой и без нагрузки во время которого механизм используется наполовину, чтобы уменьшить уровень выработки воздуха.

Управление типа "полное регулирование". Этот способ обычно используют для ротационных винтовых компрессоров или турбокомпрессоров, и разрешает подавать воздух соответственно спросу на него. В некоторых случаях возможное изменение производительности компрессора в соотношении 3:1, даже ли 4:1. Обычно для этого используют изменение рабочего объема цилиндров винта или турбины, хотя в некоторых случаях используют двигатели со сменной скоростью обращения. Однако всегда с уменьшением погрузки имеет место уменьшения эффективности.

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

Номинальная мощность электродвигателей. Номинальная мощность двигателя обычно указанная на его информационной таблице (шильдe).

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 подают 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 за характером звука и за изменением давления воздуха) на протяжении приблизительно двадцати минут в условиях нормальной работы.

Результаты замеров показанные на графике и в таблице:

Характер нагрузки	Время, с	%
Полное	371	31
Половинное	697	59
Без нагрузки	115	10
Вместе	1183	100

Рис.3.10. К оценке энергопотребления воздушного компрессора

По данным наблюдений на основании данных завода-изготовителя компрессора определенные мощность двигателя и производительность компрессора в разных режимах (табл. 3,6).

Таблица 3.6. Мощность двигателя и производительность компрессора в разных режимах работы

Режим работы	Мощность двигателя, кВт	Производительность компрессора, м ³ воздух/мин
Полная нагрузка	120	828
Половинная нагрузка	73	394
Без нагрузки	34	0

С использованием данных табл. 3.6 выполнен расчет средней мощности двигателя:

$$P_{\text{ср}} = (120 \text{ кВт} * 371 \text{ с} + 73 \text{ кВт} * 679 \text{ с} + 34 \text{ кВт} * 115 \text{ с}) / 1185 \text{ с} = 83,95 \text{ кВт}$$

отсюда коэффициент средней загрузки

$$k_3 = P_{\text{ср}} / P_{\text{ном}} = 83,95 / 120 = 0,7$$

Аналогично можно рассчитать среднюю производительность компрессора.

Потом для определения размера потока воздуха, например, через неправильную эксплуатацию, эту среднюю производительность можно сравнить с суммой нормального потребления воздуха всем задействованным воздушно-компрессорным оборудованием.

3.2.4.4. Оценка потребления энергии другими электроприводами и офисным оборудованием

Кроме вентиляторов, помп и компрессоров вращающиеся электроприводы применяют и в другом оснащении. Примерами могут служить лифты, конвейеры, вакуумные насосы и серводвигатели для автоматического оборудования. Для такого оснащения 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 оснащение в течение года
- использовании данных о мощности соответствующего оборудования.

Номинальная мощность персональных компьютеров лежит в границах 90-140 Вт, средняя - в границах 49-128 Вт мониторов - номинальная в границах 60-205 Вт средняя - в границах 32-198 Вт, лазерных принтеров - номинальная в границах 650-900 Вт, средняя - в границах 75-125 Вт, копировальных аппаратов - номинальная в границах 1250-2200 Вт, средняя - в границах 120-990 Вт.

3.2.4.5. Оценка потребления энергии электронагревательным и холодильным оснащением

Электронагревательное оснащение содержит широкую гамму приборов разнообразного назначения. Сюда принадлежит оборудование предприятий общественного питания (электрические печи), прачечных (сушильные камеры), испытательных стендов (климатизационные камеры). В промышленном производстве применяют электрическое оснащение, которое генерирует пара (для заводских прессов, паровых стерилизаторов). Электрическую энергию используют в высокотемпературных электротермических установках (топление алюминия; инфракрасное, индукционное и высокочастотное нагревание, прямое резистивное нагревание).

Холодильное оснащение 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 3.7.

Таблица 3.7. Оценка потребления энергии электронагревательным и холодильным оборудованием

Электрооборудование	Мощность двигателей, кВт	Условия эксплуатации: время использования*коэффициент нагрузки., часов	Годовое потребление энергии, кВт*ч
Центробежная стиральная машина	2,0	1040*0,6	1248
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
Электродпечь	9,0	4992*0,2	8985,6
Сублимационная установка 1	7,5	4680*0,1	35100
Сублимационная установка 2	7,5	2600*0,1	19500
Сублимационная установка 3	4,0	2340*1,0	9360
Сублимационная установка (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
Оборудование цеха	42,0	104*0,8	577,9
Всего	168,42		126843,7

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

Номинальная мощность оборудования. Обычно номинальная мощность оборудования указывается на его информационной табличке (шильде). Следует обратить внимание, которое для некоторого оснащения может указываться в отдельности мощность повода 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 высший коэффициент средней загрузки, чем оборудование, которое работает на одном уровне на протяжении продолжительного времени.

Рабочее время в течении года. Определение этой величины есть проблематической. Наилучший метод оценки продолжительности работы на протяжении года - опыт операторов.

3.2.4.6. Оценка потребления энергии паронагревательным оборудованием

Для крупных потребителей технологического пара объем потребления определяются путем прямых измерений или анализом энергопотоков. Но для небольших потребителей единым путем определения количества потребленной энергии есть оценка потребления.

Примерами паронагревательного оборудования может быть оснащение предприятий общественного питания (варочные котлы, пароварильные аппараты), оборудование прачечных (стиральные машины, сушильные камеры), оборудование с процессами нагнетания пары (автоклавы стерилизаторы, каустические резервуары), оснащение со среднетемпературными процессами (кубовые красители, текстильное сушение, производство бумаги).

Пример оценки энергопотребления паронагревательным оборудованием приведен в табл. 3.8.

Таблица 3.8. Оценка энергопотребления паронагревательным оборудованием

Оборудование потребляющее пар	Норма потребления пары, кг/ч	Продолжительность работы в течение года, ч.	Годовое потребление энергии, ГДж*
Стиральная центробежная машина	10	1040	24,22
Туннельная стиральная машина	2*9	1040	43,60
Автоклавы	400*4	780	3283,24**
Пастеризационные ванны	30*2	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)	2*250	420	683,80**

Этаноловый коллектор	2*40	4992	1050,32**
Всего	2668		5556,50**

Примечания:

* Во время вычисления затрат энергии не учтенные потери в котле. При средней эффективности котла 82,1%, валовое энергопотребление составляет 6767,97 ГДж.

** Учтенный тот факт, что это оснащение не возвращает конденсат.

Остановимся на обстоятельствах, которые следует учитывать во время определения энергопотребление паронагревательным оборудованием.

Норма потребления пара. Норма потребления пары обычно указана на информационной табличке (шильде) оборудования. Норма потребления задается относительно определенного давления пара. Отклонение давления пары от нормированного значения должно быть учтено.

Коэффициент средней нагрузки. Этот коэффициент учитывает как периоды нагревания (если оборудование работает на полную мощность), так и периоды поддержания температуры (оборудование работает с 30% мощностью). Итак, оборудование, которое работает в режиме кратковременных циклов, может иметь больший коэффициент средней загрузки, чем оборудование, которое работает на одном уровне на протяжении продолжительного периода времени. Некоторое паровое и вальное оборудование имеет лишь ручное управление, а, итак, имеет постоянную норму потребления пары.

Продолжительность работы оборудования в течение года. Оценка этой величины часто есть проблематичной. Наилучший метод оценки часов работы оснащения - опрос операторов.

3.2.4.7. Оценка потребления энергии газонагревательным оборудованием

В случае высокотемпературных процессов количество потребленного газа обычно измеряют счетчиками, или объем потребления может быть получен из анализа потоков. Однако для небольших потребителей количество потребленного газа может быть определено за способом оценки потребления.

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

В табл. 3.9 приведенный пример оценки потребление газа газонагревательным оборудованием.

Таблица 3.9. Оценка потребления энергии газонагревательным оборудованием

Газопотребляющее оборудование	Норма потребления, м ³ /часов	Продолжительность работы в течение года, ч.	Годовое потребление энергии, ГДж*	
			м ³	ГДж
Варочные котлы	4*2,17	1825*0,3	4752,5	184,85
Отопительная печь 1	1,57	-	-	-
Отопительная печь 2	2,63	-	-	-
Отопительная печь 3	3,44	3285*0,4	3285*0,4	176,07
Двойной вулканизированный сахарный аппарат	2,00	2920*0,7	4102,1	159,59
Жаровня	0,68	73*10	49,5	1,93
Сахарный аппарат	2*2,17	1095*0,8	3801,8	147,88
Вместе	23,34		17231,4	670,32

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

Норма потребления газа. Норма потребления газа обычно бывает указанной на информационной табличке (шильде) оборудования. Часто подаются интервал значений (например 1,02 - 1,1 м³/час), чем учитывают нормальные отклонения теплообразовательной способности газа.

Коэффициент средней загрузки. В этом показателе учитывают периоды нагревания (если оснащение работает на полную мощность) и периоды поддержания температуры (если оборудование работает приблизительно с 30% мощностью). И так, оснащение, которое работает в режиме кратковременных циклов, может иметь высший коэффициент загрузки, чем оснащение, которое работает на одном равном уровне нагрузки на протяжении продолжительного времени.

Продолжительность работы оборудования в течении года. Оценка этого показателя часто есть проблематической. Наилучший способ определения продолжительности работы оснащения - опыт операторов.

3.3. Потоки энергии на объекте

Для оценки эффективности преобразования одного вида энергии в другого, а также 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 легко измеренного параметра определить значения параметра энергопотребления, который тяжело измерять непосредственно.

3.3.1. Потоки энергии в паровом котле

Рис.3.11 показывает разные измеренные потоки в котельной. На этом примере проследим, как можно использовать вымеренные потоки для определения других параметров.

Известно, что общий объем холодной воды подкорма равен сумме объемов воды, которая продувается с котла, и других потерь системы (а именно, запланированные потери, такой как системы впрыскивания пара, и неконтролируемые потери, такие как выбросы и истоки пара). Потери с продувочной можно легко оценить за давлением котла, размером и продолжительностью продувки труб и, таким образом, определить сумму всех других потерь пара (конденсата). Эту величину можно сравнить с запланированными и незапланированными потерями, чтобы обнаружить 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 сжигания топлива, можно обнаружить несоответствие величин одна одной ли использовать каждый набор данных для проверки точности других величин. Если оба расчета эффективности отвечают друг другу, можно вычислить потери вне процесса горения, такие как потери через излучение и конвекцию, потери продувки и потери коротких циклов.

3.3.2. Анализ потоков энергии в теплообменнике

Принцип строения типичного теплообменника (калорифера) который использует тепло пара для нагревания воды, показан на **Рис.3.12** В этом примере установка недорогого счетчика холодной воды дает возможность измерять потребления воды и энергии. Потребление воды учитывается счетчиком непосредственно, а энергопотребление можно вычислить как произведение количества воды на теплоемкость и на смену температуры (заданная температура на выходе минус температура входной холодной воды). Это произведение отвечает количеству изъятых из пара тепла, равного сумме поглощенного водой тепла и потерь тепла из поверхности теплообменника.

3.3.3. Анализ потоков энергии в холодильной установке

Система охлаждения реализует цикл преобразования энергии, в котором количество теплая, что выводится конденсатором и за счет поверхностных потерь, равняется количеству энергии, поглощенной испарителем и представленной в компрессор. 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.3.13** показана пароконденсаторная система охлаждения, в которой для охлаждения используется холодная вода, а также показанная градирня водного охлаждения открытой циркуляции, 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 водного охлаждения.

В этом примере потребление электроэнергии измеряется стационарным или временным счетчиком, а количество тепла, что отводится в градирне водного охлаждения, определяют на основе измерения температур в прямом и обратном трубопроводе. Его вычисление осуществляют умножением теплоемкости воды на массу воды, которая определяется на основе разности давлений на входе и выходе помпы (или за показами не врезанного в сеть счетчика воды) на разность температур.

Отношение выделенного тепла к потребленной электроэнергии обозначают, то есть коэффициент теплопроизводительности. За определением соотношения между коэффициентом теплопроизводительности и коэффициентом охлаждения (отношение тепла охлаждения к количеству электроэнергии) задается формулой:

Таким образом, мы можем сравнить рассчитанные коэффициенты с ожидаемыми, которые базируются на данных предприятия. Это поможет определить операционную эффективность и обнаружить резервы сбережения.

Другая область обследования - это сама градирня водного охлаждения. В этом случае следует измерять параметры охлаждающего воздуха и воздуха, который нагнетается из вершины градирни с учетом показов сухого и смоченного термометров. Если разность температур охлажденной воды, которая возвращается в конденсатор, и воздух окружающей среды за показами смоченного термометра лежат в границах 2°C это для многих систем есть показателем высокой эффективности. Относительная влажность воздуха, что входит в градирню водного охлаждения должна составлять около 70-90%. Если влажность меньшая, то это свидетельствует про избыточную искусственную вентиляцию (если такая имеющаяся) относительно количества воды, которое нужно охладить, или о том, что градирня требует ремонта, а именно, модернизации системы распыливания воды и поверхностей теплопередачи. Если влажность превышает приведенную раньше, то это свидетельствует о том, что в градирню водного охлаждения подается недостаточно воздух, за исключением случаев, если высокая влажность есть результатом очень высокой влажности окружающей среды.

3.3.4. Оценка потоков жидкостей и газов за экономической скоростью в трубопроводах.

В правильно спроектированных установках жидкости и газы перемещаются в трубопроводах с экономически целесообразной скоростью (табл.3.10), что разрешает оценить затрату с размерами трубопроводов.

Таблица 3.10. Диапазон экономически целесообразных скоростей в 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 объемной затраты Q_v необходимо знать внутренний диаметр трубы d (м). При скорости V (м/с) Q_v определяются по формуле:

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

Массовая затрата Q_m для жидкости с плотностью ρ (кг/м³) определяются по формуле:

$$Q_m = \rho Q_v \text{ (кг/с)}$$

Например, для водогона низкого давления с внутренним диаметром трубы 50 мм массовую затрату можно оценить такими показателями:

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

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

Часовое потребление:

$$Q_{\text{за год}} = 3,925 \text{ (кг/с)} \cdot 60 \text{ (хв/год)} \cdot 60 \text{ (с/хв)} = 14130 \text{ (кг/год)}$$

$$Q_{\text{м год}} = 14,13 \text{ (т/год)}$$

3.4. Сопоставление и перекрестная проверка данных об энергопотреблении

После завершения сбора информации о потреблении энергии на основании измерений, оценки и анализа потоков энергии выполняют сопоставления данных путем добавления использованной всеми потребителями электроэнергии, пары, 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 вымеренным общим энергопотреблением.

Если выявленные большие отличия между суммой показов отдельных счетчиков, установленных на объекте, и основного счетчика, то можно выполнить такие действия:

- выяснить, есть ли такого же порядка разность месячных показов;
- выяснить, есть ли среди объектовых счетчиков такие, показы которых не считываются и не учитываются;
- выяснить, есть ли неконтролируемые потребители энергии;
- провести на протяжении недели ежедневное считывание счетчиков и определение расхождений;
- проверить соотношения номинальных параметров счетчиков и их преобразователей (например, номинальных токов трансформаторов тока) и соответствующей действительности значений потоков;
- сделать поверку подозрительных счетчиков.

Для выявления ошибок, допущенных в походе обследования или сопоставление данных, проводится перекрестная проверка данных.

Существует несколько разных методов проверки правильности вымеренного или оцененного энергопотребления:

- входящий-выходящий топливно-энергетический баланс;
- баланс массы;
- эффективность использования энергии;
- сравнение с показателями работы.

3.4.1. Входящий-исходящий топливно-энергетический баланс

Рассмотрим пример проведения аудита электроэнергии на заводе. Аудитор определил годовое потребление электроэнергии, разделил его на четырех категории использования: освещение, вентиляция, сжатый воздух и другая энергия (табл.3.11).

Таблица 3.11. Потребление предприятием электроэнергии

Общее потребление электроэнергии за год (по данным электросчетчика компании)	4203250 кВт*ч
Проверенное потребление энергии	
- освещение	980000 кВт*ч
- вентиляция	250000 кВт*ч
- сжатый воздух	14120000 кВт*ч

- производственная энергия	1258500 кВт*ч
Суммарное потребление	3900500 кВт*ч

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

Вычислив суммарное потребление, аудитор заметил, что эта величина на 7,2% меньше аналогичной величины, зафиксированной электросчетчиком предприятия. Эта разность может быть отнесена на разнообразные небольшие потребители. В случае если разность очень большая или отрицательная, это указывает на ошибку в аудите, который должна быть выявлена.

Перейдем теперь к рассмотрению, например, аудита котельной (табл.3.12). Здесь потребленное топливо множат на теплообразовательную 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 3.12. Топливо-энергетический баланс парового котла

Общее потребление топлива (мазут)	1570420 кг
Теплообразовательная способность топлива	40,6 МДж/кг
В целом топливная энергия	63759 ГДж
Всего выработано пара	25200 тон
Энтальпия пара	2730 кДж/кг
Энтальпия питательной воды котла	293 кДж/кг
В целом энергия пара	61412 Гдж
Расчетная эффективность (КПД)	96,3%

3.4.2. Баланс массы

Перекрестная проверка по балансу массы пары и конденсата может быть применена к паровому котлу. На **рис.3.14** показанные потоки пара и воды, которые могут быть измерены в системе парогенерации и утилизации.

Выработанный пар используется в теплообменниках и пароижекторах (впрыскивателях) производственного оборудования и, кроме того, часть пара вытекает через разного рода неплотности паропроводов. Пусть аудитор определил потребления пара теплообменниками и инжекторными установками. Эти значения прибавляются и сравниваются с общим количеством выработанного пара. Если эта сумма обнаруживается 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 показы счетчика пара с показаниями счетчика питательной воды (если он имеющийся), или с величиной потребления топлива, умноженным на измеренную эффективность горения. Если эти проверки показывают, что счетчик пара работает точно, то преувеличенным оказалось потребление пара теплообменниками и (или) пароижекторами.

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

пароинжекторами.

3.4.3. Перекрестная проверка по эффективности использования энергии

Примером проверки по эффективности использованной 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 вымеренных размеров здания, цвета пола, стен и стелы аудитор рассчитал ожидаемую освещенность на равные 300 люкс.

Во время измерения фактических уровней освещенности аудитор обнаружил, что они лежат в границах от 100 люкс до 380 люкс со средним значением 280 люкс.

Итак, вымеренное аудитором значения освещенности довольно близкое к значению, полученного ним на основе мощности осветительной системы.

3.4.4. Проверка сравнением с типичными показателями работы

Этот метод перекрестной проверки сравнивает определенное аудитором потребления энергии с надежным показателем того, сколько энергии должно быть использовано.

Например, в Великобритании государственные органы сообщают для разных типов зданий (офисы, составы, промышленные здания, холодильники) удельного энергопотребления (на м²), которые отвечают хорошему, удовлетворительному, посредственному, плохому и очень плохому уровню эффективности энергоиспользования. Эти показатели конкретизированы для разного расположения зданий (на горе, в долине), характеристики ветров, продолжительности пребывания в зданиях работников. Причем эти показатели являются не теоретически рассчитанными, а практически достигнутыми (табл. 3.13).

Таблица 3.13. Показатели энергоэффективности зданий.

Категория потребления	Показатель энергопотребления (ГДж/м ²) для уровня энергоэффективности				
	хороший	удовлетворительный	посредственный	плохой	очень плохой
Отопление центральное	<0,59	0,67	0,81	0,93	>0,93
Дополнительное отопление (электроэнергии)	<0,08	0,10	0,15	0,22	>0,22
В целом	<0,67	0,77	0,96	0,15	>1,15

Аналогичные показатели удельного потребления определенные также для промышленных предприятий их получили путем многих обследований и анкетирования. Следует заметить, что на 70% посланных предприятиям анкет были полученные ответы. Ниже приведенные показатели для молочных заводов Великобритании и конкретные данные для молокозавода "Эшби".

Таблица 3.14. Удельное потребление воды, топлива и электроэнергии молокозаводов

Энергоресурс	Показатель	Уровень энергоэффективности		Молокозавод "Эшби"
		средний	лучший	
Вода	літр/літр	2,9	1,1	1,2
Топливо	кВт*год/літр	128,95	52,75	79,13
Электроэнергия	кВт*год/літр	56	31	41

Из таблицы видно, что молочный завод "Эшби" приближается к лучшему уровню за

потреблением воды и имеет средние результаты за потреблением топлива и электроэнергии. Приведем размерность еще нескольких типичных показателей энергопотребления:

- освещение кВт*ч/м²/год;
- отопление помещений ГДж/м /год;
- стирка кг пара /кг белья;
- производство бумаги (электроэнергия) кВт*ч/тонна бумаги;
- производство бумаги (топливо) ГДж/тонна бумаги.

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

4. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ НА ОБЪЕКТЕ

После окончания обследования энергопотребление на объекте энергоаудитор приступает к анализу использования энергии. Анализ содержит таблицы, графики и короткий комментарий. Анализ имеет целью решить такие вопросы:

- Рассчитать объем потребления энергии разными потребителями в границах объекту.
- Распределить финансовые расходы на энергию пропорционально между всеми потребителями.
- Сравнить энергопотребление с выпуском продукции.
- Определить отклонения от нормы относительно потребления энергии (то есть неожиданно высокие или низкие уровни потребления, или по ошибке определенное потребление во время регрессивного анализа).

Эта информация очень важная для заказчиков аудита, поскольку она подтверждает или ставит под сомнение упроченную мысль о размерах энергопотребления в границах объекту. В особенности важным есть тот факт, что эта информация подготовлена профессиональными энергетическими консультантами, которые осмотрели 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 выявления отклонения от норм, вызванные злоупотреблениями в использовании энергии. В такой ситуации аудитор обязан четко очертить эту отрицательную практику, склоняя менеджмент предприятия принять соответствующие меры для устранения таких эксцессов.

4.1. Элементы анализа эффективности энергопотребления

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

- отчет о годовой закупке топлива и энергии;
- график регрессивного анализа;
- таблицу энергоаудита;
- коэффициенты стоимости топлива;
- диаграмму Сенки;
- 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. 4.1. 4.2).

Таблица 4.1. Потребление топлива (энергии)

месяц,	Виды топлива
--------	--------------

год	электроэнергия, кВт*час	Природн.газ, м ³	Дизельное топливо, т	Топливныймазут, т	Сжиженный газ, кг	К
Январь, 98	531900	0	42,99	158,19	2300	
Февраль 98	9952100	0	266,67	1004,44	81800	29
Март, 98	11167800	0	264,87	1046,30	31500	29
Апрель, 98	7884000	0	208,72	777,28	25700	30
Май, 98	11237200	0	178,63	1075,05	21500	32
Июнь, 98	8527200	0	232,91	633,16	20800	31
Июль, 98	3810400	161100	84,62	245,68	13800	9
Апрель, 98	9301300	297800	213,25	657,67	22800	28
Сентябрь, 98	10907900	360000	139,40	683,42	23300	37
Октябрь, 98	4401000	256300	238,21	525,99	24500	9
Ноябрь, 98	8394300	339100	204,62	650,00	34500	32
Декабрь, 98	11396300	418600	266,75	804,86	33600	33
Всего	97514400	1832900	2301,62	8280,91	286100	30

Таблица 4.2. Затраты на оплату топлива (энергии), тыс. грн.

месяц, год	Виды топлива					
	электроэнергия, кВт*час	Природн.газ, м ³	Дизельное топливо, т	Топливныймазут, т	Сжиженный газ, кг	К
Январь, 98	108,04	0	69,61	91,71	4,52	
Февраль, 98	2021,47	0	431,80	582,30	160,59	12
Март, 98	2268,40	0	428,89	606,56	61,84	12
Апрель, 98	1601,40	0	337,97	450,61	50,45	12
Май, 98	2282,50	0	289,25	623,23	42,21	14
Июнь, 98	1732,05	0	377,14	367,06	40,83	13
Июль, 98	773,97	72,43	137,02	142,43	27,09	3
Август, 98	1889,28	133,89	345,30	381,27	44,76	12
Сентябрь, 98	2215,61	161,86	225,72	396,19	45,74	15
Октябрь, 98	894,54	115,23	385,64	304,93	48,10	4
Ноябрь,	1705,05	152,46	331,33	377,13	67,73	13

98						
Декабрь, 98	2314,87	188,20	431,93	466,58	65,96	14
Всего	19807,13	824,07	3791,60	4800,62	561,67	129

Данные таблицы 4.1 неудобные для сравнения, поскольку количество потребленной энергии и энергоносителей представлены в своих "естественных" единицах измерения. Поэтому эти данные сводят до одной общей единицы измерения энергии, наиболее частой - кВт*ч (или ГДж) и сопоставляют со стоимостью соответствующих энергоносителей (табл. 4.3).

Таблица 4.3. Потребление топлива (энергии) и его стоимости

Топливо (энергия)	Коэффициенты перерасчета в кВт*ч	Энергет.эквивалент кВт*ч	% энергии	Стоимость, грн.	% стоимости	Уд. сто. грн.
Электроэнергия	1	97514400	36,69	19807130	63,72	
Природный газ	10,8 кВт*год/м ³	19795320	7,44	824070	2,65	
Дизельное топливо	11,7 кВт*год/кг	26928954	10,13	3791600	12,20	
Топливный мазут	11,3 кВт*год/кг	93574283	35,21	4800625	15,45	
Сжиженный газ	12,8 кВт*год/кг	3662080	1,38	561670	1,81	
Кокс	8,0 кВт*год/кг	24308800	9,15	1295655	4,17	
Всего		265783837	100,00	31080750	100,00	

Как видно из таблицы 4.3 за счет топливного мазута окидывается около 35% всех потребностей в энергии, а его стоимость составляет лишь 15,45% от общих расходов.

Приблизительно такую же часть 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 потребления наиболее дорогого вида энергии, а именно, электроэнергии и предлагать мероприятия из его сокращения или замены, в случае возможности, электроэнергией, получаемой из топлива.

Более полная информация необходимая в случае действия сложной системы тарифов оплаты за потребленную энергию.

Ниже в табл. 4.4 приведен пример такой расширенной информации относительно потребления электроэнергии. В примере использованная техническая информация, которая содержит данные о ежемесячном потреблении электроэнергии (в кВт-час и ГДж), о максимальной нагрузке (кВА), и коэффициент мощности (cos f), финансовая информация делит общую стоимость оплаты на компоненты. В примере использованная сложная система оплаты за использованную электроэнергию, которая содержит постоянную составляющую за договорную максимальную мощность (колонка 6), плату за превышение этой мощности (колонка 7, на зимние месяцы установленное низшее значение договорной мощности) и плата собственное за потребленную электроэнергию (колонка 8).

Таблица 4.4. Отчет о годовой закупке электроэнергии

Месяц	Потребление		Макс нагр., кВА	Коэф. мощн. (cos f)	Постоянная оплата, грн	Оплата за макс. нагр., грн.	Стоимость электроэнергии, грн.	Суммарная стоимость, грн.
	кВт*час	ГДж						
04/97	13100	47,16	85	0,976	725,0	-	5281,90	6006,90
05/97	11900	42,84	82	0,976	725,0	-	4798,10	5523,10

06/97	12800	46,08	90	0,975	725,0	-	5161,00	5886,00
07/97	9600	34,56	85	0,980	725,0	-	3870,7	4595,70
08/97	12900	46,44	92	0,965	725,0	-	5201,30	5926,30
09/97	14200	51,12	96	0,955	725,0	-	5725,4	6450,40
10/97	15800	56,88	98	0,948	725,0	-	6370,60	7095,60
11/97	15900	57,24	98	0,948	725,0	2200,00	6410,90	9335,90
12/97	14600	52,56	98	0,955	725,0	5280,00	5886,70	11891,70
01/98	18100	65,16	101	0,921	725,0	5460,00	7297,90	13482,90
02/98	19300	69,48	100	0,931	725,0	2250,00	7781,80	10756,80
03/98	15600	56,16	90	0,965	725,0	-	6289,90	7014,90
Всего	173800	625,68	-	-	8700,00	1519000	70076,20	93966,20

Для расчета в энергоаудите возможных финансовых сбережений определенные 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 погрузку - 0.40 грн./кВт*ч (112 грн./ГДж)

Эта информация дает основу для расчета финансовых сбережений от внедрения мероприятий сбережения энергии. Следует учитывать возможное финансовое сбережение за счет уменьшения максимальной погрузки (в особенности в зимние месяцы) и уменьшение постоянной составной оплаты в случае получения обоснованных причин для перезаключения договора с электроснабжающей организацией на низшую максимальную мощность. Вычисление сбережений за средними расходами на единицу энергии - типичная ошибка необразованных энергоаудиторов.

Во время анализа и в отчетах с энергоаудита применяют два вида графиков:

- график изменения энергопотребления во времени (так называемый линейный график энергопотребления), на котором кроме помесечного энергопотребления могут быть нанесены даны о температуре окружающей среды и прочие факторы, которые влияют на потребление энергии (**рис.4.1а**);
- график регрессивного анализа (**рис.4.1б**).

На **рис.4.1а** в качестве примера приведенный помесечный график потребления газа отопительной системой и показатель внешней температуры - градусо-дни. Чем ниже температура окружающей среды, тем более градусо-дней. График иллюстрирует влияние погодных условий на потребление газа. В частности, наблюдается аномалия в декабре и январе, хотя градусо-дней наоборот, в январе больше чем в декабре. Это может быть обусловлено тем, что считывание показов счетчика за декабрь в связи с новогодними праздниками и Рождеством было отложено на начало января.

График **рис.4.1б** показывает результат регрессивного анализа зависимости между потреблением энергии и независимой сменной, в данном случае, между потреблением газа на отопление и градусо-днями. На основе регрессивного анализа определенное базовое потребление (18468 м³ газа) и скорость нарастания сменного потребления (550,0 м³/градусо-день), а также коэффициент корреляции. В нашем случае имеет место довольно тесная корреляция с коэффициентом, равным 0,94.

В таблице энергоаудита все виды энергии и все виды топлива, полученные объектом, делятся между определенными группами энергопотребителей. Финансовые расходы в таблице делят пропорционально к этому энергопотреблению. Энергопотребление каждым пользователем подают в тех единицах, которые используют во время приобретения этой формы энергии или энергоносителя, а также в единых единицах, которые разрешает сравнить между собою использование разных видов энергии. Таблица иллюстрирует также частицу потребления и частицу стоимости энергии для каждого потребителя.

Пример таблицы энергоаудита приведен ниже (табл. 4.5).

Таблица 4.5. Таблица энергоаудита

Потребление	В натур. единицах изм.	В общих единицах изм., ГДж	Стоимость, грн.	Частица потребления, %	Частица стоимости, %
Электроэнергия (кВт*ч)					
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
Помпирование воды	96108	345,99	40896,00	6,0	13,2
Различное офисное оборудование	32116	115,62	13666,30	2,0	4,4
Всего	421699	1518,11	179440,60	26,1	58,1
Газ (м³)					
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
Всего	4294,03	4294,03	129250,30	73,9	41,9
Итого	5812,14	5812,14	308690,90	100,0	100,0

Стоимость потребленной конкретным приемником 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. Колонка "частица потребления" и "частица стоимости" иллюстрируют значения каждого потребителя в общем количестве использованной энергии. Можно заметить, что "частица стоимости" электроэнергии высшая ее "частицы потребления", а для газа - наоборот. Это поясняется высшей стоимостью электроэнергии по сравнению с газом.

Во время анализа рассматривается потребление энергии внутри объекта, а поэтому не принимаются к вниманию потери, связанные с изготовлением энергии на электростанции и пересылкой ее потребителю. 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. 4.5) все потери, связанные со сжиганием газа в котле, распределенные между конечными потребителями, то есть домовыми системами горячего водоснабжения и районными отопительными системами. Можно также выделить отдельным рядом потери время сжигания (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 есть простыми показателями работы. Эти показатели используют, как информацию о стоимости энергии, которая потреблена в определенных зонах. Их также используют для сравнения эффективности использования энергии на нескольких однотипных объектах.

Пример типичных коэффициентов стоимости топлива приведен в табл. 4.6.

Во время обследования одного из офисов (почти нового дома с хорошей тепловой изоляцией и системой кондиционирования воздуха) установлено, что на отопление расходуется почти вдвое больше энергии, чем это нужно было бы при хорошем уровне энергопотребления. Одной из причин было круглосуточное поддержание температуры в офисе на равные 21°C. Переналадка регулятора системы кондиционирования воздуха на поддержание в нерабочее время температуры 16°C разрешила уменьшить потребления энергии на отопление на 30% фактически с нулевыми расходами.

Таблица 4.6. Коэффициенты стоимости топлива

Название коэффициента	Количественное значение
Энергия для освещения 1 м ²	19,46 кВт*год (0,070 ГДж)
Стоимость энергии 1 м ²	8,05 грн.
Топливо, необходимое для отопления 1 м ² помещений	1,68 ГДж
Стоимость топлива для отопления 1 м ² помещений	50,60 грн.
Топливо, необходимое для обеспечения горячей водой коммунально-бытового назначения (ГВКПП) (1 лицо)	10,2 ГДж
Стоимость топлива для обеспечения ГВКПП (1 лицо)	307,6 грн.
Топливо, необходимое для приготовления 1 блюда	0,006 ГДж
Стоимость топлива для приготовления 1 блюда	0,32 грн.
Топливо необходимое для стирки 1 комплекта одежды	0,005 ГДж
Стоимость топлива для стирки 1 комплекта одежды	0,25 грн.
Вместе топлива, которое потребляется на 1 м ²	2,10 ГДж
Стоимость топлива, которое потребляется на 1 м ²	94,5 грн.
Вместе топлива, которое потребляется на 1 м ³	6,3 ГДж
Стоимость топлива, которое потребляется на 1 м ³	283,5 грн.
Общая огражденная площадь помещений	42000 м ²
Общий огражденный объем зданий	126000 м ³
Количество потребителей	800
Годовое количество приготовленных кушаний	584000
Годовое количество выстиранных комплектов одежды	166400

Диаграмма Сенки - это графическое изображение потоков энергии, в котором толщина разных элементов диаграммы пропорциональна соответствующему количеству энергии. Некоторые диаграммы Сенки отображают циклическое движение энергопотоков, например, возвращение конденсата в котельную. Пример диаграммы Сенки приведен на **рис.4.2**

Кроме диаграммы Сенки в энергоаудите используются круговые диаграммы, с помощью которых можно графически изобразить потребления энергии как в натуральных, так и в относительных, единицах. Пример круговой диаграммы приведенный на **рис.4.3**.

5. ОПИСАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ И ЗДАНИЙ

Опис підприємства і будівель - це виклад спостережень енергоаудитора, на яких він обґрунтував перевірку і розробляв рекомендації з енергоощадності.

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

Поставка энергии на объект. Здесь дают короткое описание оборудования, через которое осуществляется снабжение энергии на объект (трубы, регуляторы давления, главные вводные щиты электроэнергии), а также оборудование для сохранения топлива, 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, системы распределения холодной и горячей воды, системы конденсирования пары и системы распределения сжатого воздуха. Комментарии должны ориентировать на повышение эффективности упомянутых систем и уделять особое внимание причинам затрат энергии, таким, как недостаточная тепловая изоляция или потоки.

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

Описание должен быть не просто перечнем оснащения и информацией, на основе которой можно проводить расчеты энергоаудита. Он должен содержать также комментарии и наблюдение о способах использования энергии. К рекомендованным элементам описания належит:

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

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

- здания;
- котельная;
- система парораспределения;
- холодильная система;
- установки вентиляции и кондиционирования воздуха;
- снабжение горячей воды;
- производственное оборудование, которое потребляет пар;
- передача и распределение электроэнергии;
- производственное оборудование, которое потребляет электроэнергию;
- система сжатого воздуха;
- производственное оборудование, которое работает 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 дизайнера и использованных материалов. Например, может быть указано, что стены, выполненные из кирпича или бетона, окна - с стеклопакетов, с одинарным или двойной застеклением, крыша плоская или имеет склоны. 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 должен быть указанное время пребывания в здании работников. Это нужно для проверки работы установок, которые регулируют температуру в помещениях.

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

- перечень оснащения
- перечень осветительного оснащения;
- перечень оснащения отопительной системы помещений;
- перечень электроприводов;
- перечень оборудования предприятий общественного питания;
- перечень оборудования прачечных;
- перечень производственного оборудования;
- перечень потоков;
- перечень неизолированных трубопроводов горячей воды;
- измеренные параметры
- данные анализа процесса сжигания топлива;
- точковые замеры температуры;
- точковые замеры уровней освещенности;
- измерения потоков воздуха (жидкости);
- графические материалы
- графики нагрузки оборудования (для которого они - снимались);
- фотоснимки (стандартные);
- фотоснимки в инфракрасных лучах.

6. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭФФЕКТИВНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЭНЕРГИИ

Разработка рекомендаций есть важнейшим этапом энергоаудита, поскольку ради получения обоснованных предложений по повышению эффективности использование 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 изменения системы энергоснабжения, применение комплексного производства тепловой и электрической энергии, использование как топлива отходов производства, изменение методов производства на такие, что разрешают использовать более дешевые энергетические ресурсы.

Предлагаемые рекомендации с энергосбережения можно разделить относительно категорий энергопотребления или относительно альтернативных решений одной и той же энергетической проблемы. Однако, наиболее часто используют распределение мероприятий за их стоимостью, как приведено ниже.

Беззатратные рекомендации:

- экономное использование имеющихся ресурсов;
- улучшение к нормативному техническому обслуживанию оснащения;
- приобретение топлива от другого поставщика по низшей цене.

Низкозатратные рекомендации:

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

Высокозатратные рекомендации:

- изменение значительной части производственного оснащения;
- установление комплексных систем управления;
- комплексное производство тепловой и электрической энергии;

- рекуперация теплая.

Для определения лучших рекомендаций нужно понимание технологических процессов и знание доступной техники и технологий.

Обоснование мероприятий повышения эффективности и энергопотребления должно содержать определенные элементы, главные из которых приведенные ниже.

Необходимые изменения:

- модификация предприятия и зданий;
- замена оснащения;
- модернизация оснащения, систем управления, изоляция;
- усовершенствование технического обслуживания оснащения;
- внедрение новых процедур управления.

Аспекты сбережения энергии с внедрением рекомендаций:

- уменьшение потерь;
- сокращение лишних операций (снижение температуры воздух в помещениях в нерабочее время и по выходным дням, исключение нерабочего хода оснащения);
- повышение эффективности использования энергии;
- повышение эффективности преобразование энергии (замена котла на другого с высшим КПД, замена пневмопривода на электрический и т.п.);
- использование дешевых энергетических ресурсов.

Финансовые затраты и выгоды:

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

Методика оценивания эффективности мероприятий аналогичная к расчету нынешнего энергопотребления и энергопотребления за предшествующий репрезентативный период. Разность состоит в том, что во время оценивания мероприятий с энергосбережения нужно прогнозировать, как изменится ситуация после их внедрения. А это тянет за собою изменение многих коэффициентов, таких как норма потребления энергии, коэффициент использования мощности и продолжительность эксплуатации оснащение в течение года.

Покажем, как можно рассчитать объем сбережений энергии путем сравнения нынешней ситуации с прогнозируемой улучшенной. Для некоторых энергосберегающих рекомендаций (например, устранение истоков пары) сэкономленная энергия отвечает суммарным потерям энергии к внедрению рекомендаций. Расчет годового объема энергосбережения в других случаях более сложный и требует решение уравнения, как показан ниже.

Показатель	Нынешняя 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 сэкономленной за год энергии вычисляем за формулой:

$$\Delta W = (A \times B \times C) - (X \times Y \times Z) \text{ (кВт*год)}$$

Пересчитаем теперь основные причины, которые приведут к снижению потребления энергии после внедрения мероприятий с энергосбережения:

- ликвидация прямых потерь (Изолирование труб, устранение истоков, возвращение конденсата);
- сокращение чрезмерного энергопотребления (управление временами и температурой отопления, эффективная пересылка энергии);
- сокращение мощности потребление (использование оснащение с меньшей мощностью, устранение пересылки энергии у места, где она не нужна);
- повышение эффективности преобразование (повышение КПД котла, компрессора и т.п.);

- утилизация тепла выбросов (рекуперация тепла, рециркуляция воздуха в системах вентиляции и кондиционирования воздуха);
- использования более экономного источника энергии (более дешевое топливо, возобновляемые источники энергии).

6.1. Последовательность разработки рекомендаций и энергетический баланс

Хорошую аналогию систем энергопотребление дает луковица (рис.6.1).

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 и энергии топлива. Эти процессы имеют место во время генерирования пары, электрической энергии, получение сжатого воздуха или хладагента.

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 приемники энергии. Эта 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, которая поступает в систему. Там, где потребление нецелесообразно, как, например, использование сжатого воздуха для очистки, возможно, следует совсем устранить эту нагрузку. Там, где это невозможно, можно снизить потребления энергии уменьшением потоков или усилением изоляции. Однако, реально, сбережение энергии на этапе конечного потребления является самым сложным.

6.1.1. Влияние систем энергопотребление на эффективность энергосбережения.

На рис.6.2 показанные последовательные системы энергопотребления: система преобразования, система распределения и система конечного потребления.

На рис.6.2а КПД системы преобразования составляет 60%, системы распределения также 60%. Поэтому в случае конечного потребления 60 ГДж распределительная система должна получить $60 \text{ ГДж} / 0,6 = 100 \text{ ГДж}$ (потери 40 ГДж), а энергия, которая поступает в систему преобразования, должна составлять $100 \text{ ГДж} / 0,6 = 167 \text{ ГДж}$ (потери 67 ГДж).

Рис.6.2б отвечает случайные, если благодаря мероприятиям энергосбережения конечное потребление уменьшилось на треть и составляет теперь 40 ГДж; характеристики систем распределения и генерирования остались такими же, как и в предшествующем случае. Теперь распределительная система должна получить $40 \text{ ГДж} / 0,6 = 67 \text{ ГДж}$ (потери 27 ГДж), а в систему преобразования должно поступать $67 \text{ ГДж} / 0,6 = 111 \text{ ГДж}$ (потери 44 ГДж).

Рис.6.2в отвечает случаю, если 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 распределительную систему должна получить $60 \text{ ГДж} / 0,6 = 100 \text{ ГДж}$ (потеря 40 ГДж), а в систему преобразования должно поступать $100 \text{ ГДж} / 0,8 = 125 \text{ ГДж}$ (потери 25 ГДж).

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

6.2. Анализ использования энергии конечным потребителем

Рассматривая определенный процесс или мощного потребителя (рис.6.3) следует проанализировать ответа на такие вопросы:

- что именно выполняет эта установка (процесс), для чего здесь необходимая энергия (если взять, например помпу, то можно ответить, то электроэнергия необходимая для обеспечения протекания жидкости в трубопроводе);
- необходимое ли это потребление энергии (ли нужно подавать жидкость именно помпой);
- какие возможные мероприятия с сокращения энергопотребления (должна ли помпа постоянно работать с постоянной затратой жидкости; можно ли управлять помпой с целью уменьшения потребления при условии удовлетворения потребности в жидкости; не завышена ли мощность двигателя помпы; правильно ли выбрана помпа для решения

- поставленных задач; возможно ли перемещение жидкости за счет сил гравитации; выключается ли автоматически двигатель помпы, если завершается цикл помпирования);
- существуют ли альтернативные способы выполнения задач (вообще нужно ли подавать жидкость помпой; нельзя ли использовать напорный бак; и существуют ли другие способы снабжения воды).

Со времени введения установки в эксплуатацию ситуация могла существенным образом измениться и, возможно, помпа сейчас не нужна вообще, достаточно ли помпы меньшей мощности.

Во время анализа использования энергии конечными потребителями следует обратить внимание и на то, действительно ли необходимыми являются параметры энергоносителя (давление, температура) и оптимальным ли есть 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 систем электроснабжения.

Энергетическое обследование обнаружило такие недостатки в воздушно-компрессорной станции:

- всасывательные воздушные фильтры загрязнены, что служит причиной перепада давления на них около 150 гг водного столба (15 гПа) вместо нормального перепада давления в 40 гг водного столба (4 гПа);
- компрессоры всасывают воздух из помещения компрессорной станции; его температура в среднем на 15°C выше, чем у внешнего воздуха.

Рекомендован повысить эффективность компрессорной станции путем усовершенствования графика очистки (замены) воздушных фильтров и установление нового трубопровода, что разрешит 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 произведению отношения давлений выхода- входа на абсолютную температуру всасываемого воздуха.

Среднегодовые условия принимаются такими: давление на входе - 1000 гПа, внешняя температура- 15°C, давление па выходе компрессора 7000 гПа.

Итак, отношение давлений в нынешней ситуации:

$$\frac{7000}{1000 - 15} = 7,1066$$

Абсолютная температура всасываемого воздуха в нынешней ситуации 15°C+15°C = 30°C (303 К).

Отношение давлений в улучшенной ситуации:

$$\frac{7000}{1000 - 4} = 7,0281$$

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

Процент энергосбережения

$$100\% - 100\% \frac{7,0281 \times 288}{7,1066 \times 303} = 6,0\%$$

Неучтенными остались перепад давления в трубопроводе для организации всасывания внешнего воздуха и стоимость регулярной очистки (замены) фильтров.

6.3. Эффективность распределительных систем

В походке анализа эффективности распределительных систем в первую очередь выполняют общую оценку действующих систем распределения электроэнергии, пары, горячей воды,

охлажденных жидкостей, сжатого воздуха и т.п., с точки зрения возможной их рационализации и децентрализации питания отдельных потребителей, сокращение участков трубопроводов, устранение резервной системы трубопроводов.

Следующий анализ предусматривает сравнение полезных и паразитных погрузок с выяснением соответствующей действительности потребности в данном виде энергии и частицы общего потребления, которое приходится на паразитные погрузки, например, потерю давления в трубопроводах.

Большое 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 двигателя привода помпы пропорциональна кубу скорости обращения. Использование регулятора скорости приводного двигателя может дать значительную экономию электроэнергии при условии удовлетворения нужного уровня затрат жидкости.

Заслуживает внимания уровень давления пары в паропроводе. Чем выше давление системы, тем больше потери через потоки и (ли) в тепловой системе; возрастают также потери закипания в конденсате потери давления в трубопроводе.

Ну и в конце концов, проблема возвращения конденсата. Следует выяснить, измеряется ли количество повернутого конденсата и не ли можно ее 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. 6.1.

Таблица 6.1. Использование пара, ГДж

Назначение пара	Летний период		Летний период	
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
Потоки	-	150	-	1250
Всего	400	1420	52900	33050

На протяжении пожилого периода полезное тепло используется лишь на технологические процессы и на нагревание воды. Фактически в другой период почти 80% тепла расходуется даром. Возможные много способов снизить эти потери летом и ограничить в зимний период, а именно:

- децентрализация теплоснабжения технологических процессов;
- децентрализация снабжения потребителей горячей водой;
- изолирование трубопроводов;
- прекращение подведения воды к отопительным приборам в пожилое время;
- устранение истоков;
- снижение давления пары;
- улучшение утилизации конденсата.

В втором примере пар, который используется в высокотемпературных технологических процессах с температурой 165°C, используется также для питания 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 установлении перед нагрузкой с температурой 70°C станции понижения давления и подведения к нагрузке пара под давлением 0,2 МПа. Потери теперь от мгновенного снижения давления и температуры будут снижены с 8% (за объемом) и в конденсате будет оставаться лишь 31% тепла.

Рис.6.4 схема обеспечения высоко- и среднетемпературных нагрузок.

Другой возможный вариант состоит в использовании пара закипания конденсата высокотемпературных процессов для подведения под давлением 0,2 МПа пары к среднетемпературной нагрузке. Таким образом, можно полностью устранить 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 к рассмотренной, следует выяснить, нужны ли используемые параметры энергоносителя, есть ли другие пути получения нужного вида энергии, оптимальные ли значения температуры и давления энергоносителя, и не работает ли установка с избыточной производительностью.

Таблица 6.2. Использование энергии в системе охлаждения

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

Третий пример посвящен рассмотрению системы охлаждения на пивоварнях.

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 вновь подается в нагрузки.

Рис.6.5 схема охлаждения на пивоварнях.

Приведенные результаты показывают, что нагрузка, обусловленная циркуляционными помпами, составляет почти треть общей нагрузки. Можно рассмотреть использование для помп и вентиляторов плавных регуляторов скорости 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 помпы. Электродвигатель мощностью 90 кВт приводит в движение водную помпу. Количество воды, которая подается помпой, регулируется отверстием с сервоприводом, что изменяет положение затвора в зависимости от давления воды в системе. Измерение затрат воды на протяжении суток дало такие результаты:

10 часов/сутки	100% максимальных затрат
6 часов/сутки	70% максимальных затрат
6 часов/сутки	40% максимальных затрат
2 часов/сутки	20% максимальных затрат

С целью сбережения энергии предложено установить частотно-регулируемый привод, который автоматически реагирует на давление в системе.

Как и в предшествующем примере, нужно определить количество сэкономленной за год электроэнергии и указать другие следствия внедрения новой системы управления приводом.

Считается, что двигатель потребляет 90 кВт мощности в случае 100% максимальной затраты помпы, зависимость энергопотребления от затраты приведено на **рис.3.9**. Частотный регулятор скорости имеет внутренние потери мощности равные 1 кВт. Помпа работает 24 часа в сутки 350 дней за год.

Определенные по графику **рис.3.9**. значения мощностей двигателя для разных систем регулирования приведены ниже в таблице.

Затрата	Регулирование затвором с сервоприводом	Регулирование частотно-регулируемым приводом
100%	$90 \text{ кВт} * 1,00 = 90,0 \text{ кВт}$	$(90,0 \text{ кВт} * 1,00) + 1 \text{ кВт} = 91,0 \text{ кВт}$
70%	$90 \text{ кВт} * 0,95 = 85,5 \text{ кВт}$	$(90,0 \text{ кВт} * 0,45) + 1 \text{ кВт} = 41,5 \text{ кВт}$
40%	$90 \text{ кВт} * 0,78 = 70,2 \text{ кВт}$	$(90,0 \text{ кВт} * 0,15) + 1 \text{ кВт} = 14,5 \text{ кВт}$
20%	$90 \text{ кВт} * 0,20 = 18,0 \text{ кВт}$	$(90,0 \text{ кВт} * 0,10) + 1 \text{ кВт} = 10,0 \text{ кВт}$
Объем сэкономленной энергии		
10	*350 сут/год: 3500 ч/год (90,0-91,0) кВт = -3500 кВт*год	
6	*350 сут/год: 2100 ч/год (88,5-41,5) кВт = 98700 кВт*год	
6	*350 сут/год: 2100 ч/год (70,2-14,5) кВт = 116970 кВт*год	
2	*350 сут/год: 700 ч/год (18,0-10,0) кВт = 5600 кВт*год	
Всего сбережений за год		217770 кВт*год

Другие следствия введения частотного регулирования электродвигателя помпы:

- уменьшение расходов на техническое обслуживание частотного регулятора сравнительно с расходами на ремонт затвора с сервоприводом,
- необходимость защиты частотного регулятора от попадания воды и от электромагнитных помех;
- в случае выхода из порядка частотно-регулируемого привода может понадобиться дублирующая система.

6.4. Эффективность систем преобразования энергии

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

Номинальные паспортные данные используемого на объекте оборудования могут быть взяты с документации, которые сохраняются на объекте, или от фирм-изготовителей этого оборудования.

Вымеренные 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 выхлопными газами.

Идеальное сгорание имеет место, если в реакции принимают участие строго определенные частицы топлива и кислорода для образования двуокиси углерода и воды без остатков несгораемого топлива или неиспользованного кислорода. Этот процесс известный под названием "сгорание с нулевым излишком кислорода" ли "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, минимальная. Содержание кислорода при таких условиях в топочных газах равно нулю, а количество двуокиси углерода (CO₂) - максимальное.

С увеличением количества воздуха, в топочных газах появляется кислород, который не вступил в реакцию: это означает, что количество топлива недостаточно для использования всего кислорода, который помещается в воздухе для горения. Общий вес газов, что выходят из горелки, возрастает.

На практике идеальное сгорание достигается редко и почти всегда нужна определенная частица избыточного воздуха. Контролируя процесс сгорания, можно достичь максимально возможной эффективности системы, которая имеет место при условии обеспечения минимально необходимой для полного сгорания топлива избыточного воздуха. Для этого необходимо достичь максимально возможного содержимого CO₂ и минимально возможного содержимого O₂ на выходе из котла для получения бездымных выбросов из дымовой трубы и заданной скорости сгорания.

Температура газов, что выбрасываются, должна быть по возможности низкой, но не настолько, чтобы наступила конденсация влаги с образованием окислов серы.

График на **рис.6.6** показывает, сколько энергии тратится с выхлопными газами при определенном уровне концентрации двуокиси углерода (или при соответствующем уровне кислорода) и температуры топочных газов в случае сжигания естественного газа. Чтобы определить необходимые параметры следует найти точку на кривой двуокиси углерода, которая соответствует объемной частице сухого топочного газа. Потом проводят вертикальную линию, которая пересекает кривые, что соответствует 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 частицу потерь. Аналогичные графики существуют для сжигания угля и нефти.

Для невысоких температур топочных газов (100°C) из графика видно, что между 0% и 100% избыточного воздуха потери в топочных газах возрастают с 13% до 16%. За высших температур (300°C) разность становится более заметной, от 22% до 30%.

Теперь рассмотрим пример повышения эффективности сжигание топлива в котле.

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

В ходе проведения аудита котельной установки определены такие величины:

- входная энергия топлива 62000 ГДж (100%),
 - энергия потерь с выхлопными газами 13020 ГДж (21%)
 - превращенная в котле энергия топлива 48980 ГДж (79%)
- а также
- тепловые потери через обшивку котла 700 ГДж
 - тепловые потери через продувку 500 ГДж
 - полезное тепло для парообразования 47780 ГДж .
- Всего 48980 ГДж

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

Нужно определить величину ежегодных сбережений энергии, свернув внимание также на сопутствующие обстоятельства внедрения рекомендаций.

Сокращение уровня продувки разрешит сэкономить 50% от нынешних потерь энергии на нее, то есть $0,5 \cdot 500 \text{ ГДж} = 250 \text{ ГДж}$.

Отсюда нужная превращенная в котле энергия топлива составляет $48980 - 250 = 48730 \text{ (ГДж)}$.

С повышением средней эффективности до 83% количество энергии топлива для получения упомянутого количества превращенной энергии составляет $48730 / 0,83 = 58711 \text{ (ГДж)}$.

Ежегодные сбережения топливной энергии: $62000 - 58711 = 3289 \text{ (ГДж)}$.

Но 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 разрешить сократить другой обслуживающий персонал. И, в конце концов, можно сократить затраты на очищение воды.

Рассмотрим еще пример относительно эффективности превращения энергии в источниках света (**рис.6.7**).

Здравый смысл подсказывает использовать такой тип ламп, который обеспечивает максимальный световой поток на Ватт мощности лампы (максимальную светоотдачу) при условии, что другие характеристики лампы удовлетворяют требования 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 высочайшую 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 любых изменений в установке вне замены ламп, в других - могут понадобиться изменения в установке с установлением новых элементов оснащения. Энергетическое обследование системы освещения требует оценки количества и типов ламп, оценка продолжительности работы и эффективности системы управления. Необходимо, чтобы уровень

освещенности определенной рабочей плоскости отвечал нормативам. Портативные люксметры стоят около 100 долларов.

- 1 - лампы накала с вольфрамовой нитью;
- 2 - галогенные лампы накала с вольфрамовой нитью;
- 3 - комбинированные ртутные лампы высокого давления с вольфрамовой нитью;
- 4 - ртутные лампы высокого давления;
- 5 - газоразрядные лампы низкого давления (люминесцентные лампы);
- 6 - металлогалоидные лампы;
- 7 - натриевые лампы высокого давления;
- 8 - натриевые лампы низкого давления.

Рассмотрим пример относительно системы освещения. Автостоянку освещают 10 галогенных ламп с вольфрамовыми нитями накала 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 десятью натриевыми лампами высокого давления мощностью 114 Вт (вместе с потерями мощности в пускорегулирующей аппаратуре). Благодаря большей светоотдаче натриевых ламп уровень освещенности остается на предшествующем уровне. Кроме того, предложено установить автоматическое управление освещением системой с фотоэлектрическим датчиком.

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

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

Показатель	Нынешняя ситуация	Улучшенная ситуация
Установленная мощность, кВт	5,00	1,14
Коэффициент средней нагрузки	0,8	0,9
Продолжительность работы в году, часов	5400	3650
Годовое энергопотребление, кВт*ч	21100	3745

Объем годового сбережения энергии (кВт*ч): $21600 - 3745 = 17855$

Другие положительные факторы реконструкции системы освещения:

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

6.5. Перекрестная проверка предложений по сбережению энергии

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

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

- сопоставление объема потенциального сбережения энергии с начальным энергопотреблением; это разрешит избежать ситуации, когда энергоаудитор провозглашает возможность сэкономить энергии больше, чем ныне потребляет объект;
- сравнение предлагаемых уровней потребления энергии на единицу продукции с лучшими практически достигнутыми результатами;

- анализ потоков энергии;
- 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 принятой;
- уменьшенное предельное возвращение.

На последнем нужно остановиться детальнее. Концепция "уменьшенных предельных возвращений" хорошо знакомая экономистам, она во многих случаях может быть применена к мероприятиям из сбережения 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 взаимодействие проектов. Рассматривая несколько проектов для одной системы, нельзя оценивать потенциальные сбережения изолировано.

Целевой функцией проекта А (рис.6.8) было уменьшение конечного потребления и ожидаемое (расчетное) сбережение составляет 30%.

По проекту Б (рис.6.9а) ожидаемое сбережение за счет улучшения распределительной системы составляет 25%.

По проекту В (рис.6.9б) улучшение бойлерного хозяйства дает дополнительное сбережение 25%.

Если рассматривать все три проекта (А, Б и В) изолировано, можно придти к ошибочному выводу, который общее сбережение будет составлять 80%, хотя в действительности это не так.

Рис.6.10 иллюстрирует эффект внедрения всех трех проектов.

В исходном состоянии системы для получения конечным потребителем энергии 100 ГДж, если ККД бойлерной и распределительной системы составляли 60%, бойлерная должна была получать:

$$100 \cdot \frac{1}{0,6} \cdot \frac{1}{0,6} = 278 \quad (\text{ГДж})$$

$$\text{результатирующий КПД составлял} - \frac{100}{278} \cdot 100\% = 36\%$$

После внедрения трех проектов для получения конечным потребителем энергии 70 ГДж, если ККД бойлерной и распределительной системы возросли до 80%, бойлерная должна получать:

$$70 \cdot \frac{1}{0,8} \cdot \frac{1}{0,8} = 109$$

результатирующий КПД систем возрос и составляет. $\frac{70}{109} \cdot 100\% = 64\%$ Общее сбережение от всех проектов:

$$\frac{278 - 109}{278} \cdot 100\% = 61\%$$

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

С целью экономии энергии предложены мероприятия:

- установить временной синхронизированный с рабочим временем регулятор отопления, которое разрешит сократить отопительное потребление на 40%;
- улучшить тепловую изоляцию здания, которое само по себе разрешит 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 добрую систему регулирования температуры, которое поддерживает заданную температуру регулированием подачи теплоносителя.

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

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

В случае внедрения обоих мероприятий первый может дать такого самого сбережения, как рассмотрен высшее, то есть, ограничить потребление до 30000 ГДж. но второй даст ограничение на 20% от него уже уменьшенного потребления.

Результирующее сбережение будет составлять: $50000 \cdot 0.4 - 20000$ (ГДж) $(50000 - 20000) \cdot 0,2 = 6000$ (ГДж) $26000/50000 = 0,52$ (52%).

Результат есть эффектом от "уменьшенного предельного возвращения", при котором мероприятия, которые индивидуально сокращают энергопотребление на 40% и 20%, имеют общее снижение лишь на 52%, а не на 60%

6.6. Сбережение первичной и вторичной энергии

Одной из важнейших, хотя часто неиспользуемых особенностей отчета по энергосбережению, есть осознание отличий между сбережением первичной и сбережением вторичной энергии.

Остановимся на этом вопросе более подробно.

Сбережение первичной энергии топлива за счет экономии вторичной энергии.

Сбережение вторичной энергии проявляет 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 роботу в режиме оптимальных нагрузок. Иногда экономия вторичной энергии влияет на распределение потерь, так сокращения уровня потребления пары может сократить потери пара в резервуарах сбора конденсата.

Эффект замены топлива. Замена одного источника топлива другим обычно происходит в тех случаях, если есть возможность приобрести другое топливо по низшей цене на единицу содержащегося в нем энергии. Финансовый расчет сбережений должен учитывать также возможность изменения затрат на ремонт оснащения. Кроме того, замена топлива может изменить коэффициенты преобразования. Проиллюстрируем сказанное примером.

Паровой котел работает на газойле и потребляет 1033 тон топлива для изготовления технологического пара. Общий КПД котла становится 82%. С целью сбережения средства рекомендован перенести котел на естественный газ. Поскольку естественный газ имеет низший уровень теплопередачи пламя, чем газойль, общий КПД снижается с 82% до 80% (высшая теплотворная способность), однако, предполагается, что низкая стоимость естественного газа компенсирует этот технический недостаток.

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

Теплообразовательная способность газойля 42,3 МДж/кг, цена 1,47 грн/кг. Естественного газа соответственно 40,5 МДж/м³ и 0,88 грн/м³.

Показатели имеющегося состояния.

Тепло сгорание газойля:

$1033000 \text{ кг} \cdot 42,3 \text{ МДж/кг} = 43695900 \text{ МДж} = 43695,9 \text{ ГДж}$.

Годовые расходы на газойль: $1033000 \text{ кг} \cdot 1,47 \text{ грн/кг} = 1518510 \text{ грн}$

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

Показатели будущей ситуации:

Годовая погрешка тепла 35831 ГДж

Годовое потребление естественного газа: $35831/0,8 = 44788$ (ГДж)

Годовые затраты на естественный газ:

44788 ГДж отвечают 1105876 м^3 газа, который при цене 0,88 грн/м³ даёт 973171 грн.

Объемы сбережений:

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

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

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

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 в другом 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.

6.7. Предельная стоимость сбережений энергии

В отчете с энергообследования нужно показать сбережение энергии как сбережение средств. Однако средняя стоимость топлива - не всегда наилучший критерий перехода от объема сбережений энергии к объему сбережений средства. Ниже освещенные 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 из сбережения энергии (пиковая и ночная стоимость единицы энергии, стоимость единицы энергии во время максимума нагрузки, и т.п.).

Неэнергетические сбережения средств. Мероприятия из эффективного использования энергии часто влияют на смену неэнергетических расходов, таких, как, например, расходы на ремонт производственного оборудования. Это влияние может быть положительным и отрицательной, его следует обязательно учитывать.

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

6.8. Формирование и оценка проекта улучшения энергоиспользования на объекте

После рассмотрения всех возможных мероприятий из улучшения 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 разрешит выяснить, которые из предлагаемых мероприятий уже внедрялись, но результаты оказались неудачными, а которые 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 с энергосбережения 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 оцениванию мероприятий, а именно:

- проверить, какие из мероприятий являются трудоспособными, т.е. возможными к реализации в конкретных условиях объекту;
- проверить, которые из мероприятий есть целесообразными;
- выучить взаимодействие мероприятий;

- определить капиталовложения на реализацию мероприятий;
- определить конечные результаты (выгоды) от внедрения мероприятий;
- сравнить конкурирующие мероприятия и определишь приоритеты;
- сделать выводы.

В ходе оценки мероприятий делается в первую очередь их техническая проверка с целью гарантирования того, что определенное мероприятие не окажется неприемлемым из технических соображений. Выясняется трудоспособность 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 с энергосбережения. Например, введение в питательную воду кислотных примесей для устранения осадка на стенках трубопроводов может привести к усиленной их коррозии, вызвать загрязнение воды, которая подается в котел, который может через технологический пар отрицательно повлиять на качество продукции. Внедрение некоторых мероприятий может требовать повышение уровня технического обслуживания с привлечением квалифицированного персонала. С другой стороны, возрастает возможность влияния персонала на производственный процесс, например, изменением во время эксплуатации установки регулятора.

Среди факторов оценивания мероприятий важным есть их надежность.

Есть также определенный субъективный фактор восприятия мероприятий работниками, которые могут считать их надуманными и ненужными.

Кроме технического анализа осуществляется также проверка целесообразности мероприятий. Целью этой проверки есть гарантирование того, что данное мероприятие не окажется неприемлемым из других соображений, некоторые из которых приведенные ниже.

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

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

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

В-четвертых, приемлемы ли мероприятия с точки зрения капиталовложений в их реализацию. Следует определить приближенные, 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 с энергосбережения - 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 недооценке затрат, а в том, что оказываются выпущенными полностью некоторые компоненты.

Ниже приведено далеко не полный перечень таких компонентов:

- стоимость приобретения энергосберегающего оборудования;
- закупочная стоимость вспомогательного оборудования (регуляторов, инструментов, охранительного оснащения);
- 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 оснащения;
- расходы на удовлетворение требований техники безопасности и охраны работы;
- перестройка здания в связи с установлением нового оборудования;
- проверка лицензирования (сертификации);
- стоимость продукции, которая не будет выработана через остановку производственного процесса на время реализации мероприятий из сбережения энергии;
- обучение персонала.

Определение расходов на компонент общей стоимости требует источников стоимостной информации.

Самым надежным источником есть предшествующий личный опыт внедрения аналогичной проекту, но и в этом случае следует осторожно относиться к фактам, которые могут вызвать значительную разность расходов аналогичных проектов. Например, установка электронного контроля на нефтехимическом заводе может стоить намного более дорогое, чем аналогичная установка на пивоваренные, в связи с необходимостью использовать оборудование, которое сертифицировано для использования во взрывоопасной среде.

Полезно также использовать вотирование и 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, доставка и наладка оборудования.

Прайс-листы - это простой и надежный путь определения цены оборудования, но их можно использовать лишь в том случае, если трудовые затраты незначительные, или известные.

Итак, источниками для оценки расходов могут быть:

- прайс-листы на оборудование;
- публикации о стоимости оснащения, затраты на оплату работы и общие средние затраты (а именно, на 1 м², на 1 кВт установленной мощности и т.п.);
- бюджетные расходы поставщиков (монтажников);
- расценки поставщиков (монтажников);
- информация о стоимости предшествующих введенных проектов

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

Теперь весь материал для предоставления мероприятиям определенных приоритетов собранный.

Прибавим еще, что если мероприятие требует больших капиталовложений, существует ли большой риск того, что сберегаемость не будет достигнута, необходимо более подробное энергетическое обследование.

7. ОТЧЕТ С ЭНЕРГОАУДИТА

Целью отчета с энергоаудита есть представление аудиторской информации в едином рекомендательном документе рядом с данными про энергетические и финансовые расходы и сбережении.

Отчет должен быть информативным, профессиональным, таким, чтобы его интересно было читать.

В типичном случае отчет имеет такую структуру:

- аннотация;
- введение,
- анализ состояния энергопотребления на объекте;
- описание предприятия и зданий;
- рекомендации из эффективного использования энергии;
- выводы;
- прибавления.

Аннотация отчета имеет объем не больше двух или трех страниц с четко выделенными рубриками. Аннотация представляет собой самодостаточный (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 энергопотребления на обследуемом объекте (слабый, удовлетворительный, хороший уровень энергопотребления сравнительно с другими объектами);
- основные моменты энергообследования (а именно, исключительно 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 есть информирование читателя о подготовке и ходе обследования на объекте, а также об ожидаемых результатах.

Во вступлении приводят такую информацию:

- исполнители отчета с энергообследования (компания, которое проводило обследование, компания ли, которая использовала материалы аудиту другой компании);
- обоснование проекта (ли есть этот проект одним из нескольких проектов для разных подразделов компании, он ли есть частью нового проекта с энергосбережения);
- 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: изучение оборудования, анализ энергетической ситуации).

В первом основном разделе "Анализ состояния энергопотребления 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, рассмотренная в разделе 5 этого пособия.

Третий основной раздел отчета содержит рекомендации с эффективного энергопотребления и обоснования действий по повышению эффективности использования энергии.

Раздел содержит результаты исследования, разных аспектов из сбережения энергии.

Он начинается из 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, который показывает сколько энергии и соответственно средства будет сэкономлено, а также эффект от сбережения энергии, то есть ожидаемое влияние сбережения энергии на показатели работы объекта, а именно, на показатели эффективности при сокращении потребления энергии, на ремонтные затраты, на необходимые изменения в технологии производства. Очевидно, что внедрение мероприятий с энергосбережения будет требовать определенных расходов. Поэтому нужно привести результаты расчета стоимости проекта с учетом всех составных расходов на внедрение рекомендаций, а именно: стоимость необходимого оборудования, рабочей силы, потерь производства и т.п..

Энергоаудитор должен обосновать жизнеспособность проекта, то есть, показать насколько жизнеспособным является внедрение рекомендаций с энергосбережения за имеющихся ограничений в виде необходимости остановки производства, чувствительности цен на топливо, инвестиционной политики и т.п.

Выводы обычно дают после рекомендаций относительно энергосбережения, в них преподают нынешнее состояние и потенциал энергосбережения объекта. Пункты выводов в основном подобные к пунктам аннотации, однако они сосредоточены на действиях аудитора во время выполнения работ. Поэтому выводы содержат данные об обследовании объекта и источника получения необходимой информации, в частности, деление энергии на разные категории выявленные несоответствия или неправильное энергопотребление, сравнение энергопотребления

на объекте с энергопотреблением на аналогичных объектах. Далее приводят стоимость и выгоды от реализации беззатратных, низко- и высокзатратных рекомендаций, характеристики альтернативных мероприятий, а также сумму общей потенциала энергосбережения. Выводы содержат обоснованные аргументы в пользу одних рекомендаций относительно других, прогнозы энергосбережения на объекте после внедрения мероприятий. В конце концов, выводы обосновываются необходимыми дальнейшими детальными обследованиями и (или) действиями, которые должны быть осуществлены на объекте, а также указывают общую рассчитанную выгоду от этих действий.

В прибавлениях к отчету приводят детальные расчеты, описания, сметы, таблицы данных и т.п., так как иначе эти материалы перерывали бы ход отчета. Однако, они безусловно повышают качество отчета, обеспечивая ему достаточную полноту. В прибавлениях дают описание остатка 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 качественного отчета требуется время, но в данном случае речь идет в первую очередь о качестве, а не количестве.

Не следует оставлять без внимания участков производства, относительно которых нет предложений по повышению эффективности энергопотребления. Нужно сказать, что они работают эффективно.

Отчет с энергоаудита составляет основу стратегического плана улучшения использования энергии на объекте.

Типовой отчет имеет объем около 40 страниц, прочтение его требует 1-2 часа.

8. ПРЕЗЕНТАЦИЯ ЭНЕРГОАУДИТА НА ОБЪЕКТЕ

Возможные 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 энергообследования встречают возражение через то, что в них не учтены другие, что не касаются энергосбережения, но жизненно важные для предприятия вопросы.

К числу таких вопросов наиболее часто принадлежат:

- недостаточная или недостаточно обоснованная экономическая эффективность рекомендаций;
- отсутствие анализа ценовой политики;
- условия коллективного договора (защита работников от возможных сокращений);
- влияние на производственный процесс;
- доступность топлива;
- требование из техники 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 ним 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 углубляться в технические детали, поскольку идет речь скорее о финансовой, а не о технической презентации;
- не следует создавать ситуаций "глухого угла" - нужно быть осторожной с критикой конкретных лиц в присутствии их руководителя;
- не следует создавать никаких "шоков" - следует объяснять так, чтобы все поняли ожидаемые результаты предлагаемых действий, иначе аудитор может стать объектом нападок;
- всегда положительно воспринимается 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 должна быть присутствующее ключевое лицо, которое будет принимать нужное решение.

Качественно проведенный аудит, тщательно подготовленный отчет, хорошая презентация аудита создают предпосылки для заключения контрактов на проведение следующих аудитов.

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы проект TACIS EUK 9701 "Усиление действий 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.: ил. -(Энергосбережение; Кн. 3).