

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное агентство по образованию

ГОУВПО

«Амурский государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой Энергетики

_____ Н.В. Савина

«_____» _____ 2007г.

Г.В. Судаков

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ
КОМПЛЕКС
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕИМАХ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ»**

Благовещенск, 2007

*Печатается по решению
редакционно-издательского совета
энергетического факультета
Амурского государственного
университета*

Г.В. Судаков

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Энергосбережение в системах электроснабжения» для студентов очной и заочной форм обучения специальности: 140211 – «Электроснабжение», Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2007.

Учебное пособие составлено в соответствии с Государственным стандартом по направлению «Электроэнергетика», включает в себя: наименование тем, цели и содержание лекционных, практических занятий; контрольные задания для проверки качества изученного материала; вопросы для самостоятельной работы; вопросы для итоговой оценки знаний на зачете; список рекомендуемой литературы; учебно-методическую карту дисциплины.

АННОТАЦИЯ

Настоящий УМКД предназначен в помощь студентам всех форм обучения на энергетическом факультете при изучении дисциплины «Энергосбережение». При его написании учитывались рекомендации из положения «Об учебно-методическом комплексе дисциплины». УМКД разрабатывался на основе утвержденных в установленном порядке Государственного образовательного стандарта, типовых учебных планов.

В данном учебно-методическом комплексе отражены следующие вопросы: соответствие дисциплины «Энергосбережение» стандарту; показана рабочая программа дисциплины; подробно описан график самостоятельной учебной работы студентов по дисциплине на каждый семестр с указанием ее содержания, объема в часах, сроков и форм контроля; расписаны методические указания по проведению самостоятельной работы студентов и практических занятий; предложен краткий конспект лекций по данному курсу; методические рекомендации по выполнению курсовой, практических и домашних работ; показан перечень программных продуктов, реально используемых в практике деятельности студентов; методические указания по применению современных информационных технологий для преподавания учебной дисциплины; контрольные вопросы к зачету.

Исключением стали следующие пункты, которые не предусматриваются рабочей программой дисциплины «Электроснабжение»:

- методические рекомендации по проведению лабораторных занятий;
- методические указания по выполнению лабораторных работ;
- комплекты заданий для лабораторных работ, контрольных работ, домашних заданий.

Данная дисциплина введена в учебный план как факультативная дисциплина, поэтому типовая Федеральная программа отсутствует.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1. Рабочая программа дисциплины	9
2. График самостоятельной учебной работы студентов по дисциплине «Электроснабжение»	33
3. Практические занятия. Методические рекомендации.	35
4. Краткий конспект лекций по дисциплине «Электроснабжение»	36
5. Методические указания к практическим занятиям	335
6. Методические указания по выполнению домашних заданий и контрольных работ	360
7. Перечень программных продуктов, используемых при изучении курса «Электроснабжение»	361
8. Методические указания по применению современных информационных технологий для преподавания учебной дисциплины	362
9. Методические указания профессорско-преподавательскому составу по организации межсессионного и экзаменационного контроля знаний	363,
10. Комплекты заданий для выполнения практических занятий	364
11. Контрольные вопросы к зачету	369
12. Карта обеспеченности дисциплины кадрами профессорско-преподавательского состава	376

ВВЕДЕНИЕ

В экономике России наблюдается небольшой, но устойчивый экономический рост. В связи с этим можно сделать прогноз роста потребления электроэнергии и других энергоресурсов промышленными предприятиями, большинство которых имеют морально устаревшее оборудование и, как следствие, высокозатратное и энергоемкое производство. Проблемы снабжения потребителей электроэнергией и теплом (высокая изношенность тепловых трасс, отсутствие теплоизоляции и т.п.) усугубляются низким вводом новых мощностей в электроэнергетике РФ.

Поэтому очень важна задача экономичного и эффективного использования энергетических ресурсов. При этом проблема эффективной работы предприятия, потребляющего энергоресурсы, будет обостряться в связи с ростом цен на них (доведением цен до сопоставимого уровня затрат на производство электроэнергии и тепла). Этот рост будет связан как с формированием рыночных цен на энергоресурсы на основании сопоставления ценовых заявок покупателей и продавцов по фактору минимальных цен, так и с доведением стоимости строительства энергетических мощностей до уровня мировых рыночных цен, которые существенно выше внутрироссийских. Исходя из этого, Правительство РФ политике энергосбережения придает приоритетное значение.

Возможность реализации политики энергосбережения во многом зависит от экономической конъюнктуры страны, региона, района. При этом даже крупные предприятия испытывают трудности в выработке энергосберегающей политики, определении целей и направлений экономии энергетических ресурсов, а если и осуществляют такую политику, то зачастую ограничивают ее строго производственно-техническими проблемами без учета сложившейся ситуации рынка. Ограниченность собственных инвестиционных ресурсов на большинстве российских предприятий не позволяет им в полной мере решать возникающие экономические проблемы. При этом, выбирая какую-либо цель управления (например, политику эффективного энергосбережения) руко-

водству предприятия необходимо иметь в виду, что эта цель должна способствовать главной цели предприятия – получению высокой прибыли – и видоизменяться в зависимости от рыночной ситуации. Отсюда вывод – выполнение в полной мере задач по энергосбережению на промышленном предприятии затруднено и служба главного энергетика решить их самостоятельно (без определенной технической, методической и финансовой помощи, а также поддержки решений на самом высоком уровне управления) не в состоянии.

Накопленный опыт теоретической и практической работы в сфере энергосбережения и энергоэффективности, а также существующие научные и практические представления по разработке энергосберегающих проектов и программ пока не нашли должной поддержки и понимания у руководителей промышленных и энергетических предприятий.

Предлагаемый УМКД «Энергосбережение в СЭС» ставит своей задачей: ознакомление студентов с методическо правовым обеспечением вопросов энергосбережения и энергоэффективности, при этом, рассматриваются современные проблемы исследования и разработки новых подходов к решению задач энергосбережения на промышленных предприятиях и в ЖКХ; функционирования и развития систем учета и контроля за энергоресурсопотреблением, формирования команды и структуры управления процессами энергосбережения; формирования стратегических и тактических планов в сфере энергосбережения.

Значительный интерес представляют авторские методики:

- анализа и управления энергосберегающими проектами на предприятии на основе системного энергетического менеджмента;
- обоснования выбора АСКУЭ на предприятии с использованием экономического критерия, при этом автором приводятся практические рекомендации по выбору АСКУЭ;
- оценки экономической и финансовой устойчивости предприятия, которая позволяет оценить значимость энергосберегающей политики в общей системе стратегических целей предприятия;

- оценки влияния изменения тарифов на электрическую и тепловую энергию на эффективность энергосберегающих проектов, а также рекомендации по учету такого влияния.

В данном учебно-методическом пособии приведены методы решения задач проектирования и разработки энергосберегающих мероприятий и программ, основные направления работы в области энергосбережения на предприятии, рассматриваются методы экономической оценки проектов по энергосбережению.

Так как профессиональная работа выпускника по направлениям «Электроэнергетика» и «Теплоэнергетика» связана с эксплуатацией и управлением системам электроснабжения с максимальным экономическим эффектом, то необходимо признать целесообразность изучения курса «Энергосбережение в системах электроснабжения» студентами, обучающимися по специальностям: 140211 – «Электроснабжение» в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению 140000 «Электроэнергетика».

В процессе изучения данной курса перед студентами ставятся следующие задачи:

- овладение знаниями в области энергосбережения и энергоэффективности;
- изучение методов управления энергосбережением на предприятиях и в организациях;
- применение полученных знаний в практике дальнейшей работы выпускника на промышленных предприятиях, объектах ЖКХ и в коммерческих организациях.

Формирование у будущих специалистов теоретических знаний и практических навыков технических расчетов энергосберегающих мероприятий, навыков экономического обоснования энергосберегающих проектов и управления энергосбережением на промышленном предприятии и в объектах ЖКХ поможет выпускнику улучшить в дальнейшей практической работе эффективность

работы предприятия и послужит залогом его дальнейшего карьерного роста на предприятии.

Данное пособие составлено с учетом рекомендаций учебно-методического отдела АмГУ

1. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Федеральное агентство по образованию Российской Федерации
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
(ГОУВПО «АмГУ»)

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебно-научной работе

_____ Е.С. Астапова

«___» _____ 2006 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине «Энергосбережение в системах электроснабжения»

Очная форма

Заочная форма (для спец. 140205)

Кафедра энергетики

Курс:

пятый

пятый

Лекций:

28 часов

10 часов

Практических занятий:

14 часов

4 часа

Самостоятельных работ:

42 час.

70 час.

Зачет:

9 семестр

10 семестр

Аудит.

42 часа

14 часов

Всего:

84 час.

84 часов

Для специальности

140211 (100400) – "Электроснабжение"

Составитель Судаков Г.В., к.э.н., доцент

Факультет энергетический

Кафедра Энергетики

Благовещенск 2006

Рабочая программа составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению 140000 (650800) «Электроэнергетика». В рамках данного направления на кафедре Энергетики реализуется подготовка дипломированного специалиста по специальности: 140211 (100400) – «Электроснабжение».

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

Протокол № ____ от «____» _____ 200__ г.

Зав. кафедрой энергетики

Н.В. Савина

Рабочая программа рассмотрена на заседании учебно-методического совета направления электроэнергетика и теплоэнергетика

от «____» _____ 200__ г. Протокол № ____

Председатель УМС _____ (_____)

СОГЛАСОВАНО

Начальник УМУ

_____ Г.Н. Торопчина

«____» _____ 200__ г.

Согласовано

Согласовано

Председатель УМС факультета

«____» _____ 200__ г.

Заведующий выпускающей кафедрой

«____» _____ 200__ г.

1.Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Выдержки из государственного стандарта специальности 140211 «Электроснабжение»

Квалификационные требования выпускника: «... разрабатывает и реализует мероприятия по энергосбережению; разрабатывает методические и нормативные материалы, техническую документацию, а также предложения и мероприятия по осуществлению разработанных проектов и программ; организует и обеспечивает мероприятия по энергосбережению... »

Предметами курса являются: методы энергосбережения и энергетического менеджмента, современные методы производства энергии, энергосберегающие технологии и мероприятия, системы автоматизированного приборного учета, контроля и управления за энергопотреблением, методы оценки эффективности энергосберегающих мероприятий.

Цель курса - формирование понимания современных методов и научных разработок в области энергосбережения в системах электроснабжения, выработка у студентов навыков анализа энергоснабжения предприятия, составления энергетических балансов, определения потенциала энергосбережения, развитие культуры управления и учета за энергопотреблением. Получения знаний: о современных системах учета и контроля за энергопотреблением и энергосберегающих технологиях и мероприятиях.

Основные задачи курса:

- дать представление о роли и значимости энергосбережения в системах электроснабжения в промышленности и коммунально-бытовом секторе;
- выработать компетентный подход к профессиональной эксплуатации энергетических объектов;
- сформировать у студента навыки оценки потенциала энергосбережения;
- научить применять на практике знания энергоэффективных технологий и мероприятий;

- выработать навыки разработки, реализации, а также экономической оценки проектов по энергосбережению.

1.2. Принцип построения курса

В лекционном курсе в целостной форме обобщаются полученные ранее знания по электротехнике, физики и математике, экономики, а также др. дисциплинам, и на их основе формируются задачи изучения данного курса – получение студентами знаний: изучение методов производства электроэнергии, а также ее источников и способов транспортировки; взаимосвязь экологии и энергосбережения, методология управления энергоснабжением и энергопотреблением в системах электроснабжения; основы энергоэффективности, методы стимулирования энергосбережения.

Курс базируется на использовании материала общенаучных и общепрофессиональных дисциплин: «Математика», «Химия», «Физика», «Электромеханика», «Метрология, стандартизация и сертификация», «Общая энергетика», «Электроснабжение», «Экономика энергетики».

Курс взаимосвязан с ранее изучаемыми студентами дисциплинами: «Электроснабжение», «Метрология, стандартизация и сертификация», «Общая энергетика», «Экономика энергетики», «Организация энергетического производства», «Экология» для всех специальностей.

1.3. Знания и умения студента

В результате изучения курса студент должен знать:

- теоретические основы нормативно-технической и правовой документации в области энергосбережения;
- как осуществляется сбор информации и учет энергоресурсов;
- современное оборудование технологии, используемые в мероприятиях по энергосбережению;
- методы составления энергетических балансов;
- методы управления энергосбережением;
- методы экономической и финансовой оценки энергосберегающих проектов;

- методы производства энергии;
- экологические аспекты энергосбережения.

Студент должен уметь:

- проводить расчет технологических, групповых, индивидуальных и общепроизводственных норм расхода энергоресурсов;
- рассчитывать потенциал энергосбережения;
- рассчитывать эффект от реализации мероприятий по энергосбережению;
- самостоятельно разрабатывать эффективные проектные решения по экономии топливно-энергетических ресурсов;
- проводить энергетическое обследование энергетических объектов;
- выбирать экономически обоснованные системы автоматизированного приборного учета энергоресурсов и управления их потреблением и т.д.

1.4. Лекционный курс 28 часов

ТЕМА 1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Предмет, структура, особенности и задачи курса «Энергосбережение в системах электроснабжения». Основные термины и определения: энергия; возобновляемые и невозобновляемые источники энергии; энергосбережение; энергетический ресурс (первичный и вторичный - ВЭР); эффективность использования энергетических ресурсов (энергоэффективность); показатель энергоэффективности; энергетический объект; энергопотребление; энергоаудит; сбор документальной информации; учет энергоресурсов; классическая и неклассическая энергетика; потенциал энергосбережения; энергоэффективная технология; энергоэффективное мероприятие.

Методы экономии энергии: пассивные и активные. Прямое и косвенное энергосбережение.

Энергетическая безопасность и энергообеспеченность экономики. Факторы повышения энергобезопасности. Индикаторы энергобезопасности.

ТЕМА 2. ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ. ОСНОВНЫЕ (БАЗОВЫЕ) МЕТОДЫ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Первичная энергия и ее баланс. Технологии преобразования первичной энергии.

Местные топливно-энергетические ресурсы: нефть, природный газ, каменный и бурый уголь, гидротрёмальные источники, гидроэнергоресурсы, лесные ресурсы, гелиоресурсы, ветроресурсы, прочие ресурсы.

Схема и теплота сгорания органического топлива. Условное топливо. Химический состав топлива. Высшая теплота сгорания и энергетический эффект от сгорания топлива.

Общие сведения. **Производство теплоты.** Когенерация. Технологическая схема топки. Технологический процесс термической переработки органического топлива. Тепловой баланс и коэффициент полезного действия (КПД) топки.

Слоевые топки (с плотным слоем и «кипящим» слоем). Камерные топки: факельные и циклонные.

Устройство ядерного реактора.

Энергетическая характеристика топок и ядерных реакторов. Удельная мощность.

Разновидности топок: двигатель внутреннего сгорания (ДВС), газотурбинные установки (ГТУ), реактивные двигатели.

Котлы: паровой и водогрейный. Схемы котлов. Экономайзер и воздухоподогреватель.

Печи: плавильные, нагревательные, обжиговые, сушильные, отопительные, хлебопекарные и др. Область применения: промышленные и бытовые печи. Печи периодического и непрерывного действия. Полезная энергия. Тепловой КПД печи. Способы экономии энергии.

ТЕМА 3. ОСНОВНЫЕ (БАЗОВЫЕ) МЕТОДЫ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ. ПРОИЗВОДСТВО ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.

Производство электрической энергии. Технологическая схема ТЭС и ТЭЦ. Активные и реактивные турбины. КПД ТЭС и ТЭЦ. Недостатки.

Ядерные электростанции: АЭС и АТЭЦ. Одноконтурные, двухконтурные и трехконтурные схем реакторов.

Паротурбинные (ПТУ) и парогазовые установки. Принцип действия и КПД.

Автономное энергоснабжение. Когенеративные схемы тепловых машин.

Потребление энергии и эффективность энергоустановок. Графики нагрузок.

Мировой потенциал производства энергии на основе **возобновляемых источников**.

Биомасса. Методы переработки биомассы: термохимический (пиролиз и газификация); биохимический (анаэробное разложение, спиртовая ферментация, фотолиз); агрохимический метод переработки биомассы (экстракция топлив).

Гидроэнергетика. схема ГЭС. Активные и реактивные гидротурбины. КПД ГЭС.

Ветроэнергетика. Ветроэнергетическая установка (ВЭУ). Принцип действия, классификация и расчет.

Гелиоэнергетика. Солнечный коллектор. Солнечное отопление: активные и пассивные системы. Получение электроэнергии: термохимический способ, фотоэлектрический способ.

Аккумуляция энергии. Комбинированные системы тепло- и электро-снабжения.

ТЕМА 4. ТРАНСПОРТИРОВКА ЭНЕРГИИ

Транспортировка первичных энергоресурсов. Транспортировка топлива. Потери давления (напора) при транспортировке энергоносителей. Факторы, влияющие на потери давления при транспортировке энергоносителей. Потери давления: за счет сопротивления трения в трубах, перепад давления в местном

сопротивлении, потери давления за счет перепада высот. Затраты энергии на прокачку энергоносителя.

Транспортировка теплоты. Система теплоснабжения, Тепловая сеть. Теплопроводы и их конструкция. Потери теплоты при транспортировке.

Транспортировка электрической энергии. Электроэнергетическая система. Электрическая сеть. Потери мощности в сети.

ТЕМА 5. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Взаимосвязь экологии и энергосбережения. Парниковый эффект. Мероприятия, направленные на снижение парникового эффекта. Киотский протокол.

Невозобновляемые источники энергии и окружающая среда. Основные вещества, выбрасываемые в атмосферу энергетическими объектами. Способы снижения вредных выбросов в атмосферу. Пути снижения потребления топлива.

Издержки на поддержания состояния окружающей среды, вызванные эксплуатацией различных видов электростанций (АЭС, ГЭС, ТЭС, ПГУ и т.д.).

Возобновляемые источники энергии и окружающая среда.

ТЕМА 6. УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕМ И ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Задачи и методы энергетического обследования промышленного предприятия. Функции энергетического менеджмента. Планирование, организации, мотивация, контроль и координация.

Энергоаудит, его цели и объекты. Этапы энергоаудита: осмотр и обследования объектов энергопотребления; составления карты и балансов энергопотребления; анализ мероприятий по энергосбережению и их экономической эффективности; разработка программы энергосбережения; внедрение программы энергосбережения и контроль за ходом ее выполнения.

Энергетическое хозяйство предприятия. Энергетический баланс предприятия. Энергетические потоки. Характеристика потребителей энергии. Содержание и порядок проведения энергетического обследования. Приходная и расходная часть энергобаланса. Расчетный анализ энергетических балансов.

ТЕМА 7. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Нормирование расхода топливно-энергетических ресурсов (ТЭР). Классификация норм расхода ТЭР: индивидуальные, групповые и технологические, общепроизводственные.

Методы разработки норм: опытный (приборный); расчетно-статистический; расчетно-аналитический. Расчет норм энергопотребления.

Показатели энергоэффективности.

Классификация организационно-технических мероприятий по экономии ТЭР. Мероприятия в системе энергоснабжения: не влияющие на производственный процесс, влияющие на производственный процесс, не влияющие на технологический процесс, влияющие на технологический процесс, повышающие надежность работы энергоустановок.

Определение экономического эффекта от внедрения мероприятий по энергосбережению.

Классификация энергетических отходов. Горючие и тепловые ВЭР. Регенеративные и рекуперативные аппараты утилизаторы ВЭР. ВЭР избыточного давления.

Трансформаторы тепла: компрессионные и сорбционные.

Современные источники света и системы освещения.

Регулируемый автоматизированный привод.

Энергосбережение в зданиях: теплый пол, ИК-обогрев, теплоизоляция и пр.

ТЕМА 8. СТРАТЕГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕМ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Структура управления процессами повышения эффективности работы промышленного предприятия. Системный подход. Энергосбережение – как система. Преимущества системного подхода.

Проектный подход. Планирование капитальных вложений в проекты по энергосбережению. Типы инвестиционных проектов и проектное управление.

Проектный анализ. Прединвестиционная, инвестиционная и эксплуатационная фазы проектного цикла.

Оценка и анализ рисков инвестиционных проектов. Динамический и статический риски. Политический, социальный, экономический, экологический и юридический риски. Количественный и качественный анализ рисков.

Схемы финансирования проектов.

Экономические методы проектного анализа. Финансовый анализ: отчет о прибыли, отчет о движении денежных средств, баланс и аналитические коэффициенты. Экономический анализ: чистый дисконтированный доход, внутренняя норма доходности, дисконтированный и простой срок окупаемости, норма рентабельности и т.д.

ТЕМА 9. УЧЕТ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ И В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Учет, контроль и приборный анализ эффективности расходования энергоресурсов. Приборы измерения объемов и массы топлива: дозирующие питатели, уровнемеры, индикаторные манометры, тензометры. Приборы измерения температуры: стеклянно-жидкостные термометры, термопреобразователи, термометры сопротивления, электронные термометры, инфракрасные пирометры и тепловизоры. Расход теплоносителя: магнитные расходомеры, электромагнитные расходомеры, ультразвуковые расходомеры, вихревые расходомеры (для измерения пара). Течеискатели. Расход теплоты: тахометрические счетчики. Газоанализаторы и регистраторы. Индукционные и электронные счетчики.

АСКУЭ и ИИСКУЭ, их структура. Коммерческий и технический учет. Двухуровневые и трехуровневые системы учета и управления энергопотребления. Выбор системы учета методами функционально-стоимостного анализа.

ТЕМА 10. СИСТЕМНЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ

Системный анализ и системный подход. Системный энергетический менеджмент (СЭМ). Структура СЭМ.

Алгоритм анализа и принятия решения по реализации целей и задач энергосбережения.

Внешние факторы, влияющие на принятие решений: производственно-экономический, технический и транзакционный.

Блок финансово-экономического анализа состояния предприятия. Блок энергетического мониторинга. Блок структуры энергопотребления и предварительного отбора энергосберегающих проектов и мероприятий. Блок, учитывающий тарифную политику энергокомпании и спроса на собственную продукцию. Блок оценки несистематического риска реализации проекта. Блок оценки внешних рисков предприятия. Блок уточненной оценки экономической и финансовой эффективности энергосберегающих проектов с позиций сторон участников.

ТЕМА 11. ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМНОГО ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Целостность системы. Системность анализа. Стратегия коммерческого управления предприятием.

Требований, предъявляемых к анализу: целенаправленность; реальность; адекватность; комплексность; системность; согласованность; объективность; своевременность.

Структура целей финансово-экономического анализа, применяемого для задач энергосбережения. Динамический норматив финансово-экономической устойчивости. Внутренний и внешний анализ. Модель динамической устойчивости.

Ранжирование финансовых и экономических показателей по темпам роста. Нормативная система показателей. Модель динамической устойчивости. Инверсия показателей.

Факторный анализ устойчивости. Определение факторов оказывающих негативное влияние на положение предприятия. Определение значимости энергосберегающей политики и риска работы предприятия в существующих рыночных условиях.

ТЕМА 12. ТАРИФЫ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ И ТЕПЛОВУЮ ЭНЕРГИЮ. ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ И ТАРИФНОЙ ПОЛИТИКИ.

Виды тарифов на электрическую и тепловую энергию: одноставочный, двухставочный, дифференцированный по времени (зонам суток). Расчет и оценка тарифа выгодного для производителя и потребителя электрической энергии.

Структура себестоимости продукции предприятия: энергоемкость продукции, заработная плата, расходы на сырье, эксплуатационные, амортизационные и прочие издержки. Зависимость затрат на электропотребление от фонда заработной платы и режима работы предприятия.

Тарифы монополистического рынка и рынка совершенной конкуренции. эксплуатационная, топливная, налоговая и капитальная составляющие цены (тарифа) электроэнергии.

Влияние экологической составляющей на тариф, отпускаемый с шин электростанций.

Влияние уровня тарифа на эффективность энергосберегающих мероприятий

ТЕМА 13. ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ПРОЕКТОВ

Основные задачи управления инвестиционной деятельностью: обеспечение максимальной доходности, минимального риска, оптимальной ликвидности и финансового равновесия (баланса)

Эффективность проекта и эффективность участия в проекте. Коммерческая, региональная, отраслевая и бюджетная эффективность.

Этапы экспертизы проекта по энергосбережению. Оценка общественной эффективности. Экологическая экспертиза проекта.

Внутренний и внешний риск проекта. Методы расчета рисков реализации проекта: экспертные оценки, динамический норматив финансово-экономической устойчивости, метод сценариев, расчет уровня безубыточности, метод вариации параметров, метод дерева решений и т.д.

ТЕМА 14. ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ СТИМУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Государственная политика в области энергосбережения. Государственный надзор за рациональным использованием ТЭР.

Экономическое стимулирование энергосбережения: формы финансирования энергосберегающих мероприятий, льготное кредитование, финансирование мероприятий по энергосбережению на безвозвратной основе.

Информационное обеспечение энергосбережения.

Реклама энергосбережения, продвижение энергосберегающих технологий на рынок.

Методы стимулирования энергосбережения. Тарифная политика стран Евросоюза стимулирующая энергосбережение.

1.5. Содержание практических занятий (14 часов)

ТЕМА 1. ГРАФИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ВЫРАВНИВАНИЯ ГРАФИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК. ПОТЕРИ НА ТРАНЗИТ ТЭР.

ТЕМА 2. РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТ ЗАМЕНЫ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ.

ТЕМА 3. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ЗАМЕНЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ СИСТЕМОЙ ИК-ОБОГРЕВА

ТЕМА 4. НОРМИРОВАНИЕ РАСХОДА ТЭР

ТЕМА 5. ВЫБОР НАИБОЛЕЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ТАРИФНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

ТЕМА 6. ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРЕДПРИЯТИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ПОЛИТИКИ

ТЕМА 7. ВЫБОР ОБЪЕМОВ ЗАКУПКИ УГЛЯ ДЛЯ ОБОГРЕВА ДОМА С УЧЕТОМ РИСКА И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

1.6. Учебно-методическая (технологическая) карта дисциплины

Таблица 1

Учебно-методическая (технологическая) карта дисциплины

Номер недели	Номер темы	Вопросы, изучаемые на лекции	Занятия (номера)		Используемые нагляд. и метод. пособия	Самостоятельная работа студентов		Формы контроля
			практич. (се-мин.)	лаборат.		содерж.	часы	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	Основные сведения о системах электроснабжения			Компьютерные слайды			
2	2	Топливно-энергетические ресурсы. Основные (базовые) методы производства тепловой энергии	1		Компьютерные слайды	Тема 1. Графики электрических нагрузок. Оценка экономического эффекта от выравнивания графика электрических нагрузок.	2	контрольная работа
1	3	Основные (базовые) методы производства электрической энергии. Производство энергии на основе возобновляемых источников.			Компьютерные слайды			
2	4	Транспортировка энергии	2		Компьютерные слайды	Тема 2. Расчет экономической эффективности от замены системы освещения.	2	контрольная работа
1	5	Экологические аспекты энергосбережения			Компьютерные слайды			
2	6	Управление энергосбережением и энергопотреблением на промышленном предприятии	3		Компьютерные слайды	Тема 3. Оценка экономического эффекта от замены централизованного теплоснабжения системой ик-обогрева	2	контрольная работа
1	7	Основные методы и мероприятия по повышению использования топливно-энергетических ресурсов			Компьютерные слайды			
2	8	Системный и проектный подходы в энергетическом менеджменте	4		Компьютерные слайды	Тема 4. Нормирование расхода тэр	2	контрольная работа
1	9	Учет энергоресурсов на промышленных предприятиях и в жилищно-коммунальном хозяйстве			Компьютерные слайды			
2	10	Системный энергетический менеджмент	5		Компьютерные слайды	Тема 5. Выбор наиболее оптимальной тарифной системы для предприятия	2	контрольная работа
1	11	Элементы системного финансово-эко-			Компьютерные			

		номического анализа на промышленном предприятии и его применение для целей энергосбережения			слайды			
2	12	Тарифы на электрическую и тепловую энергию. Взаимосвязь энергосберегающей и тарифной политики.	6		Компьютерные слайды	Тема 6. Финансово-экономический анализ предприятия. Определение перспектив энергосберегающей политики	2	контрольная работа
1	13	Особенности оценки инвестиционных энергосберегающих проектов	7		Компьютерные слайды			
2	14	Организация и методы стимулирования энергосбережения			Компьютерные слайды	Тема 7. Выбор объемов закупки угля для обогрева дома с учетом риска и неопределенности	2	

1.7. Распределение часов по темам дисциплины

Таблица 2

Распределение часов по темам дисциплины

Наименование тем дисциплины	Объем в часах	
	Лекции	Практ.
Тема 1. Основные сведения о системах электроснабжения	2	2
Тема 2. Топливо-энергетические ресурсы. Основные (базовые) методы производства тепловой энергии	2	
Тема 3. Основные (базовые) методы производства электрической энергии. Производство энергии на основе возобновляемых источников.	2	2
Тема 4. Транспортировка энергии	2	
Тема 5. Экологические аспекты энергосбережения	2	2
Тема 6. Управление энергосбережением и энергопотреблением на промышленном предприятии	2	
Тема 7. Основные методы и мероприятия по повышению использования топливо-энергетических ресурсов	2	2
Тема 8. Системный и проектный подходы в энергетическом менеджменте	2	
Тема 9. Учет энергоресурсов на промышленных предприятиях и в жилищно-коммунальном хозяйстве	2	2
Тема 10. Системный энергетический менеджмент	2	
Тема 11. Элементы системного финансово-экономического анализа на промышленном предприятии и его применение для целей энергосбережения	2	2
Тема 12. Тарифы на электрическую и тепловую энергию. Взаимосвязь энергосберегающей и тарифной политики.	2	
Тема 13. Особенности оценки инвестиционных энергосберегающих проектов	2	2
Тема 14. Организация и методы стимулирования энергосбережения	2	
Итого	28	14

1.8. Входной контроль

Тестирование по базовым дисциплинам.

1.9. Индивидуальная работа студента

Проработка содержания дисциплины по всем тема.

Подготовка к практическим занятиям и семинарам, решение задач.

Подготовка докладов по темам практических занятий.

1.10. Контролирующие материалы

Опрос студентов на практических занятиях по темам дисциплины.

Проверка выполненных домашних заданий.

Зачет.

1.11. Критерии оценки

Студент получает допуск к зачету при условии выполнения индивидуальной работы и контрольных работ, выдаваемой на практических занятиях.

Положительная оценка ставится при показанных студентом не менее 80% основных знаний и умений по данному предмету

1.12. Вопросы к зачету

1. Как взаимосвязан уровень жизни общества и количество потребляемой энергии?
2. Дайте определение таких понятий как энергия, энергетика, энергетические ресурсы.
3. Какие виды энергии известны, как оценивается ее качество?
4. Что включает в себя понятие энергосбережение?
5. Что понимается под эффективным использованием энергии?
6. Чем отличаются активные и пассивные методы энергосбережения?
7. Что означает прямая и косвенная экономия?
8. Перечислите обобщенные факторы энергетической безопасности экономики.
9. Что из себя представляет первичная энергия? Приведите классификацию первичных энергетических ресурсов.
10. Какие виды первичных энергетических ресурсов относятся к местным энергетическим ресурсам?
11. Какие компоненты определяют состав ископаемого твердого и жидкого топлива?

12. Поясните физический смысл определения теплоты сгорания. Как выбор теплоты сгорания влияет на эффективность использования топлива.
13. Дайте определение термину условного топлива. Назовите угольный и нефтяной эквивалент топлива.
14. Как называются устройства для сжигания топлива и как они классифицируются?
15. Назовите составляющие теплового баланса топки.
16. Каковы особенности сжигания топлива в слоевых и факельных токах? Какие виды топлива в них можно сжигать?
17. Как работает ядерный реактор? Какие процессы в нем реализуются?
18. Чем отличаются котельные установки от промышленных печей?
19. Дайте определения ТЭС, ТЭЦ, ПГУ, ПТУ, объясните схему их работы.
20. Дайте определение когенерации. Назовите виды когенерационных систем.
21. Как повысить эффективность использования топлива при выработке электрической энергии?
22. Для каких целей используются графики тепловых и электрических нагрузок? Опишите основные их характеристики.
23. Каким образом транспортируются твердые, жидкие и газообразные топлива?
24. Что влияет на затраты энергии при перемещении жидкого и газообразного энергоносителя?
25. Какие технические элементы и устройства включает система теплоснабжения?
26. С помощью каких мероприятий можно повысить эффективность передачи теплоты от источника к потребителю?
27. Каким параметром определяется эффективность передачи электрической энергии?

28. С какой целью осуществляют мероприятия по компенсации реактивной мощности? Какие методы снижения потерь электрической энергии вы знаете?
29. Источником каких вредных веществ, поступающих в атмосферу, являются энергетические объекты?
30. В чем проявляется воздействие вредных выбросов на окружающую среду?
31. Дайте определение парниковому эффекту.
32. Оказывают ли возобновляемые источники энергии отрицательное воздействие на окружающую среду?
33. Какие мероприятия в сфере энергетики позволяют снизить парниковый эффект?
34. Каковы цели и методы энергетического аудита?
35. Приведите классификацию энергетических балансов по виду и целевому назначению.
36. Какие методы используются для составления энергетических балансов промышленных предприятий?
37. С помощью каких соотношений проводится расчетный анализ энергетических балансов?
38. Каким образом можно рассчитать эффект от реализации организационно-технических мероприятий?
39. Приведите классификацию норм расхода топливно-энергетических ресурсов.
40. С использованием каких соотношений производится расчет норм расхода топливно-энергетических ресурсов?
41. Дайте определение системного финансового анализа. В чем его смысл?
42. Дайте определение динамическому нормативу финансово-экономической устойчивости.

43. Для чего проводится факторный анализ финансово-экономической устойчивости? Какие цели он преследует?
44. Как проводится расчет двухставочного и одноставочного тарифа?
45. Дайте определение дифференцированному по зонам суток тарифу. В каких случаях указанный вид тарифа может быть выгоден промышленному предприятию?
46. Как влияют темпы роста энергопотребления на величину тарифа электроэнергии?
47. Что из себя представляет экологическая составляющая тарифа? Приведите примеры этой составляющей для разных типов электростанций.
48. Дайте определение понятиям риска и неопределенности.
49. что из себя представляет коммерческая, региональная, отраслевая и бюджетная эффективность проекта по энергосбережению.
50. Приведите формы оценки финансовой состоятельности проекта.
51. Приведите методы оценки экономической эффективности инвестиционных проектов. Поясните чем различаются статические и динамические методы?
52. Приведите пример оценки риска методом «дерева решений».
53. Что такое энергетические отходы? Назовите их типы.
54. Что такое ВЭР? Как они классифицируются? Каким параметром определяется энергетический потенциал каждого из видов ВЭР?
55. Как рассчитать удельный и общий выход ВЭР?
56. Как оценить экономию топлива за счет использования тепловых ВЭР или горючих ВЭР?
57. Какие устройства применяются для утилизации древесных отходов с целью получения энергии?
58. Приведите технологическую схему утилизации древесных отходов с целью получения энергии.
59. Какую роль играют теплообменные аппараты в энергосбережении ?
60. Приведите пример использования тепловых ВЭР.

61. С помощью каких устройств утилизируются ВЭР из бытового давления?
62. Для чего предназначены трансформаторы тепла? Назовите их типы.
63. Какие параметры характеризуют эффективность теплового насоса, холодильной машины и комбинированного трансформатора тепла?
64. Объясните принцип работы компрессионного трансформатора тепла.
65. Каков принцип работы абсорбционного трансформатора тепла?
66. Объясните принцип работы адсорбционного трансформатора тепла.
67. Приведите примеры использования трансформаторов тепла.
68. Что такое световая отдача? Для каких целей применяется этот параметр?
69. Перечислите известные источники освещения и назовите их световую отдачу.
70. Какие мероприятия позволяют снизить потребление электроэнергии на освещение?
71. Назовите виды электроприводов. Какие мероприятия позволяют снизить потребление энергии электроприводами?
72. Какие способы регулирования производительности центробежных механизмов используются? Какие из них позволяют достичь максимального снижения потребления электроэнергии?
73. Какие мероприятия приводят к экономии энергии в электротермических установках?
74. Назовите два направления энергосбережения в строительстве, способствующие уменьшению потребления теплоты в зданиях.
75. Что дает утепление ограждающих конструкций зданий? Каким образом оно осуществляется?
76. Каким образом можно снизить потери теплоты через окна?
77. Как рассчитать потери теплоты через ограждения зданий?
78. В чем заключается модернизация систем отопления зданий, направленная на уменьшение теплопотребления?

79. Зачем необходим контроль и учет энергоресурсов?
80. Какие методы используются для определения количества потребляемого топлива?
81. Каким образом можно измерить количество потребляемой теплоты?
82. С помощью каких приборов можно измерить температуру? Как они устроены и каков принцип их работы?
83. Какие приборы используются для измерения расхода теплоносителя? Каков принцип их работы?
84. Что такое инфракрасная термография? Где она применяется?
85. С помощью каких приборов осуществляется учет электрической энергии?
86. Какие электросчетчики предпочтительней использовать?
87. Как работает замкнутая система автоматического регулирования?
88. В чем отличие разомкнутой системы регулирования от замкнутой?
89. Поясните особенности качественного и количественного методов регулирования в системе теплоснабжения.
90. Какова организационная структура управления энергосбережением в РФ?
91. Какие методы экономического стимулирования энергосбережения предусмотрены в законодательстве РФ?
92. Каково значение информационного обеспечения в области энергосбережения?
93. Нарисуйте схему структуры многоступенчатого обучения и переподготовки кадров в области энергосбережения.
94. Какие информационные системы в области энергосбережения вы знаете? Каков принцип их функционирования?
95. Какие методы стимулирования используются за рубежом?

1.13. Библиографический список

Источники

1. ФЗ об энергосбережении.

Основная литература

1. Андрижевский А.А. Энергосбережение и энергетический менеджмент / А.А. Андрижевский, В.И. Володин. - Мн.: Выш. шк., 2005.
2. Голицин М.В., Голицин А.М., Пронина Н.М. Альтернативные энергоносители. – М.: 2004.
3. Кожевников Н.Н., Чинакаева Н.С., Чернова Е.В. Практические рекомендации по использованию методов оценки экономической эффективности инвестиций в энергосбережение: Пособие для вузов. - М.: Издательство МЭИ, 2000.

Дополнительная литература

1. Теплоэнергетика и теплотехника: справочник / Под. ред. Клименко – М.: 2003. .
2. Критерии энергетической эффективности и резерва энергосбережения теплотехнологии, технологических установок, систем и комплексов. А.Д. Ключников. - М.: Изд-во МЭИ, 1996. -38с.
3. А.Г. Вакулко, В.Г. Злобин. Первый шаг к эффективному использованию топливно-энергетических ресурсов // Энергосбережение №1, 2001 г.
4. Критерии энергетической эффективности и резерва энергосбережения теплотехнологии, технологических установок, систем и комплексов. А.Д. Ключников. - М.: Изд-во МЭИ, 1996.
5. Экономика в электроэнергетике и энергосбережение посредством рационального использования электротехнологий. Учебное пособие для вузов/ Коллектив авторов.- СПб., Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отделение. 1998.
6. Энергоаудит. Сборник методических и научно-практических материалов/ Под ред. К.Г. Кожевникова, А.Г. Вакулко.- Некоммерческое Партнерство "Энергоресурсосбережение" - М.: 1999 - 224 с.

7. Непомнящий В.А. Рябов В.С. Экономические проблемы государственного управления топливно-энергетическим комплексом. СПб.: Энергоатомиздат, 2002. – 398 с.

Периодические издания (профессиональные журналы)

1. Энергосбережение
2. Энергетик
3. Промышленная энергетика.
4. Электрика
5. Вестник МЭИ
6. Известия вузов энергетика
7. Новости электротехники

1.14. Информационное обеспечение дисциплины

1. [Центральное Диспетчерское управление \(ЦДУ\) ЕЭС России](http://www.cdu.elektra.ru/)
<http://www.cdu.elektra.ru/>
2. Служба релейной защиты и автоматики ЦДУ ЕЭС России
<http://www.cdu.elektra.ru/rza/>
3. Объединённое Диспетчерское Управление энергосистемами Востока (ОДУ Востока) <http://www.oduv.ru/>
4. ОАО «АМУРЭНЕРГО» <http://www.ae.amur.ru/>
5. ОАО «ДАЛЬЭНЕРГО» <http://www.dalenergo.org/>
6. ОАО «ЗЕЙСКАЯ ГЭС» <http://www.rao-ees.ru/zges/>
7. АББ ВЭИ Метроника www.abb.ru/metronica ; www.izmerenie.ru
8. ЗАО «Взлет» www.vzljet.ru
9. ЗАО «Днепр» www.dnepr-7.ru
10. ЗАО НПФ ЛОГИКА www.logika.spb.ru
11. ООО «НПК «Энергоэффективный город» [teplocom .msk.ru](http://teplocom.msk.ru)
12. ЗАО «Энергетические системы и коммуникации»
www.ensycom.ru

2. ГРАФИК САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Таблица 3

№ тем ы	Содержание	Объем, час	Форма контроля
1.	Тема 1. Графики электрических нагрузок. Оценка экономического эффекта от выравнивания графика электрических нагрузок. Потери на транзит ТЭР.	3	защита докладов, оформление результатов практических работ
2.	Тема 2. Расчет экономической эффективности от замены системы освещения.	3	защита докладов, оформление результатов практических работ
3.	Тема 3. Оценка экономического эффекта от замены централизованного теплоснабжения системой ИК-обогрева	3	защита докладов, оформление результатов практических работ
4.	Тема 4. Нормирование расхода ТЭР	3	защита докладов, оформление результатов практических работ
5.	Тема 5. Выбор наиболее оптимальной тарифной системы для предприятия	3	защита докладов, оформление результатов практических работ
6.	Тема 6. Финансово-экономический анализ предприятия. Определение перспектив энергосберегающей политики	3	защита докладов, оформление результатов практических работ
7.	Тема 7. Выбор объемов закупки угля для обогрева дома с учетом риска и неопределенности	3	защита докладов, оформление результатов практических работ
8.	Тема 1. Графики электрических нагрузок. Оценка экономического эффекта от выравнивания графика электрических нагрузок. Потери на транзит ТЭР.	3	защита докладов, оформление результатов практических работ
9.	Тема 2. Расчет экономической эффективности от замены системы освещения.	3	защита докладов, оформление результатов практических работ
10.	Тема 3. Оценка экономического эффекта от замены централизованного теплоснабжения системой ИК-обогрева	3	защита докладов, оформление результатов практических работ
11.	Тема 4. Нормирование расхода ТЭР	3	защита докладов, оформление результатов практических работ
12.	Тема 5. Выбор наиболее оптимальной тарифной системы для предприятия	3	защита докладов, оформление результатов практических работ
13.	Тема 6. Финансово-экономический анализ предприятия. Определение перспектив энергосберегающей политики	3	защита докладов, оформление результатов практических работ
14.	Тема 7. Выбор объемов закупки угля для обогрева дома с учетом риска и неопределенности	3	защита докладов, оформление результатов практических работ
	Итого	42	

Примечание. Список рекомендуемой литературы для изучения вопросов, вынесенных на самостоятельную работу, приведен в рабочей программе дисциплины.

Темы докладов на самостоятельную работу

- 1 Проблемы энергосбережения в РФ
2. Конструкция и основные характеристики современных систем ИК-обогрева.
3. Современные системы освещения.
4. Системы обогрева в ЖКХ и промышленности
5. Показатели эффективности использования энергетических ресурсов в энергетике.
6. Проблемы теплоснабжения и энергосбережения в энергетике
7. Нормирования расхода энергоресурсов.
8. Энергосбережения в зданиях и сооружениях.
7. Системы электрообогрева помещений и пр.

Возможен также выбор докладов по желанию студента с утверждение темы у преподавателя.

3. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Общая цель занятия: закрепить на практике знания, полученные в лекционных курсе «Энергосбережение».

Практические занятия предусмотрены в рабочей программе в объеме 14 часов. Тематика практических занятий представлена ниже:

Тема 1. Графики электрических нагрузок. Оценка экономического эффекта от выравнивания графика электрических нагрузок. Потери на транзит ТЭР.

Тема 2. Расчет экономической эффективности от замены системы освещения.

Тема 3. Оценка экономического эффекта от замены централизованного теплоснабжения системой ИК-обогрева

Тема 4. Нормирование расхода ТЭР

Тема 5. Выбор наиболее оптимальной тарифной системы для предприятия

Тема 6. Финансово-экономический анализ предприятия. Определение перспектив энергосберегающей политики

Тема 7. Выбор объемов закупки угля для обогрева дома с учетом риска и неопределенности

Практические занятия проводятся согласно методическим указаниям по проведению практических занятий.

На практических занятиях предусматривается решения задач по темам практик, проверка самостоятельной работы студентов, проверка знаний с помощью тестов.

4. КРАТКИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ»

ТЕМА 1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Статистика показывает, что с ростом потребления энергии на одного жителя в год качество жизни повышается. Уровень жизни также зависит и от эффективности использования энергии. Очевидно, что в странах с более высоким потреблением энергии национальный доход на душу населения также выше (табл. 4).

Таблица 4

Показатели эффективности использования энергии стран со сходными климатическими условиями

Страна	энергоресурсов на душу населения, т у.т.	Эффективность использования энергии, дол. США ВВП/кг у.т (рейтинговый показатель)
США	8,3	3,9(8)
Канада	7,9	3,2(9)
Финляндия	6,5	4,8(7)
Швеция	5,8	5,2 (6)
Франция	4,2	6,7(4)
Россия	4,2	0,5(18)
Германия	4,1	7,7(3)
Дания	3,9	10,0 (2)
Швейцария	3,8	12,2 (1)
Чехия	3,8	1,4 (12)
Ирландия	3,7	6,7 (5)
Эстония	3,2	1,3 (14)
Украина	3,0	0,6(17)
Венгрия	2,6	2,0(10)
Польша	2,6	1,7(11)
Беларусь	2,4	1.1(15)
Литва	2,2	0.9(16)
Латвия	1.6	1,6(18)

Потребность страны в энергии R определяется зависимостью

$$R = EN, \quad (1.1)$$

где E - годовое потребление энергии на душу населения; N - количество жителей в стране. Национальный доход на душу населения S - пропорционален эффективности использования энергии:

$$S = f E, \quad (1.2)$$

где f - нелинейный параметр, определяющий эффективность использования энергии. Этот параметр аналогичен коэффициенту полезного действия. Подставив E из (2) в (1), получим

$$R = SN / f. \quad (1.3)$$

Таким образом, из зависимостей (1.1) и (1.3) следует, что потребность страны в энергии может быть удовлетворена или за счет наращивания мощности энергетических установок эффективного использования энергии.

Для решения практических вопросов эффективного использования энергии необходимо знание основных терминов и понятий, связанных с производством, преобразованием, транспортировкой и потреблением энергии, а также непосредственно касающихся энергосбережения. Рассмотрим их с краткими комментариями.

Энергия является мерой способности объекта совершить работу. Известно много видов энергии, например тепловая, механическая, электрическая, излучения, химическая, ядерная, массы. В ряде публикаций теплоту не относят к отдельному виду энергии, а считают лишь формой или способом ее передачи.

Одним из критериев оценки качества энергии принимается доля энергии источника, которая может быть превращена в механическую работу. Широко распространенные и перспективные источники энергии имеют следующие ориентировочные значения этого критерия:

- теплота сжигаемого топлива - 30-46 %;
- электроэнергия - 95 % и более;
- источники механической энергии: ветровая - 30 %, водных потоков рек - 60 %, волновая и приливная – 65 %;
- тепловые возобновляемые источники - 35 %;

•фотоэлектрические преобразователи - 15 %.

Источники энергии делятся на невозобновляемые (истощаемые) и возобновляемые (неистощаемые).

Невозобновляемые источники энергии - это природные запасы вещества и материалов, которые могут быть использованы человеком для производства энергии. В первую очередь к ним следует отнести ископаемые топлива и продукты их переработки: каменный и бурый уголь, сланцы, торф, нефть, природный и попутный газ. Это также отходы некоторых производств: металлургической промышленности, процессов химической и термохимической переработки углеродистого и углеводородного сырья и т.д.

Возобновляемые источники энергии - это источники на основе постоянно существующих или периодически возникающих в окружающей среде потоков энергии: Солнца, ветра, тепловой энергии Земли, морей и океанов, рек, биомассы (растений и животных).

Запасы и перспективы использования различных источников энергии определяются энергетическими ресурсами.

Энергетический ресурс - носитель энергии, который используется в настоящее время или может быть использован в перспективе. В настоящее время основными потребляемыми энергетическими ресурсами являются природные топлива и энергия потоков воды» которые представляют собой не что иное, как преобразованную энергию Солнца. Предварительно переработанный, преобразованный энергетический ресурс, непосредственно используемый на стадии конечного потребления, а также природный энергетический ресурс, потребляемый на этой стадии, называются *энергоносителями*. Примеры энергоносителя - природный газ, мазут (котельное топливо), горячая вода и пар в системах центрального теплоснабжения и т. д.

Энергетические ресурсы подразделяют на первичные и вторичные.

Первичный энергоресурс - энергоресурс, который не был подвергнут какой-либо переработке.

Вторичный энергоресурс (ВЭР) - энергоресурс, получаемый в виде побочного продукта основного производства или являющийся таким продуктом. Фактически ВЭР являются отходами производства. Применение ВЭР позволяет значительно повысить эффективность использования энергии.

Топливо-энергетический комплекс, охватывающий получение, передачу, преобразование и использование различных видов энергии и энергетических ресурсов, называется энергетикой.

Энергетика делится на классическую и неклассическую.

Классическая большая энергетика базируется на использовании ископаемого горючего или ядерного топлива и энергии воды крупных рек (рис. 1). Она подразделяется на теплоэнергетику, электроэнергетику, ядерную энергетику и гидроэнергетику.

Неклассическая энергетика включает возобновляемые источники энергии и ВЭР: энергию Солнца (тепловая энергия, превращенная тепловая энергия, кинетическая энергия, фотосинтез), тепловую энергию Земли, энергию планетарного движения (приливы), ВЭР (тепловые, горючие и перепадов давления).

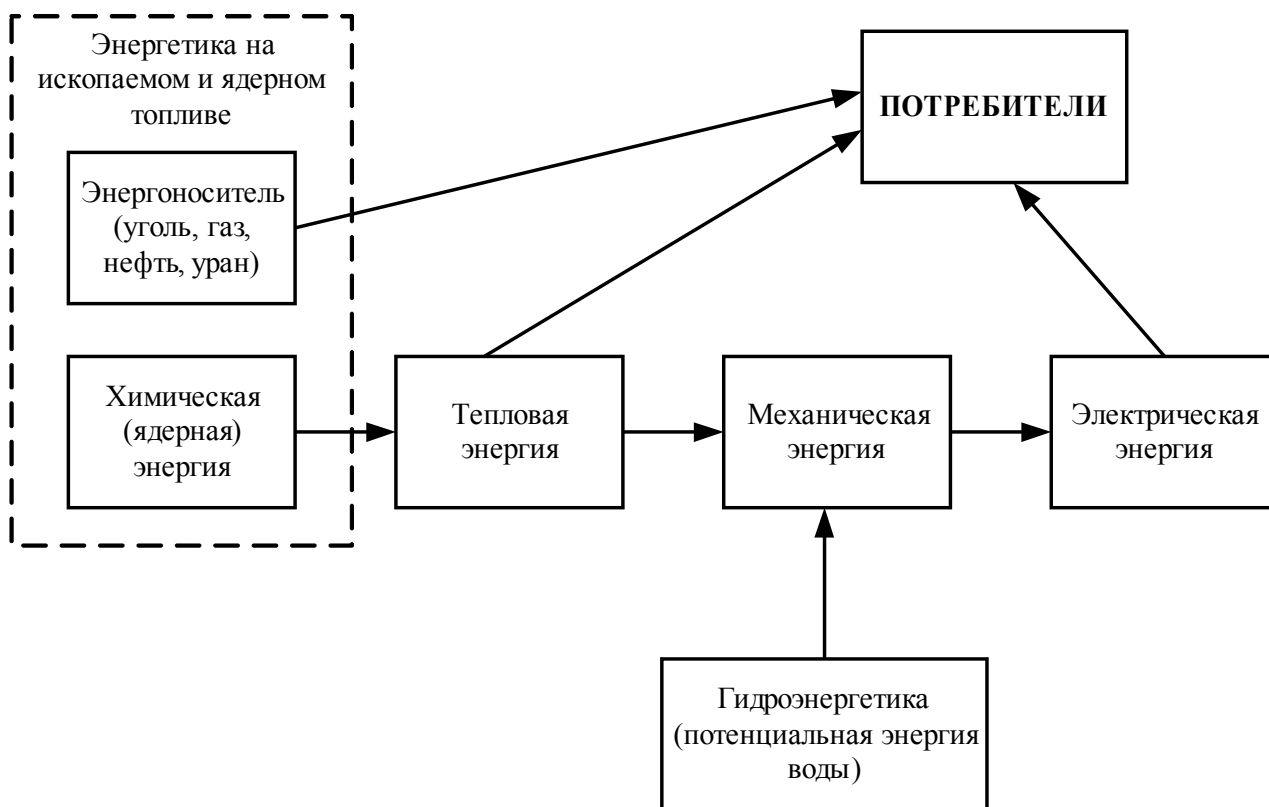


Рис. 1. Энергетическая цепочка, основанная на классической большой энергетике

Энергетические цепочки от источника до конечного потребления энергии включают преобразование энергии в различные виды. Эти процессы и составляют сущность энергетики.

Вместе с тем на каждой стадии производства» передачи и потребления энергии имеются ее потери (чаще всего в виде теплоты), рассеивающейся обратно в окружающую среду.

Решение вопросов уменьшения потерь энергии и ее эффективного использования на всех стадиях составляет сущность энергосбережения.

Энергетический объект – любое сооружение или группа сооружений предназначенные для производства, транспорта, распределения и/или преобразования энергии, а также ее использование для производства продукции.

Энергосберегающая политика государства - правовое, организационное и финансово-экономическое регулирование деятельности в области энергосбережения;

Непроизводительный расход энергетических ресурсов - расход энергетических ресурсов, обусловленный несоблюдением требований, установленных государственными стандартами, а также нарушением требований, установленных иными нормативными актами, технологическими регламентами и паспортными данными для действующего оборудования;

Энергопотребление – физическая величина, отражающая количество потребляемого хозяйственным субъектом энергоресурса определенного качества, которая используется для расчета показателей энергоэффективности.

Энергосбережение – организационная, научная, практическая и информационная деятельность, направленная на эффективное использование энергетических ресурсов и реализуемая с применением технических, экономических и правовых методов. Энергосбережение включает широкий набор взаимосвязанных действий и методов для обеспечения эффективного использования энергии.

Эффективное использование энергии – достижение экономически и социально оправданного уменьшения использования энергетических ресурсов на единицу продукции или услуг при существующем уровне развития техники и технологий и соблюдении требований к охране окружающей природной среды.

Показатель энергоэффективности – абсолютная или удельная величина потребления или потери энергетических ресурсов для продукции любого назначения, установленная государственными стандартами.

Потенциал энергосбережения – объем экономии энергоресурсов на энергетическом объекте, который может дать внедрение соответствующей технологии или реализация энергосберегающего мероприятия.

Экономия энергии – результаты реализации мер, применяемых в целях снижения непроизводительных потерь топлива, электроэнергии, теплоты, механической энергии. Экономия энергии может достигаться пассивными и активными методами.

К пассивным методам, например, относится использование теплоизоляции для уменьшения потерь теплоты в окружающую среду путем применения материалов и конструкций с малой теплопроводностью и теплопередачей.

Активная экономия энергии – регулирование отпуска теплоты на отопление, кондиционирование воздуха и регулирование нагрузки потребительских установок. Активная экономия энергии также включает утилизацию вторичных энергоресурсов. Экономия энергии может достигаться и за счет организационных изменений и внедрения новых систем, например путем использования установок, процессов, продукции или услуг, требующих меньше энергии для работы или изготовления продукции, чем применявшиеся ранее, без ухудшения качественных характеристик производимых изделий или услуг. Кроме того, может проводиться замещение применяющегося энергоносителя другим с достижением экономической выгоды без ущерба для выпуска конечной продукции. Например, в отдельных случаях замещение технологического пара горячей водой приводит к уменьшению непроизводительных потерь теплоты.

Конечный результат экономии энергии может быть прямым и косвенным.

Прямое энергосбережение связано непосредственно с экономией энергетических ресурсов при производстве, преобразовании и транспортировке энергии.

Косвенное энергосбережение связано с экономией материальных неэнергетических ресурсов при их добыче, переработке и эксплуатации и достигается за счет уменьшения материалоемкости выпускаемой продукции, повышения ее надежности и качества, продления срока службы изделий. Примером косвенного энергосбережения могут служить широко используемые для подавления или уменьшения скорости коррозии металлоконструкций электрохимические методы.

Во всех случаях экономия энергии имеет смысл, если при использовании любого метода или принципа, направленного на ее экономию, влияние на окружающую среду минимально, человек не испытывает неудобств и за счет эффективного использования энергии получена прибыль.

Физико-технический анализ проблемы должен быть дополнен экологическим и экономическим анализом.

Наконец, в процессе преобразования энергия различные юридические и физические лица, связанные с производством, транспортировкой и потреблением: энергии, вступают во взаимные контакты с определенными обязательствами. Ил взаимоотношения регламентируются законодательством и относятся к области права.

Таким образом, для решения проблемы эффективного использования энергии необходимо иметь представление и владеть информацией об основах энергетики, экологии, социальной политики, экономики, менеджмента и права, чтобы» обладая соответствующими знаниями и умениями, реализовывать их на практике.

Одной из составляющих энергетического менеджмента является обеспечение энергетической безопасности развития экономики. Сущность и формы реализации энергетической безопасности во многом зависят от уровня энергетической обеспеченности страны.

Составляющими энергетического менеджмента являются:

Энергоаудит – обследование энергетических объектов с целью выявления энергетической эффективности, определения мер по ее повышению и возможностей их реализации, включающее сбор документальной информации, инструментальное обследование, анализ информации и разработку рекомендаций по энергосбережению.

Сбор документальной информации – сбор данных о потреблении энергоресурсов, выпуске продукции, выполнении работ и оказании услуг, о технологических параметрах, технико-экономических показателях, климатических наблюдениях и других данных, которые необходимо учитывать при расчете эффективности энергетического объекта.

В будущем проблема энергообеспечения экономики приобретет еще большую остроту. Для того чтобы увеличить в несколько раз производство валового национального продукта (ВНП) на душу населения, не достигая при этом порогового показателя в 10-12 тыс. дол. США, можно (по примеру таких государств» как Венгрия, Польша, Эстония и др.) Пойти по пути повышения эффективности использования энергии без значительного возрастания энергопотребления. Но чтобы перейти в категорию стран с уровнем производства ВНП в десятки тысяч долларов США на душу населения, необходимо (как это следует из табл. 4) не только значительно повысить энергоэффективность, но и существенно увеличить энергопотребление.

Энергетическая безопасность – состояние защищенности экономик страны, отдельных регионов, предприятий, граждан от угрозы надежному топливно- и энергообеспечению.

Можно выделить следующие обобщенные факторы повышения энергетической безопасности стран с различным уровнем обеспеченности энергетическими ресурсами:

- развитие стратегии, методологии оценки и мониторинг энергетической безопасности.
- модернизация и реструктуризация топливно-энергетического комплекса.

- расширение списка стран-поставщиков и номенклатуры экспортируемых энергетических ресурсов.
- повышение надежности функционирования энергетических установок.
- диверсификация топливно-энергетических ресурсов, использование альтернативных источников энергии.
- повышение эффективности использования энергии за счет разработки и внедрения новых технологий и оборудования в промышленности, сельском хозяйстве, транспорте и социальной сфере.
- реализация существующего потенциала энергосбережения, включая уменьшение потерь энергии, использование вторичных энергетических ресурсов и т.д.
- частичная переориентация на собственные топливно-энергетические ресурсы, включая:

- использование местных видов органического топлива;
- развитие энергетических источников на ядерном топливе и (или) совместная эксплуатация блоков АЭС пограничных стран;
- развитие водородной энергетики;
- использование вторичных энергетических ресурсов;
- использование биологических отходов (биотоплива) в промышленных масштабах, для производстве электроэнергии и теплоты;
- развитие нетрадиционных возобновляемых энергетических источников на основе энергии Солнца, водных потоков, ветра и геотермальных вод.

- долевое участие в разработке и эксплуатации и (или) акционирование предприятий энергетического сектора стран-партнеров.
- разработка совместных со странами-партнерами программ повышения коллективной энергетической безопасности.

В качестве дополнительного критерия энергетической безопасности следует рассматривать наличие национальной информационно-аналитической си-

системы, включая подсистемы мониторинга показателей энергетической безопасности, определения текущих пороговых уровней кризисности состояния энергетической безопасности и составления долгосрочных и среднесрочных прогнозов развития энергетической составляющей экономики.

ТЕМА 2. ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ. ОСНОВНЫЕ (БАЗОВЫЕ) МЕТОДЫ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Классификация первичных энергетических источников

Первичная энергия (первичный энергоресурс) - это энергия, которая содержится в природных источниках и может быть преобразована во вторичную (электрическую, тепловую, механическую) энергию. В балансе первичной энергии на земном шаре можно выделить (рис. 2):

- поток солнечной радиации на земную поверхность;
- коротковолновое и длинноволновое (тепловое) излучение в окружающее пространство.

Если коротковолновое излучение связано с прямым отражением солнечной радиации» то длинноволновое излучение является результатом природных процессов и техногенной деятельности человека.

К природным процессам следует отнести:

- прямое преобразование солнечного излучения в теплоту;
- испарение осадков и, как следствие, преобразование в энергию движения водных сред (рек, морских волн и т. д.);
- преобразование первичной энергии в атмосферные течения (ветровая энергия);
- накопление растительной и животной биомассы с последующим разделением ее на тепловую энергию и потенциальную химическую энергию ископаемого топлива;
- поток тепловой энергии от поверхности Земли (включая тепловое излучение и выброс геотермальных вод).

С техногенной деятельностью человека в первую очередь связано преобразования в тепловую энергию химической энергии органического топлива в ядерной энергии. Данные технология преобразование первичное энергии называются **классическими или традиционными**.

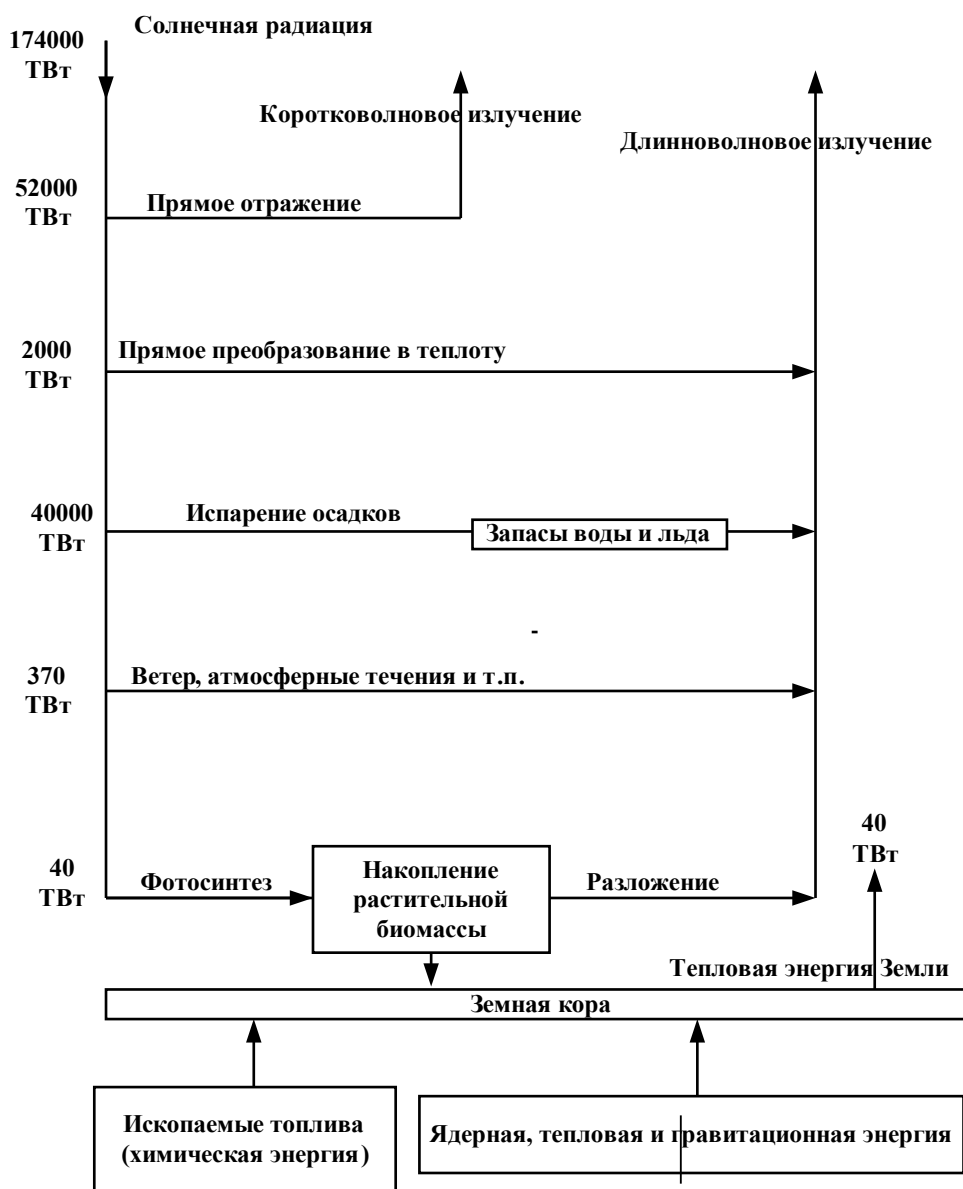


Рис. 2. Диаграмма круговорота первичной энергии на земном шаре

В меньшей степени техногенная деятельность человека связана с прямым использованием солнечной энергии и использованием продуктов ее конверсии. Соответственно данные технологии преобразования первичной энергии называются **неклассическими технологиями**.

Вместе с тем основной ресурс традиционных технологий преобразования первичной энергии - органическое (твердое, жидкое и газообразное) ископаемое топливо-ограниченный (истощаемый) энергоресурс и возможности его использования не бесконечны во времени. В связи с этим более оправданным является разделение первичного энергоресурса на **возобновляемый и невозобновляемый**.

Оправданность приложения базовых понятий **возобновляемый** или **невозобновляемый** энергоресурс к различным видам носителей первичной энергии во многом связана и с технологической деятельностью человека. Иллюстрацией этого может, в частности, служить использование в энергетических целях древесной биомассы.

Местные топливно-энергетические ресурсы

Общие сведения. Весь комплекс первичных энергоресурсов, ограниченных определенной территорией, объединяется понятием местные топливно-энергетические ресурсы.

Безусловно, состав и потенциал местных топливно-энергетических ресурсов различных стран индивидуален и определяется их геологическими и метеорологическими условиями. Соответственно различны схемы и уровень проблем их энергообеспечения.

Энергетические ресурсы занимают главное место в экономике Амурской области. Они включают в себя горючие полезные ископаемые (нефть, газ, уголь, торф) гидротермальные источники, гидроресурсы, а также ресурсы леса, ветра и солнца.

Весьма полно изучены месторождения бурых углей, требуют дальнейшего изучения месторождения каменных углей, слабо изучены в Амурской области месторождения газа и нефти.

1). Горючие полезные ископаемые.

1.1). Нефть и газ.

В Амурской области перспективы нефтегазоносности связывают с Зее-Буреинским, Ушумунским и Верхнезейским нефтегазоносными бассейнами. По мнению специалистов в Зее-Буреинском бассейне возможно обнаружении мелких и средних месторождений нефти с запасами 50-100 млн.т и газа до 5 млрд м³. Мощность Ушумунского нефтегазаносного бассейна оценивается значительно ниже чем Зее-Буреинского. Практически не изучена мощность Верхнезейского нефтегазаносного бассейна.

1.2). Уголь – ведущее полезное ископаемое Амурской области. Его прогнозные запасы составляют 44% от общего экономического потенциала области и оцениваются на сумму более 170 млрд. долл. США. Ресурсный потенциал углей области значительно превышает суммарные ресурсы Хабаровского края, Читинской области, Сахалина и Приморья. Общие прогнозные ресурсы бурых и каменных углей достигают 70 млрд. т., из них 43 млрд. т сосредоточено в Амурско-Зейской впадине.

Балансовые запасы в количестве 3,8 млрд. т. имеют 7 месторождений (Свободное, Сергеевское, Тыгдинское, Ерковецкое, Райчихинское, Архаро-Богучанское и Огоджинское), они представлены в основном бурыми углями – 99,1 %. Все месторождения пригодны для открытой разработки, причем значительная часть разведанных месторождений представлено низкокачественными бурыми углями. Перспективы дальнейшего роста добычи угля в Амурской области связаны в первую очередь с освоением Ерковецкого бурогоугольного и Огоджинского каменноугольного месторождений. Каменные угли преобладающие в Огоджинском месторождении преимущественно марки Д – средне – высокозольные (35%). и рекомендуются в основном в качестве энергетического топлива, ресурсы (465,4 млн.т) (высшая теплота сгорания 7726 ккал/кг, низшая 4653 ккал/кг). Бурые угли преобладающие в Райчихинском месторождении относятся к классу Б2, средней обогатимости (10 - 23,4% зольности), пригодны для использования в качестве энергетического топлива, ресурсные запасы – 40,8 млн. т высшая теплота сгорания 5700-6400 ккал/кг, низшая 3480 ккал/кг). Ерковецкое месторождение – бурые угли относятся к группам Б1 и Б2. Угли группы Б2 аналогичны углям Райчихинского месторождения, прогнозные ресурсы 1,3 млн. т. Тыгдинское месторождение содержит запасы в количестве 410 млн. т. и относятся к технологической группе Б1 средней зольности и высоким содержанием влаги и очень низкой теплотой сгорания, что не позволяет использовать их в качестве топлива. Остальные месторождения имеют значительно меньшую мощность и характеризуются преимущественно неэнергетическими углями.

1.3). Торф. Торфяные месторождения составляют о 0,85% от общероссийских, при этом имеют низкую концентрацию (4,35 тыс. т на 1 км²). Наибольшие прогнозные ресурсы сосредоточены (млн. т) в Зейском – 799,2; Тындинском – 478,9; Селемджинском – 96,3; Сковородинском – 53,4; Мазановском – 50,3; и Архаринском- 53,3 районах.

2). Гидротермальные источники. Разведано Быссинское месторождение азотных кремнистых терм. По изотерме 40 °С при глубине 50 м ореол составляет 0,02 км², а при температуре 10 °С и глубине 50 м 0,68 км². Эксплуатационные запасы термальных вод отнесены к промышленным категория В+С₁ и составляют 560 м³/сут, в том числе категории С₁ – 90 м³/сут. Может быть использовано в комбинированной выработке тепла и обогреве зданий.

3). Гидроресурсы. Оцениваются потенциалом от 46 до 58 млрд. кВт·ч, с экономически эффективным потенциалом в 30 млрд. кВт·ч. Используемый потенциал Зейской ГЭС (1290 МВт) – 6% от общего потенциала. С полным вводом Бурейско ГЭС (2000 МВт) и вводом каскадов Нижнее-Бурейских ГЭС потенциал энергоиспользования увеличится до 18%.

Гидроресурсы малых рек составляют до 127 млн. кВт·ч. и установленной мощностью 40-60 МВт.

4). Лесные энергетические ресурсы. Запас древесины 1859 млн. м³.

5). Гелиоресурсы и ветровые ресурсы. Использование солнечной энергии позволяет получить за год до 200 кВт·ч с 1 м² площади рабочего элемента. Ветроэнергетические ресурсы сосредоточены в основном в Константиновском, Михайловском и Архаринском районах 701 кВт·ч с 1 м² в год, а также для Магдагачинского района - 815, и юга Зейского района – 517 соответственно.

Неклассические и возобновляемые источники энергии. С учетом природных, географических и метеорологических условий Амурской области и РФ в качестве нетрадиционных и возобновляемых местных источников энергии можно рассматривать:

- малые гидроэнергетические и ветроэнергетические установки;
- биоэнергетические установки, или установки по производству биогаза;

- телиоустановки;

- установки для сжигания отходов растениеводства и др.

Хотя эти источники могут в совокупности обеспечивать не более 5 % всей расчетной экономии расхода топлива, их применение очень важно по нескольким причинам:

- во-первых, работы по их использованию будут способствовать развитию собственных технологий и оборудования, которые в последствии могут стать предметом экспорта;

- во-вторых, эти источники, как правило, являются экологически чистыми;

- в-третьих, их применение само по себе обеспечивает воспитание у людей психологии энергосбережения и энергоэффективности, что будет способствовать переходу от расточительной к рациональной экономике.

- в четвертых их использования не требует больших капитальных вложений, а срок окупаемости капиталовложений не превышает 10 лет.

Органическое топливо

Состав топлива. Твердое и жидкое органическое (ископаемое) топливо в общем случае состоит из углерода, водорода, серы, кислорода, азота, минеральных примесей A и влаги W . Состав топлива в рабочем состоянии, в том виде, в котором оно сжигается, выражается следующим образом:

$$C^p + H^p + S^p + O^p + N^p + A^p + W^p = 100\% .$$

Если из рассмотрения исключить влагу, такое топливо перейдет в сухое состояние. Состав топлива как горючего материала, не содержащего минеральные примеси и влагу, определяется в сухом беззольном (горючем) состоянии. Горючими компонентами топлива являются углерод, водород и сера. Чем выше содержание углерода в топливе, тем больше выделяется теплоты при его сгорании. С возрастом топлива содержание углерода в нем увеличивается. Кислород, как и остальные элементы, содержится в виде сложных органических соедине-

ний. Чем больше в них кислорода, тем большая доля углерода и водорода топлива химически связана с ним. С увеличением возраста топлива доля кислорода уменьшается от 45 % у древесины до 2 % у антрацита в горючем состоянии.

Твердое топливо характеризуется также выходом летучих веществ при его нагреве без доступа воздуха. Летучие вещества выходят в виде газов, смоляных и водяных паров. С увеличением выхода летучих веществ проще зажечь топливо и поддерживать его устойчивое горение. У древесины выход летучих веществ составляет 85-90 %, а у антрацитов - 3-4 %.

Жидкие топлива получают путем переработки нефти. Нефть, жидкое горючее полезное ископаемое, представляет собой в основном сложную смесь углеводородов. Из нефти вырабатывают котельное топливо (температура кипения t_k от 830 до 350 °С), дизельное топливо (t_k от 180 до 364) °С), керосин (t_k от 120 до 135 °С), бензин (t_k от 30 до 180 °С) и сжиженный газ с выходом около 1 %.

К газообразному топливу относятся природный газ, попутный и сжиженный газ. В последнее время большое внимание уделяется получению и использованию на основе возобновляемых источников энергии генераторного газа и биогаза. Основным элементом природного газа является метан CH_4 , а также высшие углеводороды C_nH_m , азот N_2 и диоксид углерода CO_2 . Попутный газ получают при добыче нефти. Он содержит больше высших углеводородов. Сжиженный газ получают при первичной переработке нефти и попутных нефтяных газов.

Процесс термической переработки органического топлива. Базовым элементом процесса термической переработки топлива (рис. 3) является химическая реакция окисления под названием *горение*:



В результате этой реакции происходит высвобождение связанной химической энергии в виде тепловой энергии, которую и следует рассматривать как полезный эффект процесса горения.

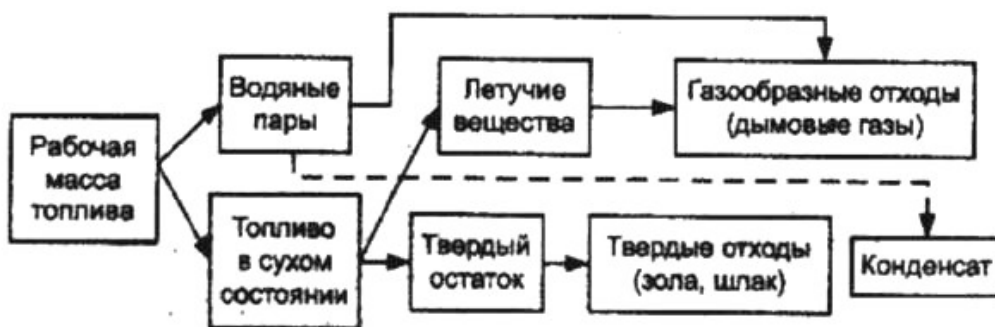


Рис.3. Схема термической переработки топлива

В результате процесса горения образуется два вида отходов:

- газообразные (дымовые газы);
- твердые (зола, шлак).

Следует сразу же указать, что дымовые газы являются носителем значительного количества остаточной (не использованной в рабочей области протекания процесса термической переработки топлива) тепловой энергии. Поэтому они являются основным объектом энергетического менеджмента в рамках технологий производства вторичной энергии на основе органического топлива.

В большинстве случаев для поддержания процесса горения используется атмосферный воздух. От количества кислорода воздуха зависят эффективность процесса горения и получения теплоты. Теоретически необходимое количество воздуха V_0 для полного сгорания единицы топлива можно приблизительно определить по формуле:

$$V_0 = Q_n^p / 3,8 \text{ (м}^3/\text{кг)} \quad (2.2)$$

где Q_n^p - удельная низшая теплота сгорания (калорийность) органического топлива (точность расчетов формуле составляет 10-15%).

Важной характеристикой, определяющей эффективность сжигания топлива, является коэффициент избытка воздуха - отношение количества, воздуха V_e , действительно поданного на горение, к теоретически необходимому расходу:

$$\alpha_e = V_e / V_0, \quad (2.3)$$

Оптимальное значение α_e выбирается в зависимости от вида и состояния топлива, а также от устройства, в котором сжигается топливо. В совершенных

устройствах при сжигании сухого энергетического топлива $\alpha_{\text{с}}$ принимается 1,05-1,1. В несовершенных устройствах, а также при сжигании влажного топлива $\alpha_{\text{с}}$ $\alpha_{\text{в}}$ выбирается от 1,3 до 1,5. При значительном избытке воздуха часть O_2 не окисляет топливо, поэтому требуются дополнительные затраты теплоты на его нагрев, что приводит к перерасходу топлива

Теплота сгорания органического топлива. Основной характеристикой топлива является теплота сгорания - количество теплоты, выделяющейся при полном сгорании единицы топлива. Теплоту сгорания твердого и жидкого топлива относят к 1 кг, а газообразного - к 1 м^3 . Различают высшую $Q_{\text{с}}^{\text{п}}$ и низшую $Q_{\text{н}}^{\text{п}}$ теплоту сгорания.

В первом случае учитывается теплота конденсации водяных паров, образовавшихся в процессе горения. Считается, что все количество водяных паров, которое получается при сжигании единицы топлива, будет полностью сконденсировано. Во втором случае величина энтальпии водяных паров не учитывается. Усредненные характеристики твердых и жидких топлив как по составу, так и по теплоте сгорания приведены в табл. 5. Чем выше в топливе содержание горючих, компонентов, тем больше значение теплоты сгорания.

Таблица 5

Состав (%) и теплота сгорания топлива

Топливо	Состав топлива							МДж/кг
	С	В	N	O	S	A	W	
Торф	25-60	2,6-6	1.1-3,0	15-40	-	6-50	0-95	8-21
Бурый уголь	55-60	4-6,5	-	15-30	-	9-50	35-62	19,3-31
Антрацит	94-97	1-3	1,0	3,0	-	-	-	34,3
Древесина	48-52	6-7	0,1-0,6	43-45	-	-	90-100	12,5
Нефть	82-87	11-14	0,7-1,8	0,1-5,5	0,3	0,4		44,9
Мазут	87,5	10,7	0,7	0,6	0,3	0,2-4,0		40,3-41,3

Энергетические характеристики некоторых видов топлива с учетом $Q_{\text{с}}^{\text{п}}$ и $Q_{\text{н}}^{\text{п}}$ даны в табл. 6.

Таблица 6

Эффект от использования высшей теплоты сгорания топлива

Топливо	$Q_{\text{с}}^p$ кДж/м ³	$Q_{\text{н}}^p$, кДж/м ³	$Q_{\text{с}}^p / Q_{\text{н}}^p$	$Q_{\text{с}}^p - Q_{\text{н}}^p$ кДж/м ³
Природный газ	41255	37260	1,11	3995
Пропан	101800	93565	1,09	8235
Бутах	133990	123515	1,08	10475
Легкое жидкое топливо	38450	36290	1,06	2160

Из таблицы видно, что максимальный энергетический эффект (рис. 4) достигается при использовании природного газа (11 %), а минимальный - жидкого топлива (6%).



Рис. 4. Эффект от использования: а) нижней б) высшей теплоты сгорания

Условное топливо. Для сопоставления различных видов топлива, суммарного учета его запасов, оценки эффективности использования энергетических ресурсов, сравнения показателей теплоиспользующих устройств принята единица измерения *условное топливо*, теплота сгорания которого равна 29,33 МДж/кг. Для сравнительного анализа обычно используется единица измерения *тонна условного топлива*:

$$1 \text{ т у. т.} = 29,33 \cdot 10^9 \text{ Дж} = 7 \cdot 10^6 \text{ ккал} = 8,12 \cdot 10^3 \text{ кВт-ч.}$$

Этот показатель соответствует хорошему малозольному углю, который иногда называется *угольным эквивалентом*. За рубежом для анализа используется условное топливо с теплотой сгорания 41,9 МДж/кг. Этот показатель называется *нефтяным эквивалентом*.

Производство теплоты

Общие сведения. В традиционной энергетике в качестве первичной энергии используется органическое или ядерное топливо, применение которого позволяет получать теплоту. Теплота может использоваться непосредственно или преобразовываться в другие виды энергии: механическую, электрическую.

Технология производства и транспортировки энергии, равномерность ее потребления в течение суток в значительной мере влияют на эффективность использования первичной энергии - органического топлива.

До недавнего времени наибольшее развитие имело направление, связанное с централизованным производством теплоты и электроэнергии. Сейчас получают распространение автономные системы энергоснабжения, включая системы когенерации. **Кооперация** - совместное производство теплоты и электроэнергии на промышленных предприятиях.

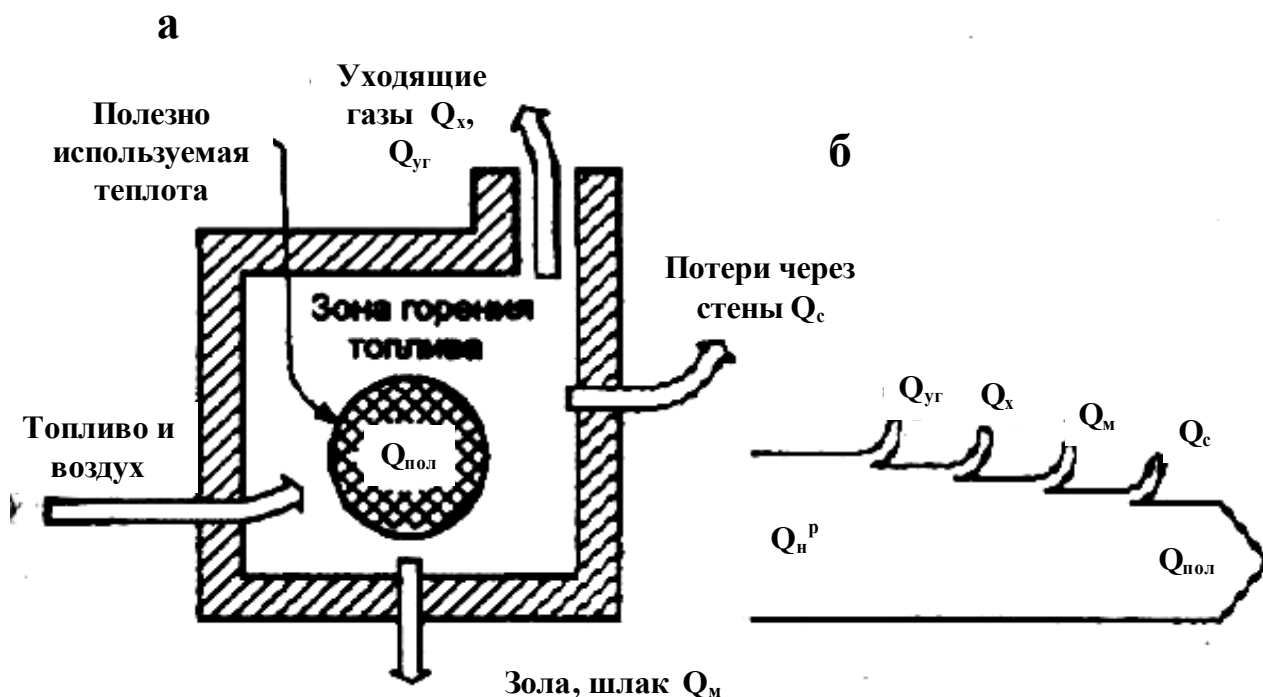
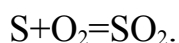
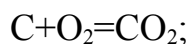


Рис. 5. Технологическая схема топki (а) и ее тепловой баланс (б)

Для получения теплоты из органического топлива применяются топочные устройства, а из ядерного топлива - ядерные реакторы, которые соответственно входят в состав котельных установок и промышленных печей, а также ядерных энергетических установок (ЯЭУ).

Топки. Это устройства для сжигания органического топлива с целью получения теплоты.

Тепловое горение топлива представляет собой различные формы протекания сильно экзотермических химических реакций. Химическая природа горения может быть различной. Наиболее распространено кислородное горение, которое применяется при сжигании топлив. Теория горения базируется на совместном рассмотрении уравнений химической кинетики и тепломассопереноса. Исходные и конечные состояния участвующих в реакциях компонентов можно описать основными стехиометрическими уравнениями реакций горения водорода, углерода и серы:



Технологический процесс термической переработки органического топлива в топке включает ряд последовательных стадий.

В топку (рис. 5,а) подается топливо и воздух. В зоне горения топлива выделяется теплота, равная низшей теплоте сгорания топлива Q_n^p . Часть теплоты используется как полезная энергия $Q_{пол}$. Другая часть выделившейся теплоты теряется в виде механического недожога Q_m с золой и шлаком, с уходящими газами в виде физической теплоты $Q_{уг}$ и не прореагировавших горючих компонентов в виде химического недожога Q_x , а также через стенки топочного устройства Q_c .

Эффективность топки определяется на основании уравнения теплового баланса:

$$Q_n^p = Q_{пол} + Q_{уг} + Q_x + Q_m + Q_c, \quad (2.4)$$

Из уравнения теплового баланса вычисляется коэффициент полезного действия (КПД) топки:

$$\eta_m = Q_{пол} / Q_n^p, \quad (2.5)$$

Тепловой баланс топки можно наглядно представить в виде диаграммы потоков энергии (рис. 5, б).

По своей конструкции топочные устройства делятся на слоевые топки и камерные топки (рис. 6). Рассмотрим принцип их работы.

Слоевые топки применяются для сжигания твердого топлива и по организации процесса горения разделяются на топки с плотным и «кипящим» слоями.

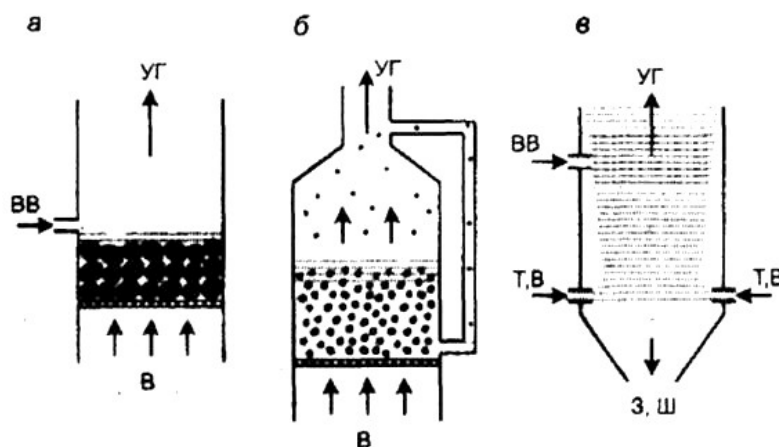


Рис. 6. Схемы слоевых топок: с плотным (а) и «кипящим» (б) слоями, камерной топки (в); В - воздух; ВВ - вторичный воздух Т - топливо; З - зола; Ш - шлак; УГ - уходящие газы

В **топках с плотным слоем** топливо располагается на решетке (колоснике).

В **топках с «кипящим» слоем** топливо парит в воздухе за счет своей мелкозернистой структуры и повышенной скорости воздуха, что позволяет уравнивать частицы в топочном пространстве.

В топках с плотным слоем зона, в пределах которой полностью исчезает кислород, называется **кислородной**.

Ее высота составляет приблизительно три диаметра кусков топлива. Если высота слоя топлива ниже кислородной зоны, то в топку воздух подается с избытком.

В противном случае будет присутствовать восстановительная зона, где образуются горючие газы СО и H_2 . Для их дожигания требуется подача вторичного воздуха, иначе, как и в первом случае, процесс сжигания топлива будет не-

эффективным. Обычно толщина слоя топлива немного превышает высоту кислородной зоны.

В топках с «кипящим» слоем скорость воздуха выбирается такой, чтобы сила, действующая на частицу топлива, уравновешивала силу тяжести, но была недостаточной для его выноса. Средние размеры частиц составляют 2-3 мм при скорости воздуха 1,5-4 м/с. Это обеспечивает хороший контакт с окислителем во всем объеме. Топки с циркулирующим «кипящим» слоем, когда улавливаются недогоревшие частицы и возвращаются обратно, являются более эффективными по характеристикам близки к камерным. В топках с «кипящим» слоем эффективно сжигаются горючие отходы и низкосортное топливо.

Камерные топки делятся на факельные и циклонные.

В **факельных топках** (рис. 6, в) сжигается газообразное, жидкое и пылевидное твердое топливо. В процессе сжигания газообразное топливо подается через газовые горелки, в которых готовится топливовоздушная смесь при α_v , равном 1,05-1,3. Жидкое топливо подается через форсунки, с помощью которых оно распыляется и смешивается с воздухом при α_v , принимающем значения 1,1-1,3. Камерные топки позволяют сжигать предварительно измельченные отходы углей, древесную пыль. Твердое топливо вдувается через пылеугольные горелки с первичным воздухом. Вторичный воздух подается отдельно и смешивается с пылью в процессе горения.

В **циклонных топках** используются частицы топлива с диаметром меньше 5 мм при скорости воздуха до 100 м/с, подаваемого в виде закрученного потока. При этом достигаются температуры, близкие к 2000 °С. Данные топки в основном используются как технологические, в том числе и для обезвреживания сточных вод. В некоторых случаях возникают проблемы при удалении шлака, который выходит в жидком состоянии.

Ядерный реактор. Ядерное топливо сжигается в реакторах атомных электростанций и теплоцентралей (рис. 7). При бомбардировке ^{235}U тепловыми нейтронами ядро атома захватывает и поглощает нейтроны, а затем распадается на два осколка. При каждом акте деления в среднем выделяются два-три быстрых

нейтрона и энергия 200 МэВ в виде теплоты. В типичной химической реакции ее выделяется менее 10 эВ на атом ($1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$). Теплота передается теплоносителю в зависимости от конструкции ядерного реактора: воде, водяному пару, газу или жидкому металлу. Для возникновения и поддержания цепного деления необходима загрузка в активную зону ядерного топлива в количестве, равном критической массе. Она зависит от энергии нейтронов, геометрической формы урана, концентрации изотопа ^{235}U и наличия отражателей. Замедлитель служит для уменьшения энергии быстрых нейтронов до тепловых ($\approx 0,025 \text{ эВ}$). Система управления и защиты (СУЗ) служит для управления реактором путем изменения площади поглощающих регулирующих стержней для захвата нейтронов. Биологическая защита обеспечивает безопасность персонала и окружающей среды.

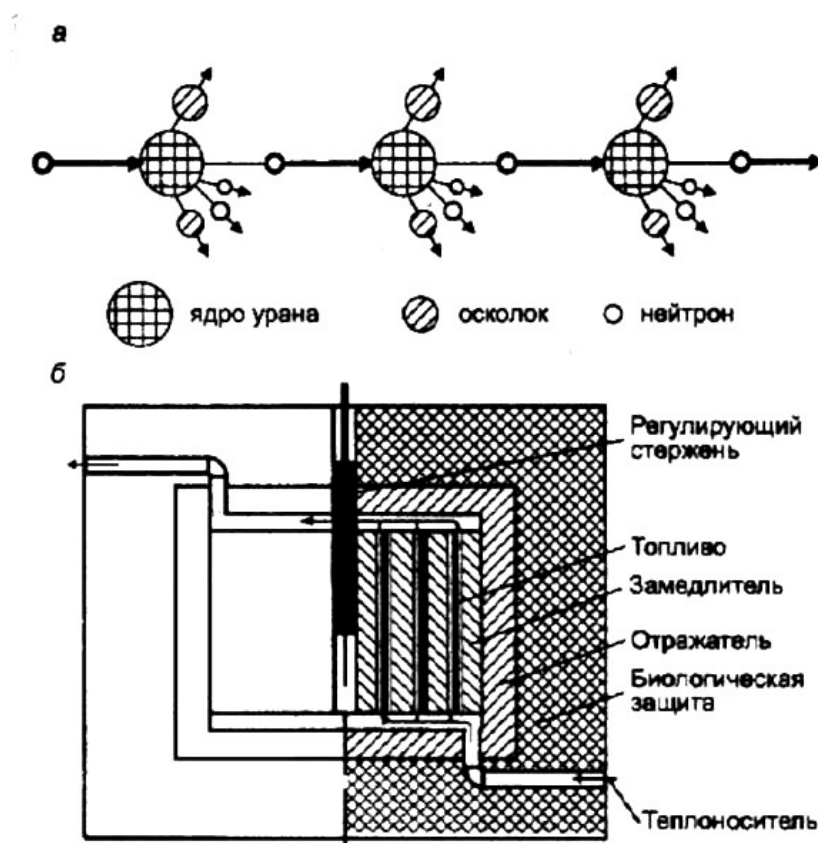


Рис. 7. Схема: управляемой ядерной реакции (а)
и канального ядерного реактора на тепловых нейтронах (б)

Энергетические характеристики топок и ядерных реакторов, Валовой мощностью (производительностью) топки Q_{Σ} называют произведение часового расхода сжигаемого топлива B и его низшей теплоты сгорания:

$$QB = Q_{\Sigma} \quad (2.6)$$

Удельная мощность слоевой топки определяет тепло-напряженность зеркала горения:

$$q_v = Q_{\Sigma} / F_{\Sigma}, \quad (2.7)$$

где F_{Σ} - площадь горящего на решетке слоя топлива. Величина q_v лежит в пределах $(0,8-2,3) \cdot 10^3$ кВт/м², чаще всего $q_v = 1000$ кВт/м².

Удельная мощность камерной топки определяется тепловым напряжением топочного пространства:

$$q_v = Q_{\Sigma} / V_m, \quad (2.8)$$

где V_m - объем топочного пространства. Величина q_v для факельных топок составляет 140 - 350 кВт/м³.

Удельную мощность слоевой топки иногда также относят к объему топочного пространства. В ядерном реакторе в качестве «топочного» пространства берется объем активной зоны.

Разновидностью «топок», где сжигается топливо, являются камеры сгорания двигателей внутреннего сгорания (ДВС), газотурбинных установок (ГТУ), реактивных двигателей.

Котлы и печи. Топки входят в состав котельных установок (котлов) и промышленных печей. В котлах полученная теплота передается промежуточной транспортной среде - теплоносителю и с его помощью используется конечными потребителями вне котла в форме теплоты или преобразуется в другие виды энергии (механическую, электрическую). В промышленных печах теплота используется непосредственно для термической обработки сырья и готовой продукции.

Котлы по своему назначению делятся на **паровые и водогрейные**.

Паровой котел предназначен для производства насыщенного или перегретого пара из воды.

Водогрейный котел предназначен для нагрева воды. Циркуляция теплоносителя в котлах может быть естественной или принудительной. Пар или нагретая вода с давлением выше атмосферного используется вне котла как источник теплоты. Простейший котел представляет собой комбинацию топки и сосуда под давлением, в котором нагревается вода или генерируется на рис. а).

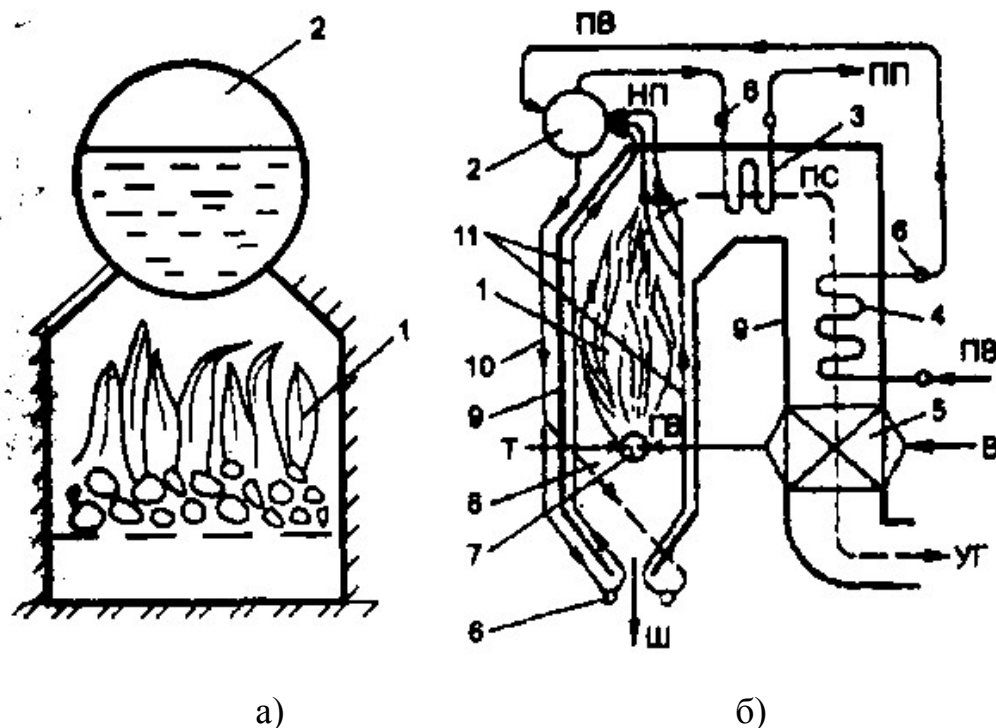


Рис. 8. Схемы простейшего (а) и современного (б) паровых котлов: 1 - факел пламени; 2 - барабан; 3 - пароперегреватель; 4 - водяной экономайзер; 6 - воздухоподогреватель; 6 - коллекторы; 7 - горелка; 8 - топка; 9 - ограждающая поверхность; 10 - опускная труба; 11 - «кранные трубы; ПВ - питательная вода; НП - насыщенный пар; ПП - перегретый пар; Т - топливо; В - воздух; ГВ - горячий воздух; ПС - продукты сгорания; УГ - уходящие газы

Рассмотрим более подробно принцип работы современного парового котла с естественной циркуляцией (рис. 8, б). Теплота, выделяющаяся при сгорании топлива в топках котлов, передается воде или пару. В топку котла подаются топливо и горячий воздух. Из барабана котла по опускным трубам, отделенным от топки экранами (стенками газоходов), вода поступает в парогенерирующие трубы, где нагревается и испаряется. Затем пар поступает в барабан и смешивается с питательной водой. Далее пар направляется в пароперегреватель,

где нагревается отходящими газами. Неиспользованная теплота уходящих дымовых газов применяется для предварительного нагрева питательной воды в экономайзере и воздуха в воздухоподогревателе. Экономайзер и воздухоподогреватель представляют собой рекуперативные теплообменные аппараты, в которых физическая теплота уходящих дымовых газов передается рабочей среде. За счет предварительного подогрева питательной воды и воздуха достигается более высокий процент (90-95 %) полезного использования первичной энергии, полученной при сжигании топлива. В результате обеспечивается энергосберегающий эффект.

Эффективность использования первичной энергии в котлах, как и в топках, приближенно определяется уравнениями теплового баланса (2.1) и КПД (2.2).

Печи - устройства, применяемые для тепловой обработки материалов или изделий либо для отопления.

По области применения печи делятся на **промышленные и бытовые**.

По назначению печи делятся на **плавильные, нагревательные, обжиговые, сушильные, отопительные, хлебопекарные** и др.

В промышленных печах теплота передается обрабатываемому материалу (рис. 9), в отопительных печах – аккумулирующим стенкам, которые, остывая, выделяют эту теплоту в отапливаемое помещение.

В промышленных печах нагрев материала при температуре компонентов горения T_2 может проводиться непосредственно в топке или вне топки в дополнительной камере (рис. 9) продуктами сгорания, полученными в выносной топке. Печи бывают **периодического и непрерывного** действия.

Многие промышленные печи характеризуются низким коэффициентом полезного действия (порядка 25 %). Это обусловлено высокотемпературной обработкой материалов, при которой уходящие газы имеют температуру 750-1600 °С, неудовлетворительной организацией топочных процессов горения и потерями теплоты через ограждающие поверхности.

В печах для технологических процессов используется часть энергии, которая является полезной:

$$Q_{\text{пол}} = M c (t_2 - t_1) \pm Q_{\text{р}} \pm M c_{\text{пр}} (t_2 - t_1), \quad (2.9)$$

где c – теплоемкость материала загрузки; M – масса полезной загрузки; t_1 и t_2 – начальная и конечная температуры загрузки; $Q_{\text{р}}$ – теплота химической реакции; $c_{\text{пр}}$ – приведенная теплоемкость загрузки.

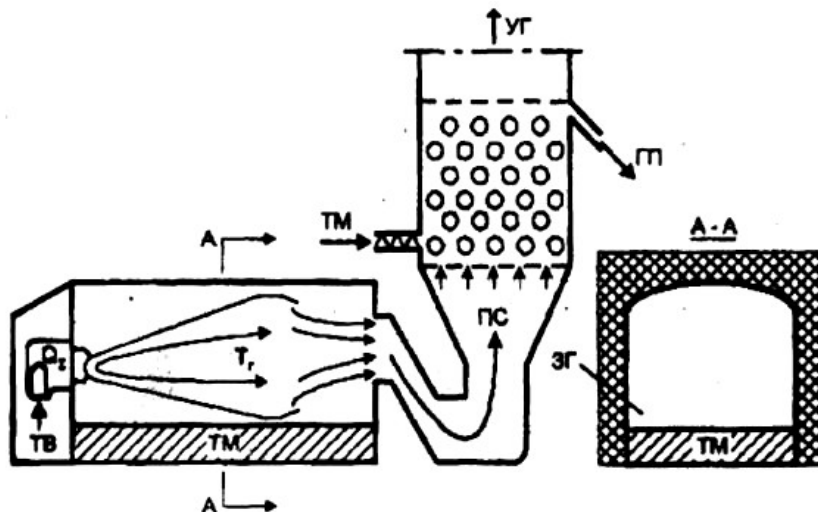


Рис.9. Гибридная двухкамерная промышленная печь: ТВ - топливо и воздух; ТМ - технологический материал, подвергаемый термообработке; ЗГ - зона горения топлива; ПС - продукты сгорания; УГ - уходящие газы; ГП - готовая продукция

Тепловой коэффициент полезного действия печи рассчитывается по формуле (2.2). Полезная мощность печи - по соотношению

$$P = \frac{c_{\text{пр}} M c (t_2 - t_1)}{\tau_n}, \quad (2.10)$$

где τ_n - время нагрева печи.

Экономия энергии в котлах и печах может быть достигнута:

- оснащением их электронными регуляторами для подачи топлива и воздуха с оптимальным коэффициентом избытка последнего;
- использованием эффективной изоляции ограждающих поверхностей для снижения потерь теплоты высокотемпературных отходящих газов в производственных и непроизводственных целях;

• применением конденсационных теплообменников на выходе низкотемпературных отходящих газов.

В последнем случае утилизация теплоты позволяет использовать высшую теплоту сгорания топлива. Применение всех перечисленных мер приводит к повышению КПД котлов и печей до 95 %. Такие теплогенерирующие устройства будут близки к совершенству.

ТЕМА 3. ОСНОВНЫЕ (БАЗОВЫЕ) МЕТОДЫ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ. ПРОИЗВОДСТВО ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.

Электрическая энергия является наиболее удобным видом энергии как для транспортировки, так и для конечного потребления. В традиционной энергетике для производства электроэнергии используют теплоту, которая в начале преобразуется в механическую работу, а затем в электрическую энергию. Преобразование теплоты в механическую работу осуществляется с помощью тепловых машин: паросиловых установок, ДВС и ГТУ. Эффективность тепловых машин определяет их КПД. Максимальный термический КПД достигается в идеальной тепловой машине, работающей без трения:

$$\eta_m = \frac{Q_{пол}}{Q_T} = \frac{T_z - T_x}{T_z}, \quad (3.1)$$

где T_T - температура источника теплоты, К;

T_x - температура приемника теплоты (холодильника), К.

Эффективность реальных тепловых машин определяется также значением КПД, который зависит как от совершенства термодинамического цикла, так и от качества изготовления машины. Термический КПД цикла увеличивается с ростом разности температур $T_T - T_x$. Здесь ограничением обычно является температура источника, которая определяется свойствами конструкционных материалов.

Например, в паровых турбинах на сегодняшний день максимальная температура пара составляет 560 °С. Качество изготовления тепловой машины

влияет на КПД из-за потерь при прохождении рабочего вещества по ее тракту, когда имеются дополнительные потери энергии на преодоление сопротивления трения и местных сопротивлений. Кроме того, на эффективность использования энергии первичного источника теплоты в тепловых машинах влияет также трение в перемещающихся сопряженных деталях машин. Для снижения этой отрицательной составляющей применяются смазка и специальные устройства - подшипники.

Электроэнергия получается на тепловых (конденсационных) электрических станциях (ТЭС) и теплоэлектроцентралях (ТЭЦ). На ТЭС для конечного потребления производится только электроэнергия, а на ТЭЦ - дополнительно теплота.

В состав технологических схем ТЭС и ТЭЦ (рис. 10) паросиловая установка с турбиной. По принципу работы турбины делятся на активные и реактивные.

В *активных турбинах* кинетическая энергия потока пара преобразуется в механическую работу.

В *реактивных турбинах* теплота преобразуется в работу за счет расширения пара.

В соответствии со вторым законом термодинамики в механическую работу может быть преобразовано до 45 -46 % теплоты, так как часть ее необходимо отдавать холодильнику, которым служит окружающая среда.

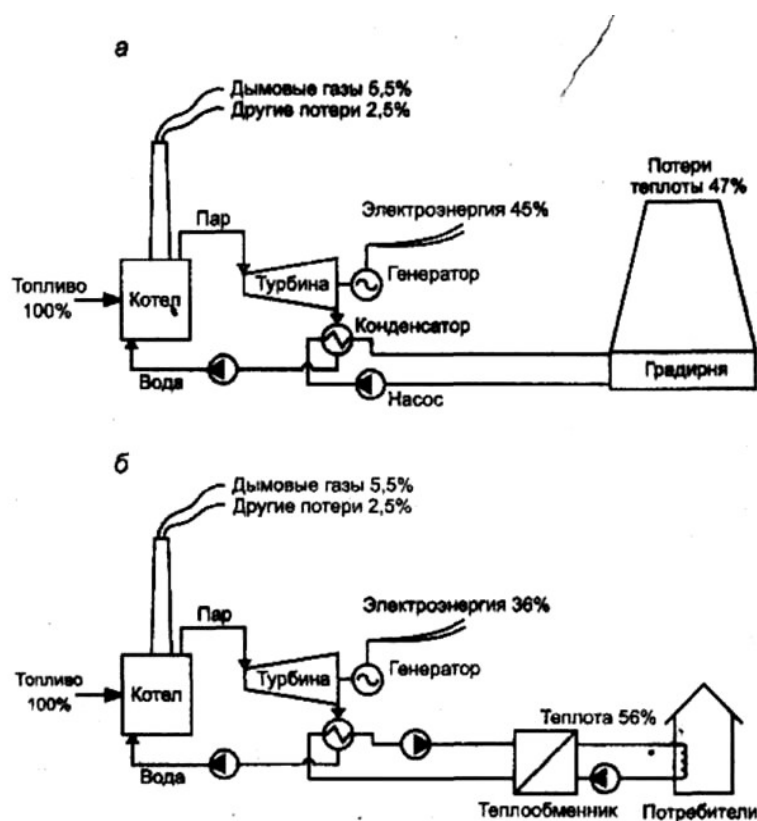


Рис. 10. Принципиальные схемы ТЭС (а) и ТЭЦ с противодавленческой турбиной (б)

Поэтому при производстве на ТЭС только электроэнергии КПД "использования первичного топлива не превышает 45 %. Оставшаяся часть энергии не используется, отводится от конденсатора и передается окружающей среде с помощью системы охлаждения водой (47%), дымовыми газами (5,5 %), через ограждающие стенки котлов и трубопроводы (2,5%). Такая схема позволяет достичь максимума выработки электроэнергии за счет приближения температуры рабочего вещества в холодильнике (конденсаторе) к температуре окружающей среды.

Если повысить температуру рабочего вещества в охладителе выше 100 °С, то охлаждающая вода будет иметь температуру, которая позволит использовать отработанную теплоту в тепловой машине для нужд теплоснабжения. При этом КПД использования энергии первичного топлива может достигать 92 % в ТЭЦ с противодавленческими турбинами (рис. 10, б). Из них 36 % приходится на электроэнергию, а 56 % - на теплоту. Причем это соотношение остается по-

стоянным, что не всегда является оптимальными, так как потребности в электричестве и теплоте изменяются в течение суток, недель и сезонов.

Недостаток ТЭЦ с противодавленческими турбинами может быть преодолен на экстракционных ТЭЦ с турбинами, оснащенными устройствами отбора пара. На экстракционных ТЭЦ отпуск теплоты потребителям может изменяться в широких пределах - от его прекращения до максимального значения, соответствующего ТЭЦ с противодавленческой турбиной. Таким образом, экстракционная ТЭЦ занимает промежуточное положение между ТЭС и ТЭЦ с противодавленческой турбиной, что позволяет гибко удовлетворять нужды потребителей в соответствии с графиками тепловой и электрической нагрузок и в то же время добиваться энергосберегающего эффекта за счет более эффективного использования энергии первичного топлива. Схема получения теплоты и электроэнергии на атомных электрических станциях (АЭС) и теплоэлектроцентралях (АТЭЦ) отличается лишь способом генерирования теплоты, которая высвобождается в ядерном реакторе, а затем передается рабочему веществу паротурбинной установки. В зависимости от теплоносителя, используемого в реакторе, конструкции ядерных энергоустановок могут быть, двух- или трехконтурными. Одноконтурные схемы ядерных энергоустановок применяются в АЭС с газовыми и водяными реакторами; двухконтурные - в АЭС с водоводяными реакторами, а трехконтурные - в АЭС с жидкометаллическим теплоносителем. Пример одно- и двухконтурной схемы АЭС дан рис. 11. Дополнительные контуры ядерных энергетических установок требуются для предотвращения выноса радионуклидов в последний контур с теплосиловым оборудованием. Они обеспечивают безопасную работу АЭС.

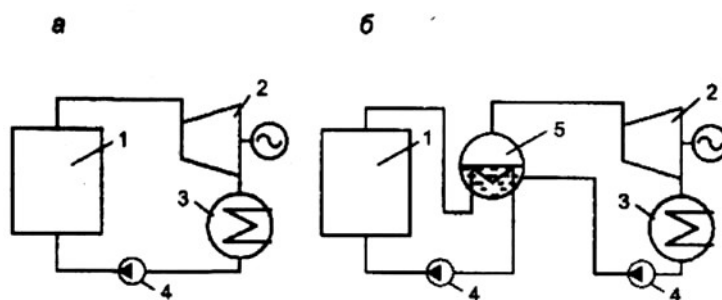


Рис. 11. Принципиальная схема одноконтурной (а) и двухконтурной (б) АЭС: 1 - реактор; 2 - турбогенератор; 3 - конденсатор; 4 - циркуляционный насос;
б- парогенератор

В настоящее время на ТЭС и ТЭЦ наряду с паротурбинными установками (ПТУ) получают распространение парогазовые установки (ПГУ), работающие по комбинированной схеме (рис. 12). В первой ступени ПГУ с газовой турбиной в качестве первичного источника энергии и рабочего тела используется природный газ, а вторичным рабочим телом являются продукты сгорания. Во второй ступени источником энергии служат выхлопные газы турбины, а рабочим телом - пар, генерируемый в парогенераторе с их помощью. За счет реализации такой схемы на тэц увеличивается средняя температура подвода и уменьшается средняя температура отвода теплоты, что приводит к росту производимой полезной работы $L = L_1 + L_2$ и доли выработки электроэнергии с 36-46 до 38-65 %.

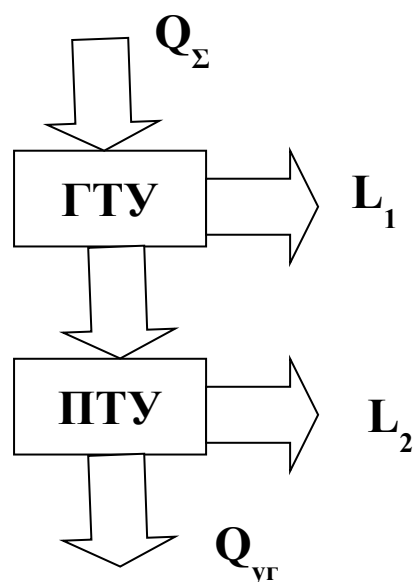


Рис. 12. Схема работы ПГУ

Автономное энергоснабжение

В определенных случаях автономное энергоснабжение с использованием мини-котельных и малых ТЭЦ является более эффективным, чем централизованное. При таком подходе в качестве топлива наряду с ископаемым могут ис-

пользоваться горючие отходы промышленности и сельского хозяйства: древесные отходы, старые покрышки, солома, лигнин и др. В настоящее время как в Беларуси, ТАК и за рубежом производится большое количество разного оборудования для автономного энергоснабжения, Которое монтируется в непосредственной близости от потребителей. Беларусь выпускает котлы и котельные установки различных модификаций: блочно-модульные, крышные. Их применение позволяет снизить потери теплоты при ее транспортировке и вовлечь в оборот топливо с небольшой теплотой сгорания (до 10 МДж/кг), повышенной влажностью и зольностью. КПД таких энергоустановок несколько ниже, чем крупномасштаб-ных, и составляет примерно 86 %.

Многие промышленные предприятия потребляют на технологические нужды тепловую энергию, генерируемую в виде пара. Они также используют электроэнергию, Необходимую для технологических потребителей, освежения, систем сжатого воздуха, вентиляции и кондиционирования воздуха в зданиях и других нужд.

Как правило, пар генерируется в производственных котельных, а электроэнергия поставляется централизованно. Однако современные технологии позволяют на предприятиях наряду с выработкой пара совместно производить и электроэнергию. Такое направление в промышленной энергетике называют когенерацией. Например, в США за последние 10 лет более чем половина введенных мощностей новых энергоустановок связана с когенерацией. Эти установки сейчас производят 9 % электроэнергии.

Имеется три типа базовых когенерационных систем:

- с двигателем внутреннего сгорания;
- с паротурбинной установкой;
- с газотурбинной установкой.

Каждая из этих систем характеризуется коэффициентом выработки электроэнергии C , определяемым отношением электрической мощности к тепловому потоку технологического пара, диапазоном мощностей AN установок, типичной мощностью системы N и типом используемого топлива (табл. 7).

Параметры базовых систем когенерации

Характеристика	Тепловая машина когенерационных систем		
	ДВС	ПТУ	ГТУ
C_p	больше 1	0,1-0,2	0,6-1,0
$\Delta N, \text{МВт}$	0,01-16	0,01-400	0,02-300
$N, \text{МВт}$	1	10	5
Топливо	Бензин, дизельное топливо, природный газ, биогаз	Природный газ, уголь, нефть, биомасса, древесина, твердые бытовые отходы	Природный газ, керосин

Первая система представляет собой ДВС, в котором механическая работа преобразуется в электроэнергию, а теплота выхлопных газов используется для генерации пара с давлением не выше 0,207 МПа. Данный тип когенерационной системы характеризуется высоким коэффициентом выработки электроэнергии. Рассмотрим схему когенерационной системы на базе ПТУ (рис. 13, а). Она включает котел для генерирования пара высокого давления (303 МПа) с температурой 600 °С и противодавленческую турбину, которая выполняет функции редукирующего устройства для снижения давления пара. После турбины пар поступает на технологические нужды. При необходимости часть пара из котла, минуя турбину, проходит через редуктор и также направляется на технологические нужды. В связи с отсутствием конденсатора, а следовательно, и дополнительных потерь КПД данной системы может составлять 95-96 %.

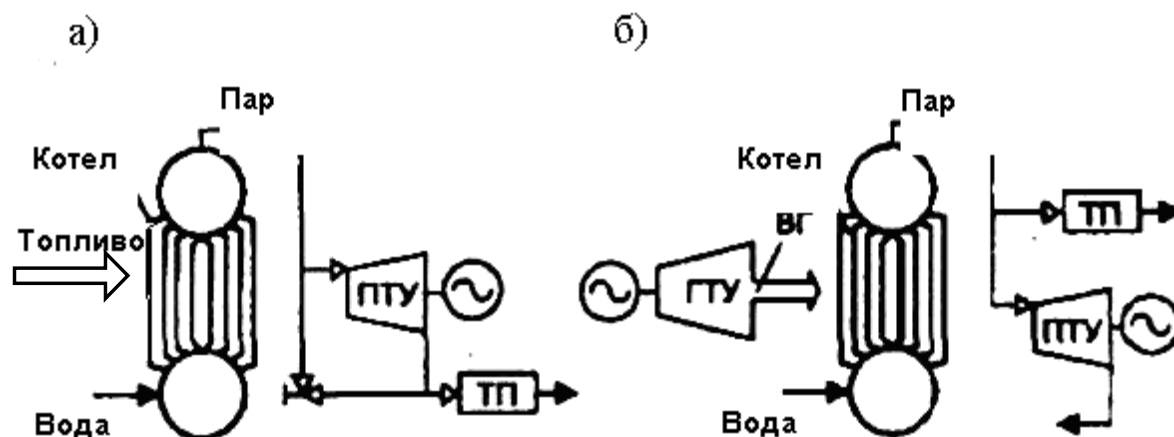


Рис. 13. Схемы систем когенерации с паротурбинной (а) к газотурбинной (б) установками: ТП - технологические потребителя пара; ВГ - выхлопные газы

В когенерационной системе на базе ГТУ (рис. 13, б) для производства пара в качестве источника теплоты используются отработанные газы. Данная система требует высококачественного топлива. Она может быть комбинированной и дополнительно включать паровую турбину. Тогда объем генерируемой электроэнергии возрастает и коэффициент ее выработки C , может достигать значения, равного 1,5.

Таким образом, если потребность в технологическом паре уменьшается, может больше вырабатываться электрической энергии, которая при избытке передается внешним потребителям. Такая технология способствует повышению эффективности использования первичной энергии.

Система когенерации уменьшает стоимость топливной составляющей на 30-40 % в зависимости от цены энергии. Одна из таких систем на базе ПТУ внедрена и работает на Слонимском картонно-бумажном заводе.

Потребление энергии и эффективность энергоустановок

Потребление тепловой и электрической энергии происходит неравномерно в течение суток, недели, года. Это связано с особенностью работы промышленных, коммунально-бытовых и сельскохозяйственных потребителей, электротранспорта.

Характер изменения потребления энергии удобно представлять в виде графиков тепловой и электрической нагрузок. Различают *хронологические* (календарные) *графики* и *графики продолжительности нагрузки*.

Первый, с характерными максимумами и минимумами, отражает последовательность изменения нагрузки во времени. Второй показывает продолжительность времени, в течение которого имеются те или иные нагрузки. Например, минимальная нагрузка имеет место в течение всех 24 часов. Кроме суточных строят также недельные, месячные и годовые графики максимумов нагрузок.

В зависимости от решаемых задач графики нагрузок могут характеризовать потребление энергии в энергетической системе в целом, отдельными потребителями в системе, отдельно на промышленном предприятии.

Изменение нагрузок может носить статический и динамический характер.

Статические нагрузки являются повторяющимися при неизменных составах потребителей и режимах потребления энергии.

Динамические нагрузки определяются изменением состава потребителей и режима потребляемой ими энергии. Энергоустановки должны бесперебойно обеспечивать потребителей необходимым количеством энергии в соответствии с графиками нагрузки. Избыток электрической энергии можно передавать в сеть, в то время как теплоты должно производиться столько, сколько требуется потребителю. Иначе будут иметь место ее непроизводительные потери.

Наличие графиков нагрузки позволяет планировать оптимальную работу энергоустановок, которые имеют максимальный КПД на номинальном режиме. Это такой режим, который обеспечивает максимальную выработку энергии при минимальном потреблении первичной энергии в виде топлива.

Для того чтобы работа энергоустановок была эффективной, их разделяют по продолжительности работы на базовые, пиковые и полупиковые.

Базовые энергоустановки работают 6000-7000 ч в году т. е. практически постоянно. Они обеспечивают при работе на номинальном режиме покрытие части графика нагрузки с минимальным потреблением энергии P_{min} .

Пиковые энергоустановки работают периодически до 2000 ч в год и запускаются для покрытия нагрузки в зоне между максимальной P_{max} и средней P_{cp} нагрузками.

Полупиковые энергоустановки покрывают часть графика в области между P_{cp} и P_{min} .

«Кроме того» маневренность в выработке энергия повышается, когда энергетические установки имеют блочное исполнение. Отдельные блоки могут работать в пиковом режиме.

Комплексное применение базовых и пиковых энергоустановок, в том числе и в блочном исполнении, позволяет наиболее эффективно использовать первичную энергию топлива, так как они работают в оптимальном режиме покрытия нагрузок с максимальным КПД.

Потенциал возобновляемых источников энергии

Возобновляемый энергетический ресурс - постоянно действующие или периодически возникающие потоки энергии в результате естественных природных процессов.

В настоящее время в качестве возобновляемых энергоресурсов используются солнечное излучение, энергия планетарного движения в виде приливов и отливов, энергия химических реакций и радиоактивного распада в недрах Земли, проявляющаяся в виде геотермальных источников. К возобновляемым источникам также относится преобразованная энергия Солнца в виде гидроэнергии, энергии ветра и биомассы.

Согласно прогнозам Мировой энергетической комиссии о перспективах использования возобновляемых источников энергий (табл. 8) главенствующая роль принадлежит биомассе. К перспективным возобновляемым источникам энергии следует отнести также гидроэнергию, энергию ветра и Солнца.

Геотермальные воды в качестве промышленного источника энергии в настоящее время не рассматриваются, поскольку представляют собой рассолы с большой концентрацией солей.

Таблица 8

Оценка возможной доли возобновляемых источников энергии в мире

Ресурсы возобновляемых источников энергии	2020 г. (min)		2020 г. (max)	
	млн т.т.	% к итогу	млн т.т.	% к итогу
Биомасса	350	47	800	43
Солнечная энергия	150	20	510	28
Ветровая энергия	120	16	810	17
Геотермальная энергия	во	8	180	7
Малые и мини-ГЭС	70	9	100	5
Итого	750	100	1850	100
Процент общих энергетических потребностей	-	8-4	-	8-12

Характерной особенностью возобновляемых источников является то, что потоки энергии могут быть использованы лишь частично. Кроме того, они от большинства возобновляемых источников поступают периодически, что является их неотъемлемым свойством. Каждый из этих источников также характеризуется набором дополнительных параметров, которые влияют на интенсивность потоков энергии. Например, периодичность энергии ветра составляет один год, а определяющими параметрами являются скорость ветра и высота размещения оси ветродвигателя.

Энергетика на возобновляемых источниках энергии должна ориентироваться только на существующие ресурсы для данного региона. Масштабному их использованию должен предшествовать тщательный мониторинг, поскольку необходимо знать мощность источников и потребности региона в энергии, в том числе структурные.

Периодический характер потоков энергии во времени не всегда согласуется с реальными потребностями в энергии.

Максимум поступления энергии приходится на летние месяцы и дневное время. Наибольшая же потребность в теплоте - на зиму, утреннее и вечернее время.

Географическое положение региона также влияет на интенсивность и регулярность потоков возобновляемой энергии. Например, скорость ветра в прибрежных зонах морей и океанов выше, чем в континентальных.

Плотность потоков энергии от невозобновляемых источников намного выше, чем от возобновляемых. В паровых котлах она равна 100 кВт/м^2 , в ядерных реакторах - от 2 до 5 МВт/м^2 , а для солнечного излучения и ветра со скоростью, приблизительно равной 10 м/с , она составляет 1 кВт/м^2 .

Необходимость и возможность развития энергетики на возобновляемых источниках может быть связана

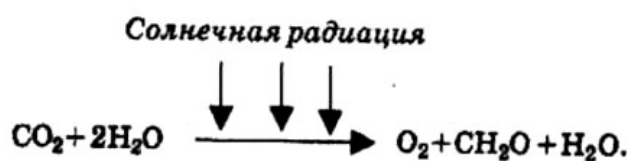
- с дефицитом традиционных невозобновляемых источников энергии;
- с благоприятными метеоклиматическими условиями для использования некоторых видов возобновляемых источников энергии;
- наличием промышленной базы для производства оборудования.

Биомасса

Методы конверсии биомассы. Сложный комплекс веществ, из которых состоят растения и животные, принято называть биомассой.

Основа биомассы - органические соединения углерода, которые в процессе взаимодействия с кислородом при сгорании или в результате естественного метаболизма выделяют теплоту.

Первоначальная энергия биомассы возникает в процессе фотосинтеза под действием солнечного излучения. В обобщенном виде эту реакцию можно представить следующим образом:



Среди основных энерготехнологических методов переработки биомассы можно выделить (рис. 14):

- термохимический метод;
- биохимический метод;
- агрохимический метод.

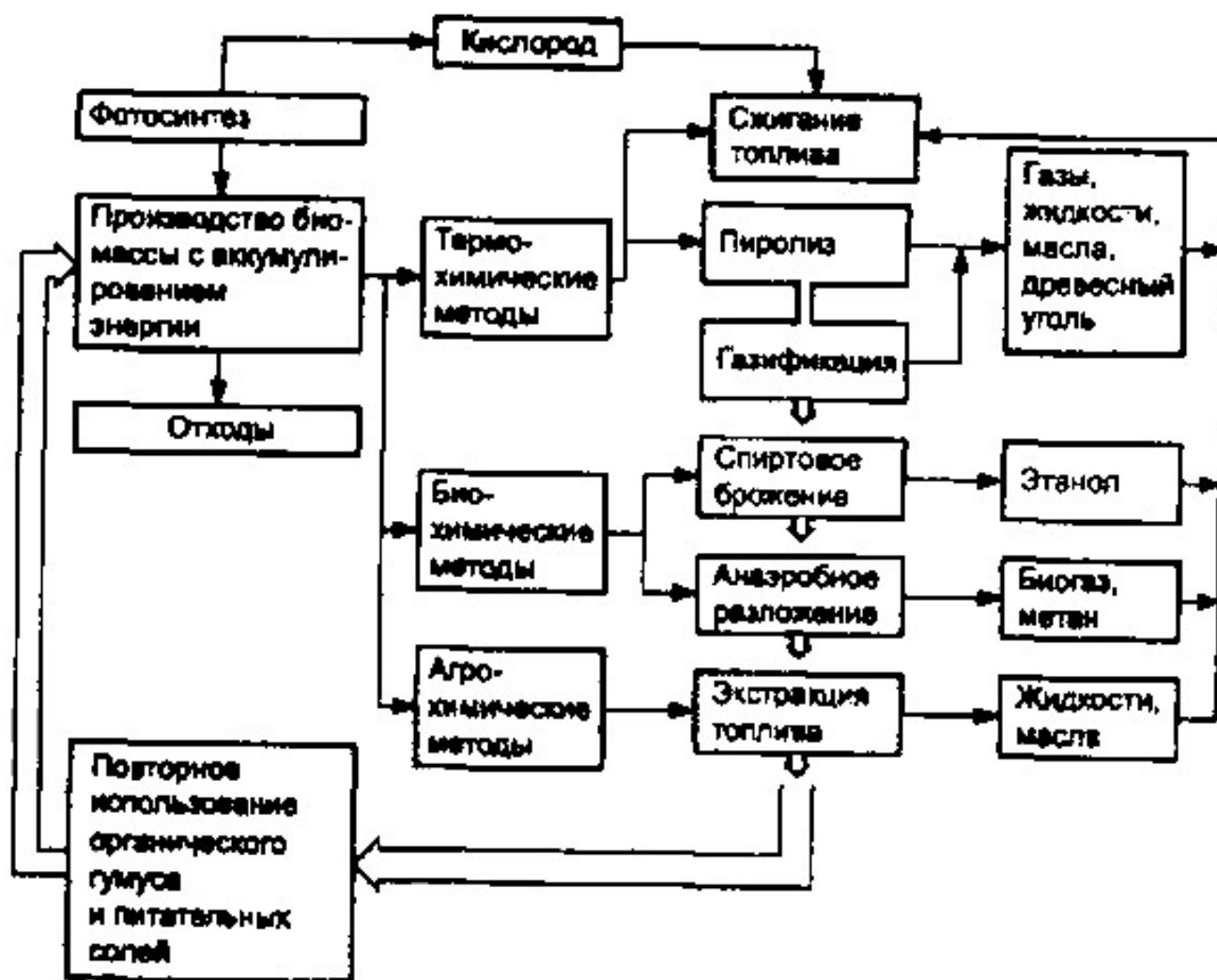


Рис. 14. Классификация основных типов энергетических процессов, связанных с переработкой биомассы

Термохимический метод переработки биомассы. Пиролиз - процесс нагревания биомассы либо в отсутствие воздуха, либо за счет сгорания некоторой ее части при ограниченном доступе воздуха или кислорода. КПД процесса пиролиза достигает 80-90 %.

В качестве исходного энергетического продукта в процессе пиролиза могут использоваться:

- органическое топливо (уголь, сланцы, торф и т. д.);
- древесные отходы;
- сельскохозяйственные отходы (солома, ботва растений и т. п.);
- биобрикеты и т. д.

Состав получаемых при этом вторичных энергетических продуктов чрезвычайно разнообразен. Изменение состава продуктов пиролиза зависит от температурных условий, типа вводимого в процесс сырья, способов ведения процесса. Разновидности топлива, получаемого в результате пиролиза, имеют несколько меньшую по сравнению с исходной биомассой суммарную энергию сгорания, но отличаются большей универсальностью применения:

- лучшей управляемостью процесса горения и соответственно повышением его энергоэффективности;
- большей технологичностью, более широким диапазоном возможных потребителей и соответственно более высокими экономическими и качественными показателями.

Газификация - способ ведения процесса пиролиза, при котором основным энергетическим продуктом является горючий газ.

Газогенератор - устройство, в котором реализуется процесс газификации (рис. 15).

В состав образующегося в газогенераторе *генераторного газа* входят следующие горючие компоненты: окись углерода, водород, газообразные углеводороды, метан.

Процесс газификации включает такие последовательные фазы, как сушка, пиролиз (коксование) и собственно газификация топлива.

В зоне сушки происходит выпаривание начальной влаги из поступающего в газогенератор топлива за счет остаточной теплоты уходящего генераторного газа.

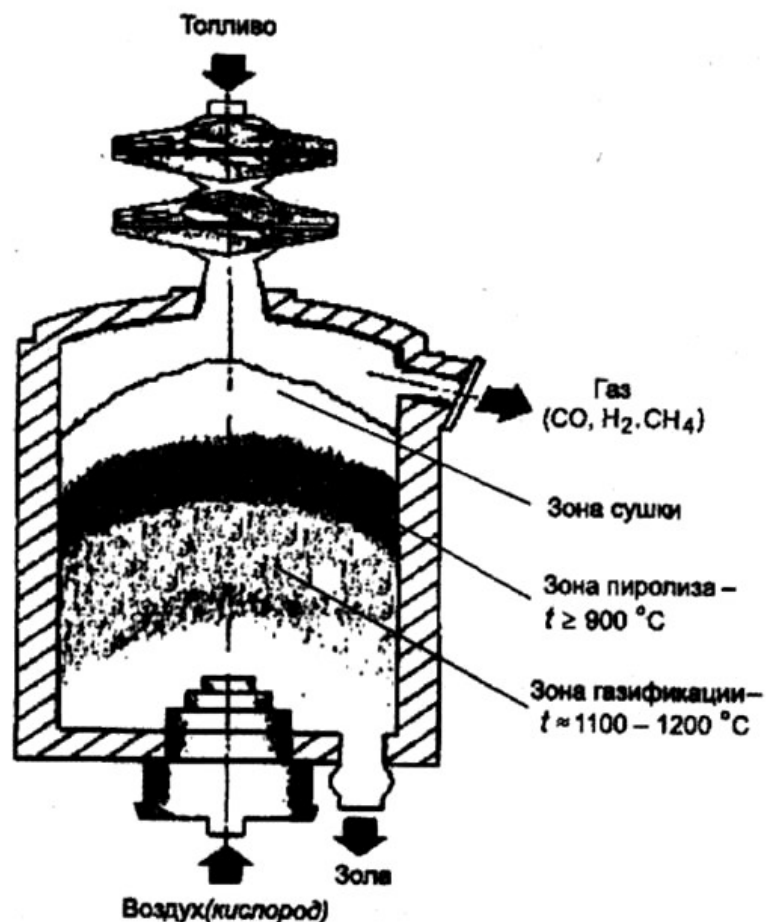
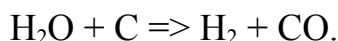
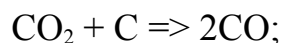


Рис. 15. Конструкция промышленного газогенератора

В зоне пиролиза при температуре до 800 °C от топлива отделяются легкие газообразные фракции, самой важной из которых является метан (CH₄). Закоксовавшееся в зоне пиролиза топливо сначала реагирует с кислородом, находящимся в свежем воздухе, образуя двуокись углерода и водяной пар:



В зоне газификации при температуре свыше 900 °C CO₂ и H₂O продолжают реагировать с углеродом, образуя окись углерода и водород, которые являются активно горящими газами:

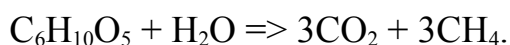


Следует указать, что верхняя граница температуры прохождения реакции газогенерации ограничена значениями 1100-1200 °C (температура плавления золы).

Биохимический метод переработки биомассы. Анаэробное разложение - процесс получения энергии из биомассы микроорганизмами (анаэробными бактериями) в отсутствие или при недостатке кислорода и света. Полезный энергетический продукт этого процесса - биогаз.

Биогаз - смесь углекислого газа (CO_2) и метана (CH_4). Энергетическая эффективность процесса сжигания биогаза может достигать 60-90 % эффективности сжигания сухого исходного материала.

Основное уравнение, описывающее процесс анаэробного разложения биомассы (на примере целлюлозы) имеет следующий вид:



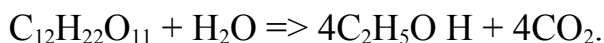
Биогазогенератор - устройство, в котором реализуется процесс преимущественного получения CH_4 посредством анаэробного разложения исходной биомассы. Конструкции биогазогенераторов отличаются чрезвычайным разнообразием как по организации собственно технологического процесса анаэробной переработки биомассы, так и по составу исходного продукта.

Спиртовая ферментация - процесс получения этилового спирта в качестве энергетического продукта. Этиловый спирт (этанол) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ - летучее жидкое топливо, которое можно использовать вместо бензина.

В естественных условиях этанол образуется из сахаров соответствующими микроорганизмами в кислой среде (pH от 4 до 5).

Основная реакция превращения сахарозы в этанол имеет следующий вид:

Дрожжи



Жидкие топлива, и в частности этанол, отличаются чрезвычайной технологической эффективностью из-за удобства использования и хорошего управления процессом горения в двигателях внутреннего сгорания.

В качестве заменителя бензина этанол можно использовать в виде:

- 95 % -го этанола в модернизированных двигателях;
- смеси 100 %-го (обезвоженного) этанола с бензином в соотношении один к десяти в традиционных двигателях.

В настоящее время стоимость топливного этанола сравнима со стоимостью бензина, причем наблюдается тенденция ее снижения. Вместе с тем этанол характеризуется более высоким октановым числом.

Фотолиз - процесс разложения воды на водород и кислород под действием света. Если водород сгорает или взрывается в качестве топлива при смешении с воздухом, то происходит рекомбинация O_2 и H_2 .

Некоторые биологические организмы продуцируют или могут при определенных условиях продуцировать водород путем **биофотолиза**.

Подобный результат можно получить химическим путем без участия живых организмов в лабораторных условиях. Промышленного внедрения эти технологии еще не получили.

Агрохимический метод переработки биомассы. Экстракция топлив - процесс получения жидких или твердых топлив прямо от растений или животных.

Продукцию растений можно разделить на следующие категории:

- семена - подсолнечник с массовым содержанием масла до 50 %;
- орехи - пальмовое масло, копра кокосов с массовым содержанием масла до 50 %;
- плоды - оливки;
- листья - эвкалипт с массовым содержанием масла до 25%;
- сок растений - сок каучука;
- продукты переработки отходов растений - масла и растворители до 16 % сухой массы (например, скипидар, канифоль, маслянистые смолы и т. д.).

Возможна организация ферм по производству агрохимических топлив на основе перечисленных выше растений. Вместе с тем получаемые таким образом продукты по своим химическим свойствам могут быть гораздо ценнее, чем просто топливо.

В связи с этим более предпочтительным представляется способ получения агрохимических топлив, который основан на культивировании специализированных микроводорослей. Исследования возможности использования микро-

водорослей в процессе экстракции топлив показали, что содержание в них углеводов - основного горючего компонента - может быть довольно значительным. Так, в сухих клетках зеленой расы микроводоросли «бот-риококкус браунии» содержится от 1 до 36 % углеводов, а в сухих клетках коричневой расы - до 86%. Предполагается, что залежи нефти обязаны своим происхождением предкам именно этих микроводорослей. Углеводороды, вырабатываемые «ботриококкус браунии», в основном локализованы на наружной поверхности клетки и могут быть удалены механическими методами. Оставшуюся биомассу можно подвергнуть гидрокрекингу, в результате которого получают 65 % газа, 15 % авиационного топлива, 3 % остаточных масел.

Гидроэнергетика

В настоящее время использование энергии воды попрежнему остается актуальным, а основным направлением является производство электрической энергии. К неклассической энергетике относят мини-ГЭС и малые ГЭС с установленной мощностью от 2 кВт до 25 МВт, для которых во многих странах производится стандартизованное оборудование.

Потенциал гидроресурсов определяется объемным расходом потока Q (м³/с) и высотой падения потока или напором H м. Максимальная мощность P_0 (Вт), развиваемая потоком падающей воды без учета потерь напора,

$$P_0 = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q, \quad (3.2)$$

где ρ - плотность, кг/м³;

g - ускорение свободного падения, м/с².

Поддержание постоянного напора H осуществляется с помощью плотины, которая образует водохранилище, служащее аккумулятором гидроэнергии. Для преобразования энергии воды в механическую работу используются гидротурбины (рис. 16).

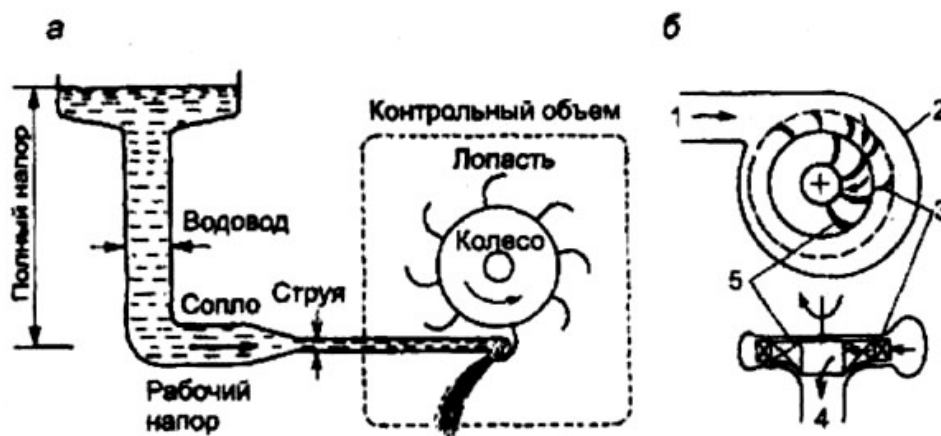


Рис. 16. Схемы активной (а) и реактивной радиально-осевой (б) гидротурбин: 1 - вход; 2 - спиральная камера; 3 - неподвижные лопатки направляющего аппарата; 4 - выход; 5 - вращающиеся лопатки

Различают активные и реактивные гидротурбины. В **активной турбине** кинетическая энергия потока преобразуется в механическую. Дополнительные устройства, обеспечивающие работу турбины, водовод и сопло.

Из сопла выходит струя, обладающая кинетической энергией, которая направляется на лопасти турбины, находящейся в воздухе. Сила, действующая со стороны струи на лопасти, приводит во вращение колесо турбины, с валом которого непосредственно или через привод сопряжен электрогенератор. КПД реальных турбин колеблется от 50 до 90 %. В гидротурбинах малой мощности КПД ниже. Максимальное значение КПД, равное 100 %, может быть достигнуто, если струя после взаимодействия с лопатками будет двигаться вертикально вниз только под действием силы тяжести. КПД активной гидротурбины может быть повышен за счет ограниченного увеличения числа сопел, так как при большом их количестве будет сказываться взаимное влияние струй.

В **реактивной гидротурбине** рабочее колесо полностью погружено в поток, который постоянно воздействует на лопасти турбины. В наиболее распространенной турбине Фрэнсиса вращение колеса осуществляется за счет разности давлений потока на входе и выходе. Вода поступает в рабочее колесо радиально. Зазор между рабочим колесом и камерой - переменный. После взаимодействия потока с колесом он разворачивается на 90° . Переменный зазор и поворот потока повышают эффективность турбины. Имеются и другие конструк-

тивные решения реактивных гидротурбин, например пропеллерная гидротурбина Кап-лана. Однако этот тип турбин распространен в меньшей степени из-за больших перепадов давления.

Полный КПД гидроэлектростанции определяется потерями в водоводе и в каналах, турбине и генераторе. Рабочий напор определяется по соотношению

$$H_n = H_t - H_f, \quad (3.3)$$

где H_t - полный напор;

H_f - потери на трение в водоводах и каналах.

В общем случае полный КПД гидроэлектростанции определяется по соотношению:

$$\eta = \frac{P_{\text{э}}}{P_0} = \frac{H_{\text{в}}}{H_t} \eta_m \eta_{\text{э}}, \quad (3.4)$$

где $P_{\text{э}}$ - мощность, снимаемая с клемм электрогенератора;

η_m - механический КПД турбины;

$\eta_{\text{э}}$ - электрический КПД генератора.

КПД современных турбогенераторов не превышает 86%.

Ветроэнергетика

Технологическая схема ветроэнергетических установок, лежащая в основе ветроэнергетических установок (ВЭУ) энергия воздушных течений является результатом конверсии солнечной энергии и соответственно может быть отнесена к возобновляемым источникам первичной энергии.

Использование ветроэнергетических установок для производства электрической энергии является наиболее эффективным способом утилизации энергии ветра.

Основными элементами ветроэнергетических установок (рис. 17) являются ветровое колесо, электрогенератор, система управления параметрами генерируемой электроэнергии в зависимости от изменения силы ветра и скорости вращения ветрового колеса.

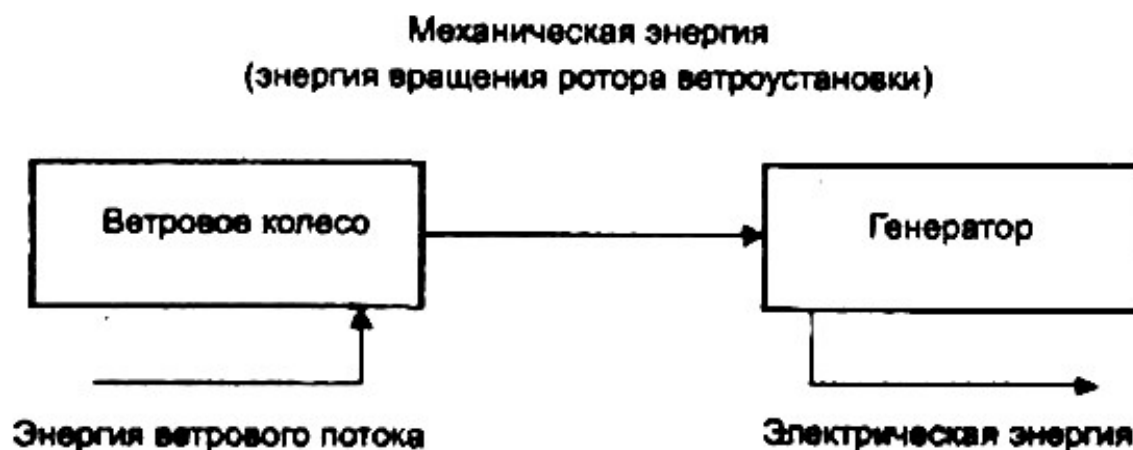


Рис. 17. Технологическая схема ветроэнергетической установки

Введение в состав ВЭУ систем управления параметрами генерируемой энергии связано с необходимостью удовлетворения требованиям к частоте и напряжению вырабатываемой электроэнергии в зависимости от особенностей ее потребителей. Эти требования жесткие при работе ВЭУ в рамках единой энергосистемы и достаточно мягкие при использовании энергии ВЭУ в осветительных и нагревательных установках.

Одним из способов управления электроэнергией ВЭУ является выпрямление переменного тока ВЭУ и затем преобразование его в переменный ток с заданными стабилизированными параметрами. Так как периоды безветрия неизбежны, то для исключения перебоев в электроснабжении ВЭУ должны иметь аккумуляторы электрической энергии или подключаться параллельно с ветроэнергетическими установками других типов.

Принцип действия и классификация ВЭУ. Первичным рабочим органом ВЭУ, непосредственно принимающим на себя энергию ветра и преобразующим ее в кинетическую энергию своего вращения, является ветровое колесо.

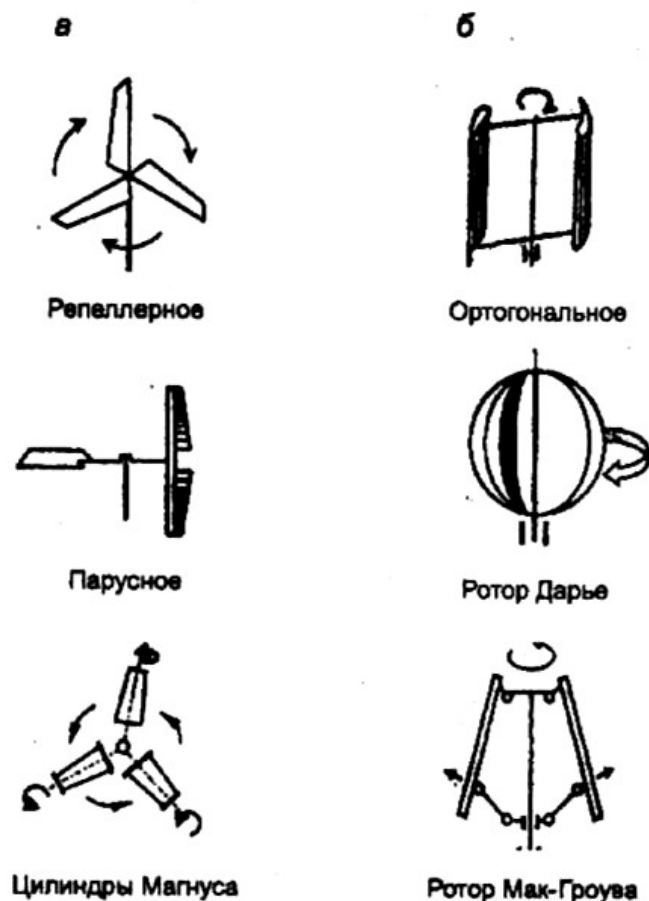


Рис. 18. Классификация ветроэнергетических установок по типу исполнения и ориентации ветровых колес: а - ветровые колеса с горизонтальной осью вращения; в - ветровые колеса с вертикальной осью вращения

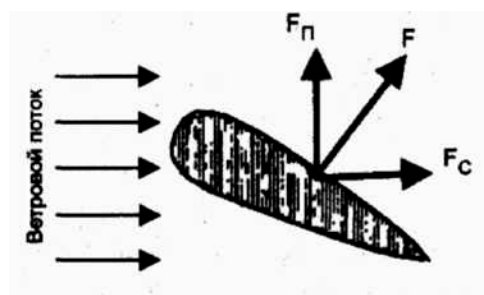


Рис. 19. Действующие на ветровое колесо силы

Вращение ветрового колеса под действием ветра обуславливается тем, что на него действует результирующая сила F , которую можно разложить на две составляющие (рис. 19):

- вдоль скорости набегающего ветрового потока - сила лобового сопротивления F_c
- в направлении, перпендикулярном скорости набегающего ветрового по-

тока, - подъемная сила F_n .

Среди различных типов ветровых колес следует выделить цилиндры Магнуса. В основе работы ВЭУ данного типа лежит использование реактивной подъемной силы (рис. 20), возникающей вследствие различных условий обтекания (и соответственно различного перепада давлений) на верхней и нижней обтекающих цилиндров вращения.

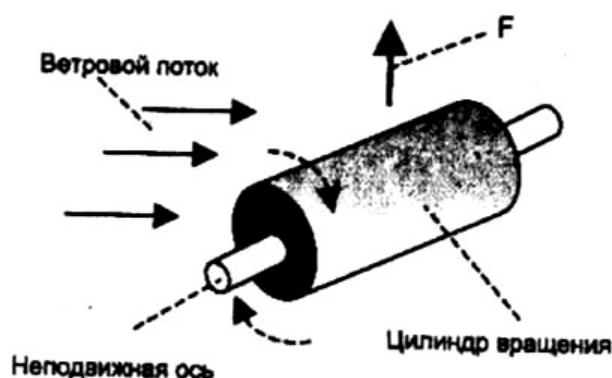


Рис. 20. Роторный элемент ветровой установки,

использующий эффект Мангуса: F - реактивная подъемная сила.

Отличительной особенностью ВЭУ, использующих эффект Магнуса, является достижение максимальной эффективности восприятия ветрового потенциала при не очень высоких (4-5 м/с) скоростях ветра.

Расчет энергетических характеристик ВЭУ. Запас энергии воздушных потоков (или ветровой потенциал) характеризуется прежде всего устойчивыми значениями скорости ветра на уровне размещения ветрового колеса.

Для определения локальных значений скорости ветра на заданной высоте используется соотношение:

$$U_z = U_{10} \left(Z / 10 \right)^b, \quad (3.5)$$

где U_z - скорость ветра на определяемой высоте Z ;

U_{10} - стандартное значение скорости ветра для данной местности на высоте флюгера 10 м;

b – параметр соотнесения, зависящий от времени года и рельефа местности (для открытых мест b приблизительно равно 0,14).

Соответственно, при скорости ветра U на уровне оси ветрового колеса мощность P , развиваемая ветроэнергетической установкой, определяется из соотношения:

$$P = c_{\text{ром}} \eta S \eta \frac{\rho U^3}{2}, \quad (3.6)$$

где $S_{\text{ом}} = \pi D^2/4$ - ометаемая площадь (площадь, покрываемая лопастями ветрового колеса диаметром D при его вращении);

c_p - коэффициент мощности, характеризующий эффективность использования ветровым колесом энергии ветрового потока и зависящий от конструкции ветрового колеса;

ρ - плотность воздуха.

Гелиоэнергетика

Солнечная энергия достигает Земли в виде направленного E_b и рассеянного (диффузного) E_d лучистых потоков (рис. 21).



Рис. 21. Прямое и рассеянное солнечное излучение (а) и регистрация прямого потока солнечного излучения (б-г)

Отношение интенсивности направленного потока к полной интенсивности излучения $E_t = E_b + E_d$ меняется от 0,9 до нуля в пасмурный день с плотной облачностью.

Поток солнечной энергии используется для горячего водо-снабжения, отопления, получения электрической энергии.

Горячее водоснабжение. В системах горячего водоснабжения и отопления используются плоские солнечные коллекторы.

Солнечный коллектор представляет собой теплообменный аппарат с каналами, через которые проходит теплоноситель. Часть солнечной радиации поглощается поверхностью теплообмена и передается теплоносителю.

Простейшим накопителем энергии в форме теплоты является емкость, заполненная водой (рис. 22). Если емкость не изолирована и открыта - эффективность аккумулирования теплоты наименьшая, если закрыта и установлена на теплоизолирующей площадке - эффективность будет выше.

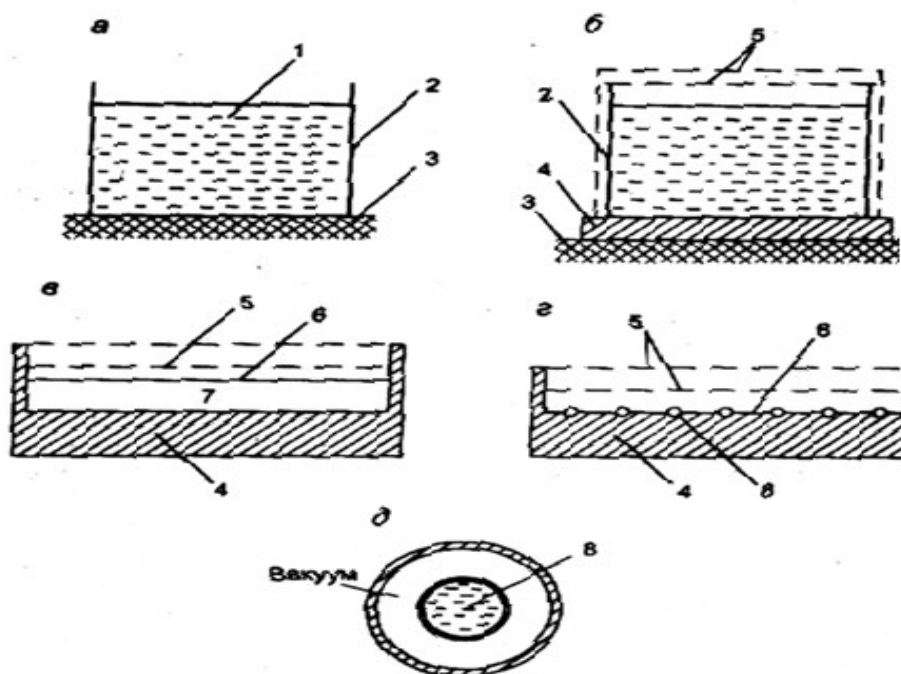


Рис. 22. Схемы неизолированной (а) и изолированной (б) емкостей с водой для приема солнечного излучения, плоских солнечных коллекторов с воздушным (в) и водяным (г) теплоносителем и вакуумного теплоприемника (д): 1 - вода; 2 - бак; 3 - грунт; 4 - теплоизоляция; 5 - стекло; 6 - лучепоглощающая поверхность теплообмена; 7 - канал для воздуха; 8 - каналы для воды

Качество изоляции и расположение коллектора по отношению к горизонту влияют на температуру теплоносителя. Неизолированный коллектор позволяет нагреть воду до 60 °С (табл. 9).

Таблица 10

Характеристики солнечного плоского коллектора площадью 1 м²

Параметр	Значение
Прорядок тешю- ты	4,86-6,48 кВт ч/сут (10704-1426 кВт ч/год)
Нагрев воды	420-560 л/сут. (при 30 °С) 210-280 л/сут. (при 40 °С) 130-175 л/сут. (при 50 °С) 90-120 л/сут. (при 60 °С)
Экономия энергоресурсов	Электроэнергии 1070-1426 кВт-ч/год Условного топлива 0,14-0,19 т/год Дерева 0,95-1,26 т/год .

Изолированный коллектор имеет многослойное остекление, пропускающее солнечные лучи, и позволяет нагреть воду до 90 °С. Если использовать вакуумные трубки, то температура воды может составлять 150 °С.

Плоский коллектор поглощает прямое и рассеянное солнечное излучение. В связи с тем что потоки солнечных лучей носят нерегулярный характер, для надежного теплоснабжения следует использовать двухконтурные схемы с резервным источником теплоты в виде теплоэлектронагревателя. Оптимальный угол расположения коллектора к горизонту превышает широту местности на 10 - 15°. Для повышения производительности солнечной установки используется замкнутый контур с естественной или принудительной циркуляцией, который содержит солнечный коллектор (теплоприемник) и аккумулирующую теплоизолированную емкость (рис. 23),

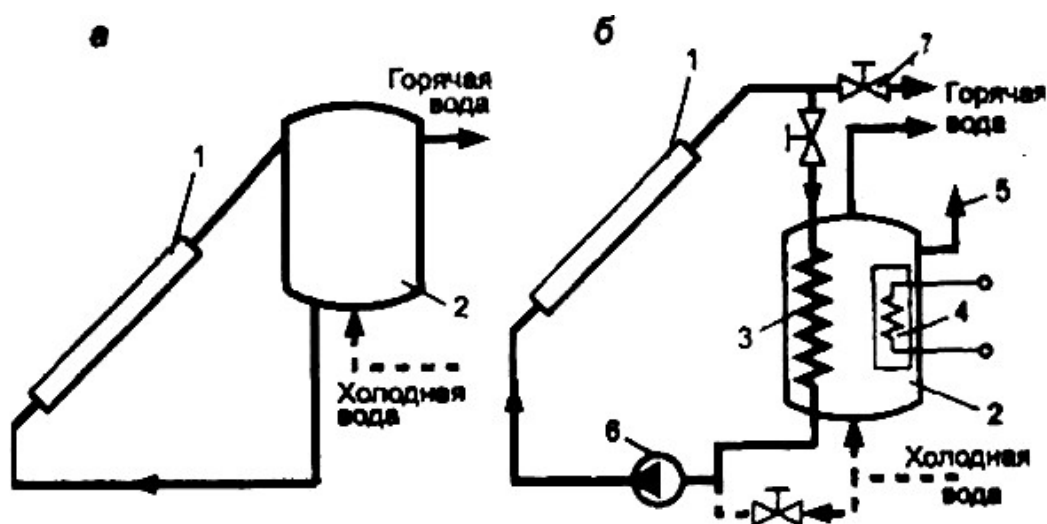


Рис. 23. Принципиальные схемы простейшей одноконтурной с естественной циркуляцией теплоносителя (а) и двухконтурной с принудительной циркуляцией теплоносителя (б) солнечных водонагревательных установок:

1 - солнечный коллектор; 2 - аккумулятор теплоты; 3 - теплообменник; 4 - резервный источник энергии; 5 - предохранительный клапан; 6 - насос; 7 - задвижка

Солнечное отопление. Солнечное отопление делится на активное и пассивное.

Активное солнечное отопление основано на применении инженерных систем, которые, как и системы горячего водоснабжения, включают контур циркуляции жидкого теплоносителя или воздуха. На практике жидкостные системы солнечного отопления встречаются чаще, чем воздушные (рис. 24), однако они требуют наличия отопительных приборов и дополнительных мер для защиты от замерзания и коррозии.

Согласно схеме воздушного отопления в солнечный день с помощью вентилятора организуется циркуляция воздуха по замкнутому контуру через коллектор и галечный аккумулятор. Вечером или в прохладный день реализуется режим, при котором поток холодного воздуха проходит через аккумулятор, воспринимает накопленную теплоту и поступает в отапливаемое помещение. При необходимости воздух дополнительно нагревается с помощью резервного нагревателя.

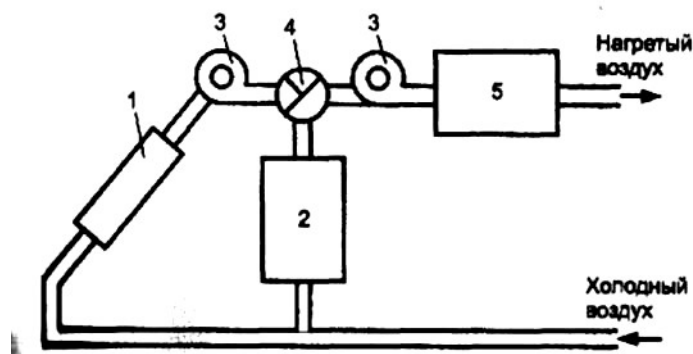


Рис. 24. Схема воздушной системы солнечного отопления:

1 - коллектор; 2 - галечный аккумулятор; 3 - вентилятор;

4 - переключатель; 5 - резервный источник энергии

Пассивные системы солнечного отопления (рис. 25) используют ориентированные в южном направлении остекленные элементы строительных конструкций больших площадей для накопления и переноса теплоты потребителю.

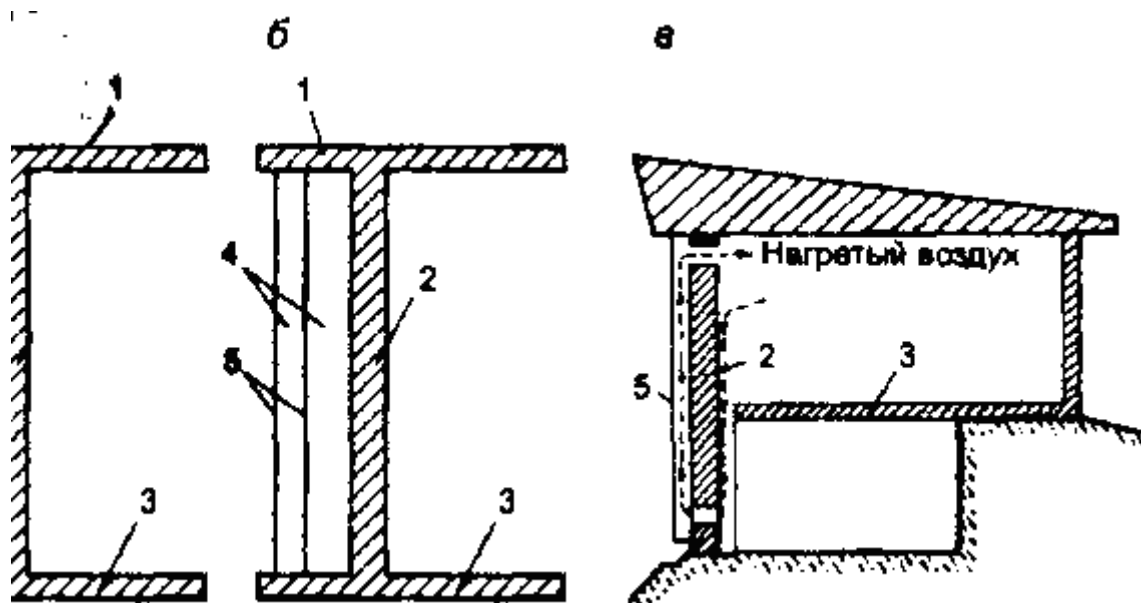


Рис. 25. Обычный дом (а) и дома с пассивными солнечными системами отопления без циркуляции воздуха (б) и с циркуляцией воздуха (в):

1 - здание; 2 - стена; 3 - пол; 4 - воздушная прослойка; 6 - стекло

В течение отопительного сезона трехслойные окна могут обеспечить такие же тепловые поступления, как и тепловые потери. Другой подход включает строительство зданий с теплоаккумулирующей стеной, расположенной за остеклением. Большая тепловая инерционность строительных стеновых мате-

риалов позволяет использовать накопленную теплоту в пасмурные дня и ночное время. Стены также могут являться пассивными солнечными коллекторами, если они будут включать конвективные каналы.

Пассивные солнечные теплоиспользующие системы имеют наименьшую стоимость для вновь строящихся зданий и такой же срок службы, как и само здание, при низких эксплуатационных расходах. Использование данных систем в существующих зданиях связано со значительными трудностями и затратами.

Получение электроэнергии. Преобразование потока солнечной энергии в электричество осуществляется двумя способами: термомеханическим и фотоэлектрическим.

Термомеханический способ основан на передаче теплоты теплоносителю с генерацией пара и дальнейшим ее преобразованием по традиционной схеме в механическую и электрическую энергию.

Для создания больших плотностей потоков солнечной радиации и соответственно тепловой энергии используются солнечные концентраторы параболического или сферического типа, которые сфокусированы на поверхность теплоприемника (рис. 26). В подобных конструкциях солнечных коллекторов теплоприемником является канал, по которому течет теплоноситель. В отличие от плоских коллекторов данные конструкции поглощают только прямое солнечное излучение и снабжаются системами, следящими за Солнцем.

Теплоприемник с теплоносителем может располагаться отдельно от концентратора. Тогда на нем фокусируются солнечные лучи от концентраторов, размещенных на большой площади. По такому принципу, например, работают солнечные электростанции башенного типа, где теплоприемником является паровой котел.

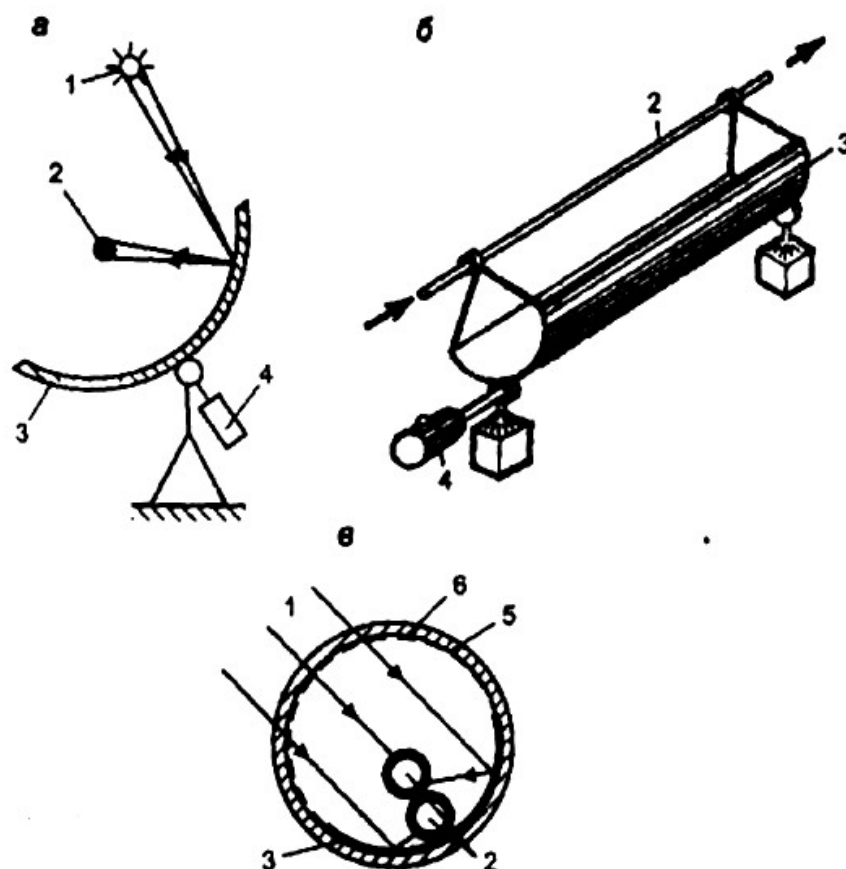


Рис. 26. Схемы солнечных коллекторов с концентраторами. Сечение параболического концентратора (а) и его общий вид (б), концентратор с вакуумной трубой (в): 1 - Солнце (солнечные лучи); 2 - теплоприемник; 3 - концентратор; 4 - следящее устройство; б - вакуумная труба; б - селективное покрытие

Преимущество такого подхода заключается в том, что не нужно осуществлять транспортировку рабочей жидкости на большие расстояния, а это уменьшает неизбежные потери. Такие электростанции экономически невыгодны.

Недостатком рассмотренных конструкций солнечных электростанций является периодический характер их работы. Они работают тогда, когда светит Солнце. Более перспективными являются гибридные солнечно-топливные электростанции с распределенными тепло-приемниками.

В основе фотоэлектрического способа прямого преобразования солнечного излучения в электроэнергию лежит явление фотоэффекта. Базовыми элементами данной технологии являются устройства, называемые соответственно **фотоэлементами**. Некоторые из фотоэлементов представляют собой кремние-

вые полупроводниковые фотодиоды (рис. 27), где происходит разделение положительных и отрицательных носителей заряда при поглощении электромагнитного излучения.

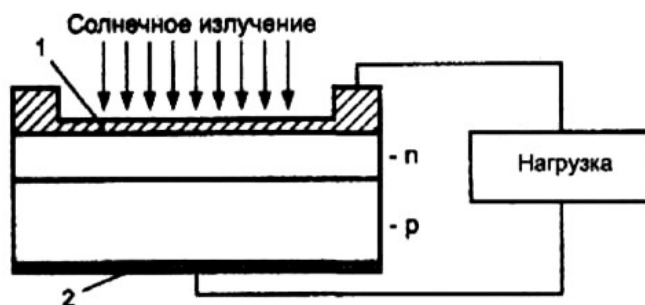


Рис. 27. Схема солнечного элемента с *p-n* переходом: 1 - противотражающее покрытие лицевого контакта; 2 -металлический контакт с тыльной стороны

При плотности потока солнечного излучения около 1 кВт/м^2 создается разность потенциалов $0,5 \text{ В}$ и плотность тока около 200 А/м^2 . При таких параметрах современные преобразователи с КПД порядка $15\text{-}20 \%$ позволяют получить напряжение 120 В с 1 м^2 .

В настоящее время стоимость электроэнергии, получаемой с помощью фотоэлектрических установок, превышает стоимость энергии, получаемой на традиционных энергоустановках. Однако она постепенно снижается.

Перспективными могут быть следующие фотоэлектрические установки:

- солнечные батареи с пиковой мощностью 3 кВт , сооружаемые на крышах зданий для энергоснабжения автономных объектов;
- установки мощностью $100 - 500 \text{ кВт}$, устанавливаемые на открытых пространствах;
- комбинированные установки мощностью $4 - 40 \text{ кВт}$ с аккумулятором, работающие параллельно с дизельным
- или газовым генератором.

Повышение эффективности возобновляемых источников энергии

Аккумуляирование энергии. В связи с тем что потоки энергии от большинства возобновляемых источников поступают непостоянно, могут возникнуть трудности с бес- перебойным снабжением энергией потребителей. На-

дежность энергоснабжения повышается с использованием аккумуляторов энергии.

Аккумуляирование энергии основано на химических и физических принципах.

Химические принципы аккумуляирования энергии позволяют накапливать энергию за счет химических реакций, **физические принципы** - за счет физических явлений (рис. 28).

Химические принципы аккумуляирования энергии могут включать биохимические реакции под действием потока лучистой солнечной энергии, что составляет основу фотосинтеза, в результате которого образуются органические вещества растений, аккумуляирующие солнечную энергию. За счет прямого или косвенного употребления растений в пищу энергия аккумуляируется в животных. Растения используются в качестве топлива, а животные могут совершать механическую работу. Природные энергетические ресурсы в виде ископаемого топлива также являются аккумуляторами солнечной энергии.

При проведении экзотермических реакций выделяется аккумуляированная теплота, которая может использоваться как полезная в технологических процессах.

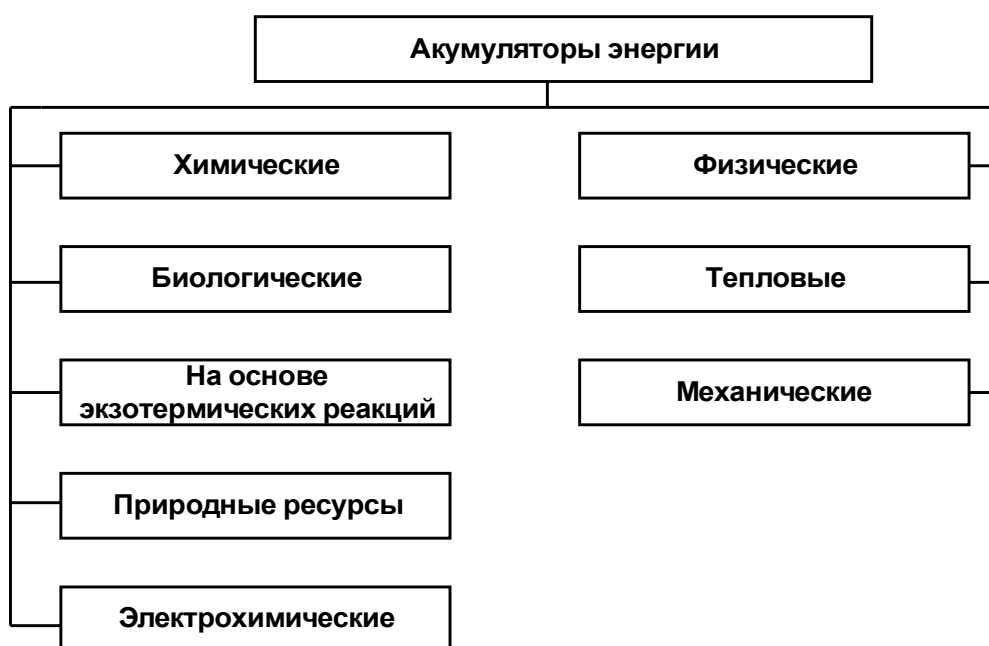


Рис. 28. Аккумуляторы энергии

На основе **электрохимических реакций** проводится аккумулярование энергии в гальванических элементах многоразового и одnorазового пользования. К элементам многоразового пользования относятся кислотные и щелочные аккумуляторы, выдерживающие циклы разрядки и зарядки. Областью их применения являются энергетика, транспорт, ветроэнергетические и солнечные установки, не подключенные к централизованной электрической сети. Одноразовые гальванические элементы используются как источники питания в электронных и электротехнических устройствах.

Перспективным направлением является получение водорода на основе электролиза воды в присутствии H_2SO_4 или NaOH . Водород - экологически чистое топливо, при сгорании которого выделяется вода. Высшая теплота сгорания водорода равна 12,72, а низшая -10,8 МДж/м³. Он может храниться под давлением с максимальным значением 150 атм. Фактическое значение давления определяется потребителем. Водород может непосредственно преобразовываться в электрическую энергию в топливных водородно-кислородных элементах, использоваться для получения теплоты путем сжигания, а также для совершения механической работы с помощью мотор-генераторов. В качестве топлива водород может быть использован аналогично природному газу.

Физические принципы аккумулярования энергии позволяют аккумуляровать как теплоту, так и механическую энергию.

В тепловых аккумуляторах физической теплоты на основе воды или других однофазных веществ температура в процессе накопления и отдачи теплоты изменяется во времени. Использование в качестве рабочих некоторых веществ, изменяющих свое агрегатное состояние, позволяет поддерживать температуру постоянной, соответствующей температуре фазового перехода.

Ниболее компактны тепловые аккумуляторы на основе обратимых химических реакций рабочего вещества. Пока эти аккумуляторы не нашли широкого применения из-за технических трудностей и по экономическим соображениям.

Аккумуляция механической энергии проводится с помощью гидроаккумуляторов. Например, на гидроаккумуляторных электрических станциях, где имеется избыток электрической энергии, вода после отработки в турбине насосами перекачивается в водохранилище, что позволяет поддерживать достаточный ее уровень (напор) на протяжении всего года. Инерционные аккумуляторы, преобразующие работу в кинетическую энергию для дальнейшего ее использования, пока не нашли широкого применения из-за высокой стоимости и нерешенных технических проблем. Упругие аккумуляторы находят применение в системах сжатого воздуха.

В общем случае аккумуляция энергии позволяет обеспечить:

- бесперебойное энергоснабжение потребителей за счет накопления избыточной энергии и последующего ее использования в периоды отсутствия или недостатка энергоснабжения;
- оптимальные режимы работы источников энергии и потребителей за счет сглаживания колебаний в электросети;
- повышение потенциала энергии до необходимого качества при накоплении низкопотенциальной энергии;
- превращение энергии одного вида в другой в зависимости от нужд потребителей.

Комбинированные системы тепло- и электроснабжения, бесперебойное энергоснабжение потребителей на основе возобновляемых источников наиболее эффективно может быть осуществлено не только с использованием аккумуляторов энергии, но и на основе комбинированных схем. Рассмотрим одну из возможных схем комбинированного энергоснабжения (рис. 29).

Источником электроэнергии в данной схеме служат ВЭУ и фотобатарея. Электрохимический аккумулятор служит буфером для выравнивания колебаний тока, полученного с помощью ветрогенератора.

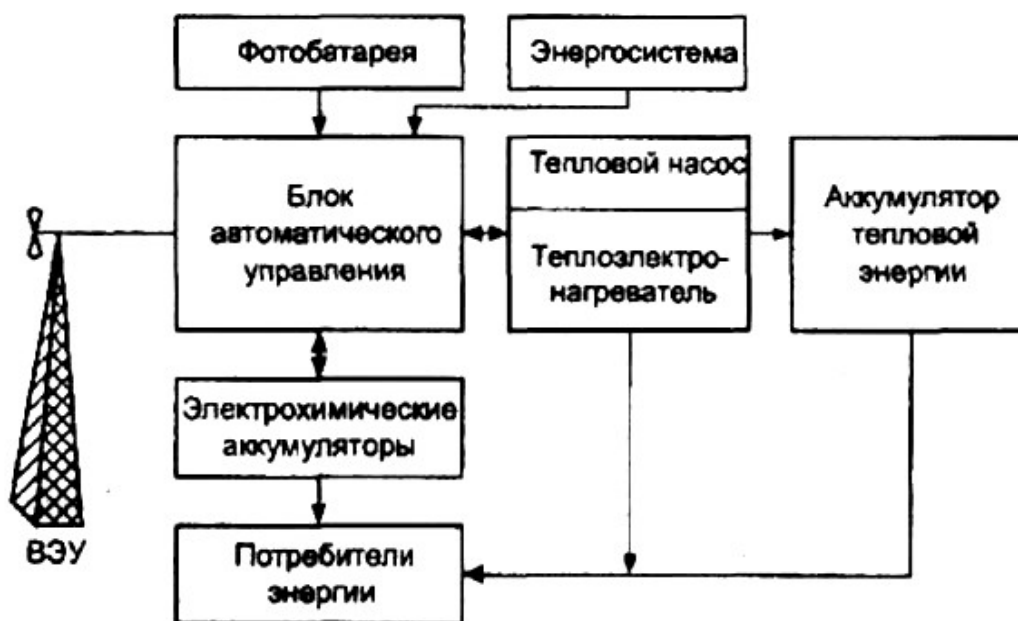


Рис. 29. Схема комбинированного энергоснабжения
одноквартирного жилого дома

ТЕМА 4. ТРАНСПОРТИРОВКА ЭНЕРГИИ

Транспортировка первичных энергоресурсов

В большинстве случаев источники первичных энергоресурсов, к которым относится топливо, и энергоносители, вырабатываемые в энергоустановках и системах преобразования энергии, не совмещены с потребителем, поэтому требуется их транспортировка. Транспортировка топлива осуществляется с помощью наземного или водного транспорта и по трубопроводам.

При транспортировке жидких и газообразных энергоносителей (нефти, природного газа, сжатого воздуха, пара, горячей и холодной воды) по трубопроводам энергия затрачивается на преодоление гидравлического сопротивления.

Рассмотрим приближенные методы количественного анализа для оценки возможных потерь при транспортировке энергии и пути их снижения.

Топливо перевозят в твердом или жидком агрегатном состоянии. При этом используются транспортные средства с двигателями внутреннего сгорания

или электрической тягой, что в свою очередь требует дополнительных затрат топлива для их работы.

Твердое топливо, если оно обладает большими значениями теплоты сгорания и плотности, целесообразно перевозить на большие расстояния с помощью железнодорожного, автомобильного или водного транспорта. К такому топливу относятся высококачественные каменные угли с $Q_n^p \geq 30$ МДж/кг. Древесину как топливо транспортировать более чем на несколько десятков километров невыгодно. Наиболее эффективным топливом по своим удельным характеристикам является ядерное горючее.

При перевозках топлива часть энергии тратится из-за неизбежных потерь массы, а другая часть потерь связана с ее расходом при работе транспортных средств. Убыль массы можно уменьшить, используя специально оборудованные транспортные средства, например оснащенные герметичными сосудами при перевозках жидкого топлива. Затраты энергии при работе транспортных средств можно снизить, поддерживая их в исправном состоянии, проводя своевременное регулирование и техническое обслуживание.

В настоящее время большое распространение получили жидкие и газообразные энергоносители, обладающие высоким значением теплоты сгорания (природный газ, нефть) и удобные при транспортировке по трубопроводам. Затраты энергии для перемещения энергоносителей, горячей и холодной воды по трубопроводам зависят от потерь давления в их элементах (рис. 30).

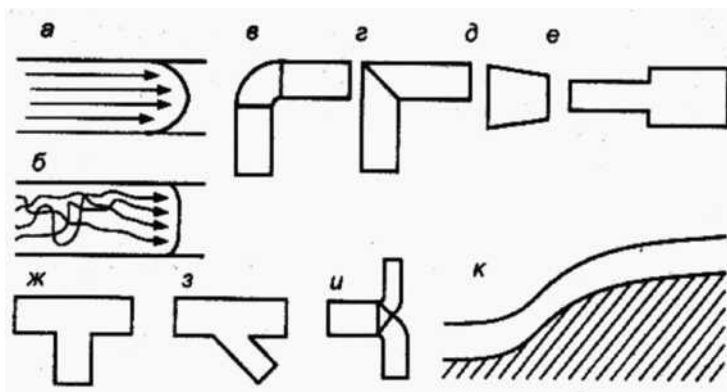


Рис. 30. Факторы, влияющие на потери давления при транспортировке энергоносителей по трубопроводам: а, б - сопротивление трения при ламинарном и турбулентном течении жидкости; в, г - местные сопротивления в коленах; д, е - местные сопротивления при деформации потоков при расширении и сужении; ж, и - местные сопротивления при слиянии и разделении потоков; к - потери на преодоление силы тяжести

Знание потерь давления в сочетании с расходами потоков и характеристиками перекачивающих устройств позволяет найти энергетические затраты на транспортировку энергоносителя.

В общем случае потери давления (напора) при транспортировке энергоносителя включают три составляющие:

$$\Delta P = \Delta P_{\tau} + \Delta P_{\text{м}} + \Delta P_{\text{г}}, \quad (4.1)$$

где ΔP_{τ} , $\Delta P_{\text{м}}$, $\Delta P_{\text{г}}$ - потери давления соответственно за счет сопротивления трения, местных сопротивлений (сужений, расширений, поворотов) и перепада высот.

Потери давления на участке реального теплопровода вычисляются на основании результатов испытаний, которые учитывают шероховатость испытанного участка и местные сопротивления. Для предварительного анализа потери напора можно приближенно рассчитать на основании теоретических зависимостей и стандартных опытных данных.

Потери давления за счет сопротивления трения в трубах

$$\Delta P_{\tau} = \lambda_f \cdot \frac{L}{D_y} \cdot \frac{\rho \omega^2}{2}, \quad (4.2)$$

где λ_f - коэффициент сопротивления трения;

L - длина участка теплопровода, м;

D_y - условный внутренний диаметр теплопровода, м; ρ - средняя плотность энергоносителя, кг/м³;

ω - средняя скорость энергоносителя, м/с.

Перепад давления в местном сопротивлении

$$\Delta P_m = \lambda_m \zeta \frac{\rho \omega^2}{2}, \quad (4.3)$$

где λ_m – коэффициент местного сопротивления для типичных геометрий, определяется на основании эмпирических справочных данных.

Потери давления за счет перепада высот

$$\Delta P_h = \rho \zeta g (h - h_0), \quad (4.4)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²;

h_0, h – соответственно нулевой и текущий уровни, м

Энергоноситель может перемещаться по трубам при различных режимах течения в зависимости от числа Рейнольдса для потока $Re = \omega D_y / \nu$. Различают три режима гидродинамического течения: ламинарный ($Re < 2200$), переходный ($2200 \leq Re \leq 4000$) и турбулентный ($Re > 4000$). Коэффициент сопротивления трения для гидродинамически гладких труб:

В реальных теплопроводах дополнительно учитывается шероховатость труб на основании формулы Альтшуля. Тогда:

$$\lambda_f = 0.11 \zeta_{\text{ж}} \frac{68}{Re} + \frac{\Delta \zeta^{0.25}}{D_y \zeta_{\text{ш}}}, \quad (4.5)$$

где Δ – эквивалентная абсолютная шероховатость, мм.

На основании вычисленных интегральных потерь давления определяются затраты энергии, потребляемой приводом насоса, на прокачку энергоносителя:

$$N = \frac{G \zeta \Delta}{\rho \zeta \eta_n}, \quad (4.6)$$

где G – массовый расход энергоносителя;

ρ – плотность энергоносителя;

η_n – КПД привода.

Распределение расхода энергоносителя по участкам разветвленной сети рассчитывается методом итераций на основании законов Кирхгофа. При этом совместно рассчитываются потеря давления на каждом участке.

Транспортировка теплоты

Транспортировка преобразованной энергии в виде энергоносителей проводится в большинстве случаев по трубопроводам, что сопряжено, как указывалось выше, с потерями на преодоление гидравлического сопротивления. Дополнительная составляющая потерь энергии в виде теплоты присутствует при транспортировке горячих энергоносителей - воды и пара, воздуха и др.

Передача теплоты от источника потребителям осуществляется с помощью **систем теплоснабжения**, которые включают источник, тепловую сеть и потребителей (рис. 31).

Наиболее распространенными **источниками теплоснабжения** являются энергетические установки: ТЭЦ, атомные станции теплоснабжения (АСТ) и котельные.

Тепловая сеть включает систему трубопроводов (теплопроводов), по которым теплоноситель (горячая вода или пар) переносит теплоту от источника к потребителям и возвращается обратно к источнику. Потребителями теплоты являются промышленные и коммунально-бытовые предприятия, жилые, общественные и административные здания. Отпускаемая теплота расходуется на технологические нужды, отопление, горячее водоснабжение, вентиляцию.

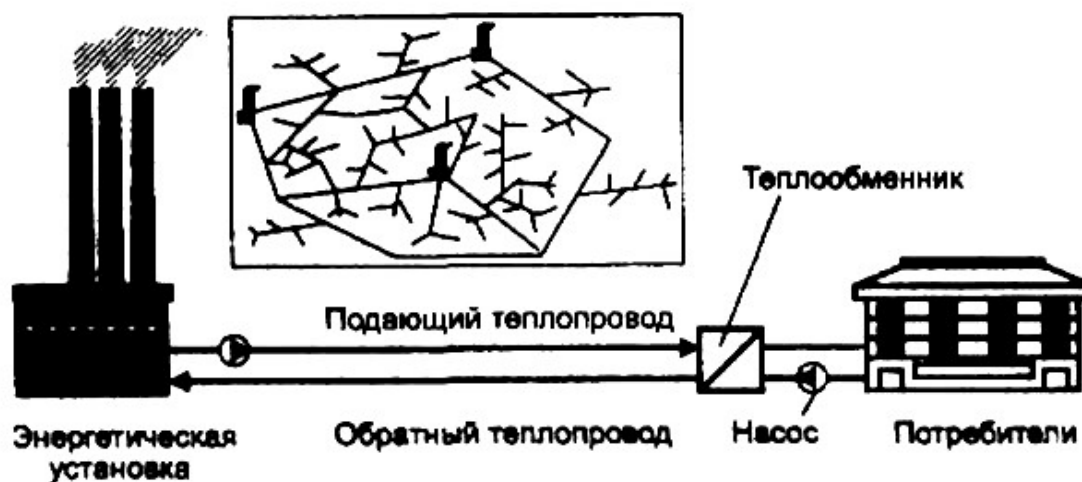


Рис. 31. Принципиальная схема централизованного теплоснабжения и тепловой сети

Реальные тепловые сети отличаются чрезвычайной разветвленностью и могут включать несколько источников теплоты - ТЭЦ или котельные. Отдель-

ные магистрали таких сетей связаны перемычками и имеют закольцованные участки, что повышает надежность снабжения теплотой.

Транспортировка теплоты осуществляется с помощью теплопроводов. Современные теплопроводы изготавливаются в заводских условиях и конструктивно включают (рис. 32):

- стальную трубу для транспортировки энергоносителя;
- тепловую изоляцию из пенополиуретана с коэффициентом теплопроводности от 0,02 до 0,027 Вт/(м · К);
- защитный кожух из пластмассы.

Кроме того, теплопроводы оснащены определителем течи, что позволяет точно устанавливать место повреждения и быстро устранять неисправности. Благодаря пластиковому защитному кожуху и жесткому сцеплению изоляции такие теплопроводы герметичны и выдерживают механические нагрузки со стороны грунта. Данные теплопроводы являются перспективными и прокладываются непосредственно в грунте, что сокращает затраты на их монтаж и эксплуатацию. Они надежны и удобны в обслуживании.

Для сведения тепловых потерь к минимуму при монтаже теплопроводов предусмотрена технология герметизации швов на стыках и других элементов - задвижек, переходников.

В настоящее время наиболее распространены теплопроводы с прокладкой в непроходных каналах или с надземной прокладкой (рис. 33). Они оснащаются тепло- изоляцией из минеральной ваты. Коэффициент теплопроводности сухой минеральной ваты в два раза выше, чем пенополиуретана.

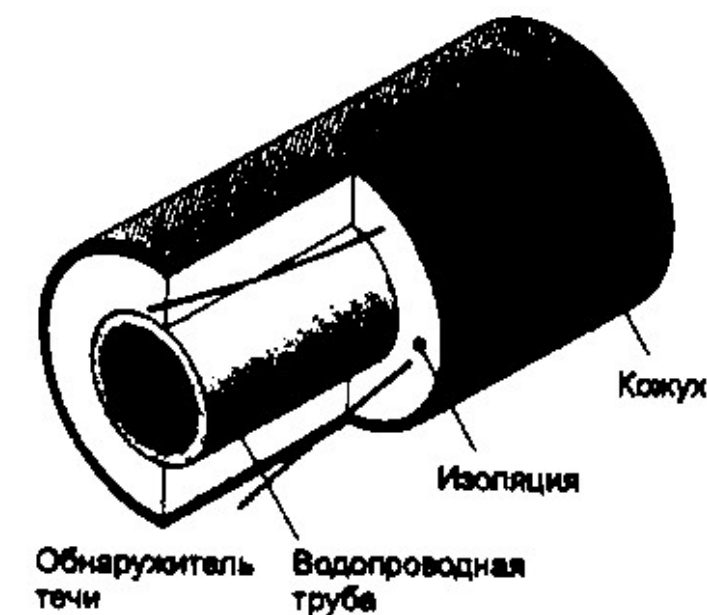


Рис. 32. Схема элемента предварительно изолированного теплопровода

Из теплопроводов формируется тепловая сеть, связывающая источники энергии с потребителями. Этот фактор учитывается таким параметром, как протяженность теплопроводов.

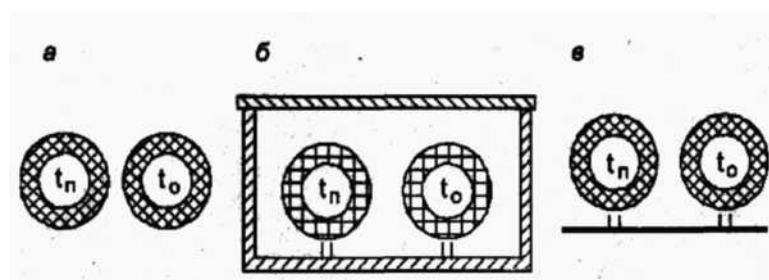


Рис. 33. Схемы конструкций типичных теплопроводов замкнутой системы теплоснабжения: а - подземный предызолированный теплопровод с заводской изоляцией из пенополиуретана; б - подземный теплопровод в непроходном канале с изоляцией из минеральной ваты; в - надземный теплопровод

При транспортировке теплоты имеются потери в окружающую среду, величина которых зависит как от разности температур теплоносителя и окружающей среды, так и от качества тепловой изоляции теплопроводов. Основной характеристикой теплоизоляционных материалов является **коэффициент теплопроводности**. Коэффициент теплопроводности зависит от применяемого материала и его влажности; с ростом влажности материала коэффициент теплопроводности увеличивается.

Потери теплоты при транспортировке теплоносителей связаны с их охлаждением, а при использовании пара появляются дополнительные потери, обусловленные конденсацией. В общем случае при транспортировке потери теплоты в окружающую среду можно рассчитать по данным измерений на основе уравнения теплового баланса:

$$Q = G^4 C_{DK}^4 (t_1 - t_2) + r^4 G^4, \quad (4.7)$$

где G - массовый расход однофазного энергоносителя (пар или жидкость),
кг/с;

c_p - удельная теплоемкость теплоносителя при постоянном давлении, Дж/(кг·К);

t_1 и t_2 - температура теплоносителя соответственно на входе и выходе рассматриваемого участка сети;

Γ - теплота конденсации, Дж/кг;

 G_K - расход сконденсировавшегося теплоносителя, кг/с.

Потери тепловой энергии надземным теплопроводом в окружающую среду можно довольно просто оценить на основании уравнения теплопередачи. При этом тепловой поток удобно отнести к длине теплопровода:

$$\underline{Q} = q_{\parallel} \underline{4l} = h_{\parallel} \underline{4l} t \underline{4l}, \quad (4.8)$$

где q_l - линейная плотность теплового потока, Вт/(м · °С);

 k_l -линейный коэффициент теплопередачи, Вт/(м · °С);
$$\Delta t = (\bar{t}_T - t_\infty) - \text{температурный напор,}$$

$\bar{t}_T$ - средняя температура теплоносителя на исследуемом участке теплопровода, °C;

t_{∞} - температура окружающей среды, °С.

Линейный коэффициент теплопередачи через многослойную стенку пре-
дызолированного теплопровода определяется по соотношению:

$$h_l = \frac{1}{3} \frac{1}{\alpha_s \frac{1}{4\pi} \frac{1}{4D_s}} + \frac{1}{2 \frac{1}{4\pi} \frac{1}{4\lambda}} \frac{1}{4\ln \frac{D_s}{D_s}} + \frac{1}{2 \frac{1}{4\pi} \frac{1}{4\lambda}} \frac{1}{4\ln \frac{D_u}{D_u}} + \frac{1}{2 \frac{1}{4\pi} \frac{1}{4\lambda}} \frac{1}{4\ln \frac{D_\kappa}{D_\kappa}} + \frac{1}{\alpha_s \frac{1}{4\pi} \frac{1}{4D_\kappa}} \frac{1}{4}^{-1} \quad (4.9)$$

где α_m - коэффициент теплоотдачи со стороны теплоносителя, Вт/(м²·К);

α_∞ - коэффициент теплоотдачи со стороны воздуха, Вт/(м²·К);

$\lambda, \lambda_u, \lambda_k$ - коэффициенты теплопроводности соответственно трубы, изоляции и защитного кожуха, Вт/(м·°С); D_v ,

D_n, D_u, D_k - внутренний и наружный диаметры стальной трубы, наружные диаметры изоляции и защитного кожуха, м.

$$k_l = R^{-1} = \frac{1}{\frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{D_n}{D_v} + \frac{1}{2\pi\lambda_u} \ln \frac{D_u}{D_n} + \frac{1}{2\pi\lambda_k} \ln \frac{D_k}{D_u}}, \quad (4.10)$$

При транспортировке теряется значительное количество теплоты. В отдельных случаях эти потери достигают 50 %. Это связано с неудовлетворительной тепловой изоляцией и утечкой теплоносителя. Особенно большие потери могут происходить в технологических теплопроводах с большим уровнем температур и образованием конденсата. При конденсации пара дополнительно выделяется значительное количество теплоты за счет фазового перехода, а в горизонтальных трубах также увеличиваются потери давления на прокачку теплоносителя.

Для уменьшения потерь теплоты в окружающую среду можно рекомендовать следующее:

- применять теплопроводы с высокими теплоизоляционными свойствами;
- понижать уровень температур теплоносителя без ущерба для потребителя;
- при возможности заменять технологический пар горячей водой;
- своевременно с помощью конденсатоотводчиков удалять конденсат из паропроводов;
- ликвидировать утечки теплоносителя;
- использовать гибкие системы регулирования отпуска и распределения теплоты.

Транспортировка электрической энергии

Электроэнергетическая система включает электрическую часть электростанций и потребителей энергии, которые связаны между собой посредством электрических сетей.

Распределение и передача электрической энергии осуществляются электрическими сетями, включающими трансформаторные и преобразовательные подстанции, распределительные устройства и воздушные или кабельные линии электропередачи (ЛЭП).

Снижение потерь электрической энергии в сетях переменного тока может быть достигнуто снижением передаваемой реактивной мощности, а также уменьшением сопротивления передаче, кроме того вырыванием графика электрических нагрузок.

Снижение потерь в линиях электропередачи может быть также достигнуто использованием постоянного тока или сверхпроводников. В первом случае требуются мощные преобразователи напряжения. Опытная эксплуатация таких линий показала их высокую стоимость и нерентабельность по сравнению с традиционными системами передачи электроэнергии. Во втором случае эксплуатация сверхпроводника ЛЭП требует криогенных систем, что еще выше по стоимости.

ТЕМА 5. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Взаимосвязь экологии и энергосбережения

Предметом изучения экологии является охрана окружающей среды. Данное направление связано с энергетикой, так как энергетические объекты могут отрицательно воздействовать на окружающую среду, загрязняя ее.

Окружающая среда включает биосферу, которая охватывает нижнюю часть атмосферы, гидросферу и верхнюю часть литосферы (земная кора и верхняя мантия). Загрязнение биосферы может быть уменьшено за счет энергосбережения при рациональном использовании невозобновляемых и возобновляемых источников энергии.

Для лучшего понимания механизма отрицательного воздействия выбрасываемых в атмосферу вредных веществ рассмотрим более подробно ее строение (рис. 34).

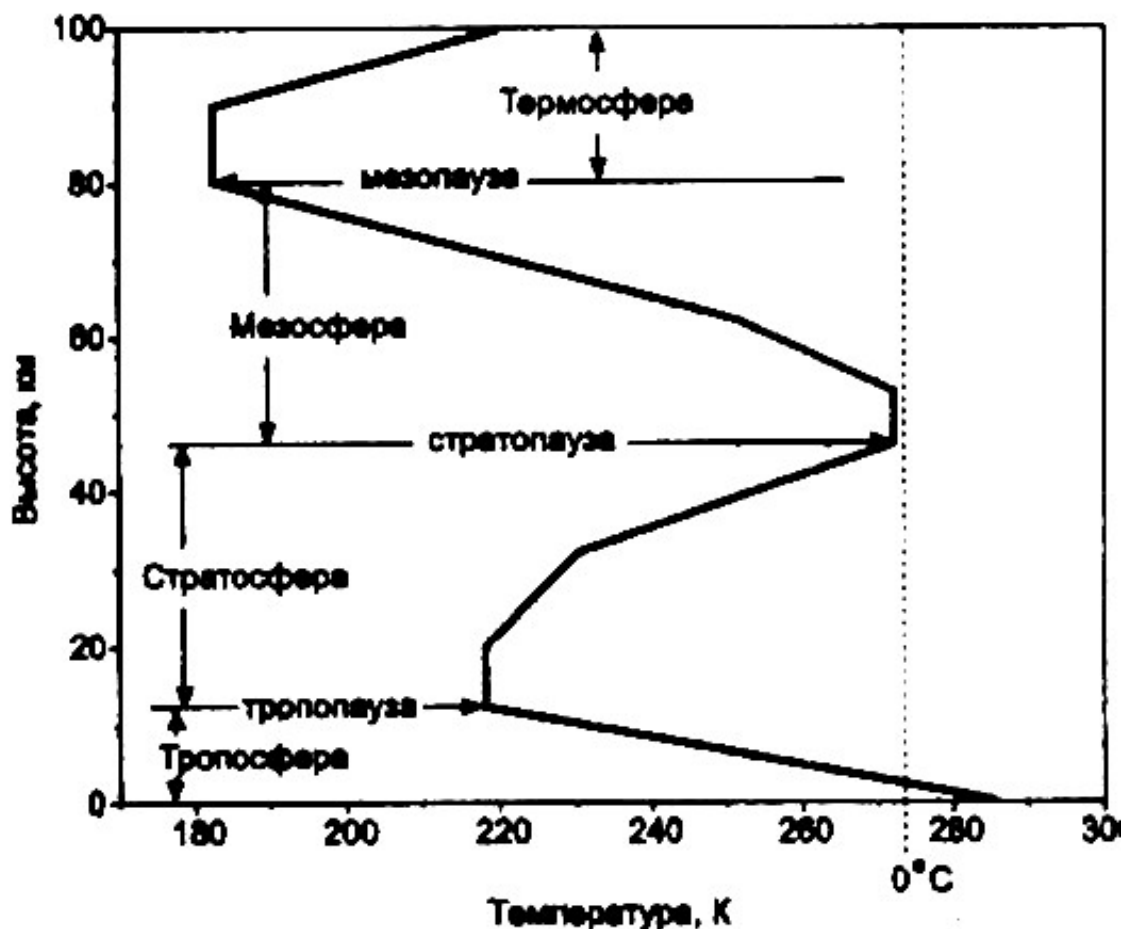


Рис. 34. Строение атмосферы

Атмосфера включает по высоте четыре области:

- тропосферу - от 0 до 10-12 км с падением температуры до -55°C и давления до 41,0 мм рт. ст.;
- стратосферу - от 10-12 до 50-55 км с ростом температуры до 0°C и падением давления до 8,9 мм рт. ст. в средней стратосфере и до 0,63 мм рт. ст. в верхней;
- мезосферу - от 50-55 до 80-90 км с падением температуры до -90°C и давления до 0,04 мм рт.ст.;
- термосферу, простирающуюся от 80-90 до 200-300 км с непрерывным повышением температуры до сотенградусов.

Каждая зона атмосферы завершается областью постоянной температуры: тропопаузой, стратопаузой и мезопаузой. Газы, накапливаясь в верхних слоях тропосферы и стратосферы, препятствуют выходу теплового инфракрасного излучения с поверхности Земли, нагретой Солнцем. Атмосфера и поверхность Земли нагреваются, пока уходящие потоки энергии не уравниваются с приходящими.

Это явление представляет собой парниковый эффект, который сопровождается нагревом тропосферы и охлаждением стратосферы.

В средней атмосфере присутствует озоновый слой. Молекулы озона поглощают солнечное излучение с длиной волн короче 290 нм и инфракрасное излучение с поверхности Земли с длиной волн 9-10 мкм, усиливая парниковый эффект.

Таким образом, озоновый слой участвует в обеспечении безопасного уровня ультрафиолетовой радиации и поддерживает устойчивый климат на Земле. В тропосфере и стратосфере озон также оказывает воздействие на антропогенные примеси поступающие в атмосферу в результате деятельности человека, разрушая их. В совокупности процессы с участием озона обеспечивают оптимальные условия существования флоры и фауны. Неконтролируемые выбросы в атмосферу хлорсодержащих газов и окислов азота истощают и разрушают озоновый слой, что ведет к увеличению поступающего на Землю биологически вредного солнечного ультрафиолетового излучения.

Ниже приведен перечень рекомендованных Международным бюро по защите окружающей среды приоритетных мероприятий в области энергетики, направленных на снижение парникового эффекта.

- Более эффективное производство, передача и распределение энергии.
- Уменьшение энергоемкости обработки основных материалов.
- Внедрение энергоэффективных моторов и приводов.
- Повышение эффективности освещения и водяного отопления и, как следствие, снижение потребления первичного топлива.

- Использование возобновляемых видов энергии, и в частности фотоэлектрической, солнечно-тепловой, ветровой.
- Производство биомассы для замены ископаемого твердого топлива, газификация биомассы.
- Внедрение совершенных, энергоэффективных газотурбинных циклов.
- Развитие малой гидроэнергетики.
- Переход на природный газ.
- Переработка городских и сельских отходов.

Одним из направлений экологизация энергосбережения может быть проведение совместного эколого-энергетического аудита и экспертизы и соблюдение экологического законодательства в области энергосбережения.

Как видим, взаимосвязь экологии и энергосбережения выражается простой формулой: экономишь энергию уменьшается отрицательное воздействие на окружающую среду.

Невозобновляемые источники энергии и окружающая среда

Объекты энергетики, где в качестве первичной энергии используется углеводородное топливо, являются источника - ми вредных выбросов в окружающую среду. В процессе горения топлива наряду с выделением тепловой энергии с отходящими газами выбрасывается ряд веществ, оказывающих отрицательное воздействие на биосферу (табл. 10).

Таблица 10

Основные вещества, выбрасывают в атмосферу энергетическими объектам

Вещества	Характеристика
Двгокснд серы (SO ₂)	Оказывает влияние на процессы окисления, разрушает материала и вредно воедействует на здоровье человека (раздражает слизистую оболочку дыхательных путей)
Оксид азота (NO _x)	Оказывает вредное воздействие наздоровье человека и способствует образованию парникового эффекта, а также разрушению озового слоя, что отрицательновлиет на здоровье. (вызывает «кислотные дожди»)
Моноксид углерода	Выделяется в результате неполного сгорания топлива.

(CO)	Взаимодействует с другими веществами и оказывает разнообразное вредное воздействие (угарный газ)
Углекислый газ (CO ₂)	Образование CO ₂ – необходимое условие процесса горения (производства энергии). Экологические законы ограничивают уровень выбросов CO ₂ (Киотский протокол 1997 г.)- Способствует созданию парникового эффекта
Твердые частицы	Включают сажу и другие несгоревшие материалы. Переносят тяжелые металлы и углеводороды. Могут являться источником выбросов в атмосферу радионуклидов

Воздействие на окружающую среду оказывают также и другие газы, поступающие в атмосферу: пар, метан, хладагенты.

Наиболее эффективным способом снижения вредных выбросов в атмосферу является уменьшение объема сжигаемого топлива за счет рационального использования вторичной энергии.

Рассмотрим некоторые пути снижения потребления топлива.

Утилизация тепловых энергетических отходов непосредственно связана с экологическими мероприятиями, так как за счет этого достигается снижение вредных выбросов пропорционально сэкономленному топливу.

Особенно наглядной и ощутимой является организация оптимальных топочных процессов и утилизации сбросной теплоты в промышленных печах, котельных установках и на других объектах энергетики. Рассмотрим некоторые аспекты данного направления.

Ископаемое топливо пока остается преобладающим источником энергии, получаемой в форме теплоты при его сжигании. Исследования, проведенные в Дании, показывают, что комбинированное производство электрической энергии и теплоты на ТЭЦ является самым важным направлением в снижении выбросов CO₂. При этом снижение выбросов CO₂ в среднем составляет 500 кг/МВт ч при производстве 1 МВт-ч электроэнергии по комбинированному циклу в сравнении с отдельным производством электрической и тепловой энергии на ТЭС и в котельных. Кроме диоксида углерода уменьшается количество вредных выбросов SO₂ и NO_x (рис. 35).



Рис. 35. Влияние технологии производства теплоты электроэнергетики на загрязнение окружающей среды

Уменьшение выбросов NO_x может быть также достигнуто путем подмешивания части отходящих дымовых газов к воздуху, подаваемому на горение. Для этого следует организовать рециркуляцию дымовых газов. Внутреннее использование тепловых энергетических отходов в котельных установках и промышленных печах для подогрева питательной воды и предварительного подогрева первичного воздуха до 200-400 °С дает реальную экономию топлива. Так, при подогреве воздуха реальная экономия топлива в среднем может достигать 25 % (рис. 36).

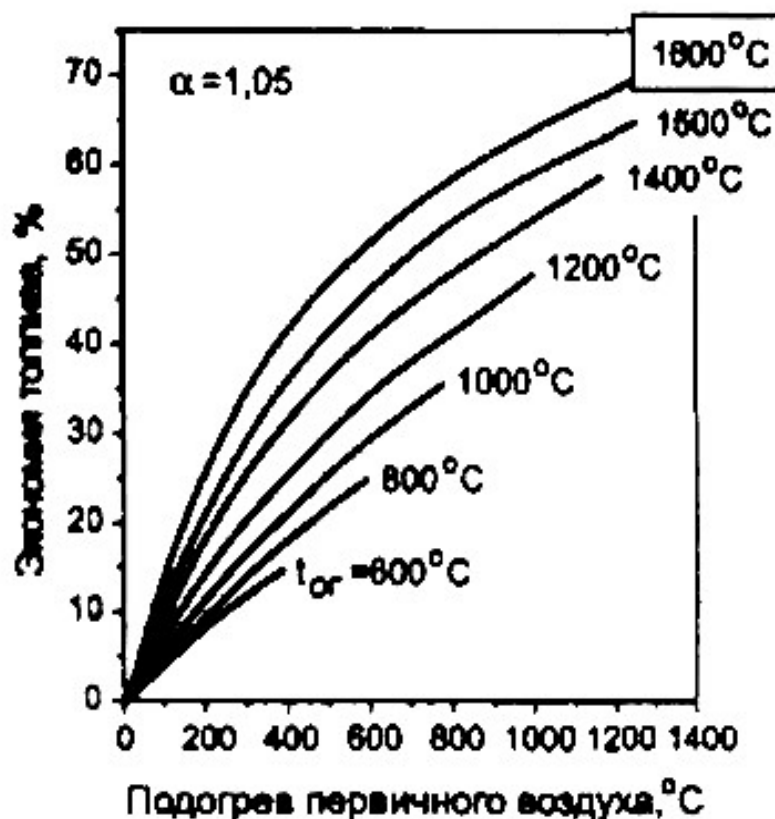


Рис. 36. Экономия топлива за счет подогрева первичного воздуха в зависимости от температуры дымовых газов $t_{ог}$.

Поддержание оптимального состава топливовоздушной смеси позволяет достичь максимально возможной температуры горения, что снижает потребление топлива. При увеличении коэффициента избытка воздуха до 2 температура горения уменьшается на 40% (рис. 37).

Кроме того, при избытке воздуха дополнительное потребление топлива возрастает до 25% в зависимости от температуры отходящих газов. Оптимальный состав топливо-воздушной смеси можно поддерживать с помощью горелок с автоматическим управлением. Для этого дополнительно применяются системы сбора информации о химическом составе отходящих дымовых газов, ее обработка и на этой основе осуществляется автоматическое регулирование.

Контроль эффективности сгорания топлива базируется на измерении содержания CO_2 в отходящих дымовых газах. Считается, что при оптимальном сгорании природного газа получается от 8 до 9,6 % CO_2 , а при сгорании мазута - от 10 до 12,5 %.

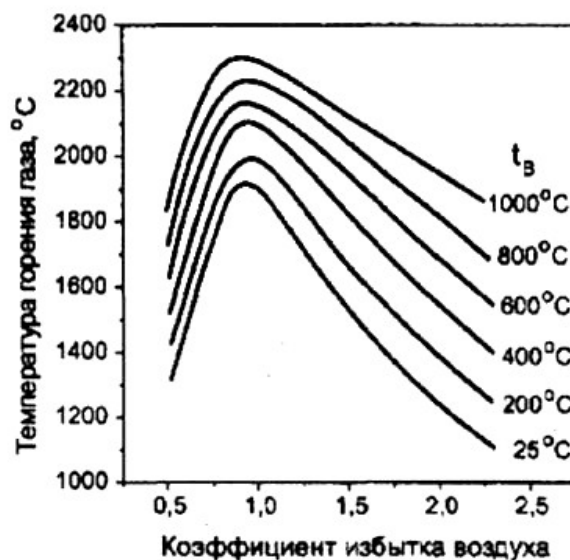


Рис. 37. Влияние коэффициента избытка и подогрева воздуха на температуру горения газа

Вместе с тем данные значения концентраций углекислого газа могут быть зафиксированы как при полном сгорании топлива ($\alpha > 1$), так и при его недожоге ($\alpha < 1$), т.е. возможна неоднозначность определения эффективности сжигания топлива на основе измерения только CO_2 (рис. 38). Поэтому рекомендуется дополнительно измерять в отходящих дымовых газах и содержание кислорода. Для оптимального режима горения оно должно иметь минимальное значение.

Сжигание топлива с повышенной влажностью требует дополнительного избытка воздуха» что приводит к снижению температуры в зоне горения, а следовательно, и эффективности процесса горения (рис. 39). Подогрев же первичного воздуха до 200 °C обеспечивает повышение температуры горения на 7 %.

Значительным источником вредных выбросов является транспорт. В некоторых странах на производство топлива для транспорта расходуется до 50 % потребляемой нефти.

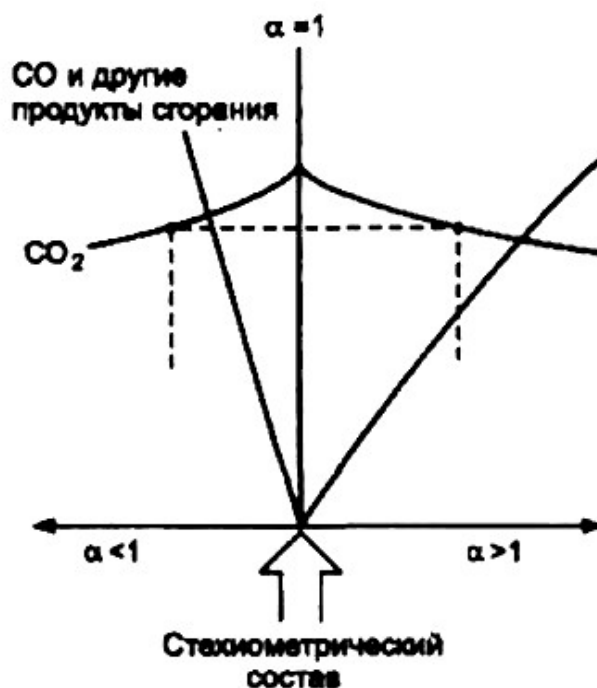


Рис. 38. Неоднозначность определения эффективности сжигания топлива на основе измерения только CO_2

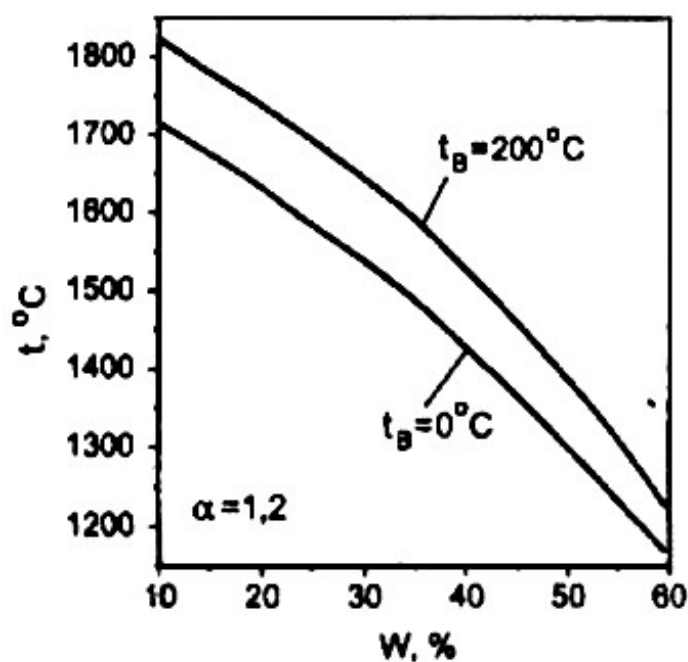


Рис. 39. Влияние влажности древесного топлива и предварительного подогрева воздуха на температуру горения

Автомобильные выхлопные газы содержат такие вредные вещества, как окись углерода, летучие органические соединения, окись азота и свинец. Ядовитые выхлопные газы и свинец отрицательно влияют на нервную систему че-

ловека. Разработка технологий производства чистого горючего и улучшенных двигателей с минимальным потреблением топлива позволяет уменьшить загрязнение от транспортных средств. Количество потребляемого топлива транспортными средствами, как и в энергетике, зависит от оптимального состава топливовоздушной смеси.

Снижение потерь теплоты через ограждения агрегатов и устройств, которые используются при ее производстве, транспортировке и потреблении, также уменьшает расход топлива. Любые потери теплоты требуют компенсации, так как потребитель должен получить необходимое количество энергии для проведения технологических процессов или создания комфортных условий для работы, учебы, отдыха.

Уменьшение потребления энергии может быть достигнуто и за счет совершенствования технологических процессов, использования современного основного и вспомогательного энергосберегающего оборудования.

Возобновляемые источники энергии и окружающая среда

Имеются диаметрально противоположные мнения о влиянии возобновляемых источников энергии на окружающую среду.

Большую роль в энергообеспечении играет биомасса. В мире приблизительно половина населения готовит себе пищу, используя топливо из биомассы. Использование биомассы в виде топлива дает преимущества для экологии, так как при сгорании биомассы выделяется не больше CO_2 , чем при ее естественном разложении в природе.

Переработка биомассы путем анаэробного сбраживания уменьшает выделение азота в грунтовые воды и метана в атмосферу. Биомасса может быть использована в сочетании с органическим топливом - углем, торфом. Для утилизации биомассы с целью получения энергии используются современные устройства: топки с «кипящим» слоем, газогенераторы. Однако необходимо уделять внимание способам сжигания биомассы, так как некоторые из них в быту могут приводить к высокому уровню загрязнения в помещении, например

использование очагов без установки труб, каминов с неправильно сконструированными дымоходами.

Наряду с биомассой в улучшении экологической обстановки значимую роль могут сыграть и другие возобновляемые источники энергии, например Солнце и ветер.

Гелиоустановки оказывают минимальное воздействие на окружающую среду.

Следует, однако, указать, что под его влиянием происходит разрушение некоторых материалов, что требует их замещения, связанного с использованием энергии. К таким материалам, например, относятся некоторые полимеры. Кроме дополнительного потребления энергии на их воспроизводство возникает проблема захоронения и переработки.

Ветроэнергетические установки оказывают значительно меньшее отрицательное воздействие на окружающую среду, чем замещаемые ими энергогенерирующие технологии на основе углеводородного топлива.

Вместе с тем строительство и эксплуатация ветроэнергетических установок связаны с необходимостью отчуждения земель (в том числе и сельскохозяйственного назначения) и изменением окружающего ландшафта. Кроме того, ветроэнергетические установки создают шум и вибрации, являются источником электромагнитного излучения. Шум вызывает раздражение, мешает работе, может приводить к функциональным изменениям в организме человека. Электромагнитное излучение создает радио- и телепомехи. Чтобы избежать этих воздействий, требуется создание санитарной зоны от нескольких сот метров до 2 км.

В странах, где используются ветроэнергетические установки, введены ограничения по шуму (табл. 1).

Наивысшая выносливость к шуму у человека составляет 130 дБ. Исследования показывают, что животные уживаются с ВЭУ, а удачно выбранное для их размещения место создает минимальную опасность для птиц. Соблюдение тре-

бований по шуму и благоприятное размещение ВЭУ сводит ущерб, наносимый окружающей среде, к минимуму.

Таблица 11

Предельные нормы по шуму ветроэнергетических установок

Стране	Промышлен- ная зона, дВ	Сельские райо- ны, дВ	Смешанная зо- на, дВ	Жилые кварта- ры, дВ
Дания	-	45	-	40
Германия:				
день	65	50	60	55
ночь	50	35	45	40
Голландия:				
день	-	40	50	45
ночь	-	30	40	35

Развитие гидроэнергетики требует создания водохранилищ, что сопряжено с отчуждением земель, в том числе ценных для производства сельхозпродукции и развития животноводства, и их затоплением. В результате этого меняется инфраструктура в районе гидроэлектростанции, возрастает поверхность зеркала воды, изменяется ее температура по течению ниже плотины. Летом вода более холодная, а зимой - теплая. Это воздействует на микроклимат, так как повышается влажность. Кроме того, плотины препятствуют продвижению рыбы в верховья рек во время нереста. Чтобы возместить ущерб, требуется строить специальные водоводы.

Одной из проблем использования геотермальных источников для нужд теплоснабжения является то, что они работают по разомкнутой схеме. И если засоление термальных вод значительное, сбросные воды будут также приводить к засолению земли.

В целом при соблюдении всех требований по охране окружающей среды возобновляемые источники энергии оказывают на нее минимальное воздействие. Кроме того, затраты на производство возобновляемой энергии постоянно снижаются, и она со временем может стать конкурентоспособной с источниками на ископаемом топливе.

ТЕМА 6. УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Общие принципы организации энергетического менеджмента на предприятии.

Энергетическому менеджменту, как и менеджменту вообще, свойственны общие функции, которые учитывают конкретную специфику области управления. К ним относятся планирование, организация, мотивация, контроль и координация (рис. 40).



Рис. 40. Обобщенные функции энергетического менеджмента на предприятии

В основе практической реализации этих функций лежит информационный банк данных о динамике энергетических и материальных потоков на предприятии. Сбор, классификация и обработка этих данных проверяется, как правило, посредством внутреннего и внешнего менеджмента в рамках предварительного **энергетического аудита**.

Критический анализ собранной информации на основе структурных моделей производства позволяет сделать обоснованные выводы относительно энерготехнологической эффективности работы предприятия, а также разработать комплекс организационно-технических мероприятий (ОТМ) по ее повышению. Кроме того, сравнительный анализ удельных энергетических затрат на выпуск продукции установленного качества с показателями предприятий аналогичного профиля и отраслевой **нормой расхода ТЭР** на одноименную продукцию позволяет принять решение о необходимости модернизации исследуе-

мого технологического процесса. Данные действия энергоменеджера непосредственно связаны с реализацией функций планирования и организации.

Планирование - это стадия процесса управления, на которой определяются цели деятельности, необходимые для этого средства, а также разрабатываются методы, наиболее эффективные для достижения цели в конкретных условиях. Планирование - это процесс подготовки и принятия решения (рис. 41).

Реализация функции менеджмента организация должна обеспечить условия успешного внедрения запланированных ОТМ, включая материалы, оборудование, денежные средства, обучение персонала и т. п. На этой стадии энергетический менеджер участвует в управлении предприятием при составлении бюджета по энергосбережению на следующий год, выработке производственных планов и стратегии предприятия. Кроме того, в его обязанности входит подготовка бизнес-планов для привлечения инвестиций из внешних источников с целью реализации высокочрезвычайных энергосберегающих мероприятий.

Наиболее действенным и простым методом достижения большей энергоэффективности технологических процессов и оборудования на предприятии является внедрение в сознание персонала «психологии энергосбережения», т. е. осознанного и мотивированного применения на практике правил эффективного использования энергии.



Рис. 41. Этапы процесса принятия решения в сфере энергосбережения

В связи с этим в энергетическом менеджменте предприятия реализуется функция **мотивация**, цель которой - активизировать людей, работающих в организации, и побудить их эффективно использовать энергию. Для этого персонал предприятия информируется о деятельности по энергетическому менеджменту, мерах по экономии энергии, предпринимаемых в настоящее время. Показываются выгоды организации в целом и каждого члена коллектива от экономии энергии.

На всех стадиях реализации функций энергетического менеджмента на предприятии организационные методы (включая и методы стимулирования) должны сопровождаться контрольными функциями.

Контроль основывается на учете результатов работы с количественной и качественной оценкой. Главным инструментом его реализации является наблюдение, проверка всех сторон деятельности, учет и анализ. Контроль выступает как элемент обратной связи, так как по его данным производятся корректировки ранее принятых решений, планов, норм и нормативов. Контроль должен быть своевременным и простым.

Цели и объекты энергетического аудита. Целью энергетического аудита является получение простой, но исчерпывающей информации о ситуации с общим потоком энергии в пределах границ исследуемой системы, которая может быть, например, промышленным предприятием или технологической линией. Это помогает пониманию функционирования системы, раскрывает взаимосвязи и позволяет определить ее характеристики. Без информации, полученной в процессе энергетического аудита, энергетический менеджер работает с закрытыми глазами и склонен к принятию неустойчивых, плохо постижимых и неоптимальных решений.

Энергетический аудит приемлем для исследования любого вида деятельности, в котором происходит потребление ресурсов. Детальная информация о всех ресурсах, участвующих в процессе производства товаров, должна быть получена до того, как будет предпринята попытка повышения эффективности их использования в технологических процессах.

Собственно энергетический аудит может рассматривать: содержание энергии в товаре; энергию, потребляемую в процессе производства; аудит окружающей среды, т. е. аудит твердых, жидких и газообразных отходов.

Необходимо отметить, что, исследуя потоки энергии, энергетический менеджер должен быть очень аккуратным при установлении границ рассматриваемой системы и при определении потоков энергии и материалов в пределах этих границ. Оптимальная эффективность затрат, полученная в результате применения какого-либо метода сбережения ресурсов, никогда не может быть достигнута путем исследования, ограниченного до отдельных составляющих системы. Каждая система должна быть изучена целиком для того, чтобы определить основные центры потерь и сравнить эффективность затрат и влияние на окружающую среду для множества альтернативных вариантов или действий по модернизации.

Системный подход к энергетическому аудиту. Системный подход к энергетическому аудиту включает обзор, анализ, критику, генерирование возможных вариантов, оценку вариантов и их оптимизацию (табл. 12).

Схема критического анализа результатов энергетического аудита

Анализируемый параметр	Главный вопрос	Действительные факты	Альтернативы	Выбранная альтернатива
Цель	Что делается?	Что необходимо? Почему?	Что еще могло бы быть сделано?	Что должно быть сделано?
Средства	Как это делается?	Почему так?	Каким еще образом это может быть сделано?	Как это должно быть сделано?
Место	Где это делается?	Почему там?	Где еще «то» могло бы быть сделано?	Где это должно быть сделано?
Время	Когда это должно быть сделано?	Почему тогда?	Когда еще это могло бы быть сделано?	Когда это должно быть сделано?
Источники	Откуда поступают исходные ресурсы?	Почему этот источник?	Какие другие источники могла бы использоваться?	Какой источник должен использоваться?
Сток	Куда направляется сброс ресурсов?	Почему туда?	Куда еще он может быть перенаправлен?	Куда он должен быть направлен?

Подобный энергетический анализ выделяет основные области, в которых появляются непроизводительные отходы, и позволяет давать экономические оценки, ведущие к полностью обоснованным инвестиционным решениям.

Последовательные шаги циклического процесса проведения энергетического аудита (рис. 42) можно условно объединить в рамках четырех этапов.

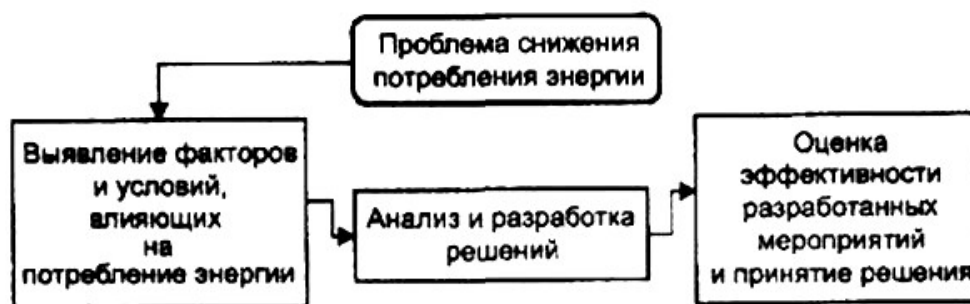


Рис. 42. Схема проведения энергетического аудита

Э т а п 1. Опытный аудитор путем внешнего осмотра оборудования и бесед со специалистами может выявить места неэффективного использования энергоресурсов. Кроме того, путем знакомства с отчетностью предприятие анализируется ретроспективная информация о потреблении энергии в основных производствах и установках.

Э т а п 2. Составляется карта потребления энергии как по всем энергоносителям, так и по технологическим процессам, установкам и цехам (зданиям). Каждому зданию процессу и установке присваивается код, который используется в последующей работе. Информация о потреблении энергии должна включать данные, как за текущий период, так и за прошлые годы. Динамика потребления энергии позволяет сделать объективное заключение об эффективности ее использования.

На стадии разработки карты потребления энергии составляются энергетический и материальный балансы которые позволяют выявить для каждого объекта факторы, влияющие на ее потребление. Энергетические балансы позволяют также осуществлять контроль соответствие фактических показателей энергопотребления нормативным.

Э т а п 3. Проводится более детальный анализ энергетической и экономической эффективности возможных мероприятий по экономии энергоресурсов. После такого анализа уточняется технически и экономически обоснованная программа экономии энергии. По результатам проведенных работ составляется отчет с целью принятия решения о проведении намеченных энергосберегающих мероприятий. Отчет включает описание инспектируемого объекта, результаты технического и экономического анализа. Он заканчивается рекомендациями по энергосбережению.

Э т а п 4. Внедрение разработанной программы энергосбережения. Аудитор выполняет функции консультанта и осуществляет надзор за реализацией принятой программы.

Энергетический баланс предприятия

Энергетическое хозяйство предприятия. Составление и анализ энергетических балансов - важнейший элемент энергетического менеджмента предприятия. Анализ энергобалансов дает возможность установить фактическое состояние использования энергоресурсов в отдельных элементах предприятия и на предприятии в целом. Объектом подобного анализа является система энергоснабжения промышленного предприятия.

Энергетическое хозяйство предприятия включает два сектора: систему энергоснабжения предприятия и потребителей энергии (рис. 43).

Система энергоснабжения служит для надежного удовлетворения потребностей предприятия в необходимых видах энергии нужных параметров и качества. Общие принципы построения систем энергоснабжения одинаковы для любых предприятий и различаются только количеством включенных в них компонентов.

Необходимые виды энергии и энергоносителей могут поставляться предприятию через централизованное энергоснабжение (рис. 44).

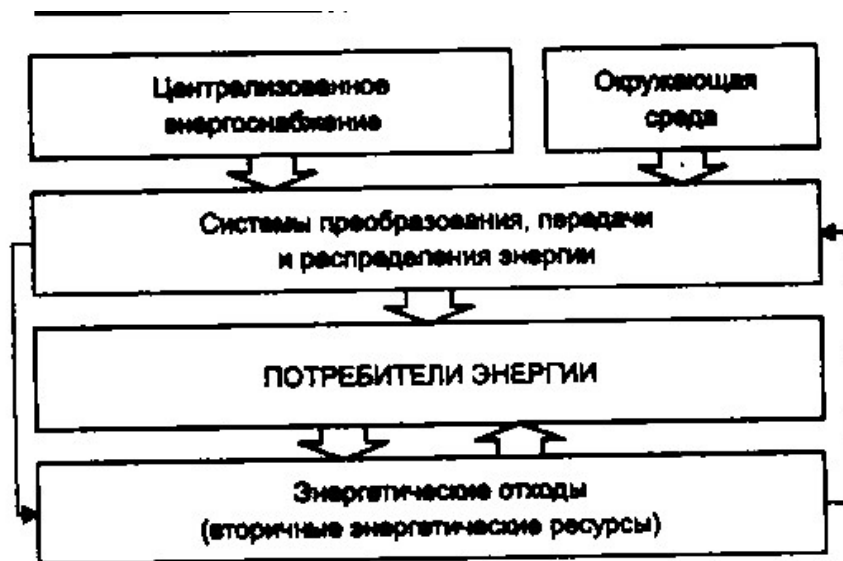


Рис. 43 Укрупненная схема энергосбережения и потребления энергии предприятием

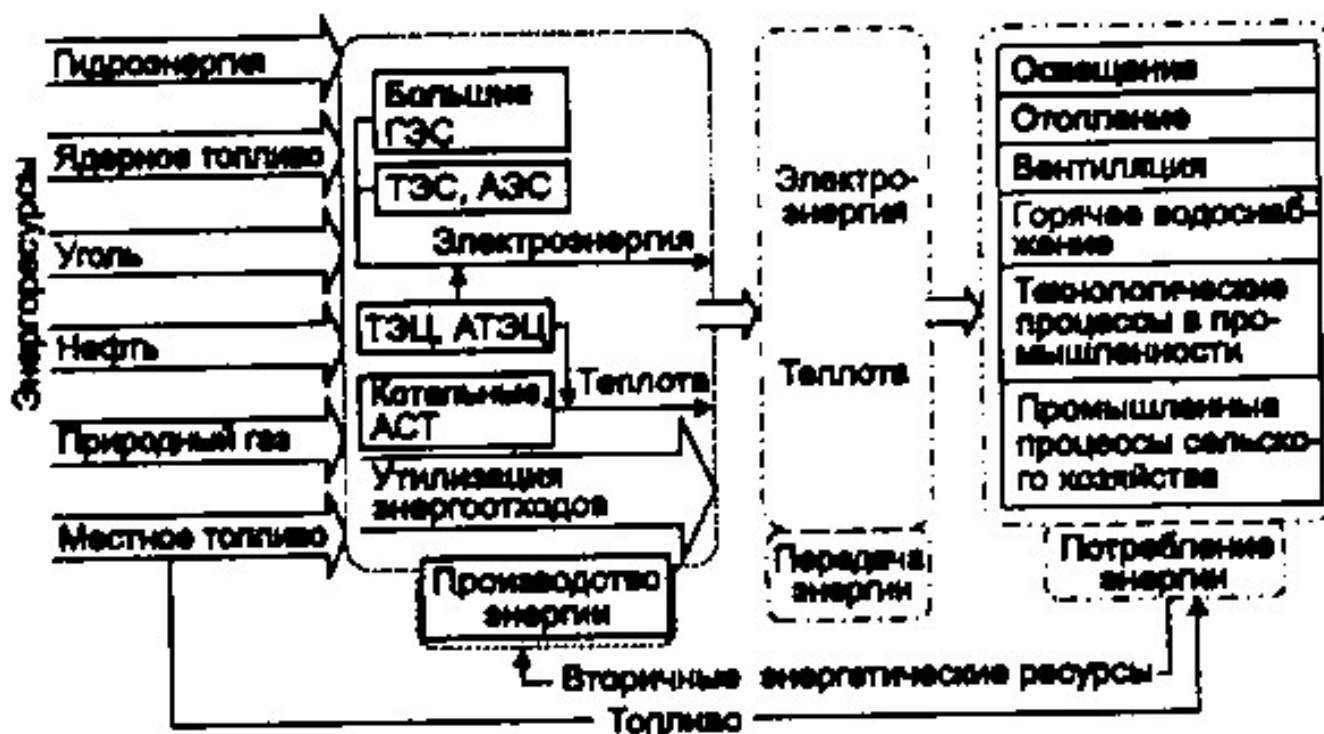


Рис. 44. Система централизованного энергоснабжения
промышленных предприятий

К ним относятся электроэнергия, теплота и органическое топливо. Источником энергии может также служить непосредственно окружающая среда с потоками прямой или преобразованной энергии Солнца, а также энергия недр Земли. Кроме того, для нормального функционирования энергетического хозяйства предприятия используются вода и воздух из водных и воздушных бассейнов Земли.

На следующей ступени системы энергоснабжения энергетические потоки при необходимости могут быть преобразованы в другие виды энергии или изменить свои параметры в соответствии с условиями эксплуатации потребляющих устройств.

Преобразование энергии осуществляется на ТЭЦ, в котельных, на компрессорных станциях, в холодильных установках, на тепловых пунктах, трансформаторных подстанциях и других объектах, которые входят в энергетическое хозяйство предприятия (рис. 45).

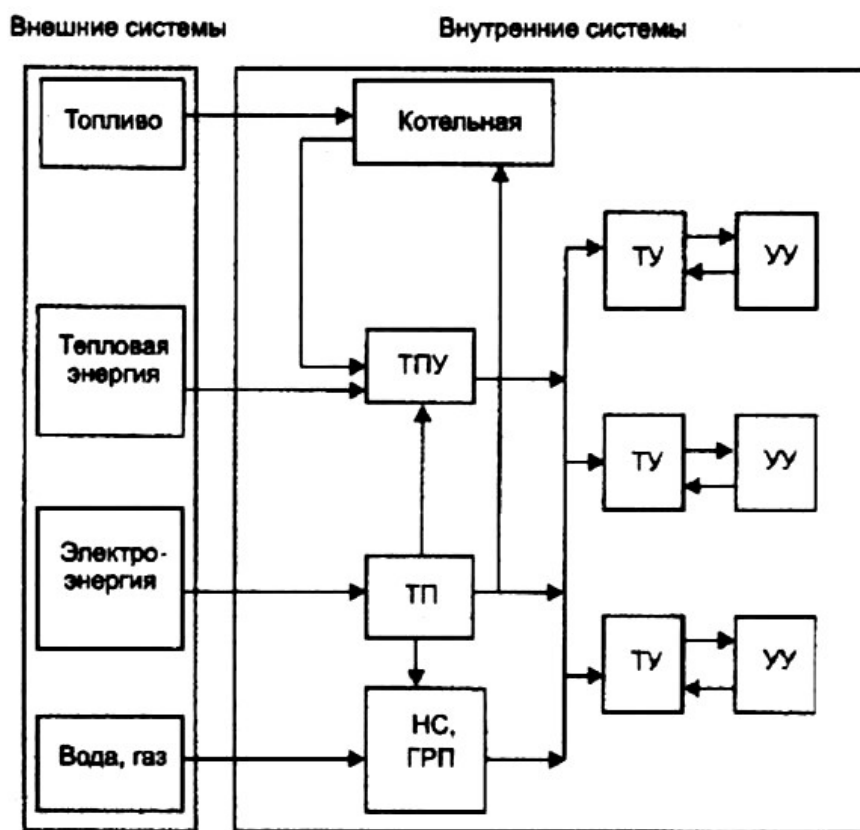


Рис. 45. Схема энергосистемы промышленного предприятия:

ТУ - технологические установки; УУ - утилизационные установки; ТП-трансформаторная подстанция; ТПУ - теплоузел; НС - насосная подстанция; ГРП – газорегуляторный пункт

Следует отметить, что в большинстве случаев размещение источников энергии и потребителей не совпадает. Поэтому энергетическое хозяйство предприятия должно включать разветвленную систему передачи и распределения энергии. В качестве источников энергии на предприятии могут служить также энергетические отходы (вторичные энергетические ресурсы). Эти отходы могут быть непосредственно готовыми к применению или использоваться после их преобразования. Данный вопрос рассматривается в следующей главе.

Основными потребителями энергии на предприятии являются:

- технологические потребители, непосредственно связанные с выпуском готовой продукции или оказанием услуг;
- системы освещения;
- системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха;

- горячее и холодное водоснабжение.

Технологические потребители в зависимости от отрасли промышленности и сферы услуг существенно отличаются друг от друга, хотя имеются и идентичные, например электропривод устройств, механизмов и агрегатов. В то же время вспомогательные потребители имеют общую основу и отличаются лишь деталями, учитывающими специфику производства. В целом энергетическое хозяйство предприятия представляет собой сложную разветвленную структуру, характеризующуюся взаимосвязанными энергетическими и материальными потоками различного вида и назначения.

Содержание и порядок проведения энергетического обследования предприятия. Обследование включает получение общей характеристики предприятия и данных, необходимых для оценки резервов экономии энергоресурсов.

Для всестороннего анализа использования ТЭР на предприятии составляются следующие виды энергобалансов:

- по видам используемых энергоносителей (топливо, тепловая энергия, электрическая энергия, механическая энергия);
- по целевому назначению, т. е. с выделением расхода на технологию и вспомогательные нужды (отопление, вентиляцию, освещение и др.);
- по производственно-территориальным единицам (цехам, участкам и т. д.);
- полный энергетический баланс.

Анализ приходной и расходной частей энергетического баланса позволяет установить специфику энергопотребления и эффективность использования энергоресурсов на промышленном предприятии. Полный энергетический баланс (в тепловом эквиваленте) включает все виды энергии, претерпевающие преобразование на предприятии.

При проведении энергетического обследования в общей характеристике предприятия должны быть отражены следующие вопросы:

- номенклатура продукции и фактические удельные расходы энергоресурсов на ее производство за год, предшествовавший началу проведения энергетического обследования;
- источники и схема энергоснабжения;
- показатели суточных (зимнего и летнего) графиков электрической и тепловой нагрузки;
- доля энергетической составляющей в себестоимости продукции;
- организационная структура энергетической службы.

Для оценки эффективности энергопользования проводится обследование по следующим направлениям:

- ***состояние технического учета:***

способы учета (расчетный, приборный, опытно-расчетный);

формы получения, обработки и представления информации о контроле расхода энергии по цехам, участкам, энергоемким агрегатам;

соответствие схемы учета энергии структуре норм; оснащение приборами расхода ТЭР;4

- ***состояние нормирования:***

наличие на предприятии утвержденных норм расхода энергоресурсов;

охват нормированием статей потребления энергоресурсов;

фактическая структура норм и соответствие ее технологии и организации производства;

динамика норм и удельных расходов за три предшествующих обследованию года;

• ***определение резервов экономии энергетических ресурсов на основании обследования*** оборудования и технологических процессов, состояния использования БЭР.

По результатам проведения энергетического обследования предприятия составляется перечень *организационно-технических мероприятий (ОТМ)* по экономии топлива и энергии.

Системный подход к анализу энергоэффективности технологических процессов предполагает выделение иерархических уровней соподчинения энерготехнологических элементов систем энергоснабжения и энергопользования промышленного предприятия (рис. 46).

Составление подобных схем помогает не только систематизировать и осмыслить исходную информацию о состоянии потребления ТЭР на предприятии, но и является основой для проведения интегрированного анализа эффективности реализации организационно-технических мероприятий по их экономии.

Расчетный анализ энергетических балансов. *Расчетный анализ расходов электрической энергии* может быть выполнен на основе следующих соотношений:

• *расход электроэнергии на технологические установки, кВтч,*

$$W = N_n \cdot k_u \cdot t, \quad (6.1)$$

где N_n - номинальная мощность электродвигателя технологической установки, кВт;

k_u - коэффициент использования мощности электродвигателя;

t – рассматриваемый промежуток времени, ч;



Рис. 46, Уровня иерархии энергосистемы промышленного предприятия

• *расход электроэнергии на освещение, кВт-ч*

$$WE = \left(S_j \cdot z_j \cdot C_j / t_j \right) \cdot 10^{-3}, \quad (6.2)$$

где E_j - норма освещенности в j -м помещении, лк (люкс - единица измерения освещенности);

S_j - площадь j -го помещения, m^2 ;

z - коэффициент неравномерности освещения, принимающий значения от 1,1 до 1,15;

t_j - время работы светильника в j -м помещении, ч;

C_j - световая отдача светильника, лм/Вт (люмен - единица измерения светового потока), определяется по соотношению

$$C_j = \left(N_c / n \right) \cdot \Phi, \quad (6.3)$$

где Φ - световой поток лампы светильника, лм;

N_c - номинальная мощность лампы, Вт;

n_c - КПД светильника.

Расчетный анализ содержания тепловой энергии в приходной и расходной частях энергетического баланса может быть выполнен на основе следующих соотношений:

• **содержание химической энергии, теплота фазовых превращений, Гкал,**

$$Q_M = M r \quad \text{ч} \quad 10^{-6}, \quad (6.4)$$

где M - расход материального потока за рассматриваемый промежуток времени (час, год), кг или м^3 ;

r - удельная химическая энергия, энергия фазовых превращений, ккал/кг или ккал/ м^3 ;

• **теплосодержание материальных потоков, Гкал,**

$$Q_M = c M T \quad \text{ч} \quad 10^{-6}, \quad (6.5)$$

где c - массовая или объемная удельная теплоемкость материального потока M , ккал/(кг·град) или ккал/(м^3 ·град);

T - температура потока, $^{\circ}\text{C}$;

• **расход теплоты на отопление, Гкал,**

$$Q_M = q_o V (T_{\text{вн}} - T_{\text{ос}}) \quad \text{ч} \quad 10^{-6}, \quad (6.6)$$

где q_o - объемная отопительная характеристика объекта, ккал/(м^2 ·град);

V - внешний объем объекта, м^3 ;

$T_{\text{вн}}, T_{\text{ос}}$ - температуры внутри и вне объекта, $^{\circ}\text{C}$;

t - рассматриваемый промежуток времени, ч;

• **расход тепла на вентиляцию, Гкал,**

$$Q_v = q_v V (T_{\text{вн}} - T_{\text{ос}}) \quad \text{ч} \quad 10^{-6}, \quad (6.7)$$

где $q_v = m c_v (V_v/V)$; m - кратность воздухообмена, 1/ч;

c_v - объемная удельная теплоемкость воздуха, ккал/(м^3 ·град);

V_v - вентилируемый объем, м^3 ;

• **потери теплоты с дымовыми газам, Гкал,**

$$Q_{\text{дг}} = V_{\text{дг}} T_{\text{дг}} \quad \text{ч} \quad 10^{-6}, \quad (6.8)$$

где $V_{\text{дг}}$ - выход дымовых газов на 1 м³ газообразного или на 1 кг твердого топлива, м³/м³ или м³/кг;

$c_{\text{дг}}$ - объемная удельная теплоемкость дымовых газов, ккал/(м³·град);

$T_{\text{дг}}$ - температура дымовых газов;

• *тепловой эквивалент электрической энергии, Гкал,*

$$Q = W \cdot 40,86 \cdot 10^{-3}, \quad (6.9)$$

где W - подведенная (потребленная) за рассматриваемый промежуток времени (час, год) электрическая энергия, кВт.

ТЕМА 7. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Общие задачи. Нормирование расхода топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) - это определение меры рационального потребления этих ресурсов на единицу продукции установленного качества. Основная задача нормирования энергопотребления как составной части энергетического менеджмента - обеспечить применение в производстве методов рационального распределения и эффективного использования энергоресурсов.

Норма расхода ТЭР позволяет:

- планировать потребность ТЭР на производство определенного количества продукции;
- анализировать работу предприятия и его подразделений путем сопоставления норм и фактических удельных расходов ТЭР;
- определять удельную энергоемкость данного вида продукции;
- сравнивать энергоемкость одноименного продукта, производимого разными способами.

В основе составления норм расхода ТЭР лежит анализ энергетических балансов промышленных предприятий.

Классификация норм расхода ТЭР. Нормы расхода топлива, тепловой, электрической и механической энергии различаются как по степени агрегации - индивидуальные, групповые, так и по составу расходов - технологические, общепроизводственные (рис. 47).

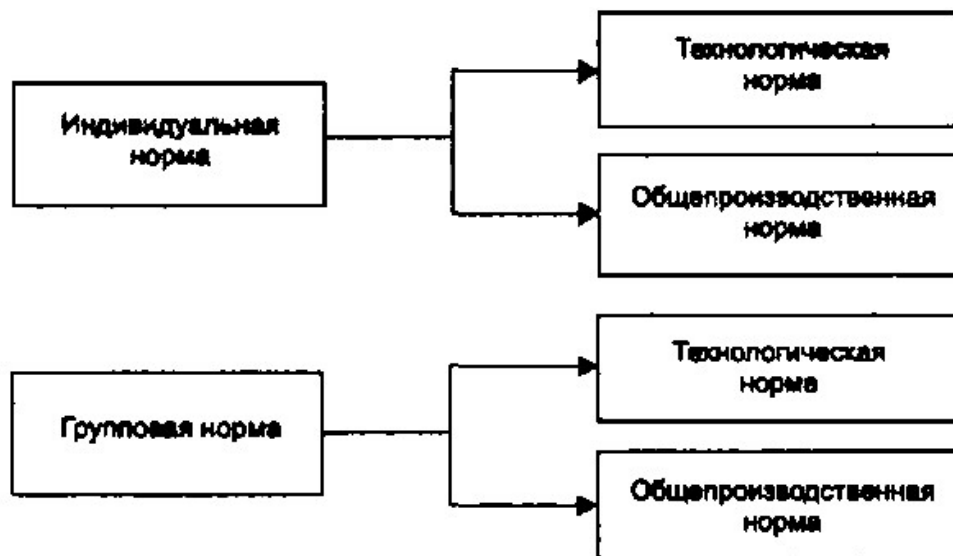


Рис. 47. Классификация норм расхода ТЭР

по степени агрегации и по составу расходов

Индивидуальная норма расхода ТЭР - это норма расхода на производство единицы определенного продукта, изготавливаемого определенным способом на конкретном оборудовании.

Групповая норма расхода ТЭР - это норма расхода на производство единицы одноименной продукции, изготавливаемой по различным технологическим схемам, на разнотипном оборудовании, из различного сырья.

Технологическая норма расхода ТЭР - это норма расхода на основные и вспомогательные технологические процессы производства данного вида продукции.

Общепроизводственная норма расхода ТЭР - это норма, которая учитывает расходы энергии на основные и вспомогательные технологические процессы, на вспомогательные нужды производства, а также технически неизбежные потери энергии в преобразователях, тепловых и электрических сетях предприятий, отнесенные на производство данной продукции.

Примерный состав технологической и общепроизводственной норм расхода ТЭР представлен на рис. 48.

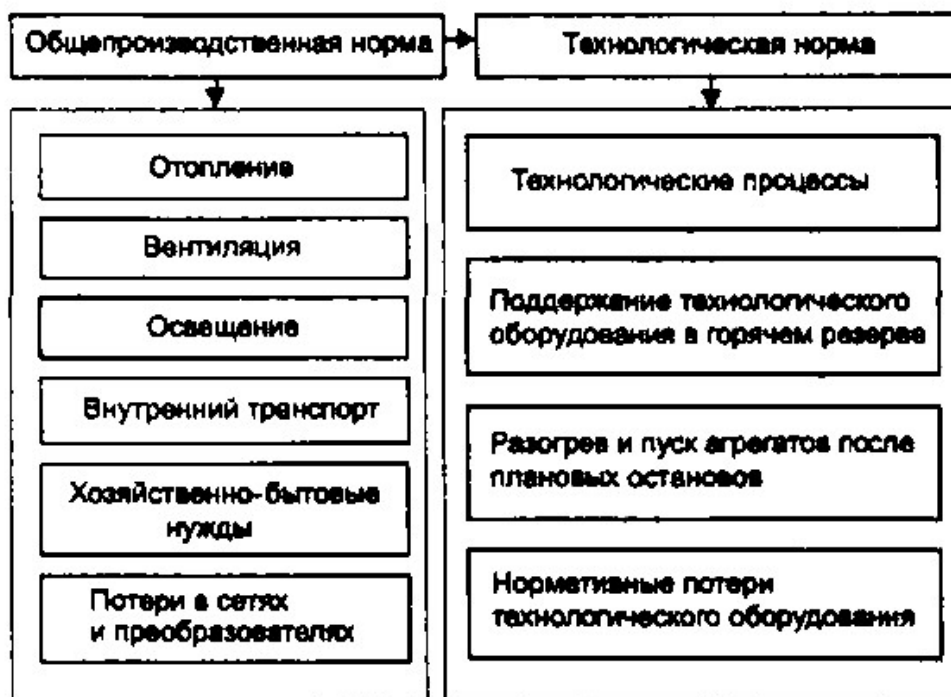


Рис. 48. Примерный состав технологической и общепроизводственной норм расхода ТЭР

Основными методами разработки норм расхода ТЭР являются:

- опытный (приборный);
- расчетно-статистический - на основе статистических данных об удельных энергетических затратах за ряд предшествующих лет, т. е. метод экстраполяции или энергетического планирования;
- расчетно-аналитический - на основе математического описания энергопотребления с учетом нормообразующих факторов.

Расчетно-статистический и расчетно-аналитический методы применяются для разработки как индивидуальных, так и групповых норм расхода ТЭР. Опытный (приборный, приборно-расчетный) метод применяется для определения только индивидуальных групповых норм расхода ТЭР.

Расчет норм расхода ТЭР. Индивидуальная норма расхода ТЭР определяется по соотношению

$$H_u = \sum_{j=1}^m e_j, \quad (7.1)$$

где e_j , m - статьи расхода и количество статей расхода по которым рассчитывается норма.

Если одна из статей расхода намного превосходит остальные, целесообразно представить H_u в виде

$$H_u = e_{\max} \left(1 + \sum_{j=1}^{m-1} \delta_j \right), \quad (7.2)$$

где $\delta_j = e_j / e_{\max}$.

Групповая норма расхода ТЭР определяется по соотношению

$$H_{gp} = \sum_{i=1}^k (H_u)_i \delta_i, \quad (7.3)$$

где $(H_u)_i$ - индивидуальная норма расхода по i -й технологической группе;

$\delta_i = V_i / V$ - удельный вес i -й составляющей в общем объеме производства продукции,

k - количество технологических групп.

Технологическая цеховая норма расхода ТЭР определяется по соотношению:

$$T_{i,j}^n = E^m / V_{j,i}, \quad (7.4)$$

где $T_{i,j}^n$ - технологическая цеховая норма расхода энергоресурсов на технологический процесс производства i -го продукта в j -м цехе;

E^m - расход энергоресурсов на технологический процесс;

$V_{j,i}$ - объем производства i -го продукта (товарного) или его составляющей (полупродукта) в j -м цехе.

Технологическая заводская (отраслевая) норма расхода ТЭР определяется по соотношению:

$$Z^m = \sum_{j=1}^n T_j^n \left(V_{j,i} / V_i \right), \quad (7.5)$$

где n - количество цехов предприятия (предприятий), выпускающих продукцию;

V_i - объем производства i -го продукта на предприятии.

Общепроизводственная цеховая норма расхода ТЭР определяется по соотношению

$$C_{i,j}^H = T_{i,j}^H + E_j \cdot (k_{j,i} / V_{j,i}), \quad (7.6)$$

где $C_{i,j}^H$ - общепроизводственная цеховая норма расхода энергоресурсов на производство i -го продукта в j -м цехе;

$T_{i,j}^H$ - удельный расход энергоресурсов на технологический процесс производства i -го продукта в j -м цехе;

E_j - суммарный расход энергоресурсов на вспомогательные нужды j -го цеха;

$V_{j,i}$ - объем производства i -го продукта в j -м цехе;

$k_{j,i}$ - коэффициент пропорциональности, согласно которому производится распределение общепроизводственных цеховых затрат энергии по видам продукции.

Если цех производит продукцию одного вида (одного качества), то $k_{j,i} = 1$. В этом случае общепроизводственная цеховая норма расхода ТЭР определяется по соотношению:

$$C^H = (E^m - E^e) / V, \quad (7.7)$$

где E^m - расход энергоресурсов на технологический процесс;

E^e - расход энергоресурсов на вспомогательные нужды;

V - объем производства продукта в цехе. Анализ соотношения суммарных энергетических затрат на производство продукта в цехе и энергетических затрат на технологический процесс проводится по соотношению

$$NE = \left(E^m / (E^m - E^e) \right) \cdot 100\%, \quad (7.8)$$

Общепроизводственная заводская (отраслевая) норма расхода ТЭР

определяется по соотношению

$$Z^n = \sum_{j=1}^n C_j^n \alpha_j, \quad (7.9)$$

где α_j - доля j -го цеха в общем объеме выпуска одноименной продукции;

n - количество цехов предприятия (предприятий), выпускающих одноименную продукцию.

Вспомогательные критерии энергетической эффективности. Для проведения режима энергосбережения и анализа энергоиспользования наряду с нормами расхода ТЭР должны применяться следующие показатели, характеризующие эффективность использования ТЭР на предприятии или в отрасли: удельная энергоемкость продукции (работ, услуг), обеспеченность прироста потребности в ТЭР за счет их экономии, энергопроизводительность.

Удельная энергоемкость продукции - отношение всей потребляемой на производственные нужды за год энергии к годовому объему продукции:

$$E = P_{\text{ТЭР}} / V, \quad (7.10)$$

где $P_{\text{ТЭР}}$ - вся энергия, потребляемая на производственные нужды за год (в пересчете на условное топливо); V - годовой объем продукции (в натуральном, условном или стоимостном выражении).

Обеспеченность прироста потребности в ТЭР за счет их экономии - отношение экономии ТЭР к приросту потребности в ТЭР:

$$\Delta P_{\text{э}} = (\text{Э} / \Delta P) \cdot 100\%, \quad (7.11)$$

$$\text{Э} = \text{Э}_n + \text{Э}_{\text{ВЭР}};$$

$$\text{Э}_n = (H_i - H_{\text{б}}) \cdot V_i;$$

где Э - экономия ТЭР;

ΔP - прирост потребности в ТЭР;

Э_n - экономия за счет снижения норм расхода по отношению к базисному году (за базисный принимается среднестатистический год, предшествующий отчетному);

$\mathcal{E}_{BЭР}$ – экономия за счет увеличения использования ВЭР по отношению к i -му году;

H_0, H_i - нормы расхода энергоресурса в базисном и отчетном годах; V_i - объем выпуска продукции в отчетном году.

Энергопроизводительность - выход продукции на единицу стоимости ТЭР:

$$\mathcal{ЭПР} = V_i / Z_{\text{ТЭР}} \quad ; \quad (7.12)$$

где V_i - объем выпуска продукции (в стоимостном выражении);

$Z_{\text{ТЭР}}$ - объем затрат ТЭР (в стоимостном выражении).

Классификация организационно-технических мероприятий по экономии ТЭР.

К основным классификационным признакам ОТМ по экономии ТЭР можно отнести (рис. 49):

- снижение потребления энергии;
- замещение используемых энергоресурсов иными источниками энергия;
- повышение коэффициента использования ТЭР.

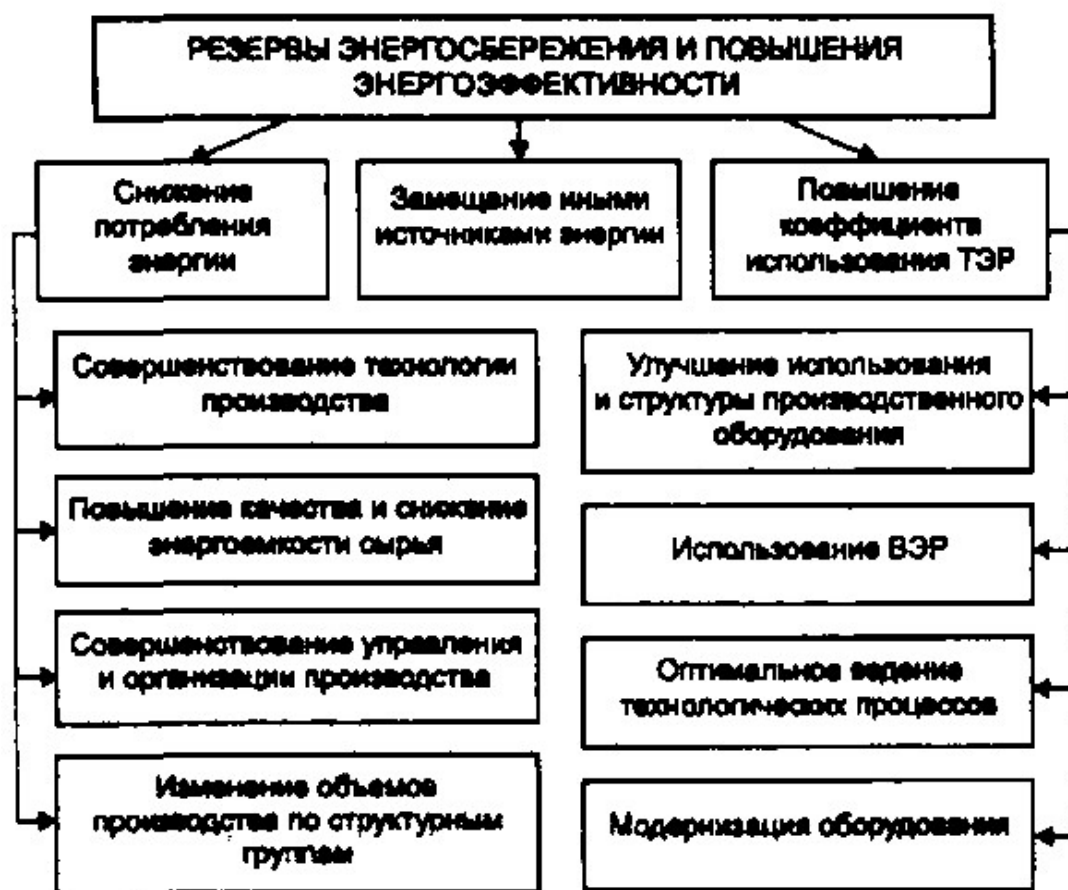


Рис. 49. Классификация ОТМ по экономии ТЭР

Вместе с тем при определении энергетической и соответственно экономической эффективности проводимых организационно-технических мероприятий следует учитывать ряд факторов, которые могут приводить к увеличению потребления ТЭР, но при этом как совершенствовать саму технологию, так и повышать качество конечной продукции. К факторам, повышающим удельный расход ТЭР, можно прежде всего отнести охрану окружающей среды, повышение безопасности и надежности технологического оборудования, а также повышение (расширение) потребительских качеств продукции.

По виду и составу получаемого экономического эффекта все ОТМ можно разделять следующим образом.

1. Мероприятия в системе энергоснабжения, не влияющие на производственный процесс. Экономический эффект при реализации данного типа мероприятий может достигаться за счет сокращения энергетических потерь и издержек производства, передачи и распределения энергии на ТЭЦ и в котель-

ных, в компрессорных и холодильных станциях и т. п.; в тепловых, электрических и других энергетических сетях; в трансформаторах, центральных бойлерных и т. п.

2. Мероприятия в системе энергоснабжения, влияющие на производственный процесс. При проведении подобных мероприятий может поменяться количество и качество энергии, передаваемой из системы энергоснабжения в систему энергопользования, а в результате - реконструируется или интенсифицируется производственный процесс. Экономический эффект в этом случае достигается за счет экономии энергии и сокращения издержек при производстве, передаче и распределении энергии, а также получения выгод в самом производственном процессе (увеличения выпуска продукции, повышения ее качества, сокращения расхода материалов и т. д.).

3. Мероприятия в системе энергопользования, не влияющие на технологический процесс. К этим мероприятиям относятся все работы во вспомогательных системах обеспечения основного технологического процесса (например, отопление, вентиляция, горячее водоснабжение, освещение), а также во вспомогательных цехах и службах, если они непосредственно не влияют на основной технологический процесс. Экономический эффект в этом случае достигается за счет экономии энергии во вспомогательном производстве, сокращения эксплуатационных расходов в основном и вспомогательном производстве.

4. Мероприятия в системе энергопользования, влияющие на технологический процесс. В системе энергопользования таких работ большинство, так как энергопотребляющие агрегаты прямо встроены в технологический процесс. Экономический эффект в этом случае достигается за счет экономии энергии и сокращения эксплуатационных расходов в основном производстве.

5. Мероприятия, повышающие надежность работы энергоустановок. Они могут осуществляться как в системе энергоснабжения, так и в системе энергопользования. Экономический эффект в данном случае определяется по

предотвращенному (или сниженному) ущербу от некачественного энергоснабжения (например, от перерывов в энергоснабжении, отклонения параметров энергии от заданных и т. п.).

Расчет эффекта от реализации ОТМ. Экономия энергоресурсов от внедрения ОТМ в производстве конкретного продукта, в котором отсутствуют структурные группы, равна:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_m = \sum_{j=1}^n (\mathcal{E}_m)_j, \quad (7.13)$$

где $\mathcal{E}_m$ - экономия ТЭР от внедрения ОТМ по продукту в целом;

$(\mathcal{E}_m)_j$ - экономия ТЭР от внедрения конкретного j-го мероприятия;

n - количество мероприятий по данному продукту.

Экономия ТЭР от внедрения конкретного j-го мероприятия может быть найдена специальным расчетом или по формуле:

$$(\mathcal{E}_m)_j = \Psi_j V_j, \quad (7.14)$$

где Ψ_j - величина экономия нормируемого вида ТЭР на единицу объема внедрения мероприятия;

V_j - объем потребления ТЭР или объем производства продукции по объектам, где будет внедряться данное мероприятие.

При наличии структурных групп экономия ТЭР от внедрения ОТМ в производство продукта:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_m + \mathcal{E}_c = \sum_{i=1}^n \left[(\mathcal{E}_m)_i + (\mathcal{E}_c)_i \right], \quad (7.15)$$

где $\mathcal{E}_c$ - экономия ТЭР от изменения объемов производства в структурных группах в целом по продукту;

$(\mathcal{E}_m)_i$ - экономия ТЭР от внедрения ОТМ в структурных группах;

$(\mathcal{E}_c)_i$ - экономия ТЭР от изменения объемов производства в i-й структурной группе; n - количество структурных групп.

Экономия ТЭР от изменения объемов производства в 2-й структурной группе $(\mathcal{E}_c)_i$ равна

$$\left(\mathcal{E}_{cd} \right)_i = \left(\left(H_{\sigma} \right)_i - H_i \right) \psi \left(V - \left(V \right)_i \right), \quad (7.16)$$

где $(H_{\sigma})_i$ и H_{σ} - нормы расхода энергоресурса в базисном году по структурной группе и по продукту;

V_i и $(V_{\sigma})_i$ - план производства по структурной группе в планируемом • базисном годах.

Вторичные энергетические ресурсы

Классификация энергетических отходов. При употреблении энергии и материалов в технологических процессах, на вспомогательные нужды или в сфере услуг потенциал энергоносителей используется не полностью. Та часть энергии, которая прямо или косвенно не используется как полезная для выпуска готовой продукции или услуг, называется энергетическими отходами. Общие энергетические отходы равны разности между энергией, поступающей в технологический аппарат, и полезно используемой энергией.

Общие энергетические отходы разделяют на три вида (рис. 50):

- неизбежные потери в технологическом агрегате или установке;
- энергетические отходы внутреннего использования, которые возвращаются обратно в технологический агрегат (установку) за счет регенерации или рециркуляции и в результате этого сокращают количество подведенной первичной энергии при неизменной величине поступления энергии в технологический агрегат;
- энергетические отходы внешнего использования, представляющие собой **вторичные энергетические ресурсы**, - энергетический потенциал отходов продукции, побочных и промежуточных отходов, образующихся в технологических установках (системах), который не используется в самой установке, но может быть частично или полностью использован для энергоснабжения других установок.

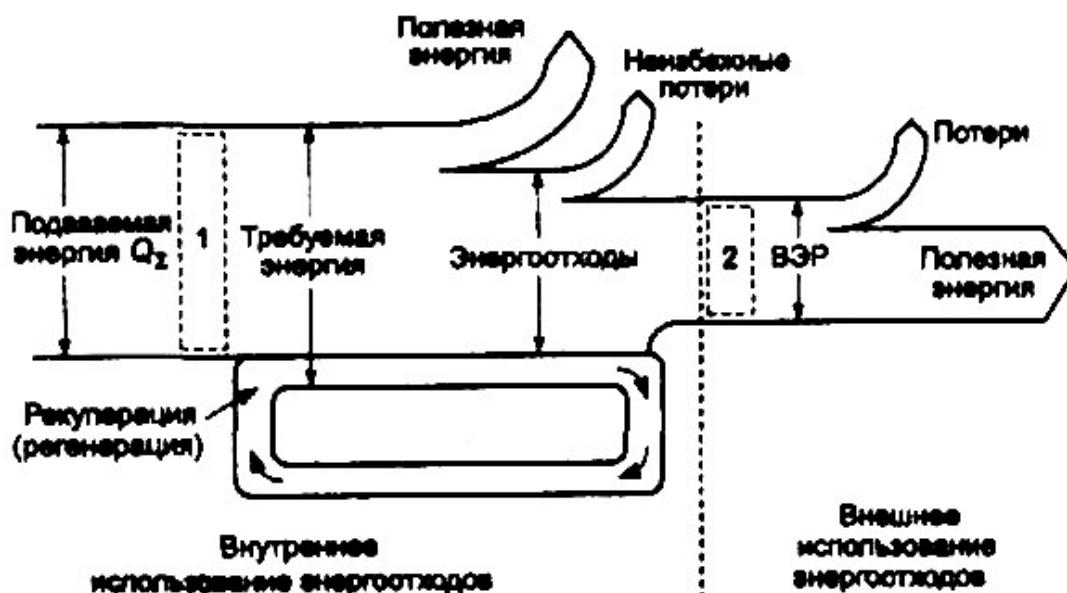


Рис. 50. Схема использования энергетических отходов:

1 - потребитель энергии; 2 - утилизационная установка

Технологический агрегат или установка, являющаяся источником отходов энергии, которую можно использовать как полезную, называется **агрегатом - источником** или **установкой - источником ВЭР**.

Выработка энергоносителей (водяного пара, горячей или охлажденной воды, электроэнергии, механической работы) за счет снижения энергетического потенциала носителя ВЭР осуществляется в **утилизационной установке**.

Энергетический потенциал отходов и продукции классифицируется по запасу энергии в виде химически связанной теплоты (**горючие ВЭР**), физической теплоты (**тепловые ВЭР**), потенциальной энергии избыточного давления (**ВЭР избыточного давления**). Потенциал горючих ВЭР характеризуется низкой теплотой сгорания Q_n^p , тепловых - перепадом энтальпий Δh , избыточного давления - работой изоэнтропного расширения L . Во всех случаях единицей измерения энергетического потенциала является кДж/кг, или кДж/м³.

ВЭР могут применяться по следующим направлениям:

- топливному - с использованием не пригодных к дальнейшей переработке горючих отходов в качестве топлива;
- тепловому (холодильному) - с использованием теплоты отходящих газов печей и котлов, теплоты основной, промежуточной и побочной продукции, от-

работанной теплоты горячих воды, пара и воздуха и ВЭР избыточного давления;

- силовому - с использованием механической и электрической энергии, вырабатываемой за счет ВЭР;

- комбинированному – для производства теплоты (холода), электрической и механической нагрузки.

Выход ВЭР и экономия топлива за счет их использования. При разработке предложений и проектов утилизации энергетических отходов необходимо знать выход ВЭР. Различают удельный и общий выход ВЭР.

Удельный выход ВЭР рассчитывают или в единицу времени (1 ч) работы агрегата – источника ВЭР, или в показателях на единицу продукции.

Удельный выход горючих ВЭР определяется по формуле:

$$q^T = m \cdot Q_n^p, \quad (7.17)$$

где m – удельное количество энергоносителя в виде твердых, жидких или газообразных продуктов, кг(м³)/ед. продукции или кг(м³)/ч.

Удельный выход тепловых ВЭР определяется по соотношению

$$q^T = m \cdot \Delta h = m(c_{p1} \cdot t_1 - c_{p2} \cdot t_2), \quad (7.18)$$

где t_1 - температура энергоносителя на выходе агрегата – источника ВЭР, °С; c_{p1} – теплоемкость энергоносителя t_1 , кДж/(кг·°С) или кДж/(м³·°С); t_2 - температура энергоносителя, поступающего на следующую стадию технологического процесса после утилизационной установки или температура окружающей среды, °С; c_{p2} – теплоемкость энергоносителя t_2 , кДж/(кг·°С) или кДж/(м³·°С);

Удельный расход ВЭР избыточного давления рассчитывается по формуле

$$q^u = m \cdot L, \quad (7.19)$$

где L – работа изобарного расширения энергоносителя, кДж/кг.

Общий выход ВЭР за рассматриваемый период времени сутки, месяц, квартал, год) определяют исходя из удельного или часового:

$$Q_{\text{с}} = q_{\text{уд}} \cdot \Pi, \quad (7.20)$$

$$Q_{\text{с}} = q_{\text{ч}} \cdot \tau, \quad (7.21)$$

где $q_{уд}$ – удельный выход ВЭР, кДж/ед. продукции; Π - выпуск основной продукции или расход сырья, топлива, к кото-рым отнесен $q_{уд}$ за рассматриваемый период, ед. продукции; $q_ч$ - часовой выход ВЭР, кДж/ч; τ - время работы агрегата -источника ВЭР за рассматриваемый период, ч. Только часть энергии из общего выхода ВЭР может быть использована как полезная. Поэтому для оценки реального потенциала ВЭР, пригодного к использованию, рассчитывают возможную выработку энергии за счет ВЭР.

Возможная выработка теплоты в утилизационной установке за счет ВЭР для нагрева энергоносителей пара или горячей воды за рассматриваемый период времени

$$Q_m = \Pi \cdot m(h_1 - h_2) \cdot \beta \cdot (1 - \xi), \quad (7.22)$$

где h_1 - энтальпия энергоносителя на выходе из технологического агрегата - источника ВЭР, кДж/кг(м³); h_2 – энтальпия энергоносителя при температуре t_2 на выходе из утилизационной установки, кДж/кг(м³); β – коэффициент, учитывающий несоответствие режима и числа часов утилизационной установки и агрегата – источника ВЭР (измеряется в пределах от 0,7 до 0,1); ξ – коэффициент потерь энергии в окружающую среду утилизационной установкой и на тракте между агрегатом – источником ВЭР и утилизационной установкой (в пределах 0,02 – 0,05))

потерь энергии в окружающую среду

Возможную выработку теплоты в утилизационной установке также определить по формуле:

$$Q_m = Q_u \cdot \eta_y, \quad (7.23)$$

где η_y - КПД утилизационной установки.

Теплота, выработанная в утилизационной установке, может использоваться не полностью, что характеризуется коэффициентом использования выработанной теплоты:

$$\sigma = Q_u / Q_m, \quad (7.24)$$

где Q_u - использованная теплота (σ может изменяться от 0,5 до 0,9).

Возможная выработка электроэнергии в утилизационной турбине за счет избыточного давления:

$$W_{\text{изб}} = m_{\text{изб}} \cdot \eta_{\text{от}} \cdot \eta_{\text{м}} \cdot \eta_{\text{э}}, \quad (7.25)$$

где $\eta_{\text{от}}$ - относительный внутренний КПД турбины;

$\eta_{\text{м}}$ - механический КПД турбины;

$\eta_{\text{э}}$ - КПД электрогенератора.

При использовании горючих ВЭР достигается экономия замещаемого топлива, т.у.т:

$$\Delta B = 0,0342 Q_{\text{и}} \cdot \eta_{\text{ВЭР}} / \eta_{\text{э}}, \quad (7.26)$$

где $Q_{\text{и}}$ - использованные горючие ВЭР за рассматриваемый период, ГДж;

0,0342 - численное значение коэффициента для перевода 1 ГДж в тонну условного топлива;

$\eta_{\text{ВЭР}}$ и $\eta_{\text{э}}$ - утилизационной установки, работающей на горючих ВЭР, и установки, работающей на замещаемом топливе ($\eta_{\text{э}}$ принимает значения от 0,8 до 0,92).

При использовании тепловых ВЭР экономия топлива равна:

$$\Delta B = b_{\text{э}} Q_{\text{и}}, \quad (7.27)$$

где $b_{\text{э}}=0,0342$ - удельный расход условного топлива, т/кДж, на выработку теплоты в замещаемой котельной установке.

Горючие ВЭР. К горючим ВЭР относятся образующиеся в процессе производства основной продукции газообразные, твердые или жидкие отходы, которые обладают химической энергией и могут быть использованы в качестве топлива.

Источником горючих ВЭР являются лесная и деревообрабатывающая промышленность, химическая промышленность, сельское и коммунальное хозяйство.

К горючим ВЭР относятся:

- древесные отходы;
- отходы гидролизного производства;

- отходы целлюлозно-бумажной промышленности;
- отходы от производства аммиака, капролактама;
- сельскохозяйственные отходы (солома и ботва растений);
- городской мусор.

В настоящее время большое внимание уделяется утилизации твердых древесных отходов, лигнина, отходов сельскохозяйственного производства и т. п. В лесной и деревообрабатывающей промышленности приблизительно половина заготавливаемой древесины идет в отходы. Одной из первоочередных задач является их утилизация путем сжигания с целью получения теплоты.

Древесные отходы делятся на несколько типов:

- лесосечные отходы (неодревесневшие молодые побеги, хвоя, листья);
- стволовая древесина, кора и древесная гниль.

Древесина по своему составу включает такие же компоненты, что и твердое топливо, за исключением серы.

Особенностью древесных отходов некоторых производств является повышенная влажность. Отходы лесозаготовительных предприятий имеют влажность 45-55 %. При этом влажность коры достигает 80 %. Отходы деревообрабатывающего и мебельного производства имеют влажность 10-20 %. Древесина имеет большой выход летучих веществ, что благоприятствует, несмотря на повышенную влажность, устойчивому процессу горения.

Мелкие древесные отходы различаются также по гранулометрическому составу:

- древесная пыль с частицами менее 0,5 мм;
- опилки - менее 5-6 мм, щепа после рубильных машин - менее 30 мм;
- крупная щепа с размерами частиц более 30 мм.

Гранулометрический состав определяют просеиванием через сито.

Способы сжигания древесных отходов зависят от гранулометрического состава и влажности. Древесную пыль без включения абразивных частиц сжи-

гают факельно-вихре-вым способом, при наличии абразивных частиц - в циклонных топках. Более крупные отходы эффективно сжигать в слоевых топках с «кипящим» или плотным слоем.

Первичная переработка местных древесных отходов может включать изготовление брикетов, что позволяет сжигать их в топках с плотным слоем.

Процесс сжигания древесных отходов (рис. 51) включает предварительную сортировку и сушку. Сжигание проводится в топке с «кипящим» слоем с частичной рециркуляцией дымовых газов. Это обеспечивает полное сгорание топлива, выносимого с отходящими газами. Сжигание производится с целью получения теплоты и передачи ее энергоносителю - пару или горячей воде, которые могут непосредственно направляться потребителю. Теплота может также преобразовываться в электричество с помощью паровой или газовой турбины.

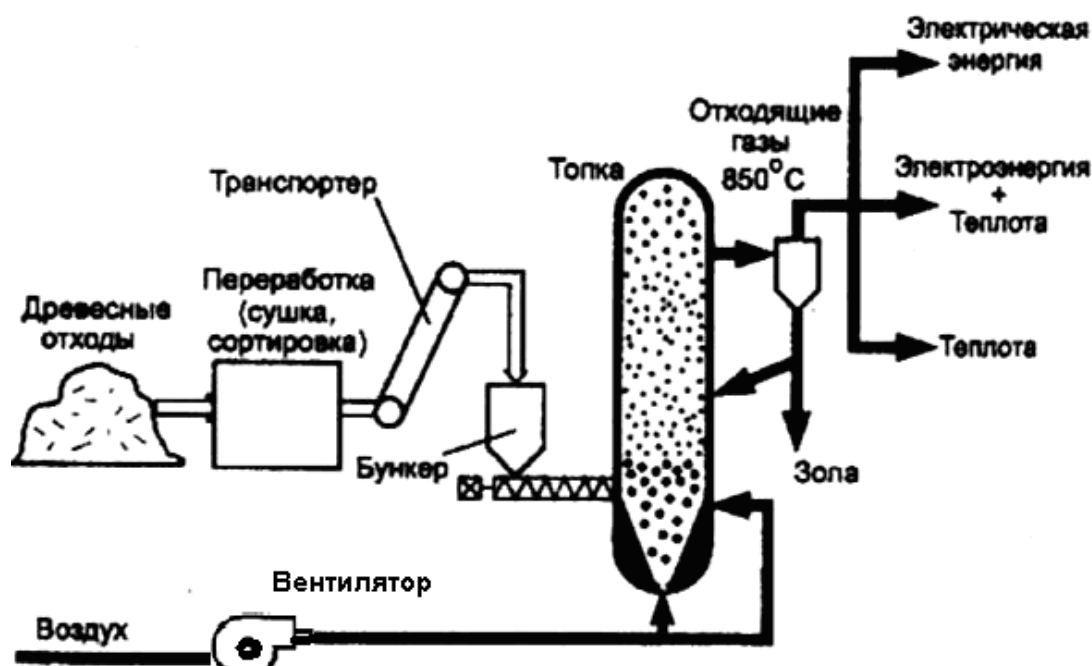


Рис. 51. Схема использования древесных отходов для получения энергии

В настоящее время в Германии, Финляндии, Швеции и других странах на основе отходов лесной и деревообрабатывающей промышленности, включающих остатки лесосечных отходов, стружки и отходов фрезерно-отрезных станков, изготавливаются гранулы (пиллеты). Древесные гранулы по сравнению с исходным сырьем, которое используется самостоятельно в виде топлива, имеют более низкую влажность (W примерно 8%), высокую плотность (ρ при-

нимает значения от 1100 до 1800 кг/м³) и теплоту сгорания ($Q_n^P=19$ МДж/кг). Их длина равна 20-60, а диаметр - 4-10 мм.

Древесные гранулы в отличие от обычной древесины становятся конкурентоспособными наряду с другими видами твердого, жидкого и газообразного топлива. Их выгодно перевозить на большие расстояния, они занимают меньше места при хранении.

Технология изготовления гранул включает крупное дробление, сушку, мелкое дробление, прессование, охлаждение, сортировку, расфасовку. При изготовлении гранул никакие добавки не используются, так как в качестве связующих выступают естественные смолы, лигнин. Для сушки в качестве источника энергии используются некондиционные отходы после сортировки гранул. Для производства гранул требуется 3 % энергии от их потенциала. Данный вид топлива может сжигаться в котлах с механизированной или ручной подачей.

Таким образом, горючие ВЭР позволяют замещать первичное топливо, которое Беларусь закупает за рубежом, и тем самым увеличивают производство энергии за счет собственных энергоресурсов.

Тепловые ВЭР. К тепловым ВЭР относится физическая теплота отходящих газов котельных установок и промышленных печей, основной или промежуточной продукции, других отходов основного производства, а также теплота рабочих тел, пара и горячей воды, отработавших в технологических и энергетических агрегатах.

Для утилизации тепловых ВЭР используют *теплообменники, котлы-утилизаторы* или *тепловые агенты*. Рекуперация теплоты отработанных технологических потоков в теплообменниках может проходить через разделяющую их поверхность или при непосредственном контакте.

Тепловые ВЭР могут поступать в виде концентрированных потоков теплоты или в виде теплоты, рассеиваемой в окружающую среду. В промышленности концентрированные потоки составляют 41 %, а рассеиваемая теплота - 59 %. Концентрированные потоки включают теплоту уходящих дымовых газов печей

и котлов, сточных вод технологических установок и жилищно-коммунального сектора.

Тепловые ВЭР делятся на высокотемпературные (с температурой носителя выше 500 °С), среднетемпературные (при температурах от 160 до 500 °С) и низкотемпературные (при температурах ниже 150 °С).

При использовании установок, систем, аппаратов небольшой мощности потоки теплоты, отводимые от них, составляют небольшую величину и рассредоточены в пространстве, что затрудняет их утилизацию из-за низкой рентабельности.

Рассмотрим некоторые способы и устройства для утилизации тепловых ВЭР. Применение энергетических отходов для внутреннего использования рассматривалось ранее при изучении работы парового котла, где за счет рекуперации теплоты отходящих газов проводится подогрев питательной воды в экономайзере и окислителя воздуха в воздухоподогревателе. Имеются и другие возможности внутреннего использования энергетических отходов.

Теплота уходящих дымовых газов используется как для внутреннего, так и для внешнего потребления.

При внутреннем потреблении энергоотходов в печах и котлах осуществляется подогрев воздуха, подаваемого на горение. В котлах дополнительно может подогреваться питательная вода.

При внешнем использовании нагревают теплоноситель или сырье. Нагрев рабочей среды проводится в регенеративных, рекуперативных или смешительных (контактных) аппаратах.

Регенеративные аппараты по принципу действия являются периодическими. Через неподвижные насадки потоки дымовых газов и нагреваемой среды проходят попеременно путем переключения направления их течения (рис. 52). Реализуемый уровень температур в регенераторах с керамическими насадками составляет 1700 °С. Недостатком этих аппаратов является снижение за цикл температуры нагреваемой среды на 10-16 %. Они пригодны для маловязких и чистых сред.

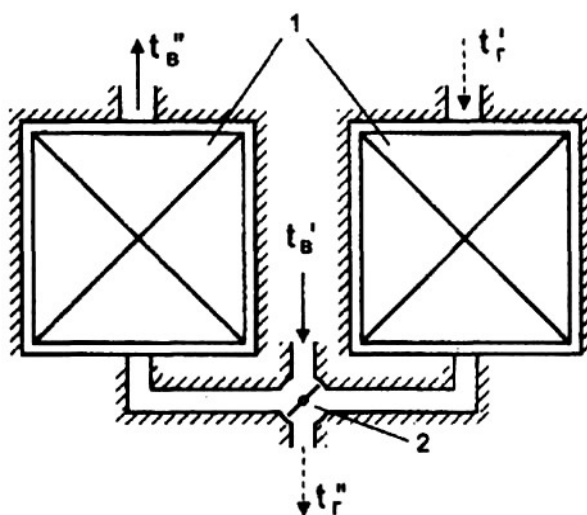


Рис. 52. Схема регенератора с неподвижной насадкой:

1 - насадка; 2- переключатель; сплошная стрелка - нагреваемая среда;

пунктирная стрелка - греющая среда

Рекуперативные подогреватели выполняются из металла, поэтому уровень рабочих температур снижается до 700-800 °С по сравнению с регенераторами. Преимущество их заключается в постоянстве параметров рабочих сред, что обеспечивает стабильность технологического процесса. Рассмотрим простейший рекуператор (рис. 53, а). Передача теплоты от дымовых газов к нагреваемой среде осуществляется через разделяющую поверхность, которая может иметь различное конструктивное исполнение. В нашем случае это кольцевой канал, который связан с раздающим и сборным коллекторами.

При утилизации низкотемпературных дымовых газов целесообразно использовать *контактный теплообменник* с активной оросительной насадкой для повышения интенсивности теплообмена (рис. 53, б). С помощью данного устройства можно подучать горячую воду 50-70 °С, что позволяет проводить сжигание топлива с учетом высшей теплоты сгорания и тем самым добиваться дополнительного энергосберегающего эффекта.

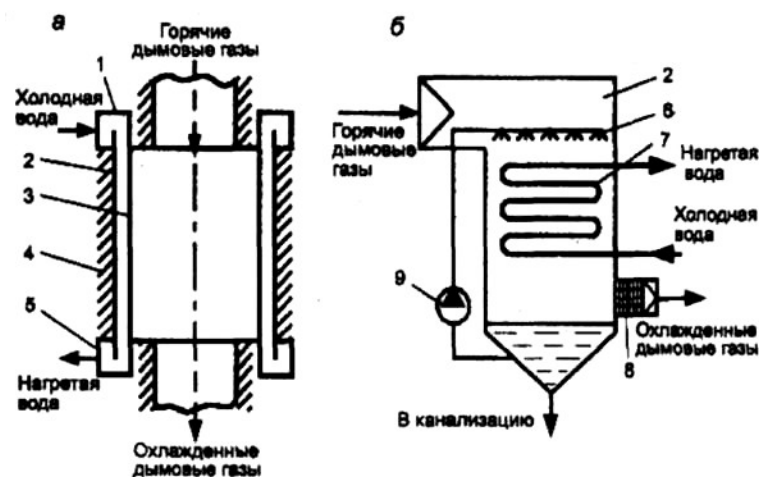
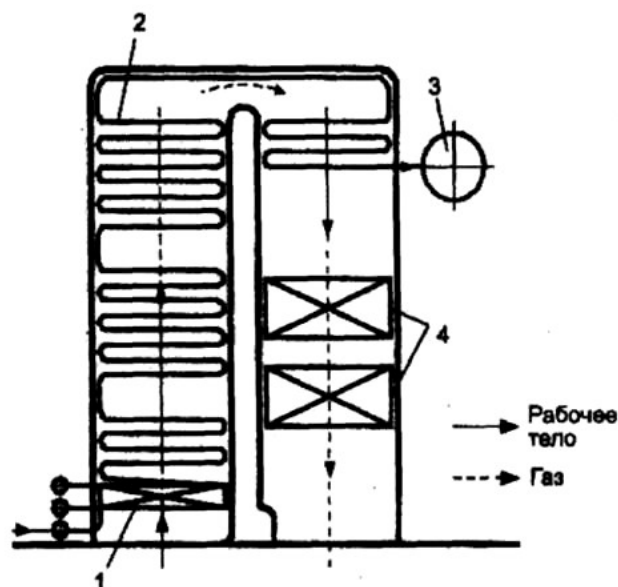


Рис. 53. Радиационный рекуператор кольцевой (а) и контактный теплообменник с активной насадкой (б): 1 - раздающий коллектор; 2 - корпус; 3 - поверхность нагрева; 4 - тепловая изоляция; 5 - сборный коллектор; в - система орошения; 7 - активная насадка; 8 - сепарационное устройство; 9 - насос системы орошения

Достоинством аппарата являются небольшие габариты и масса, достигаемые за счет интенсификации теплообмена при орошении пучка труб промежуточным теплоносителем в жидкой фазе, подогретым непосредственным соприкосновением с дымовыми газами. Это также дает косвенный энергосберегающий эффект за счет экономии металла. Кроме того, в данном аппарате происходит очистка дымовых газов.

Энергетический эффект от утилизации теплоты дополняется экологическим эффектом уменьшения отрицательного воздействия на окружающую среду.

При внешнем использовании теплоты отходящих газов промышленных печей применяются паровые или водогрейные котлы-утилизаторы. В отличие от энергетических котлов их поверхности нагрева располагаются не в топке, а по тракту отходящих газов. Конструкция котла-утилизатора включает: экономайзер, барабан-сепаратор, испаритель и пароперегреватель.



*Рис. 54. Схема котла-утилизатора: 1 - пароперегреватель;
2 - испарительные пакеты; 3 - барабан-сепаратор; 4 - экономайзер*

Циркуляция воды через испаритель осуществляется с помощью насоса или естественной конвекцией (рис. 54). Принцип работы котлов-утилизаторов идентичен котлам котельных установок.

После тепловой обработки в печи материалы или детали могут иметь высокую температуру и располагать значительным запасом физической теплоты. Если сыпучие материалы пропустить через контактный аппарат или заготовки конечных размеров через промежуточную камеру, то теплоту можно передать газообразному или жидкому теплоносителю и использовать для других процессов с пониженной температурой. Примером может служить схема утилизация теплоты при производстве цементного клинкера (рис. 55). Холодный воздух с помощью вентилятора 5 проходит через охладитель клинкера 4, нагревается до 275-525 °С и подается на горение в обжиговую печь 3.

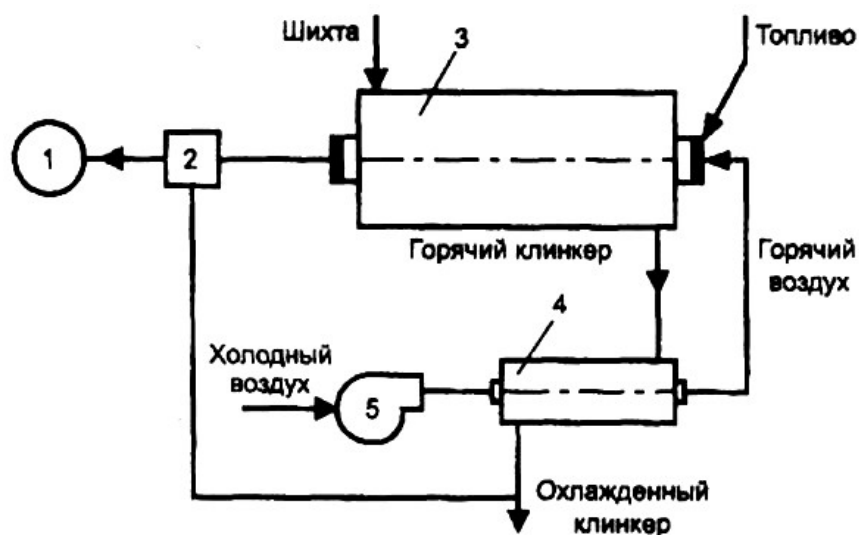


Рис. 55. Схема установки для утилизации физической теплоты при производстве клинкера: 1 - тяговое устройство; 2 - газоочистка; 3 - обжиговая печь; 4 - охладитель клинкера; 5 - вентилятор

За счет этого достигается экономия топлива. Уходящие дымовые газы проходят очистку в аппарате 2 и с помощью тягового устройства 1 удаляются в атмосферу. Пылевидные частицы клинкера смешиваются с готовой продукцией.

В химическом производстве готовой продукции могут появляться агрессивные жидкости, например при производстве серной, фосфорной и других кислот. Дальнейшее использование теплоты от этих сред с помощью промежуточного теплоносителя позволяет утилизировать сбросную теплоту. В нижнем ярусе теплообменника-утилизатора (рис. 56) располагается трубчатая поверхность теплообмена с агрессивной жидкостью, от которой теплота передается теплоносителю с низкой температурой кипения. Такими теплоносителями могут быть холодильные агенты или вода. Промежуточный теплоноситель испаряется, и пар, омывая верхнюю поверхность теплообмена, конденсируется, отдавая теплоту конечному теплоносителю - воде. При такой схеме утилизации теплоты исключается попадание вредных веществ в конечный теплоноситель.

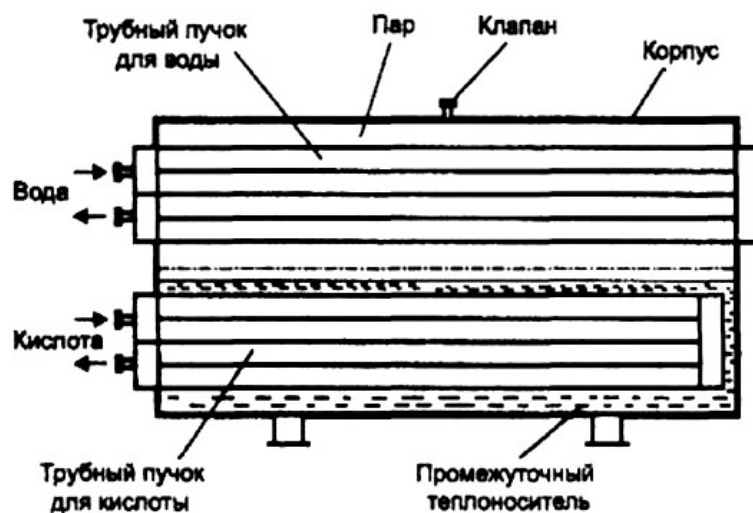


Рис. 56. Теплообменник с промежуточным теплоносителем

С целью соблюдения санитарно-гигиенических норм на всех производствах функционируют системы приточно-вытяжной вентиляции» что приводит к дополнительным потерям энергии. Потери можно уменьшить, регенерируя теплоту удаляемого воздуха (рис. 57). В отличие от конструкции ранее рассмотренного высокотемпературного регенератора с неподвижной насадкой в данном аппарате используются или подвижная насадка (рис. 57, б), или тепловые трубы (рис. 57, в).

В первом случае теплый удаляемый воздух, омывая вращающуюся насадку, отдает ей теплоту, а холодный отбирает теплоту, нагревается и поступает в помещение, что позволяет снизить потребление энергии калорифером.

Во втором случае тепловыетрубы также размещаются во входном устройстве воздухопроводов. При этом в нижней части располагаются испарительные участки тепловых труб, а в верхней - участки конденсации.

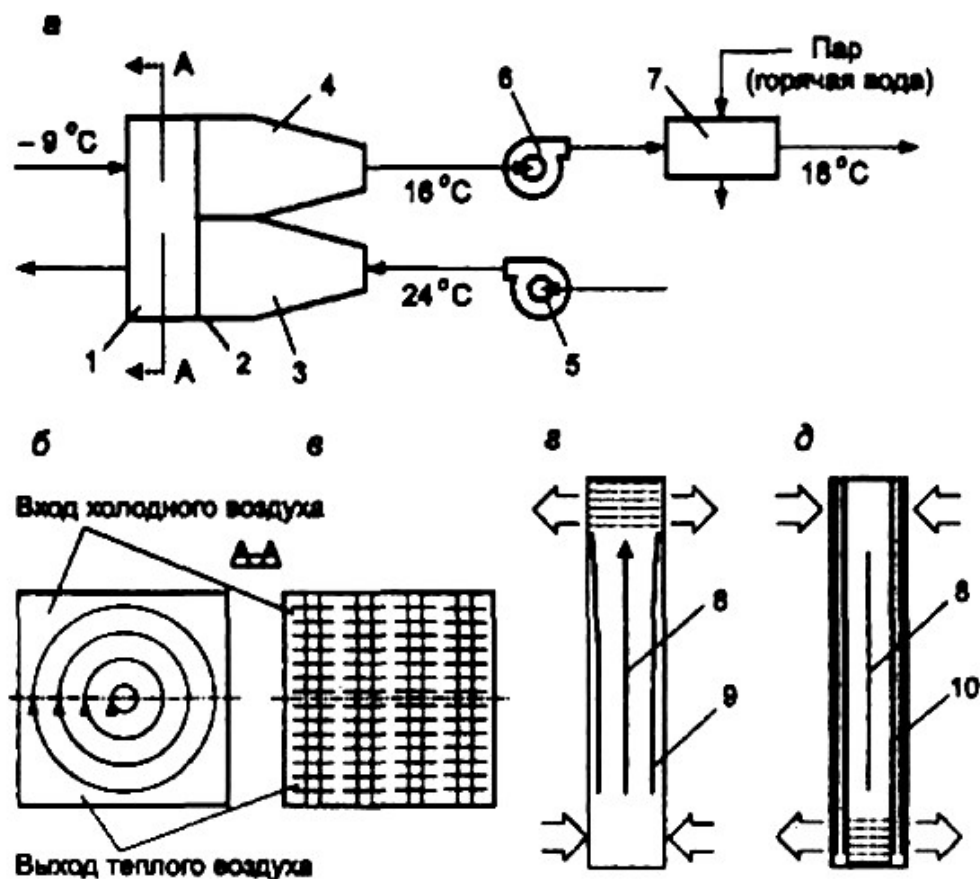


Рис. 57. Схема утилизатора теплоты вытяжного воздуха (а) с регенеративной вращающейся насадкой (б) и тепловыми трубами (в) и схемы термосифона (г) к тепловой трубе (д): 1 - вращающаяся теплоаккумулирующая насадка; 2 - корпус;

3 - вытяжной воздухопровод; 4 - приточный воздухопровод;

5 - вытяжной вентилятор; 6 - приточный вентилятор;

7 - подогреватель воздуха; 8 - пар; 9 - пленка конденсата; 10 - капилляр

Прототипом тепловой трубы является термосифон, представляющий собой вертикальный или наклонный цилиндр с рабочей жидкостью, которая сосредоточена в нижней части (рис. 57, г). Термосифон работоспособен в гравитационном поле. С его помощью можно передавать теплоту от одной среды к другой. В нашем случае от нагретого вытяжного воздуха теплота подводится к нижней части термосифона, где жидкость в процессе кипения испаряется, а пар, аккумулировав теплоту, поднимается вверх. Верхняя часть термосифона омывается приточным воздухом. Пар конденсируется, выделяя теплоту, которая

передается холодному воздуху. Конденсат под действием силы тяжести стекает по стенке цилиндра в виде жидкой пленки. Плотность передаваемых потоков с помощью термосифона в несколько раз выше, чем через обычную стенку рекуперативного теплообменника, из-за роста эффективной теплопроводности. Недостатком термосифона является то, что его ориентация должна быть близкой к вертикали и тепловой поток имеет одно направление - снизу вверх. Этот недостаток преодолен в тепловых трубах.

Тепловые трубы дополнительно содержат смачиваемые капилляры (рис. 57, д), в которых жидкость независимо от их ориентации перемещается за счет силы поверхностного натяжения. В остальном принцип работы тепловых труб подобен принципу работы термосифона, с той лишь разницей, что они могут иметь произвольную ориентацию. Поэтому сфера использования тепловых труб весьма широка как в земных условиях, так и в невесомости. Потоки теплоты, передаваемые тепловой трубой, выше на два-три порядка по сравнению с таким теплопроводным материалом, как медь. Практическая реализация больших потоков зависит от интенсивности внешнего теплообмена в средах с подводом и отводом теплоты. В нашем случае для интенсификации теплообмена со стороны воздуха тепловые трубы снабжены оребрением.

Кроме рассмотренных способов утилизации теплоты вентиляционных выбросов широко используются и рекуперативные теплообменники. В утилизационных теплообменниках степень регенерации теплоты вытяжного воздуха может достигать 70 %, что позволяет почти вдвое сократить расходы топлива на отопление.

При использовании теплообменников необходимо уделять особое внимание состоянию их поверхности. Образование отложений приводит к росту термического сопротивления, и эффективность утилизации тепловых ВЭР ухудшается. Кроме того, из-за отложений возрастают потери давления, а следовательно, и мощность на прокачку рабочего вещества. Этот недостаток преодолевается периодической чисткой поверхностей теплообмена.

ВЭР избыточного давления. ВЭР избыточного давления могут быть использованы для производства механической работы, теплоты или холода. В первом случае для преобразования используется турбина, сопряженная на одном валу с электрическим генератором. Во втором случае энергия избыточного давления может быть также преобразована в теплоту или холод в соответствии с эффектом Ранка.

Для примера рассмотрим использование ВЭР избыточного давления в системах распределения природного газа. В магистральных трубопроводах газ транспортируется под давлением 4,5-6,5 МПа. Затем на газораспределительных станциях (ГРС) давление снижается до 1,2 МПа. У конечных потребителей на газоредуцирующих пунктах (ГРП) давление уменьшается до более низких значений, соответствующих технологическим требованиям. В обоих случаях снижение давления происходит без совершения работы, т. е. имеют место производительные потери энергии. Эту энергию можно использовать для производства электричества, установив газотурбинную расширительную станцию (ГТРС), а ГРП использовать как резервную систему. Схема ГТРС, которая может быть использована в системах газоснабжения ТЭЦ, дана на рис. 58. Для предотвращения выпадения конденсата на лопатках турбины газ перед подачей в турбину подогревается.

Комбинирование энергетических и технологических процессов. В настоящее время - это одно из направлений повышения эффективности использования топлива как источника энергии и сырья.

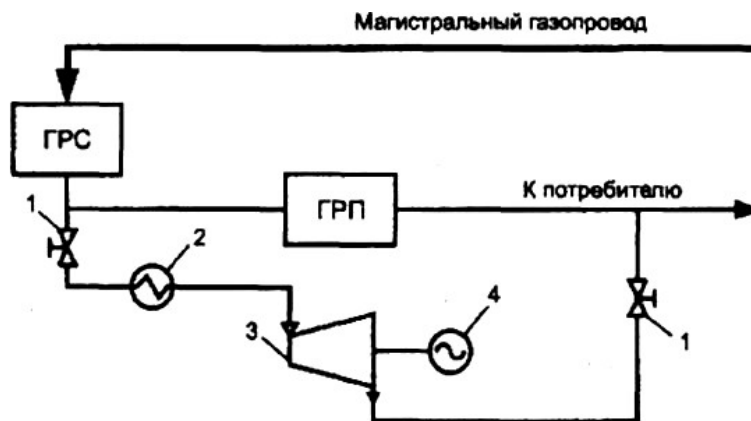


Рис 58. Утилизация энергии избыточного давления в системе распределения природного газа: 1 – клапан; 2 – подогреватель; 3 – турбина; 4 - электрогенератор

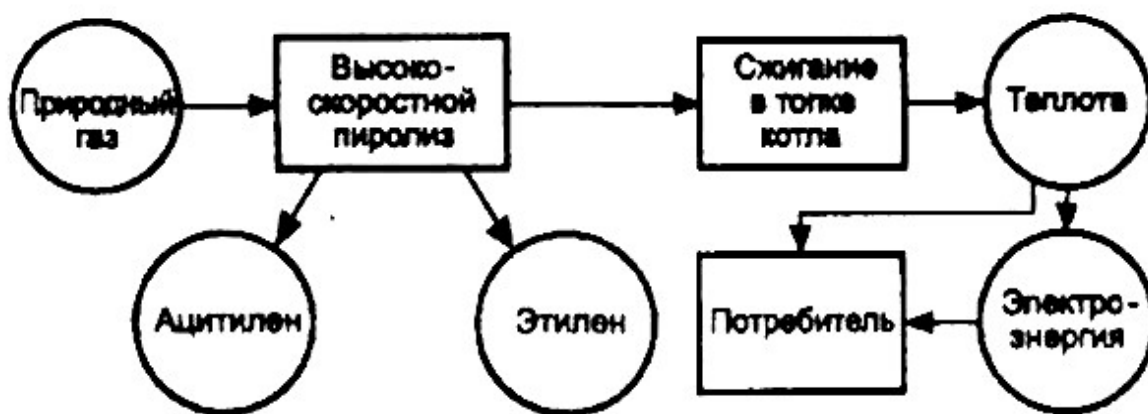


Рис. 59. Схема энерготехнологических процессов при использовании природного газа

Например, энерготехнологическое комбинирование при использовании природного газа позволяет подвергать его глубокой переработке с получением ацетилена и этилена, теплоты и электрической энергии (рис. 59).

Другим примером энерготехнологии является повышение эффективности использования топлива в промышленной энергетике. Экономии энергии можно достичь путем термохимической регенерации теплоты отходящих газов промышленных печей при конверсии природного газа в среде своих продуктов сгорания (рис. 60).

В печи 2 после сжигания топлива часть теплоты передается технологическому продукту, который выходит с температурой t_{mn} . Другая часть теплоты удаляется с отходящими газами при температуре $t_{ог}$ и представляет собой энергетические отходы. Часть теплоты отходящих газов Q_1 расходуется в воздухоподогревателе 3 на предварительный подогрев атмосферного воздуха, подаваемого на горение. За счет этого достигается уменьшение потребления топлива. При этом температура уходящих газов $t_{уг}$, поступающих в атмосферу, понижается ($t_{уг} < t_{ог}$). Вторая часть отработанной теплоты Q_2 расходуется в реакторе на

эндотермическое разложение природного газа (метана). Затем Q_2 выделяется в топке при сжигании конвертированного газа, что также ведет к уменьшению потребления топлива. Общая экономия энергии составит $(Q_1 + Q_2)/29,33$ т.у.т.

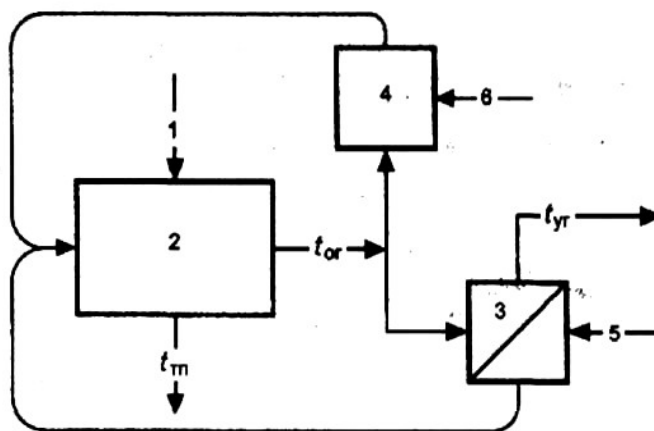


Рис. 60. Химическая генерация теплоты при конверсии топлива в среде продуктов сгорания: 1 - технологическое сырье; 2 - топка промышленной печи; 3 - воздухо-нагреватель; 4 - реактор для конверсии топлива отходящими газами; 5 - холодный воздух; 6 - топливо - природный газ

Рассмотренные технические методы утилизации горючих, тепловых и избыточного давления вторичных энергетических ресурсов не исчерпывают все случаи, встречающиеся на практике. Однако они отражают общие подходы и принципы использования этих ресурсов.

Во-первых, прежде чем использовать ВЭР, необходимо знать, какими их видами мы располагаем.

Во-вторых, необходимо обладать информацией об объемах выхода ВЭР и о возможной экономии топлива за счет их использования.

В-третьих, реальные технические утилизационные устройства могут отличаться лишь конструкцией и некоторыми особенностями их работы.

Трансформаторы тепла

Трансформаторами тепла называются устройства для переноса энергии в форме теплоты от источников с низкой температурой к «потребителям» с более высокой температурой.

К трансформаторам тепла относятся криогенные установки, холодильные машины, кондиционеры и тепловые насосы. В настоящее время наибольшее

распространение получили холодильные машины (холодильники) и кондиционеры. По данным Международного института холода, на охлаждение, необходимое для хранения продуктов, и кондиционирование воздуха используется более 10 % мирового потребления электроэнергии. В некоторых странах в летнее время эта цифра превышает 25 % из-за пикового использования кондиционеров в полдень.

Трансформаторы тепла, применяемые в качестве тепловых насосов, позволяют повышать потенциал теплоты низкотемпературных ВЭР и окружающей среды - атмосферного воздуха, грунта и водоемов. Таким образом, они относятся к энергосберегающим технологиям. Кроме того, криогенная техника используется для решения проблемы сверхпроводимости, которая также открывает поле деятельности для энергосбережения. Сжижение топлив, подобных природному газу, улучшает энергетические характеристики их транспортировки и использования. Наконец, низкие температуры, возможно, скоро помогут сделать реальным в промышленных масштабах термоядерный синтез водорода для производства энергии, что решит энергетические проблемы на длительный период времени.

Наиболее распространенный компрессионный трансформатор тепла работает по обратному циклу тепловой машины, в котором механическая работа преобразуется в теплоту. Иногда такую тепловую машину называют холодильником. Основными элементами трансформатора тепла являются (рис. 61) теплоприемник с температурой T_x , устройство, преобразующее механическую работу в теплоту, и теплоотдатчик с температурой T_c . Теплоприемник связан с источником теплоты, а теплоотдатчик - с потребителем.

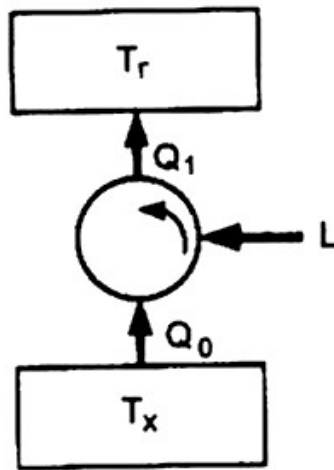


Рис. 61. Схема трансформатора тепла

К рабочему веществу с помощью теплоприемника подводится теплота Q_0 . Затем рабочее вещество поступает в устройство, где дополнительно принимает теплоту за счет преобразования механической работы L :

$$L = \frac{Q_0}{\varepsilon} = \frac{Q_1}{\varphi}, \quad (7.28)$$

где $\varepsilon = \frac{T_x}{T_z - T_x}$, $\varphi = \frac{T_z}{T_z - T_x}$

Суммарное количество теплоты $Q_1 = Q_0 + L$ поступает в теплоотдатчик и далее передается потребителю или окружающей среде.

Таким образом, за счет компенсирующего процесса преобразования механической работы в теплоту, в соответствии со вторым законом термодинамики, осуществляется перенос теплоты от менее нагретого тела к более нагретому. При этом теплота Q_1 принятая потребителем, будет в φ раз больше по сравнению с затраченной работой L . Параметр φ называется *коэффициентом преобразования* и является основной характеристикой теплового насоса. Эффективность холодильников оценивается по значению *холодильного коэффициента* ε . Формулы для расчета φ и ε соответствуют идеальному циклу Карно холодильной машины, которая работает без трения.

В настоящее время трансформаторы тепла в целях энергосбережения применяются в значительно меньшей степени, чем холодильники. Здесь имеется значительный резерв для экономии энергии. Например, по данным промышлен-

ности США, максимальное количество сбросной теплоты, поступающей в окружающую среду, имеет температуру до 100 °С (рис. 62). Эта теплота может быть утилизирована с помощью тепловых насосов и повторно использована для теплоснабжения.

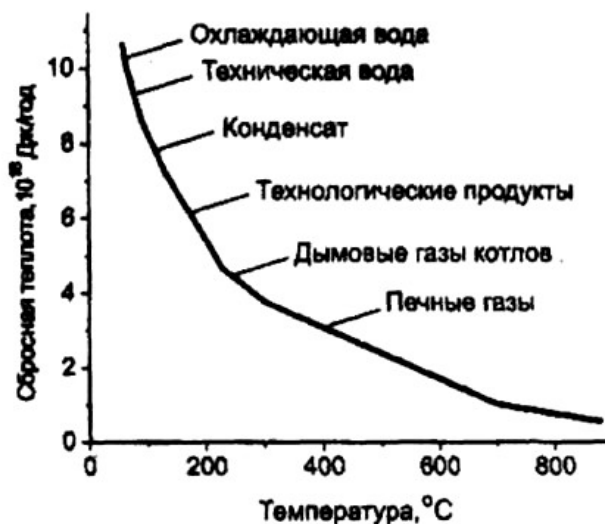


Рис. 62. Изменение количества сбросной теплоты от температуры

Компрессионные трансформаторы тепла. Рассмотрим схемы компрессионных трансформаторов тепла (рис. 63), основными элементами которых являются непаритель (теплоприемник), компрессор (преобразователь механической работы в теплоту), конденсатор (теплоотдатчик) и регулируемый дроссель для организации циклической работы трансформатора. Рабочее вещество циркулирует в контуре и перемещается с помощью компрессора. От источника теплоты Q_0 передается рабочему веществу в испарителе, где оно переходит из жидкого агрегатного состояния в газообразное и направляется в компрессор. Компрессор работает от привода. Первичная энергия N , потребляемая приводом компрессора, преобразуется в теплоту при совершении работы сжатия над рабочим веществом, что является причиной повышения его давления и температуры, а следовательно, и потенциала теплоты, подведенной к теплоприемнику. Далее рабочее вещество поступает в конденсатор, от которого теплота Q_1 подается потребителю или окружающей среде. В дросселе давление понижается до первоначального, и цикл замыкается.

Теплеют дающие и теплопринимающие среды могут находиться в газообразном, жидком или твердом состоянии. В связи с этим испарители и конденсаторы отличаются конструкцией (рис. 63). Допускаются различные комбинации теплообменник аппаратов. Рассмотренные трансформаторы тепла используются в системах тепло- и хладоснабжения.

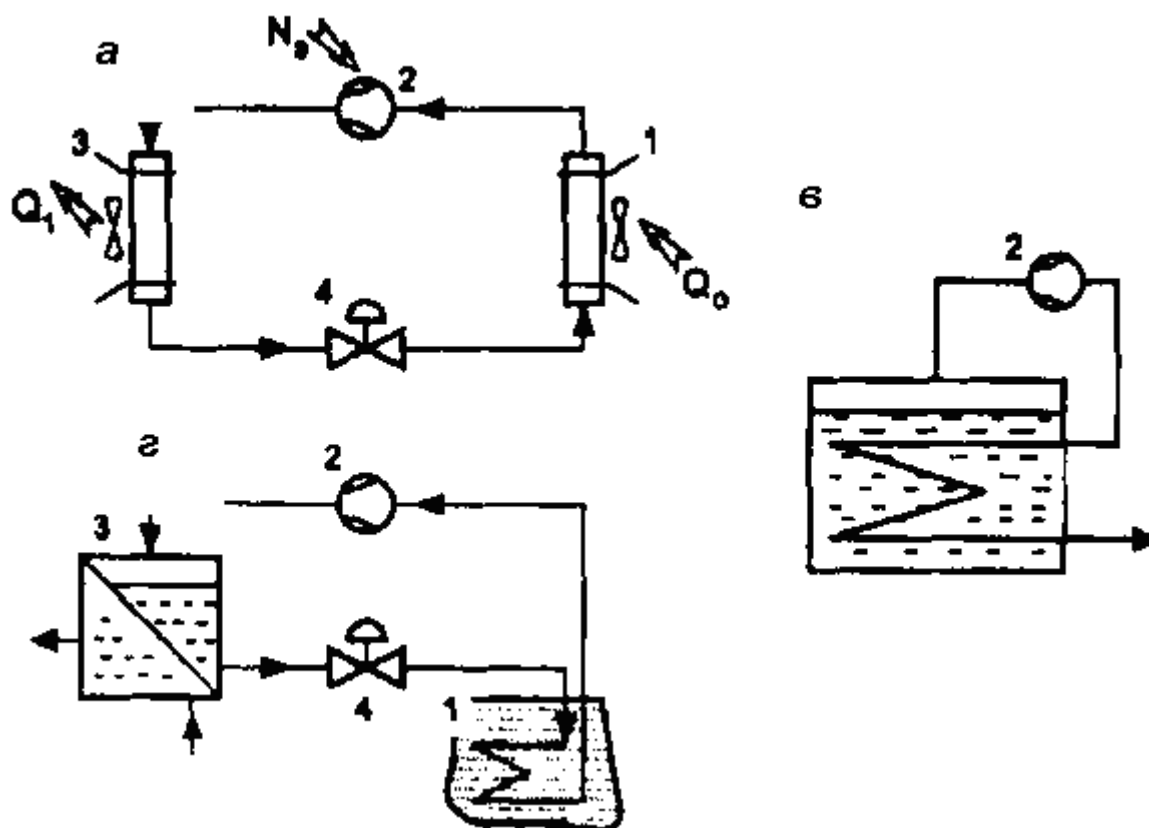


Рис. 63. Схемы компрессионных трансформаторов тепла с воздушными аппаратами (а), с конденсатором жидкостного охлаждения и испарителем в грунте (б) и теркокомпрессора (в):

1 - испаритель; 2 - компрессор; 3 - конденсатор; 4 - дроссель

В некоторых случаях рабочим веществом трансформатора тепла могут служить технологическое сырье и готовый продукт. Тогда схему можно упростить, совместив в одном теплообменном аппарате испаритель и конденсатор. Такое устройство называется *термокомпрессором*. Оно применяется в процессах выпаривания, разделения смесей.

$$\varphi = \frac{Q_1}{N_s}, \quad \varepsilon = \frac{Q_0}{N_s}, \quad (7.28)$$

где N_s - мощность, потребляемая приводом компрессора

Коэффициент преобразования и холодильный коэффициент реального трансформатора тепла соответственно определяются отношениями

Минимальное значение коэффициента преобразования, при котором действительно достигается экономия энергии, зависит от типа привода компрессора

ра и источника энергии. Например, для теплового насоса с электроприводом минимальное значение ϕ должно превышать 2,3 при снабжении электроэнергией от ТЭС и 2,8 - от ТЭЦ.

Рассмотрим некоторые направления применения тепловых насосов. В промышленности имеется большое количество сточных вод с температурой 30-40 °С, для повышения потенциала энергии которых могут использоваться тепловые насосы (рис. 64). Такие тепловые насосы выпускаются за рубежом. Источником теплоты в них могут быть сточные воды с температурой 18-54°С. Температура получаемой горячей воды достигает 60-104 °С. Тепловая мощность данных насосов составляет 30-5000 кВт с коэффициентом преобразования 3-6. Конкретные схемы подключения теплового насоса к технологическим линиям зависят от специфики производства, где имеется низкопотенциальная сбросная теплота.

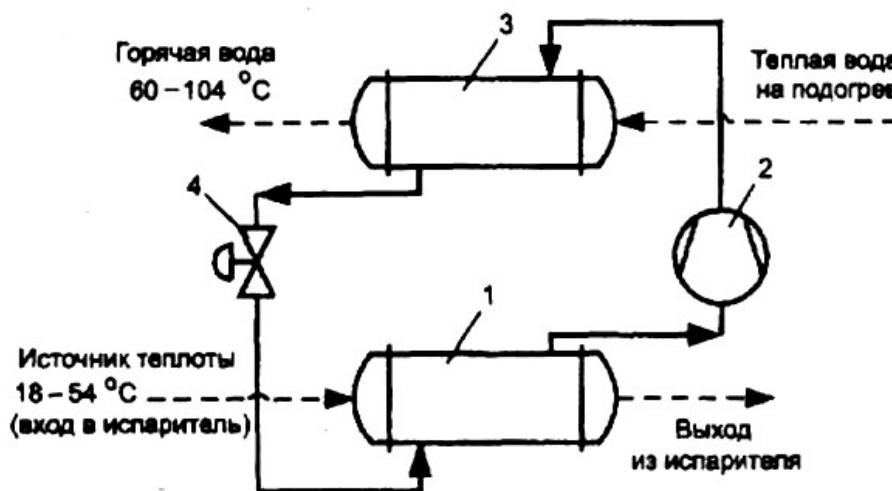


Рис. 64. Тепловой насос для утилизации низкопотенциальной теплоты промышленных сточных вод:

1 – испаритель; 2 – компрессора 3 – конденсатор; 4 – дроссель

Во многих производствах используются процессы сушки сырья, промежуточной и готовой продукции, а в строительстве - элементов конструкций. Данные процессы осуществляются с помощью сушильного агента, чаще всего воздуха. Осушаемый материал помещается в камеру, где организуется циркуляция подогретого сушильного агента, который поглощает влагу (рис. 65).

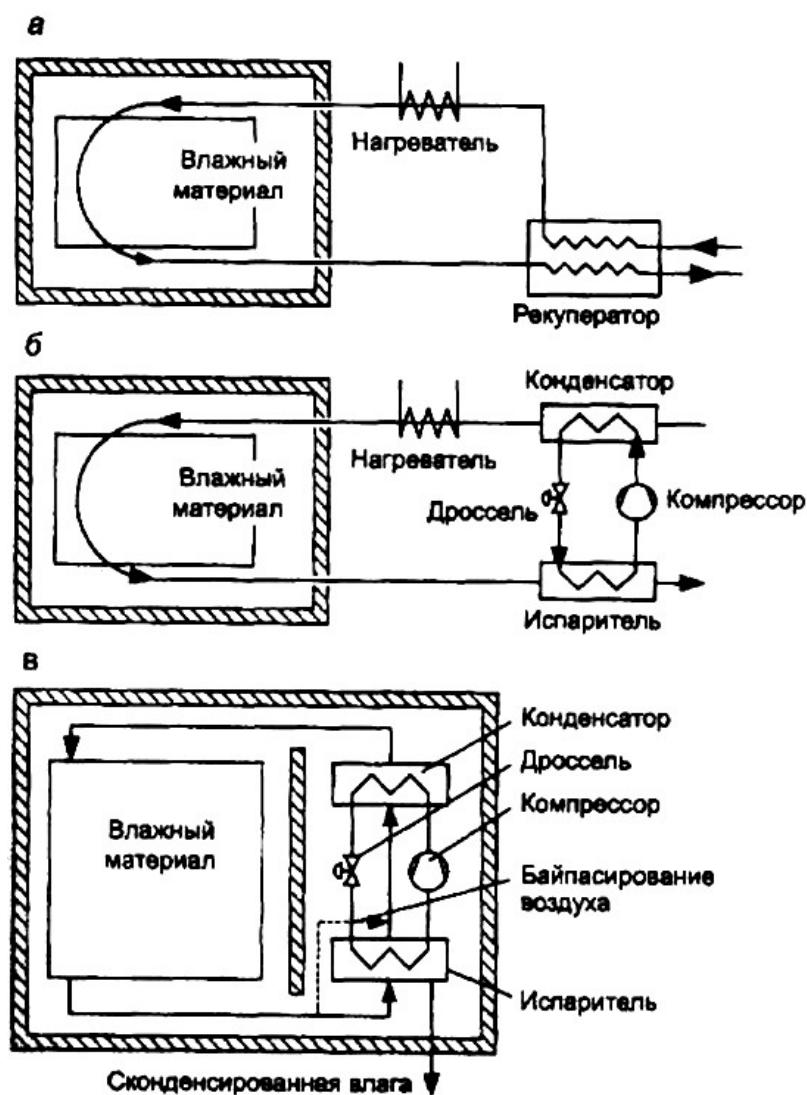


Рис. 65. Схемы процесса сушки: а - традиционная; б - разомкнутой с тепловым насосом; в - замкнутая с твифовым насосом

Данная схема является разомкнутой. Сушильный агент постоянно или периодически обновляется путем удаления в атмосферу, и тем самым влажность материала постепенно снижается до требуемой величины. Обычно сушильный агент поступает в атмосферу с температурой 80-70 °С.

Энергопотребление для проведения сушки можно понизить, применив тепловой насос. Он устанавливается вместо рекуператора. Сушильный агент, проходя через конденсатор, нагревается и направляется в технологическую камеру. При этом для обеспечения надежности получения заданных параметров агента имеется резервный нагреватель, но с меньшей мощностью, чем в прототипе. После удаления из камеры сушильный агент поступает в испаритель теп-

лового насоса, где охлаждается и передает теплоту рабочему веществу трансформатора тепла. Рабочий цикл замыкается.

Процесс сушки можно усовершенствовать и сделать более энергоэкономичным (рис. 65, в). Здесь реализована замкнутая схема циркуляции сушильного агента. При этом тепловой насос работает в таком режиме, что поверхность испарителя имеет температуру ниже точки росы.

Когда отработанный сушильный агент, насыщенный влагой, проходит через испаритель, она конденсируется и удаляется из камеры. Для уменьшения энергетических затрат организуется байпасирование нагретого сушильного агента, когда он направляется в конденсатор, минуя испаритель. В таком случае тепловая производительность теплового насоса может быть уменьшена без ущерба для качества сушки материала.

Рассмотренная схема процесса сушки имеет ограничения по минимальной влажности сушильного агента, которая составляет около 30 %. При более низкой влажности испаритель работает неэффективно, так как интенсивность конденсации влаги на поверхности резко снижается. Поэтому для процессов сушки с более жесткими требованиями к минимальной влажности осушаемого материала предпочтительной является разомкнутая схема (рис. 65, б). При этом можно подобрать такой тепловой насос, что резервный нагреватель не потребуются. Наибольшая эффективность от внедрения тепловых насосов в сушильные процессы будет при замещении электрического нагрева сушильного агента.

Рассмотренные схемы с тепловыми насосами применяются при сушке древесины, зерна, продуктов в пищевой промышленности, строительстве и других сферах.

В случаях, когда одновременно имеются потребители как теплоты, так и холода, энергетическая эффективность трансформаторов тепла возрастает. Это объясняется тем, что обобщенный коэффициент преобразования энергии

$$K = \frac{Q_0 + Q_1}{N_g} = \varphi + \varepsilon, \quad (7.30)$$

Схема трансформаторов тепла, которые служат для производства ледяной воды с температурой 0,5-1,0 °С и горячей воды 60 °С, дана на рис. 66.

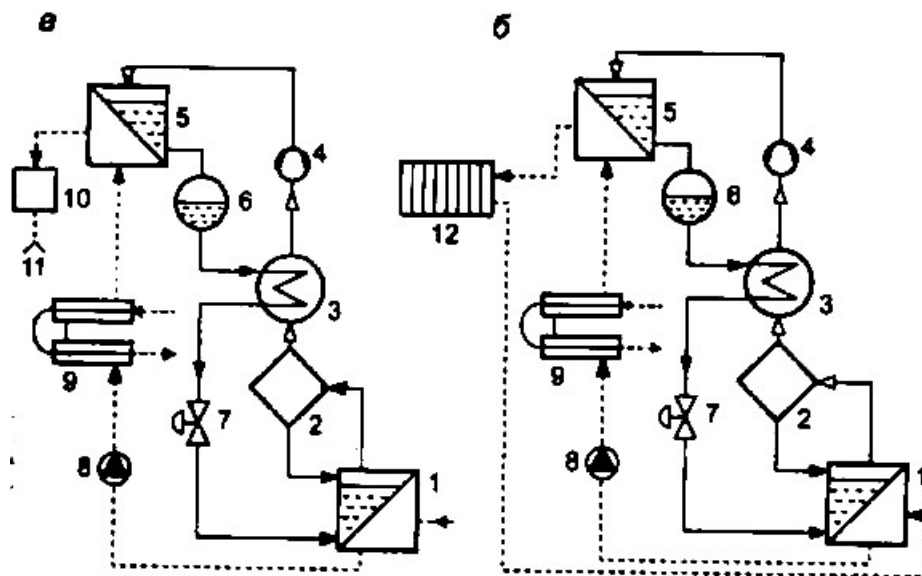


Рис. 66. Схема комбинированных трансформаторов тепла для разомкнутой системы холодо- и теплоснабжения (а) к замкнутой системы теплоснабжения (б): 1- испаритель; 2 - отделитель жидкости; 3 - регенератор; 4 - компрессор; 5 -конденсатор; 6 - ресивер; 7 - герморегулирующий мвтрхль; 8 - насос; 9 - охладитель технологического продукта; 10 - аккумулятор теплоты; 11 - система горячего водоснабжение; 12 - система отопления. Сплошная линия - контур хладагента, штриховая - технологический контур холодо- и теплоносителя

Данная схема может быть использована в химическом производстве и молочной промышленности, которые являются значительными потребителями холода. Параметры холода могут быть получены в соответствии с запросами потребителей. Теплота может применяться в низкотемпературных системах отопления, для горячего водоснабжения и других нужд.

Рассмотренные примеры использования компрессионных трансформаторов тепла не исчерпывают их широких возможностей в области эффективного использования энергии.

Сорбционные трансформаторы тепла. В промышленности, где наряду с низкопотенциальными тепловыми имеются и высокотемпературные ВЭР, применяются сорбционные трансформаторы тепла. Их можно разделять на два типа: абсорбционные и адсорбционные.

В абсорбционных трансформаторах тепла используются жидкие сорбенты, поглощающие газообразные вещества всей массой, а в адсорбционных - твердые, поглощающие вещества поверхностным слоем.

Наиболее распространены абсорбционные трансформаторы тепла (рис. 67). Если сравнить этот трансформатор с компрессионным (см. рис. 63), можно увидеть, что вместо компрессора он содержит такие элементы, как абсорбер, насос, генератор и дополнительный дроссель, которые «выполняют» функции компрессора.

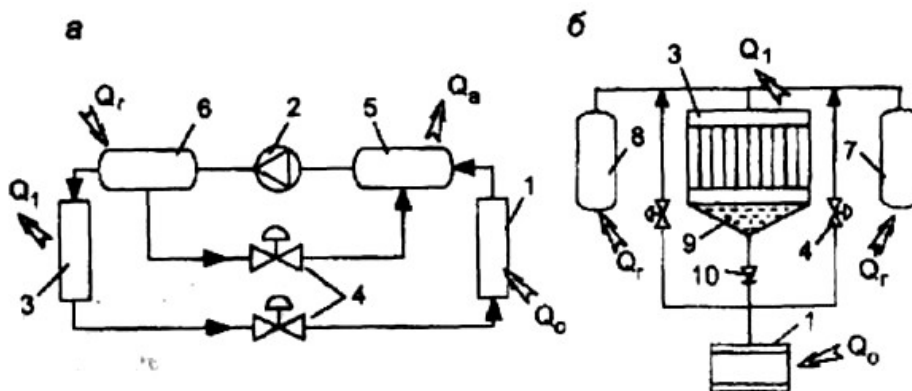


Рис. 67. Схемы абсорбционного (а) и адсорбционного (б) трансформаторов тепла:

1 - испаритель; 2 - насос; 3 - конденсатор; 4 - дроссели; 5 - абсорбер; 6 - генератор; 7, 8 - адсорбер-генератор; 9 - ресивер; 10 - обратный клапан

В абсорбционных трансформаторах в качестве рабочего вещества используются двухкомпонентные (бинарные) смеси с различной температурой кипения. Рабочий агент имеет более низкую температуру кипения, а поглотитель (абсорбент) более высокую. Температура кипения смеси в зависимости от концентрации раствора изменяется от минимальной до максимальной. Наиболее распространенными являются водоаммиачные и бромисто-литиевые смеси.

Рассмотрим принцип работы, абсорбционного трансформатора тепла (рис. 67, а). Теплота от низкопотенциального источника передается рабочему веществу в испарителе 1, которое испаряется и затем поступает в абсорбер 5, где абсорбируется поглотителем. Происходит насыщение раствора с выделением теплоты Q_a . Затем раствор с помощью насоса 2 перекачивается в генератор

6, к которому подводится теплота Q_r . В генераторе происходит десорбция с поглощением теплоты Q_r . Затем обедненный поглотитель через дроссель возвращается в абсорбер, а рабочий агент поступает в конденсатор 3. При конденсации рабочего агента выделяется теплота, которая отводится потребителю. Конденсат направляется в испаритель, и рабочий цикл завершается. Общее количество полезной теплоты, получаемой с помощью абсорбционного трансформатора тепла, равно $Q_1 + Q_a$.

Эффективность абсорбционного теплового насоса определяется отношением Q_1/Q_r , а холодильной машины $-Q_0/Q_r$. В абсорбционных трансформаторах тепла затраты энергии на перемещение насосом рабочего агента в жидкой фазе малы. Основные затраты энергии связаны с нагревом генератора.

В настоящее время имеются также проекты по использованию адсорбционных трансформаторов тепла с твердым сорбентом (рис. 67, б).

В адсорбционных трансформаторах тепла адсорбер и генератор совмещены в одном устройстве, что обуславливает их периодическую работу. После подвода теплоты от низкопотенциального источника рабочий агент в испарителе 1, минуя конденсатор, направляется в генератор-адсорбер 7 или 8 и поглощается твердотельным адсорбентом. После его насыщения к адсорбенту подводится теплота Q_r и начинается процесс десорбции. Рабочий агент с высокой температурой направляется в конденсатор. Из конденсатора теплота отбирается потребителю, а конденсат накапливается в ресивере 9 и направляется в испаритель. Цикл замыкается. Для бесперебойного снабжения потребителей холодом и теплотой постоянных параметров используются конструкции адсорбционных трансформаторов тепла с симметричным расположением адсорберов-генераторов.

В отличие от компрессионных трансформаторов тепла, в которых работа превращается в теплоту, в сорбционных трансформаторах необходим источник теплоты высокого потенциала для работы генератора. В результате этого происходит перенос теплоты от менее нагретого объекта к более нагретому. Таким источником наряду с утилизируемой низкопотенциальной сбросной тепло-

той промышленных предприятий могут быть сбросная теплота с высоким потенциалом (температурой) или горючие ВЭР. В этом случае сорбционные трансформаторы тепла выгодно использовать, так как они утилизируют низкой и высокопотенциальную сбросную теплоту. Если источник сбросной высокопотенциальной теплоты отсутствует, вместо него можно использовать электрический нагрев или специально сжигать топливо для получения теплоты, необходимой для работы генератора. В качестве топлива наиболее удобным является природный или сжиженный газ.

Абсорбционные трансформаторы тепла нашли применение для сжижения аммиака, в содовом производстве совместно с карбонизационной колонной для охлаждения воды и в комплексных системах тепловодоохладоснабжения химических предприятий.

В настоящее время наиболее распространенными являются компрессионные трансформаторы тепла, так как для их работы используется электропривод. Применяются и другие типы приводов компрессоров, например двигатели внутреннего сгорания. В некоторых случаях сорбционные трансформаторы тепла могут оказаться более предпочтительными, например при наличии высокотемпературных тепловых отходов или при редуцировании избыточного давления энергоносителей, участвующих в технологическом процессе. Имеются также и другие, менее распространенные устройства трансформации тепла (вихревые, струйные, термоэлектрические и прочие), которые нами не рассматривались, но потенциально могут быть использованы для получения холода и повышения потенциала теплоты.

Эффективное использование электроэнергии

Общие положения. Электричество является наиболее удобным и широко распространенным видом энергии. При генерировании электричества приблизительно лишь треть первичной энергии преобразуется в электроэнергию. Поэтому проблема ее эффективного использования является актуальной. Имеются законодательные акты, регулирующие потребление электроэнергии нормированием и использованием гибких тарифов. Электричество применяется в

быту, в технологических процессах и вспомогательных системах различных производств. В процессе транспортировки, распределения и потребления электроэнергии имеют место ее непроизводительные потери, которые складываются из неизбежных и дополнительных.

Дополнительные потери электроэнергии обусловлены:

- несовершенством системы электроснабжения;
- передачей реактивной мощности;
- ухудшением качества электроэнергии;
- технологическими потерями;
- недостатками в организации производства.

Рассмотрим пути повышения энергоэффективности при использовании электричества наиболее распространенными конечными потребителями: системами искусственного освещения, электроприводами, электротермическими устройствами бытовыми устройствами.

Искусственное освещение. Освещение используется во всех сферах деятельности человека. В промышленности на освещение в среднем расходуется до 10 % потребляемой электроэнергии. В сфере услуг и развлечений этот показатель может достигать 25 %. Основными элементами системы освещения, определяющими ее эффективность, являются осветительные приборы (светильники), включающие источники света и арматуру. Осветительные приборы характеризуются потребляемой мощностью, световым потоком и освещенностью поверхности.

Световой поток Φ равен энергии, излучаемой источником и переносимой сквозь поверхность за единицу времени. Световой поток измеряется в люменах (лм). Например, лампа накаливания мощностью 100 Вт излучает 1750 лм.

Освещенностью поверхности E называют отношение приходящегося на нее светового потока к ее площади S :

$$E = \frac{d\Phi}{dS}, \quad (7.31)$$

Освещенность измеряется в люксах (лк).

Эффективность источников света (светильников) характеризуется световой отдачей Я, которая определяется как отношение освещенности или светового потока к потребляемой мощности. В различных литературных источниках данные по световой отдаче представлены в лм/Вт или л к/Вт. На практике удобнее выражать светоотдачу в лк/Вт, так как освещенность непосредственно измеряется с помощью люксметра.

Таблица 12

Характеристики источников света

Типисточнике света	Маркировка	Светоотдача, дм/Вт		Коэффици- ент запаса, $K_{эл}$	Срок службы, ч
		Диапазон	Обычная		
Лампы иакаливания	ЛН	8-18	12	1,1	1000
Галогенные лампы накаливания	КГ	16-24	18	1,1	2000
Ртутно-вольфрамо- вые лампы	РВЛ	20-28	22	1,2	6000
Ртутные лампы вы- сокого давления	ДРЛ	36-54	50	1,3	12000
Натриевые лампы высокого давления	ДНаТ	90-120	100	1,3	12000
Металлогалогеновые лампы высокого давления	ДРИ	70-90	80	1,3	12000
Люминесцентные лампы низкого дав- ления	ЛБ	60-80	70	1,3	10000
Люминесцентные лампы низкого дав- ления с улучшенной цветопередачей	ЛБЦТ	70-95	90	1,25	10000
Компактные люми- несцентные лампы низкого давления	КЛ	60-70	67	1,25	9000
Натриевые лампы низкого давления	ДНаО	120-180	-	1,3	12000

В настоящее время выпускаются различные источники света. Приведенные данные (табл. 12) показывают, что эффективность ламп накаливания в 2 и более раз ниже, чем остальных. Возможности экономии энергии определяются выбором источников света. Обычные лампы накаливания, работающие более 4000 ч в год, лучше заменить на более эффективные. Например, люминесцентные лампы потребляют электроэнергию в 6 раз меньше. Тем не менее даже у наилучших источников света КПД составляет 30 %.

Замена существующих источников света с суммарным годовым потреблением электроэнергии W_z (кВтч/год) более эффективными источниками позволяет получить экономию энергии

$$\Delta W = W_z K_{\text{эл}} (1 - K_{\text{ис}}), \quad (7.32)$$

где $K_{\text{ис}} = H/H_N$ - коэффициент эффективности замены источника света;

$K_{\text{эл}}$ - коэффициент запаса, учитывающий снижение светового потока лампы в течение срока службы;

H - светотдача существующего источника света;

H_N - светотдача предлагаемого для установки источника света.

Кроме замены источников света имеются и другие способы повышения экономии энергии при использовании осветительных установок. Экономия электроэнергии зависит от сочетания и размещения источников света и светальников. Использование одной более мощной лампы накаливания или люминесцентной позволяет уменьшить потребление энергии без снижения освещенности. Например, четыре люминесцентные лампы по 20 Вт дают две трети светового потока, который можно получить от двух ламп по 40 Вт.

Использование комбинированного общего и местного освещения, искусственного и естественного освещения позволяет уменьшить потребление электроэнергии. В соответствии с санитарно-гигиеническими ограничениями нельзя использовать только местное освещение рабочих мест. Оно должно обязательно дополняться общим с пониженной освещенностью. Общая освещенность считается достаточной, если на 1 м² площади пола приходится от 15 до 20 Вт мощности ламп накаливания. При использовании дополнительного местного

освещения общую освещенность уменьшают. За счет этого потребление энергии снижается в 1,5-2 раза.

Запыленные стекла окон поглощают до 30 % светового потока. Регулярное мытье окон позволяет снизить продолжительность горения ламп при двухсменной работе предприятия на 15 % в зимнее время и на 90 % - в летнее. Эффективным является пакетный способ размещения светильников вместо линейного. При линейном способе осветительная арматура располагается в виде отдельных линий, а при пакетном - над рабочим местом располагают несколько светильников. Практика показала, что один и тот же уровень освещенности рабочего места при пакетном способе поддерживается в 2 раза меньшим числом светильников.

При отсутствии необходимости освещение следует отключать, что уменьшает затраты электроэнергии. Кроме ручного управления освещением для этих целей применяются автоматизированные системы на основе программ многоуправления или реагирующие на изменение уровня освещенности. В протяженных помещениях целесообразно использовать зональные выключатели для рационального управления несколькими источниками света из разных мест. Системы регулирования и управления освещением позволяют сократить потребление электроэнергии на 5-15%.

Замена светильников - наиболее эффективное комплексное мероприятие, включающее замену источников света, изменение расположения мест освещения и в целом повышающее КПД использования электроэнергии на освещение. Например, переход на светильники с эффективными отражателями позволяет снизить потребление энергии до 50 % т. е. отказаться от половины используемых ламп. Применение компактных люминесцентных ламп (КЛ) в местах общего пользования по сравнению с лампами накаливания приводит к уменьшению потребления энергии в несколько раз. Однако при этом надо обращать внимание на правильную установку КЛ, так как в отличие от ламп накаливания они обладают направленным световым потоком.

Большое значение имеют условия эксплуатации и плановые ремонты, предусматривающие своевременные осмотры, чистки, замены ламп и комплектующих. Замена обычных балластных токоограничивающих сопротивлений на электронные высокочастотные позволяет снизить потребление электроэнергии в люминесцентных лампах до 25-30 %. Регулярная чистка ламп и светильников и замена ламп после нормативного срока службы увеличивают световую отдачу на 10-15 %.

Электропривод. Для преобразования электрической энергии в механическую используется электропривод. В промышленности электропривод является основным потребителем электроэнергии, на долю которого приходится до 60 % ее потребления. Особенностью электропривода является то, что цена электроэнергии, расходуемой ежегодно средним двигателем, в пять раз превышает цену самого двигателя. Это является мощным стимулом для энергосбережения. Парк электроприводов в подавляющем большинстве составляют нерегулируемые трехфазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором. В настоящее время лишь 5-10 % электроприводов являются управляемыми и используются в установках со сложными технологическими процессами. В промышленности до 60 % энергопотребления приходится на привод центробежных механизмов: насосов, компрессоров, вентиляторов.

Рассмотрим основные подходы к повышению эффективности электроприводов. Мощность двигателя должна соответствовать нагрузке. Если двигатель перегружен, он быстро выходит из строя, если недогружен - снижаются его КПД и коэффициент мощности (совф). При загрузке менее 45% электропривод следует заменить, при загрузке более 70 % - замена нецелесообразна, в остальных случаях для замены требуется серьезный экономический анализ.

Использование более качественных конструкционных материалов в статорах и роторах уменьшит постоянную составляющую активных потерь на 2-5 %. Энергетически эффективные двигатели дают наибольший выигрыш при 70 % -й нагрузке. Их стоимость во многих случаях не превышает цену обыкновенных моторов.

В случае переменной нагрузки или частых простоев электродвигателей следует применять системы управления. Рассмотрим принципы управления на примере приводов центробежных механизмов. Управление может осуществляться дросселированием, включением-отключением и пускорегулирующими устройствами. Данные системы управления имеют разную эффективность (рис. 68). При номинальной подаче рабочего вещества центробежными механизмами, когда регулирование отсутствует, потребляемая электроприводом мощность имеет максимальное значение независимо от метода регулирования производительности центробежных механизмов

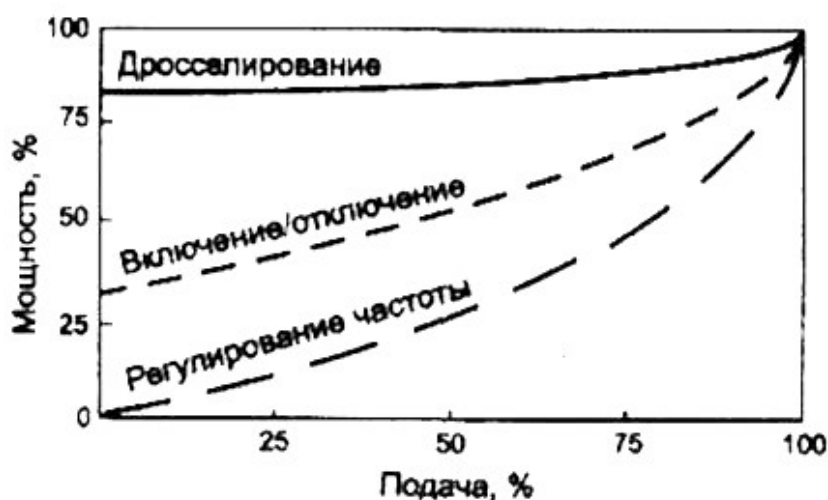


Рис. 68. Эффективность способов регулирования

С уменьшением подачи возможное снижение потребления электроэнергии относительно исходной номинальной мощности двигателя будет минимальным *при управлении дросселированием* и максимальным при использовании *пускорегулирующих устройств*.

Небольшая эффективность регулирования дросселированием объясняется тем, что изменение расхода рабочего вещества должно быть скомпенсировано потерями в системе. В этом случае даже при уменьшении расхода до нуля будет потребляться более половины номинальной, мощности.

Второй способ регулирования включением-отключением не всегда применим, особенно при частом изменении нагрузки, так как по регламенту двигателя в течение суток могут запускаться и останавливаться ограниченное число раз из-за электродинамических и тепловых перегрузок, например синхронные

электродвигатели типа СТД - один раз. Частое отключение механизмов снижает их ресурс работы и увеличивает вероятность выхода из строя. В настоящее время эта проблема преодолима с помощью электронных тиристорных *устройств «плавного» пуска*, которые минимизируют пусковой ток. В процессе пуска двигатель разгоняется от пускового устройства. При достижении частоты вращения, близкой к номинальной, двигатель переключается и работает от сети. Такие устройства применяются для пуска синхронных и асинхронных двигателей.

Наиболее эффективным способом регулирования является изменение частоты вращения, что обеспечивает согласованность работы электродвигателя и нагрузки с практически постоянным КПД при значительном снижении потребляемой мощности по сравнению с дросселированием. Частота вращения двигателя меняется в зависимости от сигнала, вырабатываемого технологическим регулятором или задаваемого программно. Для регулирования в настоящее время используются электронные преобразователи частоты с системой микропроцессорного управления. Эти системы эффективны на стадии модернизации и вытесняют ранее применявшийся регулируемый электропривод постоянного тока. Их стоимость составляет 130-150 дол. США/кВт в диапазоне наиболее распространенных мощностей 11-37 кВт. При внедрении *регулируемого электропривода* достигается экономия энергии: 50 % для вентиляционных систем, 25 % для насосов, 30 % для воздуходувок и вентиляторов и 40-50 % для компрессоров. В случаях, когда постоянное регулирование производительности не требуется, более рационально использовать устройства плавного пуска, так как они проще, дешевле и имеют малые габариты.

Мощность потребления энергии электродвигателями центробежных механизмов определяется формулой:

$$N = \frac{\Delta P \cdot G}{\rho \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3}, \quad (7.33)$$

где ΔP - потери давления в сети, Па; G - массовый расход, кг/с; ρ - плотность рабочего вещества, кг/м³; η_1 , η_2 , η_3 КПД соответственно двигателя, передачи и центробежного механизма (насоса, компрессора или вентилятора).

Электротермические установки. Электротермические установки (ЭТУ) служат для преобразования электрической энергии в теплоту, которая используется для обработки сырья, материалов и изделий. Они классифицируются по принципу работы на печи и установки *нагрева сопротивлением, индукционного и диэлектрического нагрева, печи электродугового нагрева* и установки *плазменного, лучевого и лазерного нагрева*.

Для примера на рис. 69 представлены схемы наиболее широко используемых печей и установок нагрева сопротивлением. К этому типу установок также относятся сушильные установки с электронагревом.

Электрическая мощность электропечи P равна полезному тепловому потоку, требуемому для нагрева обрабатываемого материала. Установленная мощность печи обычно выше:

$$P_{уст} = k \frac{P}{\eta_{э} \eta_{т}}, \quad (7.34)$$

где k изменяется от 1,1 до 1,6 - коэффициент запаса мощности печи, учитывающий увеличение тепловых потерь в процессе эксплуатации, колебание напряжения сети, старение нагревателей, необходимость форсированного нагрева; $\eta_{э}$ и $\eta_{т}$ электрический и тепловой КПД.

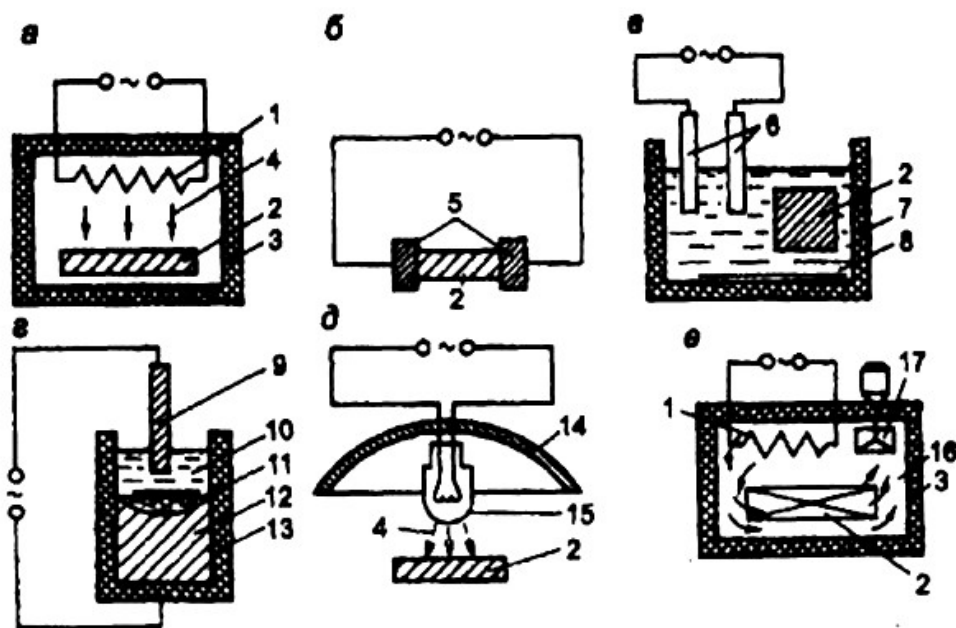


Рис. 69. Печи и установки нагрева сопротивлением: а - печь среднетемпературная косвенного нагрева; б - установка прямого нагрева; в - печь с жидким теплоносителем; г - установка электрошлакового переплава; д - установка инфракрасного нагрева; е - печь низкотемпературная с калорифером: 1 - нагреватель; 2 - установка инфракрасного нагрева; 3 - футеровка; 4 - тепловой поток; 5 - контакты; 6 - электроды; 7 - корпус; 8 - расплав соли; 9 - переплавляемый электрод; 10 - шлак; 11 - расплавленный металл; 12 - слиток; 13 - кристаллизатор; 14 - отражатель; 15 - излучатель; 16 - газовый поток; 17 - вентилятор

Коэффициент запаса зависит от типа ЭТУ и ее мощности. Самым высоким КПД обладают печи и установки нагрева сопротивлением с η_p принимающим значения от 0,9 до 1,0, и η_{tr} , изменяющимся от 0,7 до 0,9.

Во многих процессах ЭТУ незаменимы, например, при получения чистых материалов. Они позволяют легко поддерживать необходимую температуру и использовать различные среды при нагреве материалов, включая вакуум. При этом достигим высокий уровень температур - до 3500 °С. Коэффициент полезного действия ЭТУ составляет 0,5-0,85, что позволяет им конкурировать с огневыми промышленными печами. Однако ЭТУ являются энергоемкими.

На основе опыта эксплуатации ЭТУ выработаны следующие рекомендации по экономии энергии.

- Увеличение загрузки печи в 2 раза за счет рациональной укладки материала сокращает расход электроэнергии на 40%.
- Использование печей с загрузкой менее 70 % не разрешается.
- Уменьшение массы загрузочной тары снижает расход электроэнергии. Масса тары не должна превышать 10 % массы обрабатываемого изделия.
- Температура наружной поверхности не должна превышать 66 °С, что влечет избыточные потери теплоты. Лучше, если она не превышает 30-40 °С.
- Использование современных теплоизоляционных материалов снижает расход электроэнергии на 20-26 % и сокращает время разогрева на 30 %.

- Окраска печей алюминиевой краской снижает потери теплоты и расход электроэнергии на 3-5 %.
- Улучшение герметичности печей.
- Поддержание оптимальных уровней напряжения снижает расход электроэнергии на 20-25 % и сокращает время разогрева на 30 %.
- Применение автоматического регулирования температуры, форсированного разогрева в начале процесса снижает расход электроэнергии до 25 %.
- При трехсменной работе печей общий расход электроэнергии снижается на 20-30 %.

Использование электроэнергии в быту. В быту используются разнообразные электроприборы, которые расходуют до 30 % энергии от общего электропотребления. Усредненные данные о годовом потреблении электроэнергии некоторыми бытовыми электроприборами даны в табл. 13.

Таблица 13

Данные о потреблении электроэнергии бытовыми приборами

Электроприбор	Потребление, кВтч/год
Лампа накаливания 60 Вт	263 (из расчета 12 ч работы в сут.)
Энергосберегающая лампа 9 11 Вт	44 (из расчета 12 ч работы в сут.)
Морозильный аппарат	427
Посудомоечная машина	475
Электропечь	440
Стиральная машина	276
Холодильник	584
Телевизор	180
Видеомагнитофон	150
Пылесос	65
Компьютер	40
Аудиоаппаратура	35

В быту, как и в промышленности, электроэнергия в большом количестве используется на освещение. Методы снижения потребления энергии в системах искусственного освещения были рассмотрены выше.

Обязательным атрибутом любой квартиры являются холодильник и пылесос. Чтобы уменьшить потребление энергии холодильником, необходимо

своевременно его размораживать, следить за состоянием уплотнения на дверках, не держать долго открытым. Прежде чем открывать холодильник, необходимо подумать, что вы хотите взять. Если держать его долго открытым, теряются деньги, сопоставимые со стоимостью хранимых продуктов. Пылесос после уборки помещения надо тщательно очищать. Это будет способствовать не только уменьшению потребляемой энергии, но и продлению долговечности пылесоса, так как он будет работать без перегрузки.

Много энергии потребляется электрическими плитами, которые относятся к электротермическим установкам. Эффективное использование электрической энергии здесь может быть достигнуто за счет:

- форсированного разогрева конфорок доведения жидкости до кипения с последующим снижением мощности при варке блюд до готовности;
- использования отключенных неостывших конфорок для подогрева водопроводной воды впрок;
- использования в плитах с чугунными и стальными конфорками массивной металлической посуды с плоским недеформированным дном толщиной 5-7 мм;
- закрытия сосудов с готовящейся пищей крышками и использования скороварок;
- удаления нагара и грязи с днищ посуды;
- кипячения воды в электрочайнике, так как у него КПД выше.

Трубчатые конфорки имеют более высокий КПД по сравнению с чугунными и стальными штампованными. Наиболее экономичны плиты с ситаловым покрытием. Они экономят до 200 кВт·ч электроэнергии в год.

При покупке электроприборов следует обращать внимание на их энергопотребление. В настоящее время в продаже имеются устройства с одинаковыми свойствами, но с разным потреблением энергии. Устройства с меньшим потреблением энергии стоят несколько дороже, но первичные затраты окупаются за счет экономии энергии.

Энергосбережение в зданиях и сооружениях

Тепловой режим здания. Здания и сооружения жилищного, культурного, административного и промышленного назначения являются крупными потребителями тепловой энергии.

Во многих случаях для определения эффективности использования энергии в зданиях удобной единицей измерения является кВтч/(м²год) или МДж/(м²-год). В России потребление энергии на отопление жилья составляет от 80 до 120 МДж/(м²год) и более. В Финляндии, где климат более суровый, этот показатель равен 45-50 МДж/(м²год). Теплотери через ограждающие конструкции зданий у нас составляют до 80 % всех общих потерь теплоты, в развитых странах Западной Европы - 38-44 %, т. е. в 2 раза меньше. Потери энергии через ограждающие конструкции распределяются следующим образом:

- стены - 42-49 %;
- окна - 32-35 %;
- подвальные и чердачные перекрытия -11-18 %;
- входные двери - 5-15 %.

В многоэтажных зданиях потери теплоты через подвальные и чердачные перекрытия будут минимальными.

На тепловой режим здания существенное влияние оказывает наружный климат, который определяют солнечная инсоляция, температура и влажность воздуха, ветер. При проектировании ориентация зданий выбирается с учетом розы ветров и потоков энергии, поступающих от Солнца. С увеличением скорости ветра интенсифицируется теплообмен со стороны наружного воздуха, растут инфильтрация и теплотери, а при ориентации фасада на юг за счет прогрева стеновых ограждений они уменьшаются. При увлажнении ограждающих поверхностей с последующим испарением влаги теплотери дополнительно увеличиваются. Значение температуры наружного воздуха является исходным параметром при проектировании как ограждающих конструкций, так и систем

отопления. С уменьшением минимальной расчетной температуры воздуха самого холодного месяца в году возрастает мощность отопительной системы..

Тепловой режим здания определяется не только наружным климатом, но и ограждающими конструкциями, внутренней средой и реакцией человека. Например, расчетная температура помещения в зависимости от назначения здания может быть в пределах 16-26 °С. Комплексный подход к энергосбережению в зданиях требует взаимосвязанного рассмотрения всех составляющих.

Приближенный метод расчета потерь теплоты. Потери теплоты в зданиях обусловлены теплопередачей Q_m и инфильтрацией (воздухообменом) Q_u (рис. 70). Тепловой поток, характеризующий потери, равен

$$Q = Q_m + Q_u, \quad (7.35)$$

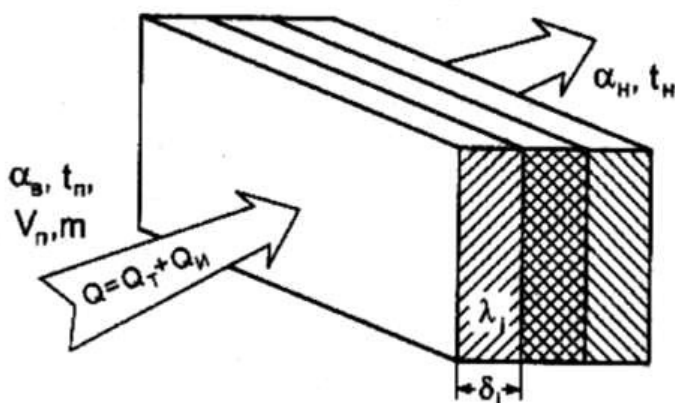


Рис. 70. Схема процесса переноса теплоты через многослойное ограждение

Уравнение теплопередачи через плоскую стенку имеет следующий вид:

$$Q_m = k \Delta t F = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_v} + R_t + \frac{1}{\alpha_n}} \Delta t F, \quad (7.36)$$

где k - коэффициент теплопередачи;

Δt - температурный напор;

F - поверхность теплообмена;

α_v - коэффициент теплоотдачи воздуха со стороны помещения;

α_n - коэффициент теплоотдачи со стороны наружного воздуха;

$$R_t = \sum_{i=1}^n \delta_i / \lambda_i \quad - \text{термическое сопротивление многослойного однородного ограждения};$$

ного ограждения;

δ_i - толщина i -го слоя материала стенки;

λ_i - коэффициент теплопроводности i -го слоя материала стенки;

t_v и t_n - соответственно температуры воздуха внутри и снаружи помещения.

В соответствии со строительными нормами и правилами для приближенных расчетов можно принять значения коэффициентов теплоотдачи α_v и α_n , которые соответственно равны 8,7 и 23 Вт/(м² °С).

Тепловой поток за счет воздухообмена через неплотности в конструкции здания определяется объемным расходом воздуха V_v , который может быть выражен через коэффициент инфильтрации m . Коэффициент инфильтрации - это кратность воздухообмена помещения объемом V_n за 1 ч. Тогда

$$Q_n = \rho_v V_n c_{pv} (t_v - t_n) = \frac{m V_n \rho_v c_{pv}}{3600} (t_v - t_n) = \frac{m V_n}{3} (t_v - t_n), \quad (7.37)$$

где ρ_v - плотность воздуха, кг/м³;

c_{pv} - теплоемкость воздуха, Дж/(кгК); $\rho_v \cdot c_{pv} \approx 1200$ Дж/(м³К).

Следует заметить, что температура воздуха в помещении не отражает состояние микроклимата в нем, на который дополнительно влияет излучение от ограждающих поверхностей с радиационной температурой t_p . В соответствии с нормативами России и Беларуси при малой подвижности воздуха температура помещения $t_n = (t_v + t_p)/2$.

Потери теплоты через стены, полы и потолки различаются, и для каждой поверхности их необходимо рассчитывать отдельно. В общем случае суммарные потери теплоты в помещении:

$$Q = \sum_{i=1}^n k_i F_{in} + \frac{m V_n}{3} (t_v - t_n), \quad (7.38)$$

Основными направлениями повышения эффективности использования энергии в существующих зданиях являются: утепление и внедрение систем регулирования отпуска теплоты.

Первое направление относится к пассивным методам энергосбережения, а второе - к активным. Вначале следует утеплять здания и лишь затем устанавливать системы регулирования отпуска теплоты.

Утепление зданий. Утеплять необходимо здания, которые находятся в эксплуатации и построены по старым строительным нормам. В настоящее время используются новые, однако и эти нормы отстают от требований к сопротивлению теплопередаче, принятых в Западной Европе (табл. 14).

Таблица 14

Нормативное сопротивление теплопередаче через стены (R , м² К/Вт)

Год		Страна	
	Дания	Украина	Беларусь
1972	1,25	0,8	0,8
1977	3,00	0,8	0,8
1985	3,10	1,3	-
1994	4,20	2,2	2,5

Следует отметить, что приведенные в табл. 14 данные не претерпели существенных изменений и к настоящему времени.

Исследования, проведенные в США, показывают, что за счет теплоизоляции зданий могут быть существенно снижены тепловые потери:

- через крышу и чердачное помещение на 80 %;
- через стены на 60 %;
- за счет уплотнения оконных рам на 70 %;
- за счет двойного остекления на 60 %;
- через пол на 75 %.

Для уменьшения потерь через ограждающие конструкции применяются теплоизоляционные материалы с коэффициентом теплопроводности меньше 0,2 Вт/(м·К).

В настоящее время выпускается широкий спектр изоляционных материалов, применяемых в строительстве: минеральная вата, утеплители на основе стекловолокна и стеклотканей, полистирол, пенопласт, керамзитовый гравий и другие.

Древесина также относится к теплоизоляционным материалам. Например, поперек волокон она имеет коэффициент теплопроводности, равный 0,14-0,16 Вт/(м·К), а вдоль -0,35-0,41 Вт/(м·К). Древесноволокнистые плиты имеют коэффициент теплопроводности, равный 0,093 Вт/(м·К).

В современном строительстве стеновые конструкции для облегчения делают многослойными. Утеплитель, как правило, располагают между слоями из бетона или кирпичной кладки. При утеплении существующих зданий утеплитель может крепиться на наружной или внутренней стене. Предпочтительней изоляцию проводить снаружи (рис. 71), так как в противном случае сокращается полезная площадь помещений, возникает необходимость переноса электрооборудования, имеется вероятность выпадения конденсата и образования плесени, требуется выселение жильцов на время ремонта. Внутреннюю теплоизоляцию стен обычно проводят для зданий, являющихся памятниками архитектуры. Разработаны и внедрены различные технологии теплоизоляции существующих зданий. Стеновые конструкции утепляют закрепляемыми на стенах плитными материалами, поверх которых наносится штукатурка или другие защитные влагостойкие материалы. Одним из наиболее распространенных утеплителей является минеральная вата. Утепление стен повышает комфортность помещения.

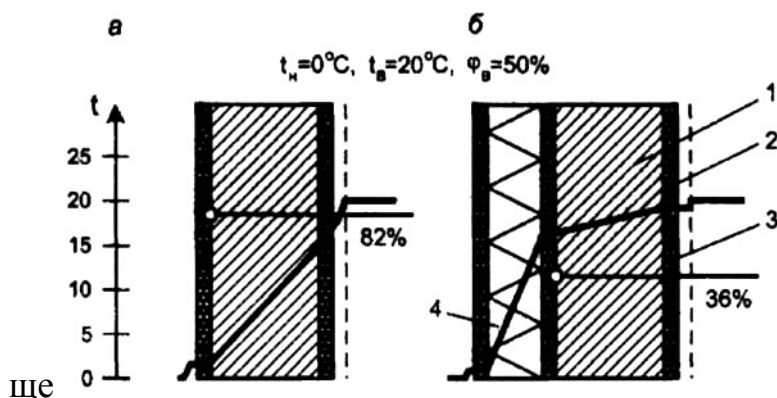


Рис. 71. Ограждение, выполненное по старой (а) и новой (б) технологиям:

1 - несущая стеновая конструкция; 2 - фактурный слой; 3 - пристенный тепловой пограничный слой; 4 – теплоизоляционный материал

Температура внутренней поверхности стены увеличивается с 13-14 до 18-19 °С, что ведет к уменьшению излучения. При этом относительная влажность в стеновой конструкции уменьшается с 82 до 36 %, снижая риск конденсации и разрушения.

Для теплоизоляции перекрытий применяют как плитные, так и насыпные материалы. Для утепления крыш весьма удобными являются рулонные материалы, укладываемые между стропилами. При утеплении крыш и перекрытий дополнительно используются парозащитные пленки, которые препятствуют выпадению конденсата. Эффективность изоляции крыш и чердачных перекрытий выше у малоэтажных зданий, чем у многоэтажных. Для одна- или двухэтажного коттеджа потери уменьшаются на 20 %, а для девятиэтажного дома - на 3,5 %.

Наибольшие потери теплоты сосредоточены в мостиках холода. Различают геометрически обусловленные мостики холода и обусловленные конструкцией и материалами (рис. 72). В первом случае потери теплоты возрастают за счет увеличения наружных поверхностей теплообмена в углах зданий и при наличии выступов.

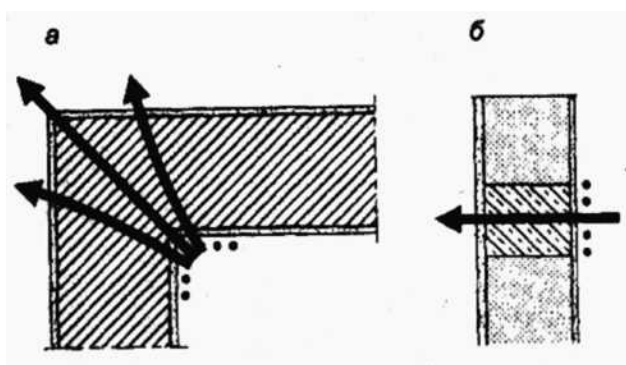


Рис. 72. Геометрически обусловленный мостик холода в угловой части строения (а) и мостик холода, обусловленный использованием железобетонной балки с высокой теплопроводностью в кирпичной кладке (б). Стрелками указаны направления потоков теряемой теплоты

Во втором - за счет отличий теплотехнических свойств материалов стен и опор перекрытий, перемычек. Например, кирпичная кладка и железобетон имеют коэффициенты теплопроводности 0,7 и 1,5 Вт/(м·К). Специальные приемы теплоизоляции мостиков холода позволяют снизить теплопотери приблизительно в два раза.

Значительное количество теплоты теряется через окна. В домах старой постройки значение коэффициента теплопередачи окон может достигать 3,5 Вт/(м²·К). При этом потери составляют почти 50 % от теплоты, потребляемой на отопление. В настоящее время на основе деревянных, пластиковых или алюминиевых профилей внедрены современные окна с коэффициентом теплопередачи 0,8-1,5 Вт/(м²·К). Окна изготавливаются в виде стеклопакетов с 2, 3 или 4 стеклами. В некоторых конструкциях воздушное пространство между стеклами заполняется аргоном. Стеклопакеты обеспечивают высокую герметичность. При качественном уплотнении швов между стеной и оконной коробкой коэффициент инфильтрации приближается к нулю. Довольно просто можно модернизировать старые окна, добавив третий слой стекла (рис. 73) или закрепив слой прозрачной пластмассовой пленки.

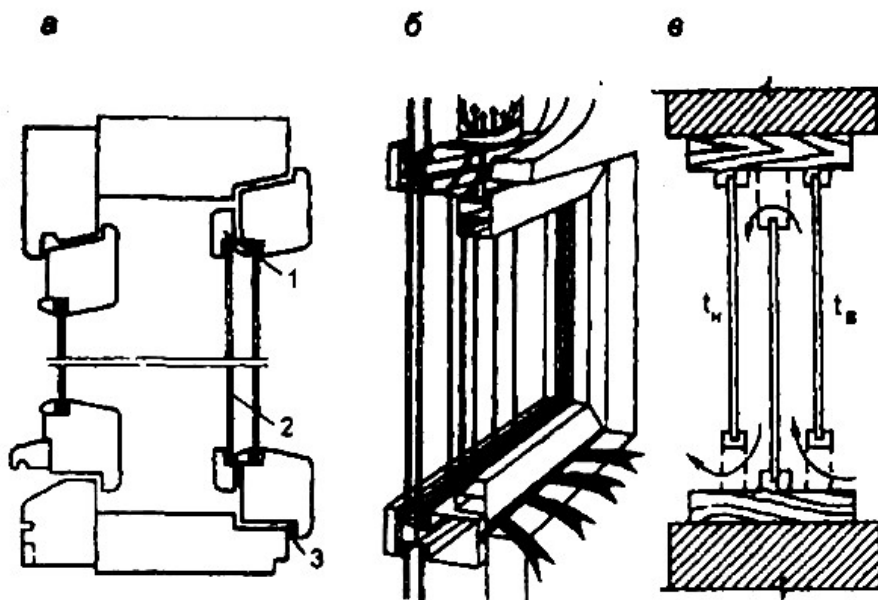


Рис. 73. Окно с дополнительным остеклением (а), вентилируемое окно, подсоединенное к вытяжной вентиляции (б), и сообщающееся с атмосферой окно (в):
 1 - крепление для дополнительного стекла; 2 - стекло; 3 - уплотнитель

Эффективным является также использование ленточного утеплителя по всему периметру оконных притворов. Уменьшения потерь можно достичь, применяя стекла с селективным теплоотражающим покрытием, которые пропускают инфракрасное излучение только в одну сторону.

Таблица 15

**Потери теплоты за счет воздухообмена
через неплотности в оконных проемах**

Коэффициент ин- фильтрации	Оценка инфильтрации	Годовые потери теплоты, ГДж
0,5	Минимальная	5,2
1,0	Допустимая	10,4
1,5	Избыточная	15,6
2,0	Ущербная	20,8

В производственных зданиях могут применяться вентилируемые окна, когда удаляемый теплый воздух проходит через межстекольный зазор, создавая тепловую завесу (рис. 73). В результате этого температура поверхности внутреннего стекла увеличивается, и потери тепло ты через окна снижаются.

За счет разности давлений снаружи и внутри помещения холодный воздух через щели проникает в помещение (табл. 15).

Для уменьшения потерь за счет воздухообмена необхо димо провести тщательное уплотнение между оконной ко робкой и стеновой конструкцией и в оконных притворах. Наиболее экономична вентиляция, проводимая не за сче постоянного естественного воздухообмена, а за счет крат ковременной вентиляции с большим расходом воздух при периодическом открытии окон. В случае приточнс вытяжной вентиляции необходимо проводить рекуперацию теплоты, установив теплообменный аппара.

Регулирование теплопотребления в зданиях. Для увеличения эффективности использования теплоты в системах отопления после утепления зданий необходимо выполнить второй этап программы - внедрить системы регулирования отпуска теплоты.

Вначале рассмотрим особенности существующих систем отопления. В 60-70-х гг. прошлого века в эксплуатацию сдавались однетрубные системы с

последовательным соединением отопительных приборов (рис. 74, а). Данные системы имеют два основных недостатка:

- получение потребителями различного количества теплоты, т. е. нахождение в неравных условиях по теплопотреблению, поскольку теплоноситель, последовательно проходя через отопительные приборы, постепенно охлаждается. Установка дополнительных байпасных линий на каждом приборе сглаживает этот отрицательный фактор, но полностью не устраняет его;

- невозможность индивидуального регулирования потребления теплоты на отопительном приборе, так как такая регулировка сразу отражается на всех последовательно соединенных приборах. Изменяя расход на одном приборе, мы тем самым изменяем его на всех.

Таким образом, однотрубные системы отопления ставят потребителей теплоты в неравные условия и исключают возможность индивидуального регулирования отопительных приборов.

Недостатков, присущих однотрубным системам отопления, лишены двухтрубные системы с параллельным соединением отопительных приборов (рис. 74, б). К отопительным приборам подводится теплоноситель практически с одинаковой температурой. Изменение расхода теплоносителя в одном приборе от максимального до нулевого значения не влияет на работу остальных приборов, подключаемых к системе отопления.

Модернизация системы отопления дает возможность на каждом приборе установить термостатирующий клапан (радиаторный терморегулятор) для индивидуального регулирования отпуска теплоты.

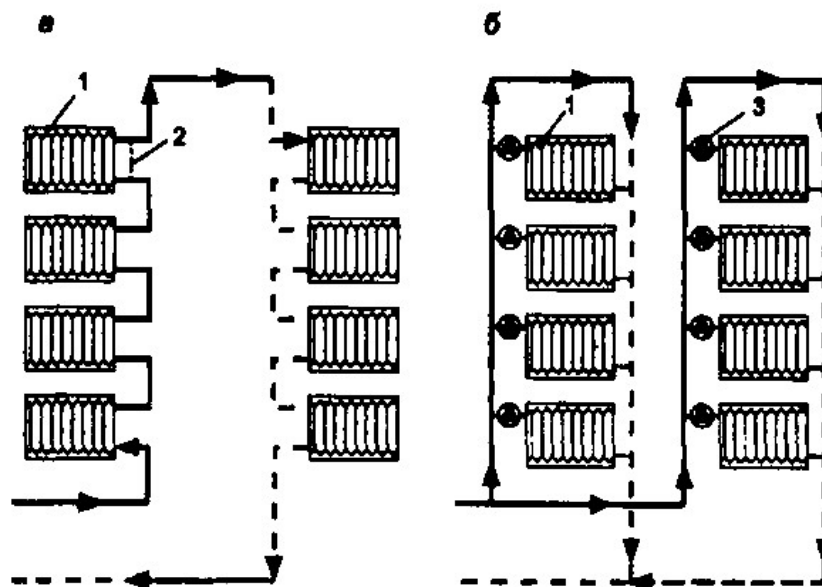


Рис. 74. Система подсоединения отопительных приборов в домах старой застройки (а) и в домах после модернизации (б):

1 - отопительный прибор; 3 - байпас; 8 - термостатирующий вентиль.

Сплошная линия - подающий теплопровод; пунктирная - обратный теплопровод

Установка таких терморегуляторов позволяет за отопительный сезон сэкономить приблизительно 15 % энергии. Понижение температуры в отапливаемом помещении на 1 °С уменьшает потребление энергии на 7 %.

Кроме индивидуального регулирования отпуска теплоты на отопление имеются системы регулирования подачи теплоты в отдельные здания или группы зданий. Эти системы размещаются в тепловом пункте, в котором регулируется процесс обмена теплотой между поставщиками теплоты и потребителями. При этом теплоты должно поступать столько, сколько нужно для здания в зависимости от состояния окружающей среды.

Использование автоматизированной системы регулирования отпуска теплоты позволяет уменьшить потребление энергии на 15-20 %. Однако такая экономия энергии достижима после предварительного утепления здания. Принцип работы систем регулирования отпуска теплоты в здания рассматривается в следующем параграфе.

Дома с ограниченным энергопотреблением и энергонезависимые дома.

В настоящее время во многих странах проводятся исследования и построены опытные дома с минимальным потреблением теплоты на отопление («пассивные» дома) и независимым энергоснабжением («солнечные» дома).

Концепция пассивного дома предполагает незначительное потребление энергии за счет высокой теплоизоляции здания, исключения воздухообмена через неплотности оконных и дверных проемов и использования принудительной вентиляции, которая включается автоматически лишь при превышении содержания CO_2 и других вредных веществ в воздухе помещения. Система вентиляции содержит рекуператор для утилизации отходящей теплоты. Кроме того, после забора свежий атмосферный воздух в зимнее время предварительно подогревается, проходя через трубы, уложенные в грунт. Соблюдение этих правил позволяет отапливать дом за счет поступления теплоты от работающих бытовых приборов и людей, находящихся в помещении. В таких домах также максимально используется тепловой лучистый поток Солнца за счет применения стекол с селективным покрытием и других конструктивных элементов, аккумулирующих теплоту. В этих домах потребление энергии на отопление составляет для условий Германии $15 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot\text{год})$, в отличие от домов, построенных по нормам 1980-1995 гг., где потребляется $70-110 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot\text{год})$.

В странах, располагающих значительными потоками солнечной энергии, строятся дома специальной архитектуры. Есть проекты домов, где за счет солнечной энергии и активного использования аккумулирующих систем удовлетворяются все потребности в теплоте и электричестве. В большинстве случаев такие дома строятся, чтобы осуществлялось максимальное покрытие тепловой нагрузки на теплоснабжение и горячее водоснабжение, которое составляет от 35 до 85 % от общей нагрузки.



Рис. 75. Солнечная система теплоснабжения с аккумулятором теплоты к тепловым насосом

Системы теплоснабжения в таких домах комбинированные, включающие резервный подогрев воды другими источниками энергии, в том числе и тепловыми насосами (рис. 75).

Утепление существующих зданий и строительство новых с учетом повышенных норм на сопротивление теплопередаче в сочетании с внедрением систем регулирования отпуска теплоты и максимальным использованием потоков солнечной энергии является приоритетным направлением эффективного использования энергии на нужды теплоснабжения.

ТЕМА 8. СТРАТЕГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕМ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Стратегическое планирование, как необходимый начальный этап перехода к целям энергосбережения

Как было отмечено, энергосбережение в РФ – одно из ключевых направлений повышения ВВП, это подтверждается объемом энергопотребления на единицу ВВП в производственной сфере: Россия превосходит США и страны Западной Европы по этому показателю более чем в 4 раза. Это объясняется как структурными особенностями ее экономики (относительно низкая доля сферы услуг в ВВП, более высокий удельный вес энергоемких отраслей и т.д.), так и низкой эффективностью всей производственной сферы (несовершенство экономических механизмов, слабое стимулирование рационального использования энергетических, материальных и трудовых ресурсов).

Рассмотрим подробнее тенденции в энергопотреблении различных стран мира.

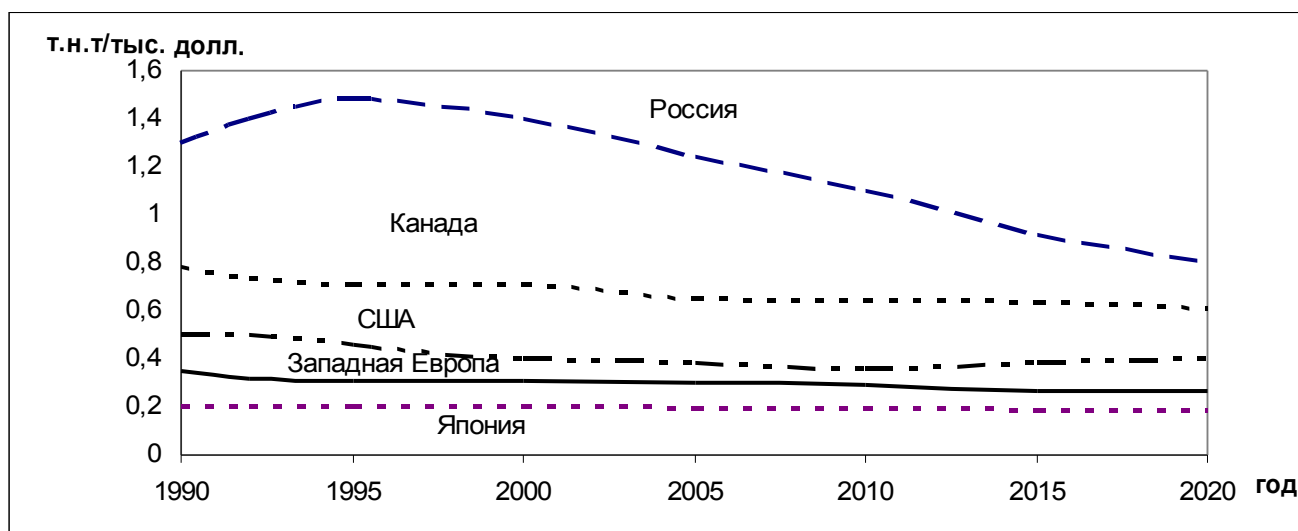


Рис. 76. Динамика энергоемкости ВВП.

В производственной сфере, как показывает анализ статистических данных (рис. 76) и зарубежных прогнозов, наблюдаются:

замедление энергоемкости, и рост эластичности энергопотребления;

более быстрое снижение энергоемкости по первичной энергии, чем по подведенной; при этом расход первичных энергоресурсов на единицу продукции падает медленнее, чем отнесенный к единице общего ВВП;

снижение энергоемкости в производственной сфере развитых стран происходит главным образом за счет энергосберегающих мероприятий, а в перспективе – вследствие структурных изменений;

отставание темпов снижения энергоемкости от темпов снижения топливности.

Характерно, что для России, согласно структуре конечного потребления, наряду с ЖКХ основной целью энергосбережения остается производственная сфера. Поэтому, несмотря на то, что ожидаются значительные выгоды от энергосберегающих мероприятий в ЖКХ (рост доли потребления в общем объеме потребления) и в других непроизводственных сферах, большую экономию энергоресурсов можно прогнозировать и в производственной сфере, причем в энергетике этот объем оценивается в 31% от общей доли экономии, а в промышленности составляет более 50%. Таким образом, в ближайшей перспективе (10-15 лет) энергосбережение должно стать одной из ключевых задач в развитии экономики РФ.

Как уже указывалось, необходимо взаимоувязывать цели энергосбережения с общими стратегическими целями организации. Для выработки таких целей автор использует концепцию стратегического управления.

Под стратегическим управлением целесообразно понимать совокупность предполагаемых действий, направленных на трансформацию организации из ее текущего состояния в состояние прообраза, т.е. желаемое, заранее фиксируемое, заведомо определенное состояние, с учетом действий факторов внешней среды.

Для принятия стратегических решений в целях повышения эффективной работы предприятия автор предлагает схему, приведенную на рис. 77, которая позволит эффективно управлять энергосбережением на промышленных предприятиях и предприятиях ЖКХ.

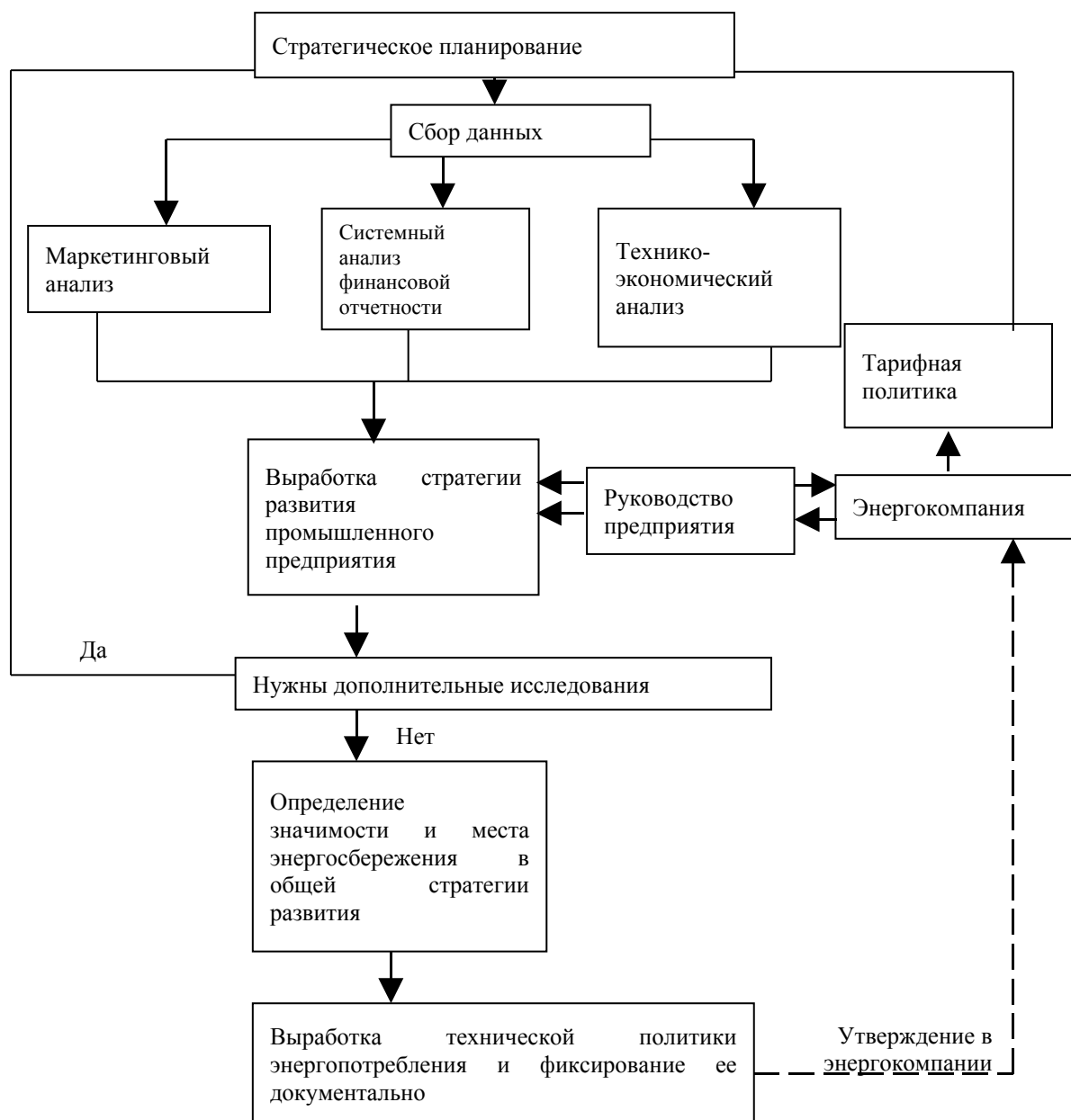


Рис. 77. Структура стратегического планирования реализации и формирования политики энергосбережения промышленного предприятия.

Предложенный механизм определения технической политики в сфере энергосбережения позволяет:

определить основные стратегические цели и задачи промышленного предприятия и организации ЖКХ;

выявить значимость энергосбережения в общей системе стратегических целей и задач;

согласовать техническую политику потребления энергии на всех уровнях иерархии управления;

документально зафиксировать основные направления по оптимизации потребления энергии;

эффективно управлять энергосбережением на всех уровнях управления организации.

При этом нужно учесть, что процесс стратегического управления предприятием динамичен и с течением времени будут меняться как система целей, стоящих перед организацией, так и значимость, и место в ней политики энергопотребления и энергосбережения.

Исходя из выработанной технической политики и целей развития организации строятся предварительные сценарии развития ситуации по потреблению энергии и энергоресурсов на предприятии и вырабатывается текущая стратегия потребления энергии.

Основные базовые стратегии на предприятии имеют три разновидности:

лидерства и минимизации издержек,

специализации в производстве продукции,

фокусирования на определенном сегменте рынка и концентрация усилий по его освоению.

Машиностроительные предприятия РФ характеризуются низким уровнем производства, высокими издержками, большим износом оборудования и т.п. Для улучшения их экономического состояния требуется изменить производственную политику и стратегию предприятия, привлечь инвестиции как в производство, так и в энергосбережение. Стратегия минимизации издержек в чистом виде на таких предприятиях будет малоэффективной.

Наиболее перспективной стратегией для них являются фокусирование на определенном сегменте рынка и концентрация усилий по его освоению. Например, проводимая РАО «ЕЭС России» реструктуризация имеет в качестве одной из ключевых целей разбиение предприятий по видам бизнеса, что является подтверждением стратегии фокусирования на определенном сегменте рынка и кон-

центрации усилий по его освоению (например, организованы производственно-ремонтные предприятия, компании, специализирующиеся на транспорте энергии, компании – производители энергии, энергосбытовые компании и т.п.). На данном этапе реформирования процессы реорганизации и выделения видов бизнеса находятся в завершающей фазе, однако в целом процесс реструктуризации отрасли будет, по всей видимости, продолжаться.

Решение стратегических задач энергосбережения невозможно без совместного участия производителей и потребителей электроэнергии. Это объясняется тем, что на сложившуюся ситуацию на рынке электроэнергии основное влияние оказывают три ключевых фактора.

1. *Производственно-экономический фактор.* Задания на мощности каждой конкретной электростанции выдаются непосредственно РАО «ЕЭС России» (администратор и системный оператор оптового рынка электроэнергии), и выполнение потребителями электроэнергии диспетчерского графика является обязательным условием. Следовательно, в тех случаях, когда потребление начинает превышать заданные мощности в том или ином районе, диспетчер, действуя по инструкции, начинает отключать потребителей в соответствии с разработанными на этот случай графиками (так называемое «веерное отключение»). В противном случае возможно снижение частоты в сети и уровней напряжения в узлах, а следовательно нарушение устойчивости ЭЭС. В этом случае для поддержания нормальной работы энергосистемы необходимо увеличивать выработку электроэнергии, что не всегда возможно по условиям технологического процесса, а в ряде случаев экономически невыгодно. Таким образом, несоблюдение графика оптового рынка может привести к увеличению себестоимости электроэнергии, что в итоге приводит к росту тарифов.

2. *Технический фактор (надежность, качество и т.д.).* «Веерные отключения» приводят к нарушению надежности электроснабжения потребителей и к аварийным ситуациям. Например, за счет коммутационных перенапряжений выходит из строя оборудование (кабельные вставки, муфты, загрязнение масла в масляных выключателях и т.д.), вследствие чего учащаются текущие ре-

монты, что в итоге также приводит к росту тарифа за счет издержек перепродавцов электроэнергии. В то же время переключения, осуществляемые для того, чтобы избежать ограничений по потреблению электроэнергии на стороне потребителей, также приводят к искажениям качества электроэнергии (несимметрия, несинусоидальность, отклонения напряжения), что проявляется в переучете или недоучете электроэнергии за счет погрешностей приборов учета при низком качестве электроэнергии. К тому же на промышленных предприятиях наблюдается значительное количество аварийных ситуаций, которые приводят к недоотпуску продукции, браку, ухудшению технологических параметров производственного процесса. Их ликвидация связана с большими финансовыми и моральными издержками.

3. Трансакционный фактор (судебные издержки и другие затраты непроизводственного характера).

Поскольку «всерные отключения» реализуются за счет установки устройств автоматического контроля потребления электроэнергии по ограничению потребителей-неплательщиков (АКП), то зачастую задолжники на своем напряжении самовольно переключаются с фидеров, подлежащих ограничению, на другие фидера. При этом часто происходит ограничение потребителей, полностью оплативших электроэнергию по своим средствам учета и не заплативших по средствам учета энергосистемы или потребителей, находящихся на одном фидере с неплательщиками.

Таким образом, с учетом указанных факторов необходимы новые подходы к учету как потребления, так и оплаты за электроэнергию, потребленную промышленными предприятиями, и со стороны энергоснабжающих организаций, и со стороны этих предприятий. У большинства промышленных предприятий сейчас повышается платежная дисциплина: многие из них либо расплатились, либо реструктурировали свою задолженность и регулярно погашают ее.

Следовательно, приоритетными направлениями по снижению затрат на энергопотребление будут являться следующие.

1. Снижение тарифов (льготы, субсидии, и т. п.) за счет федерального и местных бюджетов, что неэффективно, так как происходит просто перераспределение затрат, и для многих предприятий невозможно, так как они являются независимыми коммерческими структурами.

2. Оптимизация и рациональное использование имеющихся энергоресурсов (контроль над потреблением, снижение потребления) – более действенная мера, однако она может привести к снижению производства, поэтому ее следует использовать лишь в комплексе мероприятий по энергосбережению.

3. Внедрение энергосберегающих технологий – один из наиболее перспективных путей решения указанных проблем. Для этого необходимо создать комплексную программу по энергосбережению, которая, как показывает мировая практика, экономически высокоэффективна, однако требует определенных инвестиционных средств (особенно на начальном этапе). В сложившихся экономических условиях как коммерческим, так и муниципальным предприятиям довольно сложно найти такие средства, поскольку они используют только собственную прибыль от хозяйственной деятельности.

Таким образом, реализация последних двух направлений невозможна без организации целостной автоматизированной системы учета и контроля использования энергоресурсов на предприятиях.

Существуют шесть видов энергетических обследований организации: предпусковое и предэксплуатационное; периодическое (повторное); внеочередное; локальное; экспресс-обследование. При решении проблем энергосбережения и лимитирования энергоресурсов достаточны всего два вида энергоаудита – экспресс-обследования и углубленные энергетические обследования. По результатам экспресс-обследования оцениваются: состояние энергохозяйства предприятия, укрупненно-энергетический баланс предприятия, нерациональные потери энергии, основные направления снижения энергетических затрат и платы за энергоресурсы. При углубленных экспресс-обследованиях, помимо указанного, проводится сравнение фактических и нормированных затрат энергии на технологию, отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и т.д., оце-

нивается возможный потенциал энергосбережения при использовании различных энергосберегающих мероприятий.

Исходя из цели энергосбережения – повышения эффективности работы организации, – можно сказать, что энергосбережение – одна из множества стратегических целей предприятия. Поэтому экспресс-обследования должны включать одновременно исследования и других возможных направлений повышения эффективности предприятия, определяемых, например, на базе оценок его экономического и финансового состояния. Такое всестороннее экспресс-обследование необходимо, так как, только используя полную информацию по возможным экономически эффективным мероприятиям, можно сформировать список стратегических целей и определить их значимость – упорядочить цели таким образом, чтобы наиболее перспективные из них были в первых рядах.

Исходя из перечисленного, можно сделать следующие выводы. Экспресс-обследования предприятия должны проводиться периодически – т.е. нужно вести мониторинг экономического и финансового состояния предприятия; экспресс-обследования должны способствовать формированию стратегических и оперативных целей повышения эффективности работы предприятия. Для упрощения и эффективности экспресс-обследований требуется четкая методика их проведения на предприятии, включающая, помимо энергобалансов, информацию о финансовом и экономическом состоянии предприятия. Учитывая объемы и широкий спектр такой информации, необходимо реформировать организацию управления процессом энергопотребления, особенно организационную структуру службы главного энергетика, чтобы реализовать на предприятии новый подход к управлению энергосбережением.

Большинство промышленных предприятий рассчитывается с поставщиками электроэнергии на основе показаний устаревших систем учета, что является одной из причин, мешающей предприятию проводить программу по энергосбережению, так как отсутствует полная и достоверная информация об энергопотреблении. В то же время применяемые в схемах энергоснабжения распределительные устройства имеют ряд существенных недостатков, важнейшим из кото-

рых, с точки зрения энергоснабжающих организаций, является возможность несанкционированного доступа потребителя к энергоснабжающим узлам и устройствам, а также к цепям учета, что приводит к большим значениям технических и коммерческих потерь (хищение и недоучет электроэнергии).

С ростом тарифов растет важность точности и оперативности информации об энергопотреблении. Требуется высокоточный приборный учет энергопотребления, благодаря которому предприятие получает информацию не только в реальном времени, но и в ретроспективе, используя ее для достоверного прогнозирования.

Использование только достоверных данных по потреблению, техническим и коммерческим потерям энергоресурсов и их качеству позволит сформировать эффективный комплекс мероприятий по энергосбережению. Формирование такой автоматизированной системы контроля и учета за потреблением электроэнергии и энергоресурсов является обязательным начальным этапом формирования и последующей реализации энергосберегающей программы на предприятии.

Закрытие отраслевых институтов и отсутствие независимых рекомендаций приводят к тому, что планируемые к установке системы учета и контроля электроэнергии выбираются не по требуемым техническим условиям, а по стоимости, что приводит к ошибкам и дополнительным техническим и финансовым затратам. Поставленную задачу можно решить с использованием комплексных критериев оценки эффективности выбора АСКУЭ на предприятии, – например, объединением методов чистого дисконтированного дохода и экспертных оценок для оценки технической эффективности системы.

Решая технико-экономическую задачу по внедрению системы АСКУЭ, необходимо выполнить анализ информационно-измерительной техники учета электроэнергии (трансформаторы напряжения, трансформаторы тока, счетчики, линии связи, организация каналов передачи и устройств обработки информации, используемое программное обеспечение, условия их эксплуатации, пригодность к задачам учета), а при необходимости провести их модернизацию.

Принятые законы об энергосбережении в регионах России не нашли должного продолжения в их реализации. Поэтому требуется четкая программа формирования целей, организации эффективной системы коммерческого учета энергии и формирование на ее основе базы для разработки и реализации инвестиционных проектов по экономии энергоресурсов. В связи с этим требуется оценка деятельности организационных структур, отвечающих за работу энергетической службы, и возможное их изменение, чтобы повысить эффективность работы предприятия в целом.

Так как тарифы устанавливают Федеральная служба тарифов и ее региональные отделения, имеет смысл оценивать возможность увеличения тарифов на тепло- и электроэнергию (доведение их до рыночной стоимости) в зависимости от реализации программы энергосбережения, поскольку энергосбережение, как правило, ведет к экономии энергоресурсов. Кроме того, будет изменяться соотношение экономического эффекта от внедрения энергосберегающих проектов в сравнении с их стоимостью, что стимулирует реализацию многих проектов, которые ранее были экономически неэффективны.

Следовательно, для нормальной совместной работы промышленных предприятий и энергосбыта в сфере энергосбережения и бесперебойного энергоснабжения необходим следующий комплекс мероприятий.

1. Разработка методики системного финансово-экономического состояния промышленных предприятий. Определение целей и задач, стоящих перед ними в сфере энергосберегающей политики, иерархии этих целей и организация плана реализации.

При этом наиболее перспективным представляется проведение финансового и энергетического экспресс-анализа состояния предприятия на базе интегральных оценок бухгалтерской отчетности, отчетности по энергопотреблению, а также анализ существующей схемы электроснабжения. Такой подход, во-первых, не требует значительного объема информации, а во-вторых, обеспечивает доступность.

Экспресс-анализ позволит не только определить основные цели, стоящие перед данным предприятием, но и оценить значимость энергосбережения в общей системе иерархии стратегических целей. Кроме того, он будет способствовать выработке комплексной оценки степени риска при принятии решений по инвестированию и реорганизации производства, а также направлений повышения экономической устойчивости предприятия.

2. Формирование новых организационных структур управления энергопотреблением и энергосбережением. Эта мера необходима, так как потребуется обработка различной информации (экономической, финансовой, технической), необходимо учитывать возможность гибкого изменения структуры управления энергопотреблением и энергосбережением при формировании энергосберегающего проекта (программы) и рабочей группы по его реализации.

3. Энергетическое обследование. Организация энергоаудита должна начинаться с самого высокого уровня иерархии (крупные энергоузлы, энергообъекты, тепловые и электрические трассы). При этом следует помнить, что энергоаудит согласно существующему законодательству нужно проводить за счет прибыли предприятия, в то время как финансовый аудит относится к расходам, включаемым в себестоимость продукции. Значит, необходимо изменить законодательство, включив энергоаудит в себестоимость продукции.

4. Энергетический менеджмент, мониторинг энергоснабжения и потребления энергии. Поскольку мероприятия по энергосбережению должны базироваться на разработке и оценке инвестиционных проектов в сфере энергосбережения (например, на основе системного энергетического менеджмента и мониторинга), необходимо создать базы (банки) данных по существующим энергосберегающим технологиям; по источникам энергопотребления и величине потерь на различных уровнях, участках, трассах и т.д.; по разрабатываемым и принятым к реализации, а также уже реализованным инвестиционным проектам.

Многие руководители предприятий ошибочно считают результатом энергоаудита снижение затрат. В действительности с энергоаудита энергосбереже-

ние только начинается. А как показывает опыт, эффективность энергетических обследований очень высока: на один рубль затрат, выделенных предприятием на обследование, разработанные предложения после внедрения могут дать эффект в 30-40 руб. и более.

5. Правильно экономически и технически обоснованный выбор АСКУЭ на предприятии является залогом эффективной работы как энергетических служб, так и предприятия в целом.

1.2. Концепция стратегического управления – база для формирования организационных структур управления энергосбережением

Чтобы эффективно управлять энергосбережением на предприятии, особые требования должны быть представлены к организационной структуре управления с точки зрения разделения труда.

Организационная структура – форма распределения задач и полномочий на принятие решений между лицами или группами лиц (структурными подразделениями), составляющими организацию, которая учитывает направленность организации на достижение стоящих перед ней стратегических целей.

Рассмотрим основные причины необходимости формирования специфических структур управления энергосбережением на предприятии. Можно выделить следующие основные функции организационно-экономического управления энергохозяйством промышленного предприятия.

1. Разработка бизнес-плана развития энергохозяйства в соответствии с потребностями предприятия (часто этой функции уделяется недостаточное внимание).

2. Формирование нормативной базы, ее ведение, корректировка потребностей в материальных и покупных изделиях на ремонт и эксплуатацию оборудования, разработка комплектовочных ведомостей по приборам, оборудованию, топливу и материалам для капитального строительства и эксплуатации энергохозяйства.

3. Разработка совместно с планово-экономическими и технологическими службами балансов и планов потребления энергии, норм и лимитов по всем видам энергии, контроль над соблюдением этих планов.

4. Формирование структуры потребителей-регуляторов, разработка методов обеспечения энергией потребителей в экстремальных условиях.

5. Систематический анализ экономических результатов работы службы главного энергетика и ее подразделений, их влияние на экономику предприятия (такая работа на предприятиях проводится очень редко, а если проводится, то не имеет четко выраженных критериев оценки).

6. Планирование энергетических, эксплуатационных и ремонтных затрат на обеспечение предприятия всеми видами энергии и энергоносителей, содержание энергохозяйства и оказание услуг всем подразделениям.

7. Реорганизация подразделений службы главного энергетика в связи с механизацией, автоматизацией и внедрением автоматизированной системы управления.

8. Разработка и утверждение инструкций по обслуживанию энергооборудования, согласование инструкций по эксплуатации крупного энергоемкого и энерготехнологического оборудования.

9. Изучение на предприятиях правил технической эксплуатации, схем и инструкций, а также систематическая аттестация персонала службы главного энергетика.

10. Разработка совместно с технологами режимных карт энергоемкого оборудования, обеспечивающих максимальную экономию энергии, рационализация структуры энергобаланса

11. Планирование и контроль за выполнением планов работы энергетических и энергоремонтных подразделений и цехов энергохозяйства

12. Составление сметно-финансовых документов по ремонту и эксплуатации энергооборудования и сетей.

13. Учет энергооборудования и установок, оформление актов на списание и передачу оборудования другим организациям.

При таком управлении эффективные с экономической точки зрения мероприятия по энергосбережению часто либо находятся вне поля зрения службы главного энергетика, либо отсутствует финансовая и политическая поддержка экономически эффективных мероприятий и проектов у руководства предприятия. Между тем их реализация может привести к снижению себестоимости, увеличению качества продукции, получению высокой прибыли. К этому следует добавить: высокую замкнутость структурных подразделений организации на руководителей высшего звена, что неизбежно снижает эффективность управления в связи с их перегруженностью; недостаточную информационную поддержку руководителей структурных подразделений (в связи с закрытостью информации); отсутствие стратегической поддержки принятия решения структурными подразделениями. Поэтому существующая структура управления не позволяет в полной мере решать задачи эффективного управления энергосбережением на промышленном предприятии.

Чтобы повысить эффективность энергосбережения, необходим постоянный мониторинг финансово-экономического положения предприятия. Это связано с тем, что реализация программ и проектов по энергосбережению возможна только при выполнении определенных факторов, к которым относятся следующие.

1. Тарифы на электрическую и тепловую энергию и другие энергоресурсы.
2. Стимулирование энергокомпанией регулирования потребления энергии у потребителей.
3. Цены на энергосберегающие технологии и оборудование, которые меняются с течением времени.
4. Спектр АСКУЭ, приборов и средств учета, представленных на рынке и их технических характеристик.
5. Финансовое состояние предприятия и положение его на рынке.
6. Объемы потребления электроэнергии и теплоэнергии и их доли в себестоимости продукции и др.

В настоящее время в большинстве случаев энергослужба предприятия ограничивает свои задачи по энергосбережению только производственно-тех-

ническими проблемами – бесперебойным обеспечением энергоресурсами производственного процесса. Исходя из перечисленных выше предпосылок и объема различной информации (бухгалтерской, экономической, технической), а также доступности этой информации для службы главного энергетика, можно сделать вывод, что выполнение в полной мере задач по энергосбережению на предприятии одной только энергетической службе не под силу.

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

1. Современные требования должны быть предъявлены к общей структуре управления энергосбережением и энергопотреблением. При этом на первый план выходит целесообразная с экономической точки зрения стратегия управления и развития энергохозяйства предприятия.

2. Управление энергосбережением нужно сконцентрировать в одних руках – управляющего (менеджера по энергосбережению и управлению энергоресурсами), который должен быть компетентен и находиться в курсе финансовых возможностей предприятия, оказывать влияние на составление плана его развития. Он должен также вписываться в организационную структуру управления организацией и эффективно управлять энергосбережением.

Выделим основные, наиболее важные принципы формирования организационной структуры с точки зрения энергосбережения:

1. *Принцип необходимого разнообразия.* Структура управления энергосбережением должна включать в себя такие элементы, которые по своему количеству и качеству способны адекватно реагировать на изменения внутренней и внешней среды предприятия.

2. *Принцип эмерджентности.* Чем больше и сложнее система, тем больше вероятность того, что цели и свойства элементов отличаются от целей и свойств системы в целом. Поэтому необходимо обеспечить соответствие локальных целей и задач подразделений целям и задачам организации в целом.

3. *Принцип внешнего дополнения.* Учет и создание организационных резервов, позволяющих быстро мобилизовать ресурсы организации для оперативной корректировки целей и задач энергосбережения.

4. *Принцип обратной связи.* Информационный обмен между структурой управления энергосбережением и управляемым объектом должен быть постоянным и строиться в виде замкнутого контура. При этом количество и поток информации должны быть достаточны для эффективного управления объектом

Структуру систем организационного управления можно классифицировать следующим образом.

1. По числу уровней иерархии – одноуровневые и многоуровневые. Последние, в свою очередь, могут быть однородными (функции и характеристики узлов одного уровня идентичны) и неоднородными.

2. По принципам управления и подчиненности – децентрализованные, централизованные и смешанные. Децентрализованная система – решения отдельными элементами принимаются независимо и не корректируются системой более высокого уровня. Централизованная система – задания отдельным элементам системы выдаются лишь одним элементом более высокого уровня. Смешанная система – управление некоторыми функциями или этапами происходит централизованно, а другими – децентрализованно.

2. По выполняемым функциям и целевому назначению. Различают структуру систем планирования, оперативного управления, информационных систем и др.

3. По принципам разбиения элементов системы на подсистемы различают структуру систем, в которых элементы объединяются по функциональному и (или) объектному признаку.

Все разнообразие организационных структур можно представить в виде континуума, границы которого обозначают возможные решения по разделению труда – вертикальное (функционально-административное) разделение труда и горизонтальное (проектно-целевое).

Следует оговориться, что в данном случае под «вертикальным» разделением труда понимается не традиционное рассмотрение организации по уровням иерархии, а разделение труда в зависимости от участия в различных вертикаль-

ных процессах управления и управленческих функциях. Под горизонтальным разделением труда понимается структура деятельности сотрудников организации в зависимости от их участия в горизонтальных, технологических процессах выполнения работ.

Матричная организация, будучи комбинацией проектной и функциональной структур, может принимать самые разнообразные формы в зависимости от того, к какому «краю» организационного спектра она тяготеет в каждом конкретном случае. Матричные организационные структуры обычно развиваются по полноте полномочий руководителя проекта (или лица, ответственного за его реализацию), по количеству вовлекаемых в проектную деятельность организационных ресурсов, наличию и роли постоянного штата по управлению проектом.

Матричная структура представляет собой организацию, построенную на принципе двойного подчинения исполнителей: с одной стороны – непосредственно руководителю функциональной службы, которая предоставляет персонал и техническую помощь руководителю проекта (в данном случае – менеджеру по управлению энергетическими ресурсами), с другой стороны – руководителю проекта, который наделен необходимыми полномочиями для управления в соответствии с запланированными целями и задачами, сроками и ресурсами и качеством.

Наиболее перспективной организационной структурой для целей управления энергосбережением (не путать с целями энергообеспечения, для которых характерно использование линейно-функциональных структур управления) на промышленном предприятии представляется матричная структура (рис. 78).

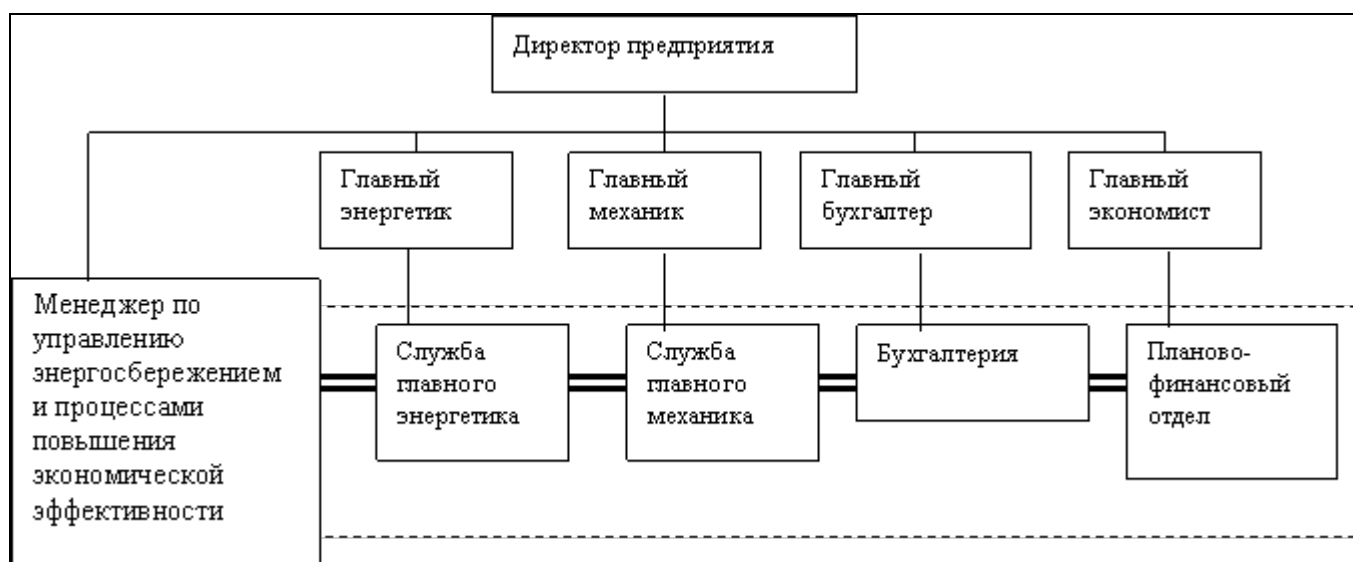


Рис. 78. Структура управления процессами повышения эффективности работы промышленного предприятия.

Использование именно этой структуры дает возможность получить следующие выгоды.

1. Управление энергосбережением и ответственность сконцентрированы в одних руках.
2. Гибкое управление различными службами производства.
3. Ограничение ответственности остальных служб в рамках исполняемых ими функций и подчинение их в определенных рамках управляющему энергосбережением.
4. Внедрение системы энергетического мониторинга практически с «нулевого» этапа.
5. Подчинение целей энергосбережения целям (стратегии) предприятия в данный момент.
6. Заинтересованность на всех уровнях управления.
7. По аналогии возможна разработка структуры управления для более крупной организации с учетом финансовых, энергетических и технических подразделений и их уровня иерархии.

В процессе работы матричной структуры необходимо использовать концепцию управления проектами. Проект объединяет разнообразные виды дея-

тельности, характеризующиеся рядом общих признаков. Выделим наиболее общие из них:

направленность на достижение конкретных целей, определенных результатов;

координированное выполнение многочисленных взаимосвязанных действий;

ограничение во времени, с определенным началом и концом.

С точки зрения системного подхода проект может рассматриваться как процесс перехода из исходного состояния в конечное при участии ряда ограничений и механизмов.

Использование ситуационного подхода для управления энергосбережением не исключает возможности использования концепции управления проектами, так как систему управления энергосбережением можно разбить на ряд последовательных задач и тем самым свести управление (например, внедрение АСКУЭ) к отдельным проектным решениям.

Проектный подход позволяет менеджеру разбить всю систему управления энергосбережением на относительно изолированные блоки, что позволяет глубже проанализировать все стадии потребления энергоресурсов на предприятии, выявить резервы и сформировать модульные программные решения по повышению эффективности, а также с наименьшими затратами времени и средств реализовать их. Проектный подход – это в большей степени выработка, принятие и реализация управленческого решения, которое позволит перевести неоптимальное состояние системы к более эффективному. Такой подход особенно эффективен на стадиях инвестиционного проектирования энергосберегающих проектов и реализации проектов.

В современной динамичной рыночной среде на первый план выдвигается понятие «ситуация», поскольку оно отражает совокупность наиболее важных, актуальных факторов, влияющих на функционирование и развитие организационной системы предприятия. Понятие «ситуация» означает систему условий,

совокупность целей и средств предприятия и сложившейся рыночной конъюнктуры.

Использование системного подхода для формирования организационной структуры требует определения всех надсистем и подсистем, в которые входит система управления энергосбережением на предприятии; при этом осуществить системный анализ в полном объеме, естественно, невозможно, приходится идти на определенные упрощения. Таким упрощением, выделяющим наиболее значимые системные параметры, и является ситуационный подход.

Ключевой момент ситуационного подхода – это определение целей, интересов и потребностей всех взаимосвязанных субъектов как внутри управленческой системы предприятия, так и за ее пределами. Ситуационный подход заключается в оценке и анализе состояния объекта как целостной системы, моделирование объекта в рамках этой системы. Он применим прежде всего для целей стратегического и тактического планирования как оценка состояния предприятия, потенциала энергосбережения и т.д.

В процессе реализации ситуационного подхода (т.е. при постоянной работе системного энергетического менеджмента и мониторинга) будут возникать определенные задачи, которые затем можно будет решать в рамках концепции управления проектами.

Следует подчеркнуть, что без концепции управления проектами невозможно эффективное управление инвестициями на предприятии, привлечение денежных средств от сторонних инвесторов.

В современных условиях совокупность методов и средств управления проектами (проектный подход) представляет собой высокоэффективную методологию управления инвестициями, позволяющую:

осуществить анализ инвестиционного рынка и сформировать инвестиционный портфель компании с его оценкой по критериям доходности, риска и ликвидности;

оценить эффективность инвестиций с учетом факторов риска и неопределенности в рамках обоснования инвестиций и бизнес-плана;

разработать стратегию формирования инвестиционных ресурсов компании с оценкой общей потребности в инвестиционных ресурсах, целесообразности использования привлеченных и заемных средств;

произвести отбор и оценку инвестиционной привлекательности конкретных проектов;

оценить инвестиционные качества отдельных финансовых инструментов и отобрать наиболее эффективные из них;

осуществить планирование и оперативное управление реализацией конкретных инвестиционных проектов и программ;

организовать процедуру закупок и поставок, а также управление качеством проекта;

обеспечить эффективность инвестиционного процесса, включая управление изменениями и подготовку решений о своевременном закрытии неэффективных проектов и реинвестировании капитала;

организовать завершение проекта;

в полной мере учесть психологические аспекты управления инвестициями, нередко оказывающие решающее воздействие на показатели проекта в целом.

Таким образом, ситуационный подход для целей управления энергосбережением – это прежде всего системный финансово-экономический анализ состояния предприятия, выявление слабых мест, потерь энергии и энергоресурсов, выработка тактических и стратегических решений. Проектный подход проявляется прежде всего в финансировании и реализации энергосберегающих проектов на предприятии.

Следует подчеркнуть, что в процессе реализации, приведенной в данной работе концепции организации управления процессами энергосбережения, – например, при реализации принятого проектного решения, – матричная организационная структура может быть легко преобразована в более жесткую – проектную структуру. При этом на время реализации проекта часть сотрудников предприятия приказом переводят в подчинение менеджеру по энергосбережению с целью более эффективной реализации проекта в указанные сроки.

Особенно следует подчеркнуть, что применение при реализации и проектировании энергосберегающих проектов концепции управления проектами значительно повышает ответственность руководителя проекта и тем самым максимально способствует заинтересованности всех участников проекта.

При анализе эффективности управленческой (организационной) структуры следует учитывать информационные потоки и объемы информации, необходимые для успешного функционирования службы главного энергетика. Поэтому необходим структурный анализ информации и ее особенностей при проектировании организационных структур, предназначенных для эффективного управления энергопотреблением.

На рис. 79 пунктиром показаны области применения проектного и ситуационного подходов. На этапе разработки проекта по энергосбережению может применяться как проектный, так и ситуационный подходы в зависимости от результатов (чем более конкретный результат ожидается при разработке проекта, тем больше нужно стремиться к проектной структуре управления).

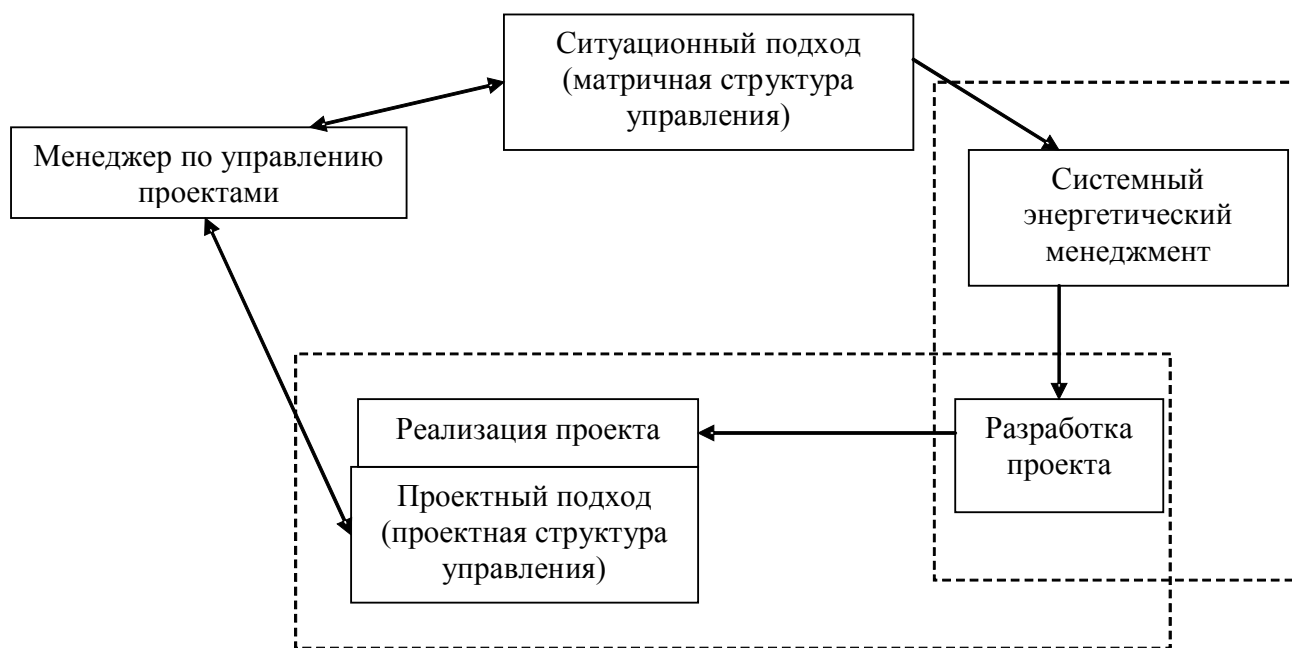


Рис. 79. Комплексная структура управления процессами энергосбережения.

На основании проведенных нами исследований были получены следующие выводы.

1. При решении задач энергосбережения на промышленных предприятиях и предприятиях ЖКХ необходимо четкое взаимодействие потребителей и производителей электро- и тепловой энергии, что приведет к повышению надежности и качества электроснабжения, снижению аварийности и потерь энергии и в итоге к снижению тарифов на электроэнергию или к их стабилизации, а также к оптимизации работы промышленного предприятия и повышению эффективности его работы.

2. Для реализации предложенной в настоящей работе стратегии эффективного энергосбережения необходима разработка методик: системного финансово-экономического состояния промышленных предприятий, энергетическое обследование, организация энергетического менеджмента и мониторинга энергоснабжения и потребления энергии, внедрение АСКУЭ, что позволит реализовать значительный потенциал энергосбережения в промышленности, электроэнергетике и ЖКХ.

3. Внедрение и реализация предложенной стратегии требуют обязательной организации региональных центров по энергосбережению во всех субъектах Российской Федерации.

4. В связи с этим предложены современные подходы к построению организационных структур энергетических подразделений промышленного предприятия, а именно:

матричная организационная структура управления процессами энергосбережения, которая позволяет повысить заинтересованность различных подразделений предприятия в проведении и реализации энергосберегающей политики и повысить гибкость управления энергосбережением;

ситуационный подход, способствующий формированию стратегии организации, определению целей и задач энергосбережения и формированию системного энергетического менеджмента на предприятии, что позволяет определять программу мероприятий и проектов по энергосбережению;

концепция проектного управления на предприятии процессами энергосбережения, повышающая эффективность инвестиционного проектирования и этапов реализации энергосберегающей программы.

ТЕМА 9. УЧЕТ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ И В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Учет, контроль и приборный анализ эффективности расходования энергоресурсов

Повышение эффективности производства продукции и услуг требует от руководства предприятия организации эффективного использования различных ресурсов, включая энергетические. Для этого необходимо наладить контроль и учет за расходованием всех видов энергоресурсов, внедрить автоматизированное регулирование в системах энергопотребления. Лишь после этого можно эффективно заниматься вопросами энергосбережения. Анализ эффективности использования топливно-энергетических ресурсов может быть проведен лишь на основе количественных данных их потребления с учетом всей энергетической цепочки от генерирования энергии до ее конечного применения.

Методы измерения количества топлива зависят от его Агрегатного состояния. Измеряются масса твердого топлива, объем, массовый или объемный расход жидкого и газообразного топлива. Количество древесного топлива может измеряться в плотных кубических метрах (пл. м³). Дополнительно может потребоваться измерение температуры и давления. Кроме того, для оценки качества топлива необходимо знать его влажность.

Масса топлива определяется с помощью разнообразных конструкций весов, как для взвешивания с фиксированной нагрузкой, так и для взвешивания движущегося топлива. При загрузке топлива в топочное устройство могут использоваться **дозирующие питатели**. При хранении жидкого топлива с помощью **уровнемеров** или **манометров** измеряется уровень в емкостях.

В технике для измерения давления в качестве контрольно-измерительной аппаратуры используются **индикаторные манометры** с подвижной стрелкой и секторной шкалой. Имеются приборы, в которых давление преобразуется в электрический сигнал. Для преобразования широко применяются **тензометры**, где при измерении давления меняется длина и диаметр проволоки и, как следствие, электрическое сопротивление, которое характеризует давление. Измере-

ние давления проводится не только для определения свойств жидких или газообразных энергоносителей, но и затрат энергии на их перемещение по трубопроводам.

В связи со значимостью уменьшения потерь теплоты всех стадиях ее производства и потребления измерение температуры приобретает первостепенное значение. Попрежнему находят применение **стеклянно жидкостные термометры** (рис. 80, а), принцип действия которых основан на том, что рабочая жидкость с изменением температуры меняет свой объем. С ростом температуры он увеличивается, а с падением - уменьшается. Температурный диапазон этих приборов составляет от -200 до $+650$ $^{\circ}\text{C}$.

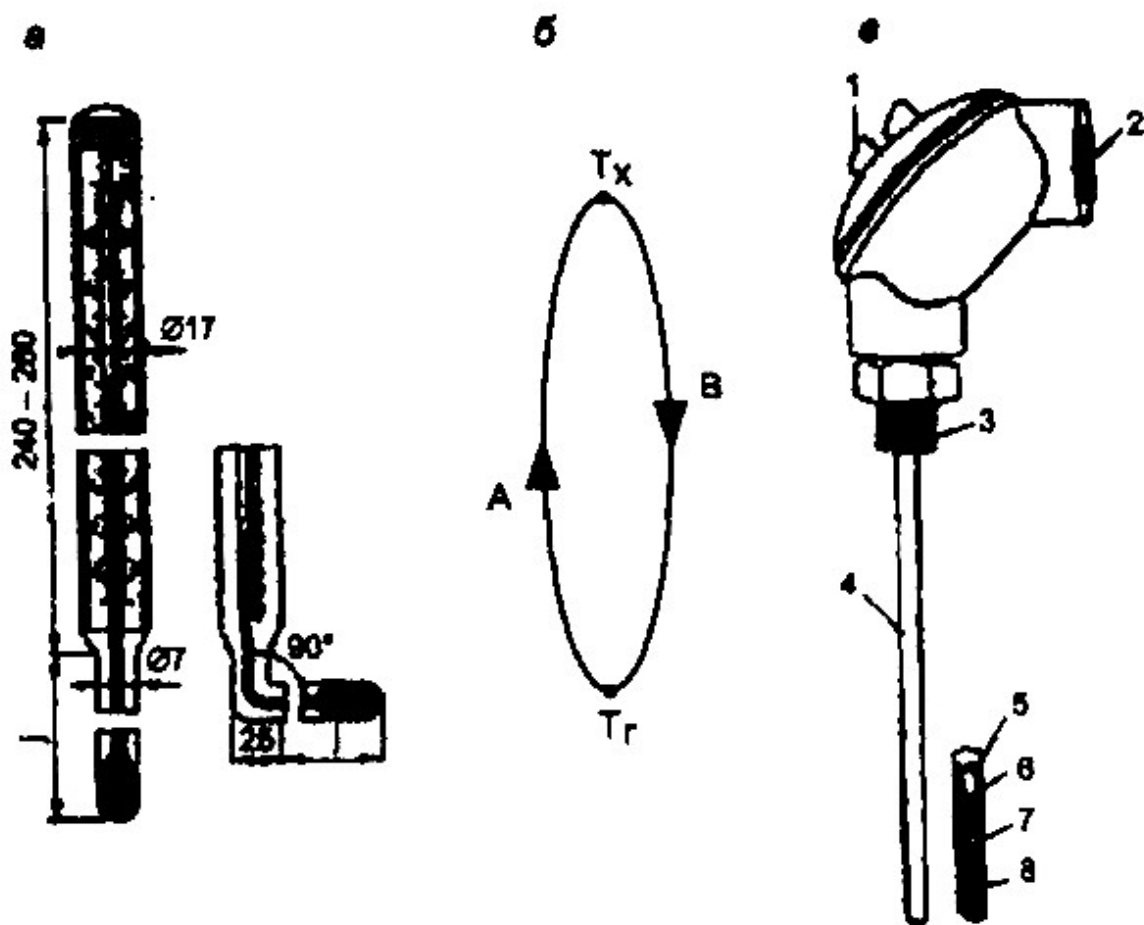


Рис. 80. Стекло-жидкостные термометры (а), схема термопреобразователя (б) и термометр сопротивления (в): 1 - герметичная крышка; 2 - резьбовое отверстие для вывода проводов; 3 - резьба для установки термометра; 4 - кожух

термометра; 5 - керамическая втулка; 6 - выводные клеммы обмотки; 7 - поддерживающая спираль; 8 - обмотка термометра

В современных измерительных системах измерение температуры производится с помощью **термопреобразователей**, в основе работы которых лежит эффект Зеебека. Термопреобразователь представляет собой два проводника из различных металлов, сваренных концами (рис. 80, б). Термоэлектрический ток в электрической цепи из разнородных металлов течет от провода *A* к термоэлектрически позитивному проводу *B*, если точка с температурой T_x является более холодной точкой соединения. Чувствительные положительные элементы могут изготавливаться из платинородия, хромеля, меди, железа, а отрицательные - платины, алюмеля, константана. Для надежной работы термопреобразователи помещают в защитные чехлы.

Наряду с термопреобразователями широкое применение для измерения температуры находят **термометры сопротивления** (рис. 80, в). Они изготавливаются из металлов (медь, платина, никель), которые при изменении температуры меняют свое электрическое сопротивление. Термометры сопротивления применяются для измерения локальных и средних температур, а также для измерения температуры поверхности. В зависимости от назначения прибора обмотка сопротивления имеет различную протяженность и форму.

На основе рассмотренных устройств регистрации температуры выпускаются **электронные термометры** с индикацией ее на жидкокристаллическом дисплее. Эти приборы снабжаются термошупами (термозондами) различной конструкции, которые позволяют измерять температуру в жидких и газообразных средах и на поверхности твердых тел. В последнем случае используются наклеиваемые датчики.

Большое количество теплоты может теряться через ограждающие поверхности котлов, печей, теплопроводов, зданий и других теплоиспользующих устройств. Кроме того, во многих устройствах, механизмах и агрегатах в процессе функционирования происходит преобразование механической работы, электрической энергии в теплоту, что необходимо учитывать при определении

их энергоэффективности. В связи с этим важно осуществлять контроль температуры поверхностей ограждающих конструкций и устройств, что позволяет определить тепловые потери.

Для измерения температур поверхностей удобными в использовании являются **инфракрасные пирометры** и **тепловизоры**. В этих приборах лучистый поток от измеряемого объекта проходит через оптическую систему и «фокусируется» на термoelemente, где происходит преобразование первичного сигнала в электрический. С помощью инфракрасных пирометров измеряют локальные или усредненные по ограниченной площади температуры.

Диапазон измерения температур может составлять от -50 до $+800$ °C, Более высокие температуры можно измерить с помощью оптических пирометров. В настоящее время в качестве регистрирующего устройства используется жидкокристаллический дисплей, на котором отображается значение измеренной температуры. Пирометры незаменимы, если:

- доступ к объекту затруднен;
- объект может быть поврежден при соприкосновении с датчиком;
- необходимо измерить среднюю температуру большой поверхности.

Тепловизоры оснащаются широкоугольной оптикой и позволяют регистрировать и наблюдать картину локального распределения температуры сразу по всей поверхности объекта большой протяженности. Инфракрасная термография является очень эффективной и широко используется в различных технических приложениях: энергетике, холодильной технике, строительстве, машиностроении и других областях. Данный метод, например, позволяет дистанционно выявлять сильно разогретые электрические и механические компоненты устройств. Этот фактор или свидетельствует о недостаточной изоляции и связан с излишними потерями теплоты, или предшествует отказам, выявляя скрытые дефекты конструкции.

Для учета и контроля жидких или газообразных энергоносителей, холодной и горячей воды необходимо измерять их расход. Особенно важно наладить контроль потребляемой теплоты, которая, в отличие от электроэнергии, стала

учитываться сравнительно недавно. В настоящее время существует несколько принципов учета теплоты.

Первый метод определения расхода теплоты основан на уравнении теплового баланса:

$$Q = G c_p (t_x - t_r), \quad (9.1)$$

где Q - количество потребляемой теплоты, Дж;

$G = V\rho$ - массовый расход теплоносителя, кг/с; c_p - теплоемкость теплоносителя, Дж/(кг°С);

t_r, t_x - температуры теплоносителя соответственно на входе и выходе потребителя, °С;

V - объемный расход теплоносителя, м³/с;

ρ - плотность теплоносителя, кг/м³.

В этом методе измеряются расход и температуры теплоносителя.

Второй метод учета теплоты применяется при индивидуальном расчете за теплоту в системах отопления. Он основан на регистрации количества испарившейся жидкости за отопительный сезон, которое связано с использованной теплотой. Кроме того, для измерения используются также электронные регистраторы распределения теплоты на отопление. В этом случае измеряется температура отопительного прибора. Относительно реперной температуры 20 °С автоматически рассчитывается количество потребляемой теплоты. При установке двух электронных приборов дополнительно регистрируется температура в помещении, и точность измерений возрастает.

В РФ в настоящее время в бытовом секторе налаживается индивидуальный учет расхода горячей и холодной воды. Для этих целей используются *тахометрические счетчики* (объемные расходомеры), которые работают по принципу турбины. Они надежны, просты в установке и обслуживании. Их недостатком является чувствительность к загрязнению потока механическими примесями, для избежания чего требуется дополнительная установка фильтра. Малые скорости потока и наличие фильтра приводят к дополнительным потерям

давления. Данные расходомеры имеют порог чувствительности, который возрастает с увеличением проходного сечения.

Широкое распространение получили также *электромагнитные расходомеры* (рис. 81). Принцип их работы основан на том, что при наложении магнитного поля напряженностью B на поток электропроводной жидкости, движущейся в канале с диаметром D и со скоростью ω , разность потенциалов U на секции с электродами определяется следующей зависимостью:

$$U = B \cdot \omega \cdot d, \quad (9.2)$$

где d - расстояние между электродами.

Электрический сигнал, получаемый от расходомера, с помощью процессора преобразуется в значение расхода теплоносителя.

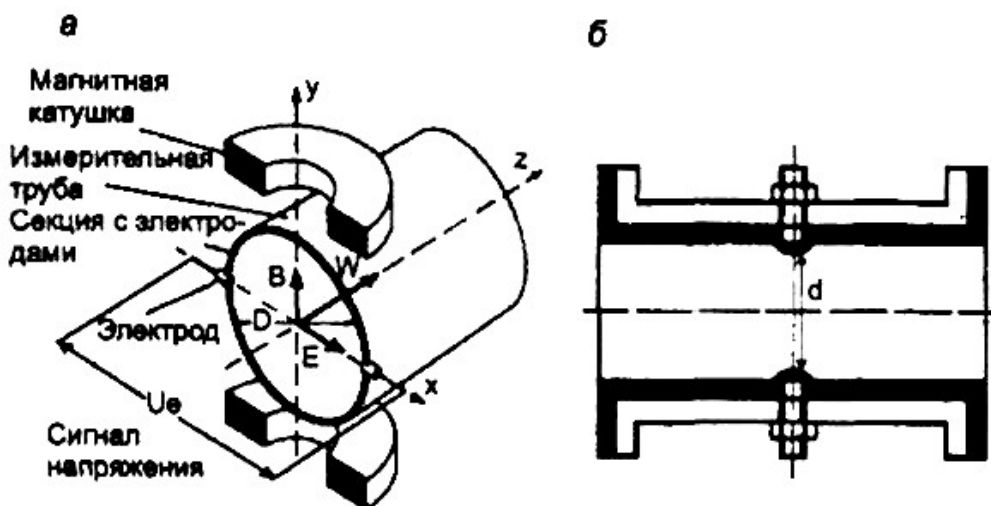


Рис. 81. Принцип действия электромагнитного расходомера: *а* - электрическая схема; *б* - секция с электродами

Электромагнитные расходомеры используются в системах теплоснабжения открытого и закрытого типов, в системах горячего и холодного водоснабжения. Рабочим веществом могут быть вода и другие жидкости. Эти расходомеры по сравнению с турбинными имеют незначительные потери давления, так как не загромождают сечение канала. Они малочувствительны к загрязнению жидкостей и присутствию пара в воде. Зона нечувствительности в таких расходомерах отсутствует, и диапазон расхода жидкости начинается с нуля. Возможен дистанционный сбор информации с последующей автоматической обработкой.

Широко применяются также *ультразвуковые расходомеры*. Они, как и электромагнитные, имеют незначительные потери давления и мало чувствительны к загрязнениям. Принцип их работы заключается в том, что ультразвуковой сигнал проходит с различной скоростью в направлении потока и против течения (рис. 82).

Средняя скорость течения потока вычисляется по формуле:

$$W = k \frac{\tau_{AB} - \tau_{BA}}{\tau_{AB} \tau_{BA}} = \frac{\Delta \tau}{\tau^2}, \quad (9.3)$$

где k - константа;

τ - время;

τ_{AB} - время прохождения сигнала в направлении течения потока;

τ_{BA} - время прохождения сигнала против потока.



Рис. 82. Принцип действия ультразвукового расходомера

Объемный расход рассчитывается по формуле

$$V = WF, \quad (9.4)$$

где F - площадь сечения канала.

Измерение расхода пара имеет свои особенности. В связи с этим используются *специальные расходомеры*, например вихревой, когда в поток помещается вихреобразующий объект. Скорость образования и распространения вихрей увеличивается прямо пропорционально расходу пара. Датчик заключается в полость вихреобразующего тела, через которую проходят вихри. Изменение

положения датчика обеспечивает поступление сигнала на регистрирующее устройство.

Комбинированное измерение температур и расхода теплоносителя позволяет определять количество потребляемой теплоты. Современные измерительные системы оснащены процессором для обработки данных и позволяют получить широкий спектр как текущей, так и ретроспективной информации. Ретроспективная информация хранится несколько лет. Кроме того, возможен дистанционный сбор и обработка данных измерений. Одна из типовых схем такой универсальной измерительной системы представлена на рис. 83. С помощью этой системы определяется расход теплоты на отопление и расход горячей и холодной воды в системе водоснабжения. В соответствии с существующим положением датчики расхода теплоносителя, горячей и холодной воды обязательно должны проходить периодическую поверку.

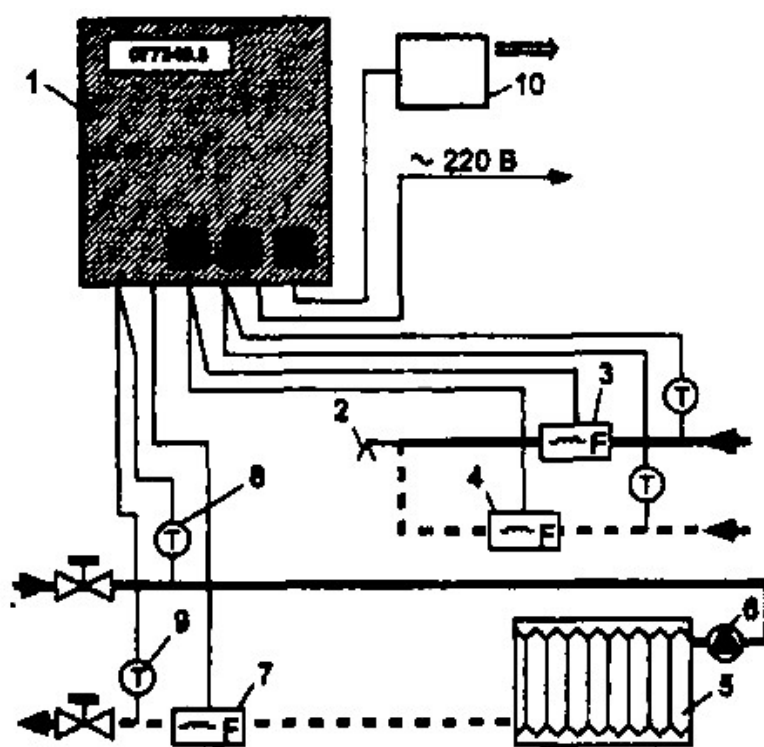


Рис. 83. Принципиальная схема измерительной системы учета теплоты и расхода воды: 1 - регистратор; 2 - потребитель воды; 3 - расходомер горячей воды; 4 - расходомер холодной воды; 5 - отопительный прибор; 6 - термостатирующий вентиль; 7 - расходомер отопительной системы; 8 - датчик температуры

ры в подающей линии; 9 - датчик температуры в обратной линии; 10 - интерфейс последовательной связи для вывода данных.

Для организации оптимального процесса сжигания топлива измеряется состав дымовых газов. Измерения проводятся с помощью *газоанализаторов*. В настоящее время все большей популярностью пользуются электронные газоанализаторы» позволяющие получать оперативную информацию, необходимую для регулирования и настройки топливосжигающих установок. Простейшие приборы определяют лишь концентрации O_2 и CO_2 , а универсальные - дополнительно измеряют концентрации NO , NO_2 , SO_2 температуру, скорость, давление и выдают значение коэффициента избытка воздуха. В качестве первичных приборов используются зонды и датчики, в том числе многофункциональные. Приборы оснащаются интеллектуальной измерительной системой для обработки, хранения и печати данных.

Традиционно наиболее налажен учет электрической энергии. Этот учет отработан и является обязательным как на предприятиях и в учреждениях, так и в бытовом секторе. В настоящее время получили распространение ***автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ)***, которые предназначены для измерения и определения расхода электрической энергии и мощности, а также автоматического сбора, обработки и хранения данных со счетчиков электроэнергии и отображения полученной информации в удобном виде для анализа и диагностики работы учета. Счетчики – важнейший элемент АСКУЭ.

До недавнего времени наиболее распространенными были *индукционные счетчики электрической энергии*. Однако они обладают рядом недостатков, основными из которых являются невысокий класс точности (второй) и наличие механических рабочих элементов конструкции. Механические элементы в процессе работы изнашиваются, и со временем точность измерений ухудшается. Кроме того, эти счетчики позволяют потреблять неучтенную энергию.

В последнее время индукционные счетчики электрической энергии заменяются электронными с более высокой точностью измерений (класс точности -

первый) и без механических рабочих элементов. В большинстве случаев в таких счетчиках используются жидкокристаллические индикаторы. Кроме того, *электронные счетчики* не позволяют использовать неучтенную энергию. Имеются модификации многотарифных счетчиков, которые стимулируют потребление электроэнергии в ночное время, тем самым улучшая график электрической нагрузки в электросети. Современные счетчики строятся на базе микропроцессоров с цифровыми выходами и возможностью работы с компьютером.

Для анализа эффективности потребления электрической энергии кроме счетчиков учета используются и многие другие приборы. Измерение электрической нагрузки проводится как стационарными приборами (*ваттметры*), так и портативными («клещи»). Потребляемая активная мощность может также регистрироваться с помощью стационарных и портативных *вольтметров* и *амперметров*. Все показатели качества электроэнергии по напряжению зависят от объема потребления реактивной мощности нагрузкой предприятия» поэтому необходим ее контроль. Для этих целей используются фазометры, ВАРметры.

Проведение оценки работы электроприводов требует наличия счетчиков включения-отключения, измерителей наработки часов в нагруженном состоянии и на холостом ходу, секундомера для измерения времени выхода на рабочий режим. Оценка эффективности электрического освещения проводится на основе измерения освещенности с помощью люксметров в сочетании с определением потребляемой мощности источниками света.

Анализ эффективности работы различных двигателей -электрических, внутреннего сгорания, паровых - требует измерения частоты вращения вала. Такие измерения проводятся с помощью *тахометров*,

В системах транспортировки и потребления энергоносителей - горячей воды, пара, природного газа, сжатого воздуха и других - могут быть течи. Потери энергоносителя снижают КПД систем передачи и потребления. Для обнаружения течей используются *течеискатели*, в основе которых лежат различные принципы работы. В трубопроводных системах эффективным обнаружителем

течей является ультразвуковой течеискатель. Он позволяет с минимальными затратами времени точно локализовать места утечек энергоносителя.

Как было сказано выше, анализ эффективности использования различных видов энергии требует наличия разнообразных приборов учета и измерительной аппаратуры. Рассмотренное приборное обеспечение позволяет заложить основы учета и контроля наиболее используемых видов энергии - тепловой и электрической. Это в свою очередь является необходимой базой для организации энергетического менеджмента на производстве, в учреждении.

Регулирование потребления энергии. Регулирование количества потребляемой энергии может осуществляться ручным способом и с использованием автоматики. На эффективность первого метода большое влияние оказывает человеческий фактор, связанный с субъективным восприятием окружающего мира. Поэтому возможности ручного метода регулирования ограничены более узкими рамками. Например, такие факторы, как освещенность или температура помещения, определяющие комфортные условия в зданиях, ассоциируются у людей по-разному. Автоматическое регулирование лишено этих недостатков и позволяет поддерживать комфортные условия в соответствии с установленными нормами.

Под *автоматическим регулированием* понимается поддержание постоянным или изменяющимся по определенному закону физического параметра, характеризующего процесс. Регулирование складывается из измерения состояния объекта и действующих на него возмущений и воздействия на регулирующий орган объекта.

Среди задач, стоящих перед системой управления, основными могут быть названы:

- стабилизация (поддержание постоянными управляемых величин с заданной точностью), например поддержание температуры в помещении с точностью $\pm 2^{\circ}\text{C}$;

- программное управление (управление физическим параметром по заранее известному закону), например функциональная зависимость температуры теплоносителя в системе теплоснабжения от температуры наружного воздуха.

По типу воздействия на объект системы управления могут быть разделены на следующие группы:

- следящие (за некоторой измеряемой величиной);
- самонастраивающиеся (на оптимальное значение какого-либо из показателей системы);
- разомкнутые (регулирование без обратной связи);
- замкнутые (регулирование с обратной связью).

В *разомкнутых системах управления*, как правило, отсутствует компенсация влияния неконтролируемых возмущений, и они применяются для систем программного управления. Например, при односменной или двухсменной работе учреждений и предприятий после окончания рабочего дня отпуск теплоты уменьшается, а перед началом - повышается до требуемых нормативов. В жилых домах, наоборот, отпуск теплоты максимален в вечернее время, когда большинство людей находятся дома и требуется поддержание комфортных условий. Кроме того, данные системы позволяют осуществлять пофасадное регулирование отпуска теплоты, которое учитывает направление и интенсивность ветра, а также потоки лучистой теплоты Солнца. Такая система дает возможность создавать однородные комфортные условия для обитателей всех помещений и приводит к более эффективному использованию энергии.

В *замкнутых системах* управляющее воздействие формируется в зависимости от управляемой величины. Они используются для систем стабилизации. На рис. 84 приведена функциональная схема замкнутой системы автоматического регулирования. Замкнутая цепь, элементами которой являются объект регулирования датчик, регулятор и исполнительное устройство, является контуром регулирования. Регулятор включает устройство сравнения, задатчик (формирователь уставок) и усилитель сигнала рассо-

гласования $e = Y - Y_0$. Состояние объекта регулирования измеряется датчиком (текущее значение - Y) и сравнивается в регуляторе с заданным значением (уставкой - Y_0). Сигнал рассогласования e , соответствующим образом усиленный, поступает на вход исполнительного устройства» которое обрабатывает это рассогласование та ким образом, чтобы вернуть объект регулирования в заданное состояние.



Рис. 84. Функциональная схема замкнутой системы регулирования

Рассмотрим типовую функциональную схему автоматического регулирования, применяемую в системах теплopotребления зданий (рис. 85). Регулятор 2 предназначен для качественного и количественного регулирования отпуска теплоты в системах отопления. При качественном регулировании температуры теплоносителя, подаваемого в отопительные приборы 7, контроль над ней осуществляется по датчику 4 в подающем теплотопроводе. В зависимости от температуры наружного воздуха, измеряемой датчиком 1, для поддержания комфортных условий в здании температура теплоносителя изменяется. Так, при высокой температуре наружного воздуха здание обогревается слабее и наоборот. Для более эффективного использования тепловой энергии регулятор ограничивает максимальное значение температуры «обратной» воды. Контроль над температурой осуществляется с помощью датчика 8, а регулирование проводится подмешиванием части потока «обратной» воды в «прямую» через реверсивный привод регулирующего трехходового клапана 9.

При количественном регулировании осуществляется управление насосом 5. При понижении температуры наружного воздуха расход теплоносителя увеличивается, а при повышении - уменьшается.

Учет тепловой энергии, потребляемой системой отопления, осуществляется на основании уравнения теплового баланса путем измерения расхода датчиком 10 и температур «прямой» и «обратной» воды датчиками 4 и 8.

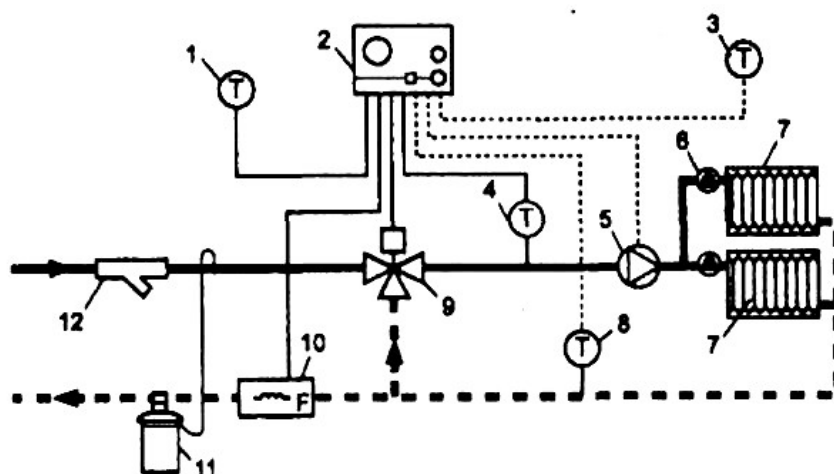


Рис. 85. Автоматизированная система отпуска и учета теплоты в зданиях:

1 - датчик температуры наружного воздуха; 2 - регулятор; 3 - датчик температуры помещения; 4 - датчик температуры воды в прямом теплопроводе; 5 - насос; 6 - термостатирующий вентиль; 7 - отопительные приборы; 8 - датчик температуры воды в обратном теплопроводе; 9 - трехходовой регулирующий клапан с реверсивным приводом; 10 - электромагнитный расходомер; 11 - регулятор перепада давления; 12 - фильтр

Неравномерное распределение теплоносителя по стоякам и отопительным приборам вызывает различие температур в помещениях здания. С помощью регулятора перепада давления прямого действия 11 поддерживается требуемая для системы теплоснабжения разность давлений в подающем и обратном теплопроводах независимо от их колебаний и изменения расхода теплоносителя в системе. При росте перепада давления клапан закрывается, а при уменьшении - открывается, что обеспечивает стабильность в системе теплоснабжения. Постоянство разности давлений - это обязательное условие для оптимального регулирования. Правильное гидравлическое уравнивание стояков может вызвать уменьшение средней температуры циркуляционной воды на 1-3 °С. Уменьшение средней температуры воды на 1 °С соответствует ежегодной экономии энергии, равной 5-8 %.

В двухтрубных системах отопления может быть реализовано индивидуальное регулирование отпуска теплоты на каждом отопительном приборе без ущерба для других потребителей теплоты. Регулирование может быть как ручным, так и автоматическим. В последнем случае может быть использован *термостатирующий вентиль* (радиаторный терморегулятор). Установка таких терморегуляторов позволяет за отопительный сезон сэкономить приблизительно 15% энергии. Понижение температуры в отапливаемом помещении на 1 °С уменьшает потребление энергии на 7 %.

Принцип действия термостатирующего вентиля (рис. 86) заключается в следующем. Установка режима работы производится ручным регулятором 1, который соединен с регулирующим органом. При повышении температуры воздуха в отапливаемом помещении увеличивается объем термочувствительного элемента 2. Увеличение объема приводит к перемещению штока датчика температуры 3, который воздействует на клапан 6. В результате уменьшается проходное сечение для теплоносителя. Снижается его расход, что и вызывает уменьшение средней температуры теплоносителя в Отопительном приборе, а следовательно, и воздуха в

Достоинством термостатирующих вентилях является также и то, что регулировка расхода теплоносителя производится с учетом поступления теплоты от других источников в помещении. Электрическое освещение, бытовые электроприборы, плиты, холодильники и сам человек отдают теплоту в помещение, что и учитывается индивидуальными регуляторами теплоты. На рынке в настоящее время имеется широкая гамма термостатирующих вентилях различных производителей.

Регулирование энергопотребления может также осуществляться в системах вентиляции и кондиционирования воздуха, горячего водоснабжения, освещения, сжатого воздуха, а также в технологических процессах сушки, термообработки, гальваностегии и других случаях.

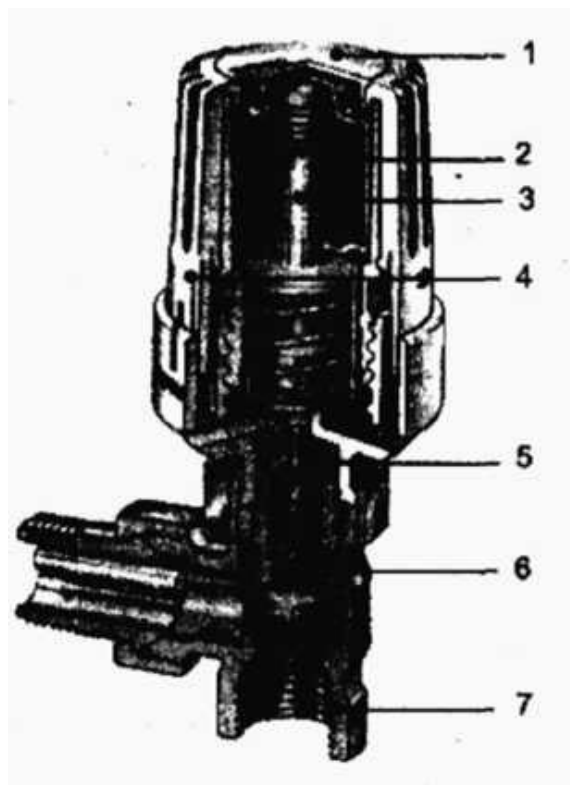


Рис. 86. Радиаторный терморегулятор: 1 - регулятор для установок режима отопления; 2 - термочувствительный (жидкостный) элемент; 3 - шток датчика температуры; 4 - шкала настройки; 5 - сальник; 6 - клапанный узел; 7 - резьбовое подсоединение

Выбор автоматизированной системы учета и контроля энергоресурсов (АСКУЭ) на промышленном предприятии

Различают **коммерческий учет**, который является обязательным по закону, его основное назначение – обеспечение финансовых расчетов с поставщиком энергоресурсов, и **технический учет**, который не является обязательным по закону, его основное назначение – учет, контроль и управление потреблением энергоресурсов по всей иерархии предприятия вплоть (в идеале) до рабочего места или энергоприемника.

Высокоточный коммерческий учет обязателен на границе балансовой принадлежности, количество же точек контроля в системе технического учета определяется иерархией энергосетей предприятия и экономической оценкой эффективности установки приборов в точке учета, с учетом того, что желаемый срок окупаемости системы не более года (в крайнем случае до двух лет).

Обобщенная структура АСКУЭ как коммерческой, так и технической содержит три уровня:

Нижний – первичные измерительные преобразователи (ПИП) с телеметрическими выходами, осуществляющие непрерывно или с минимальным интервалом усреднения измерение параметров энергоучета потребителей (расход, мощность, давление, температура, количество энергоносителя, количество теплоты с энергоносителем) по точкам учета (труба, фидер);

Средний – контроллеры (К) – специализированные измерительные системы, или многофункциональные программируемые преобразователи с встроенным программным обеспечением энергоучета, осуществляющие в заданном цикле интервала усреднения круглосуточный сбор измерительных данных с территориально распределенных ПИП, накопление, обработку и передачу этих данных на верхний уровень.

Верхний – персональная ЭВМ (ПЭВМ) со специализированным программным обеспечением АСКУЭ, осуществляющая сбор информации с контроллера (или группы контроллеров) среднего уровня, итоговую обработку этой информации как по точкам учета, так и по их группам (по подразделениям и объектам предприятия), отображение и документирование данных учета в виде, удобном для анализа и принятия решений (управления) оперативным персоналом службы главного энергетика и руководством предприятия.

Нижний уровень АСКУЭ связан со средним измерительными каналами, в которые входят все измерительные средства и линии связи от точки учета до контроллера, включая входные цепи (иногда для упрощения, говоря об измерительных каналах, имеют в виду их часть – цепи передачи данных от ПИП до К). Так, для электроучета под измерительным каналом подразумевается цепочка от питающего фидера, проходящая через измерительные преобразователи тока и напряжения, электросчетчик с телеметрическим выходом и двухпроводную линию связи до контроллера.

В свою очередь средний уровень АСКУЭ связан с верхним уровнем каналом связи, в качестве которого могут использоваться физические проводные

линии связи, выделенные или коммутируемые телефонные каналы, радиоканалы (в понятие канала связи входят не только линии связи, но и обслуживающее их оборудование; иногда совокупность этих каналов называют линией связи).

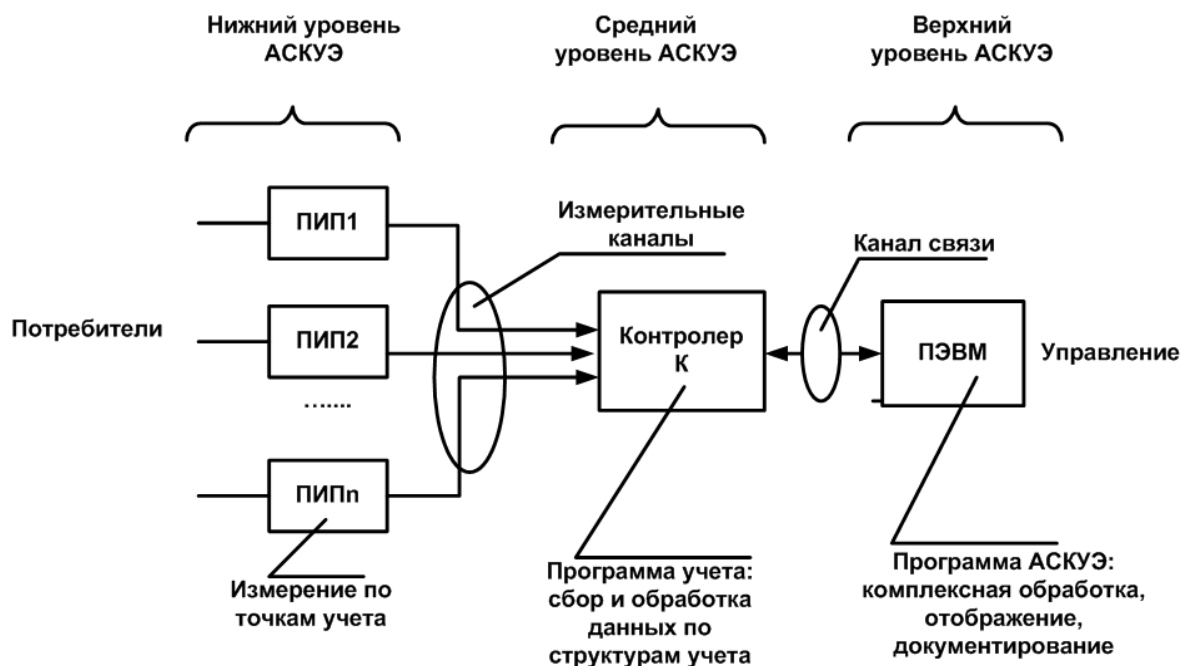


Рис. 87. Трехуровневая система АСКУЭ.

Прогресс в области интегральной технологии позволил перенести функции контроллеров по учету энергоресурсов непосредственно в первичные преобразователи (в частности, в электронный счетчик "Альфа" международного концерна "АББ" и ультразвуковой расходомер-счетчик УРСВ-010М-С петербургской фирмы "Взлет") и получить таким образом "интеллектуальные ПИП". Для этих преобразователей трехуровневая схема АСКУЭ может быть в пределе трансформирована в двухуровневую структуру ПИП – ПЭВМ (рис. 88), в которой сбор данных с точек учета ведется через определенную среду связи непосредственно на ПЭВМ (например, все "интеллектуальные электросчетчики" подключаются к компьютеру через коммутируемую телефонную среду). Указанный принцип построения АСКУЭ связан с большими финансовыми затратами на приобретение дорогих "интеллектуальных ПИП" и требует, кроме того, наличия большого количества каналов связи (на каждый ПИП по каналу), что в ряде случаев не выполнимо. Другой крайний случай преобразования трехуровневой структуры АСКУЭ в двухуровневую с обычными "неинтеллектуальными

ПИП" связан перенесением контроллерных функций сбора данных в ПЭВМ (рис. 89). При этом компьютер доукомплектовывается специальными модулями сбора данных и в круглосуточном режиме аналогично контроллеру реализует все функции АСКУЭ (примером таких систем является КТС "Энергия" пензенского ПО "Старт"). Недостаток такого варианта двухуровневой схемы связи, объясняется во-первых, с монопольным использованием компьютера только для задач энергоучета (хотя его возможности значительно шире), во-вторых, снижением надежности и живучести АСКУЭ в целом (отказ компьютера ведет к разрушению системы сбора и потери всех текущих измерительных данных), в-третьих, необходимостью и в этой структуре решать проблему реализации большого количества измерительных каналов(в ряде систем для этого используются упрощенные контроллеры – концентраторы, или устройства сбора данных УСД, которые позволяют мультиплексировать измерительные каналы, т.е. одновременно собирать данные с группы ПИП и передавать их на следующий уровень по одной двухпроводной линии, но с временным разделением каналов).

Реальные современные АСКУЭ, учитывая экономические и технические ограничения, преимущественно строят по вышеуказанной трехуровневой схеме, что не исключает в той или иной мере вариантов двухуровневых структур.

В приложении приводятся основные предприятия и фирмы, занимающиеся производством, обслуживанием и установкой АСКУЭ и его составных частей в РФ.

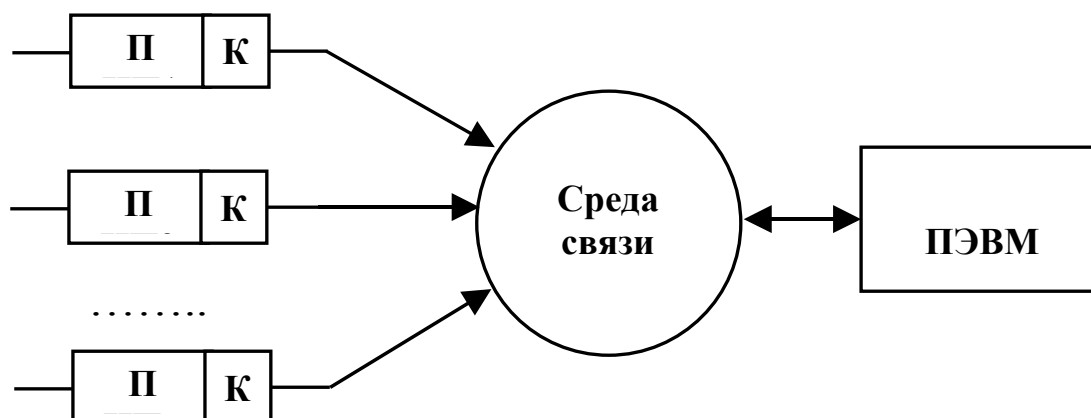


Рис.88. Двухуровневая АСКУЭ с встроенными контроллерными функциями обработки первичных преобразователей.

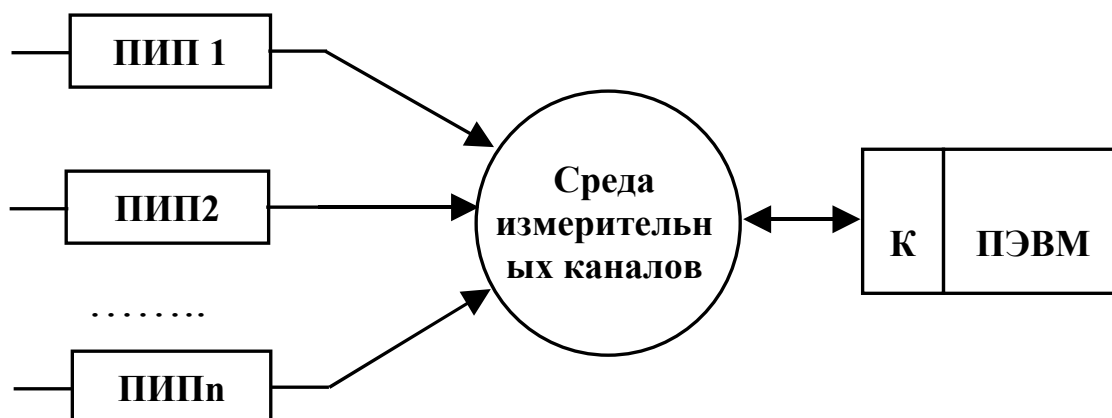


Рис. 89. Двухуровневая АСКУЭ с функциями сбора.

Как видим спектр представленных фирм и их продукции достаточно широк и промышленному предприятию достаточно сложно в современных условиях выбрать ту или иную систему учета. Поэтому требуется методика для выбора АСКУЭ и его компонентов. Такая методика представлена в следующем разделе.

Комплексный критерий выбора автоматизированной системы учета и контроля энергоресурсов

При организации АСКУЭ на предприятии необходимо принимать решение по выбору оборудования и конфигурации системы. Многие зарубежные системы АСКУЭ, использующие последние технические разработки, слишком дороги для среднего потребителя. А отечественные разработки зачастую не соответствуют требованиям энергосбыта. Поэтому необходима методика оценки при выборе АСКУЭ на предприятии.

В настоящее время при широком спектре представленных на рынке приборов и систем, предназначенных для учета и управления электропотреблением на предприятиях, одним из критериев эффективности их функционирования является правильный выбор автоматизированной системы учета и контроля за расходом энергоресурсов (АСКУЭ).

Поэтому при решении руководством предприятия вопросов повышения эффективности использования энергоресурсов необходимо использование эффективных методик и алгоритмов по выбору систем АСКУЭ.

Одним из путей реализации поставленной задачи является предлагаемый выбор АСКУЭ на основе комплексного критерия отбора. Комплексный критерий объединяет в себе методику расчета чистого дисконтированного дохода (ЧДД) и методику интегральной оценки внутреннего риска от внедрения АСКУЭ.

В оценке ЧДД при внедрении АСКУЭ и эффективности ее использования предлагается особенности технических характеристик учитывать с риском реализации проекта каждого из видов АСКУЭ, а финансово-экономическое состояние предприятия, внедряющего АСКУЭ, - интегральной оценкой коммерческого риска предприятия.

Этапами решения поставленной задачи являются: реализация методики оценки несистематического риска при выборе АСКУЭ на предприятии, а затем, на основании динамической модели устойчивости, – оценка внутреннего систематического риска коммерческого предприятия (глава 4).

Основным видом анализа и оценки несистематического риска, является функционально-стоимостной анализ – метод системного исследования функций отдельного изделия или определенного производственно-хозяйственного процесса (или же управленческой структуры), направленный на минимизацию затрат в сферах проектирования, освоения производства, сбыта, промышленного и бытового потребления при высоком качестве, предельной полезности и долговечности.

Средствами функционально-стоимостного анализа являются широко известные математические методы – такие как, метод экспертных оценок и его модификации (метод "Дельфи", ПАТТЕРН и др.).

При использовании метода экспертных оценок целесообразно проводить анкетный опрос. Анкета должна содержать три рода сведений: основные - ответы эксперта о порядке расположения (информативности) переменных, вспомо-

гательные - характеристики самого опрашиваемого (должность, профессиональный стаж, образование и т. п.) и различного рода справочные реквизиты и пояснения (название анкеты, обращение, пояснения о порядке заполнения и т. д.)/

По характеру организации опроса необходимо выделить три его формы.

1. Каждому опрашиваемому специалисту предлагается назвать неограниченное количество переменных, влияющих на исследуемый показатель, и оценить степень их влияния.
2. Исследователь заранее составляет перечень переменных, а задача эксперта сводится к оценке степени влияния каждой из названных переменных на моделируемый показатель и их ранжированию.
3. Последовательно используются оба названных способа анкетирования. Сначала коллективу экспертов, предлагается свободно назвать переменные и дать им оценку, затем на основе анализа результатов первого тура опроса формируется анкета с заданным перечнем переменных для оценки их значимости на втором туре.

На практике наиболее широко используется второй из указанных способов, так как он экономит время опрашиваемых, дает возможность исследователю более строго классифицировать ответы, и он сравнительно прост по реализации. Все дальнейшее изложение ведется применительно к этому способу организации опроса.

При построении перечня переменных необходимо обеспечить достаточную представительность предлагаемого набора, не упустить каких-либо существенных переменных и дать четкие недвусмысленные названия каждой из них. Необходимо стремиться к использованию установившихся, общепринятых в данной специфической области определений и понятий, а также к проведению предварительных, пробных опросов, по результатам которых уточняется первоначальный перечень переменных.

Таким образом, решая вопрос выбора автоматизированной системы учета с использованием метода экспертных оценок, необходимо сформировать список

основных факторов в опросной анкете. Поэтому предлагаются следующие критерии при выборе АСКУЭ:

1. Степень охвата предприятия.
2. Характер АСКУЭ: комплексный или по каждому из видов энергоносителей.
3. Соответствие ГОСТу и другим нормативным актам по точности измерения.
4. Возможность передачи информации по сетям предприятия и формирование информационных сетей более высокого уровня.
5. Качество программного обеспечения.
6. Качество отчетов и др.

При необходимости список критериев может быть расширен. Значимость этих факторов (критериев) оценивается группой экспертов совместно с руководителем предприятия на основании анкетного опроса. При этом значимость факторов для технического и коммерческого учета и сами факторы могут не совпадать.

Ранжировка переменных должна проводиться экспертом на основе выбранной составителем анкеты балльной системы оценок степени влияния переменных на моделируемый показатель. Самый простой случай: влияет переменная на показатель или не влияет. Однако, влияние переменной может изменяться от весьма малой до значительной величины. В этих случаях применение двухбалльной системы оказывается недопустимым, так как приводит к значительной потере информации. Поэтому на практике следует использовать многобалльную систему оценок путем введения ряда промежуточных состояний. Количество баллов должно колебаться от 5 до 12, при этом оптимальное количество рекомендуется принимать 10.

Предпочтительнее всего использовать систему весовых коэффициентов, т.е. каждому фактору присваивается определенный вес $w_i \leq 1$, при чем сумма

всех весовых коэффициентов должна быть равна единице $\sum_{i=1}^m w_i = 1$, где $i=1..m$ – число факторов. Степень согласованности экспертов при выборе весовых коэф-

фициентов оценивается по формуле аналогичной приведенной ниже (коэффициент согласованности ответов).

Каждый эксперт должен определить балл фактора fz_i по 10-ти бальной шкале при выборе той, или иной системы АСКУЭ. При дальнейшем анализе целесообразен переход к относительной оценке каждого фактора, т.е. значения

$$fz_{oi} = \frac{fz_i}{\sum_{i=1}^n fz_i}.$$

Итогом является определение рейтинговой оценки каждой системы АСКУЭ, являющейся комплексным критерием качества:

$$R_j = \sum_{i=1}^m (fz_{oj} \cdot \psi f_i), \quad (9.5)$$

где $j = 1..L$, число исследуемых систем АСКУЭ.

Статистический анализ материалов анкетного опроса предполагает группировку, агрегирование переменных: оценку степени согласованности ответов экспертов по каждой переменной в отдельности и в целом по всему набору; выделение групп экспертов с «близким» мнением о порядке переменных в случае существенных расхождений в ответах; выявление причин разброса мнений; определение влияния характеристик экспертов на содержание ответов; оценивание качества экспертных оценок и компетентности экспертов; формирование группового решения.

Коэффициент согласованности ответов $(1-\mu_i)$ вычисляется на основе коэффициента качественной вариации μ_i :

$$\mu_i = \frac{k}{k-1} \frac{\left(\sum_j f_{ij} \right)^2 - \sum_j f_{ij}^2}{\left(\sum_j f_{ij} \right)^2}, \quad (9.6)$$

где k – число мест, занимаемых i -м признаком;

f_{ij} – число экспертов, присвоивших i -му признаку j -е место;

m – число ранжируемых признаков;

n – число опрашиваемых экспертов, $i=1..m, j=1..n$.

Он показывает степень доверия к оценке каждого фактора.

Рейтинговая оценка R_j системы АСКУЭ всегда меньше или равна единицы $R_j \leq 1$. Величина $(R_j - 1)$, по сути, является несистематическим риском.

Перспективным при комплексной оценке систематического риска является использование динамической модели устойчивости, предложенной Багиевой М.Н. . Суть этой модели – определение динамической оценки устойчивости предприятия. В данной модели проводится разбивка показателей по виду – на хозяйственные и финансовые. По каждому виду показателей формируется динамический норматив. Все показатели ранжируются с учетом темпов роста, а затем, по результатам финансовой и экономической отчетности определяется комплексный критерий внутреннего риска коммерческого предприятия.

Оценка риска на основе динамической модели устойчивости, заключается в том, что два режима деятельности предприятия сравниваются между собой на основе расчета интегральной оценки, причем один из режимов может быть эталонным, т.е. устойчивость в этом режиме предприятия максимальна, а риск минимален.

$$\mathcal{E} = 1 - \frac{\prod_{i=1}^n m_i}{n! (n-1)!} = 1 - \frac{M(PH)}{n! (n-1)!}, \quad (9.7)$$

где $\mathcal{E}$ – оценка режима функционирования хозяйственной или финансовой системы предприятия;

n – число показателей в динамической модели устойчивости;

$M(PH)$ – сумма инверсий в реальном порядке показателей (P) относительно нормативного порядка (H), заданного в динамической модели.

m_i – количество инверсий в фактическом порядке для показателя имеющего i -ый ранг (i -е место) в динамической модели.

$$m_i = \prod_{j=1}^n a_{ij}, \quad (9.8)$$

здесь a_{ij} – переменная, отражающая наличие или отсутствие в фактическом упорядочении показателей бинарного отношения "быстрее" между i -ым и j -ым показателями заданного в динамическом нормативе ($i=1, \dots, n; j=1, \dots, n$).

$$a_{ij}=1 \text{ если } r_i > r_j \text{ при } i < j; , \quad (9.9)$$

$$a_{ij} = -1 \text{ если } r_i < r_j \text{ при } i > j,$$

0 – в остальных случаях (когда отношение между показателями не выявлено), где r_i, r_j – ранги i -го и j -го показателей в фактическом упорядочении.

Таким образом, систематический внутренний риск предприятия, который в дальнейшем используется при выборе АСКУЭ, может быть определен по следующей формуле:

$$R_{\text{сис.вн}} = (1 - \mathcal{E}_{\text{хоз}}) + (1 - \quad), \quad (9.10)$$

где $\mathcal{E}_{\text{фин}}$ – устойчивость финансовой системы предприятия;

$\mathcal{E}_{\text{хоз}}$ – устойчивость производственно-экономической системы предприятия;

$R_{\text{сис.вн}}$ – систематический внутренний риск коммерческого предприятия.

Для дальнейшей оценки каждой системы необходимо определить ЧДД от ее внедрения. При этом представляет интерес возможная экономия, полученная от реализации мероприятий, не требующих денежных средств или требующих их в небольших количествах. При расчете ЧДД для АСКУЭ необходимо воспользоваться показателями систематического и несистематического риска, которые рассчитываются по формулам приведенным выше. Тогда формула для расчета ЧДД примет следующий вид.

$$\text{ЧДД}_j = \sum_{t=0}^T (\Pi_{jt} - O_{jt}) \cdot \frac{1}{(1 + d_j)^t}, \quad (9.10)$$

где T – суммарная продолжительность процесса внедрения АСКУЭ, которая не должна превышать 1-2 лет;

t – год реализации проекта;

Π_{jt} – приток денежных средств в случае выбора j -ой системы АСКУЭ;

O_{jt} – отток денежных средств определяемый затратами на j-ую систему АСКУЭ;

d_j – коэффициент дисконтирования для j-ой системы АСКУЭ, с учетом риска, где риском выступает рейтинговая оценка АСКУЭ R_j . Коэффициент дисконтирования d без учета риска определяется:

$$1 + d = \frac{1 + \frac{s}{100}}{1 + \frac{i}{100}}, \quad (9.12)$$

где, s – ставка рефинансирования, установленная ЦБ РФ;

i – темп инфляции на текущий год.

Коэффициент дисконтирования при выборе АСКУЭ с учетом риска d_j может быть определен по формуле:

$$d_j = d + (1 - R_j) + R_{\text{сис.вн}}, \quad (9.13)$$

где R_j – рейтинговая оценка АСКУЭ $R_j \leq 1$.

$R_{\text{сис.вн}}$ – систематический внутренний риск коммерческого предприятия.

При оценке притока денежных средств Π_{jt} приходится вводить определенные допущения. Так степень экономии в системах электроснабжения при незначительных затратах на энергосберегающие мероприятия может быть оценена в 5-8% от общего объема потребления, в системах теплоснабжения 8-12%. При расчете Π_{jt} следует учитывать степень охвата АСКУЭ систем тепло- и электроснабжения предприятия и Π_{jt} должна быть откорректирована с учетом этого.

$$\Pi_{jt} = \sum_{k=1}^L \mathcal{E}_{kjt} \cdot p_{kj} \cdot v d_{kj}, \quad (9.14)$$

где $\mathcal{E}_{kjt}$ – объем потребления энергетических ресурсов k-го вида j-ой АСКУЭ;

p_{kj} – доля предполагаемой экономии ресурсов k-го вида j-ой АСКУЭ;

$v d_{kj}$ – степень охвата j-ой АСКУЭ ресурсов k-го вида

Степень доверия $СД_j$ для j -ой АСКУЭ расчетному показателю ЧДД может быть оценена по степени согласованности экспертов при оценке весовых коэффициентов и балльной оценке факторов.

$$СД_j = \frac{\sum_{k=1}^K (1 - \mu_{kj}) \cdot (1 - \mu_{vj})}{K}, \quad (9.15)$$

где K – количество исследуемых факторов (критериев АСКУЭ).

$(1 - \mu_{kj})$ – коэффициент согласованности ответов для k -го фактора вычисленный на основе коэффициента качественной вариации μ_{ki} ,

$(1 - \mu_{vj})$ – коэффициент согласованности ответов для веса k -го фактора вычисленный на основе коэффициента качественной вариации веса k -го фактора μ_{vj} ,

В дальнейшем на основе рассчитанного ЧДД и степени доверия группа экспертов во главе с руководителем предприятия и службой главного энергетика проводят дискуссию по выбору необходимой на предприятии системы АСКУЭ.

Установленная на предприятии система АСКУЭ – это прежде всего необходимая база для разработки и внедрения последующих энергосберегающих проектов и залог повышения эффективности работы предприятия в будущем. Предложенная методика выбора системы АСКУЭ на предприятии должна помочь руководителю и службе главного энергетика правильно с экономической и технической точки зрения подобрать требуемую предприятию систему АСКУЭ.

ТЕМА 10. СИСТЕМНЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ

В настоящее время имеется обширная литература по системным исследованиям в энергетике и в экономике. Не обошли стороной системные исследования и область энергосбережения. Одной из важнейших составных частей системных исследования является системный анализ – совокупность методов и

средств выработки и принятия решений по управлению сложными (большими) системами. В современных условиях рассмотрение процессов энергопотребления на промышленном предприятии и выработка решений по энергосбережению не возможна без использования системного анализа. Во-первых, энергопотребление на предприятии включает в себя множество различных узлов и участков потребления, схем энергоснабжения, взаимосвязанных производственных технологий и т.п., которые необходимо рассматривать как систему энергопотребления. Во-вторых, система энергопотребления является частью общей системы управления предприятием, которая также включает производственную, экономическую, финансовую и др. системы управления предприятием. Систему управления процессами энергосбережения предлагается называть системным энергетическим менеджментом.

Согласно действующим методическим рекомендациям по энергосбережению, энергетическим менеджментом называют совокупность технических и организационных средств, направленных на повышение эффективности использования энергоресурсов и являющихся частью общей структуры управления предприятием. За основу определения системного энергетического менеджмента принята работа Белавкина И.В., "... под системой энергетического менеджмента нужно понимать совокупность центров (участков) или объектов энергопотребления, на которых осуществляется энергетический менеджмент." Поэтому предлагается, системным энергетическим менеджментом (СЭМ) считать совокупность методов и средств обработки информации, а также технических и организационных мероприятий, нацеленных на повышение эффективности работы промышленного предприятия в сфере потребления энергоресурсов, в которой все объекты (узлы) энергопотребления рассматриваются как целостная подсистема общей системы управления промышленным предприятием. При данной формулировке не происходит потеря понятий, учитывается взаимосвязь всех подсистем предприятия, обеспечивается возможность оценки влияния подсистемы управления энергопотреблением на всю систему управления предпри-

ятием и поддержка проектных решений в области энергосбережения на всех уровнях управления организации.

Предлагается модифицировать алгоритм анализа и принятия решения по реализации целей и задач энергосбережения, по следующим причинам:

1. Цели энергосбережения должны соответствовать стратегическим целям промышленного предприятия;
2. Энергосбережение должно оцениваться по экономическим критериям, так как цели энергосбережения могут меняться с течением времени.
3. Требуются новые подходы к автоматизированному учету и управлению энергоресурсами;
4. Необходима поддержка энергосберегающих программ на всех уровнях управления организации.

Важно отметить, что задача технологической модернизации производства является общей целью системы управления предприятием, в которой система управления энергетической эффективности имеет свои частные цели и частные объекты управления. Следовательно цели и задачи энергосбережения должны координироваться с другими целями предприятия. Однако, этой проблеме уделено недостаточно внимания, а ведь во многом недостаточный учет особенностей технологического процесса (стремиться ли предприятие продолжительное время использовать существующую технологию или у него имеется четкий план модернизации производства, связанный с полным изменением технологического процесса) и от возможности его изменения зависит общее направление развития предприятия, что является ориентиром для организации политики эффективного энергосбережения и последующей ее реализации.

Перечислим наиболее важные факторы, которые необходимо учитывать при реализации СЭМ:

- энергетические затраты, связанные с производством продукции и существующей технологией производства. При реализации энергетической политики необходимо оценивать дальнейший срок работы по существующей техноло-

гии, возможность модернизации технологического процесса в ближайшем будущем, перспективные объемы производства по существующей технологии продукции с учетом требований рынка. Например, если предполагается сворачивать производство по существующей технологии, то необходима оценка снижения объемов выпуска, что, в свою очередь, скажется на изменении задач энергосберегающей политики;

- энергетические затраты, несвязанные с технологическим процессом производства продукции. Фактически это постоянные затраты промышленного предприятия, например, на обогрев помещений, на электрическое освещение, охранные системы вентиляции и т.п. При оценке таких затрат следует учитывать следующее:

а) возможность реальной экономии (например, если проводится экономия электроэнергии, связанная с регулированием освещения, то ее можно учесть по счетчику электроэнергии, напротив, косвенная экономия тепловой энергии – использование теплоизоляционных материалов в зданиях можно учесть только в случае, если имеются регулируемые источники производства тепловой энергии и имеется автоматизированная система коммерческого учета, зарегистрированная в энергосбыте) ;

б) постоянные затраты могут возрасти при изменении технологии, т.е. например, косвенно осуществлялся процесс обогрева помещений за счет существующей технологии;

в) постоянные затраты на энергию действительно являются затратами длительного цикла (т.е. необходимо учитывать возможность продажи в ближайшем будущем помещений и (или) основных средств, на которых предполагается проводить энергосберегающие мероприятия).

Модифицированный алгоритм представлен на рис 90. Алгоритм функционирования СЭМ можно условно разбить на следующие блоки:

1. Блок финансово-экономического анализа состояния предприятия. На основании этого блока определяются:

-Стратегические цели промышленного предприятия.

-Значимость энергосбережения в общей системе стратегических целей (позволяет поддерживать принимаемые решения по энергосбережению у руководства предприятием).

-Внутренний систематический риск, который необходим для экономической оценки инвестиционных энергосберегающих проектов.

2.Блок энергетического мониторинга. Энергетический мониторинг – оценка текущего потребления энергоресурсов. Он необходим для определения энергоресурсов, участвующих в производственных и технологических процессах на промышленном предприятии, и формирования на его основе структуры энергопотребления, структуры энергосберегающих проектов и потенциала экономии в любой момент времени. Для его ведения необходим обязательный автоматизированный учет энергоресурсов. В этом блоке осуществляются:

-Сбор и анализ информации по системе АСКУЭ, если она существует.

-Анализ имеющихся на предприятии данных «ручного» учета энергоресурсов.

-Оценка необходимости проведения внешнего энергоаудита сторонними организациями (например, центрами по энергосбережению). Первоначальное инструментальное обследование необходимо для выявления резервов энергосбережения, определения технологических процессов на предприятии и их описания, формирования банков данных производственных технологий и энергосберегающих технологий, а также оценки существующей системы учета на промышленном предприятии.

-Вырабатываются рекомендации по выбору АСКУЭ на предприятии что отражено в втором разделе данной главы.

3.Блок структуры энергопотребления и предварительного отбора энергосберегающих проектов и мероприятий (представлен на рис. 91).

Он необходим для определения потенциала экономии. На наш взгляд перспективнее использовать методику, предложенную Белавкиным И.В. для выработки целей энергосбережения. Суть этой методики – составление дерева це-

лей. Подход, примененный автором при определении дерева целей не совсем корректен и требует дальнейшего развития, так как основной задачей СЭМ, помимо определения целей, является формирование, разработка и оценка перспективных проектов и мероприятий по энергосбережению, из которых затем исключаются заведомо неперспективные проекты по предложенной далее методике, а позднее осуществляется уточненная оценка экономической эффективности энергосберегающих проектов и мероприятий. Основная сложность при формировании энергосберегающих проектов и мероприятий – определение их потенциала энергосбережения. Решение этой проблемы возможно при использовании СЭМ.

Энергопотребление на промышленном предприятии можно представить в виде дерева структуры потребления энергоресурсов, участвующих в производственных и непроизводственных процессах.

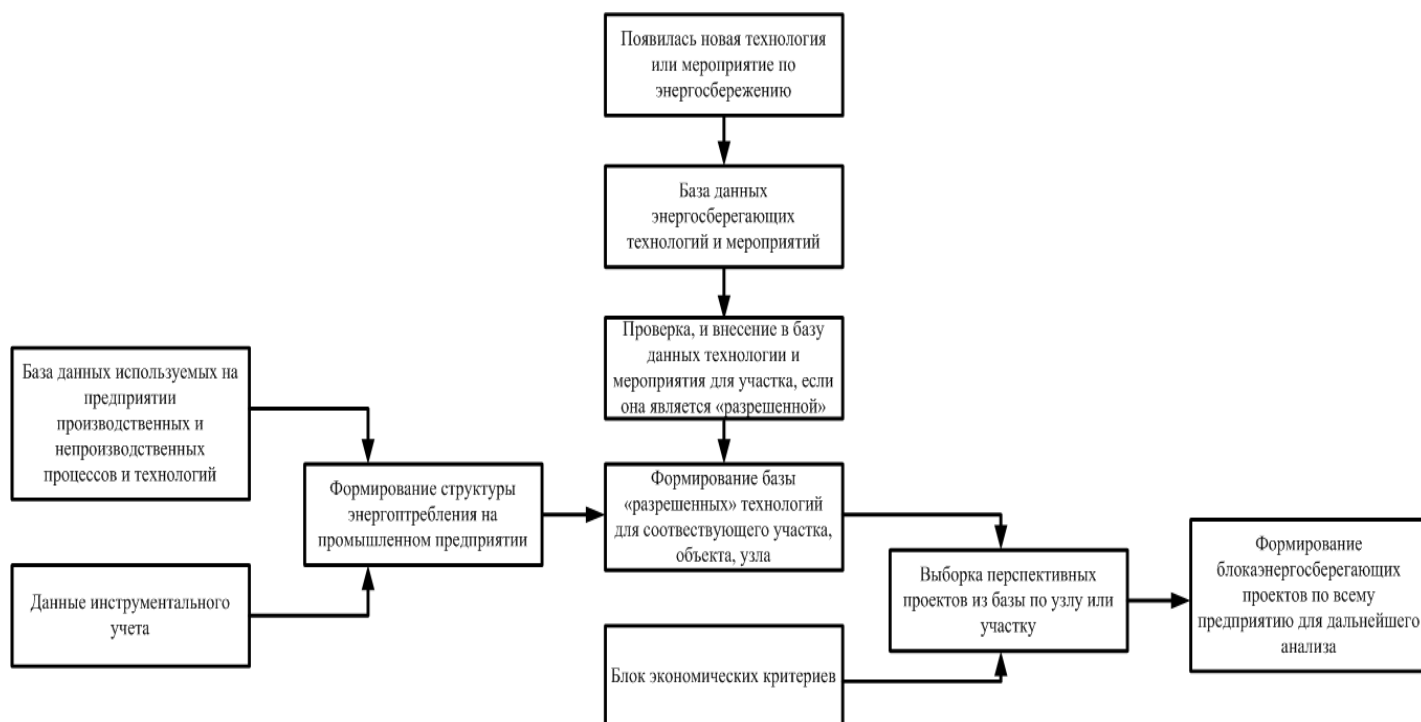


Рис. 91. Блок структуры энергопотребления и предварительного отбора энергосберегающих проектов и мероприятий

Причем в структуре энергопотребления объединяются все однотипные производственные процессы на предприятии. Начиная с высшего уровня иерархии, проводится разбиение процессов по видам энергоресурсов (например, на тепло и электроэнергию), затем по промежуточным уровням потребления, которыми являются узлы потребления того или иного вида энергоресурса. Окончательно разбиение заканчивается уровнем потребления базовых элементов (например, потребление электродвигателями, электрическими печами, осветительными установками и др.). Построив такую структуру можно будет сформировать дерево энергопотребления, причем дуги будут определять уровень потребления каждым технологическим процессом. В случае, если нет оценки объема потребления (за год, квартал) на более низком уровне, т.е. нет приборов учета и контроля энергопотребления, делается вывод о необходимости установки системы учета и контроля, а также ставится вопрос о необходимости проведения энергоаудита на этом структурном уровне потребления. На каждом уровне структуры предлагается формировать базу энергосберегающих мероприятий и технологий, на основе которых оценивается потенциал энергосбережения для

каждой ветки структуры потребления. В общем виде, такая структура определения потенциала энергосбережения и выбора энергосберегающего проекта представлена на рис. 92.

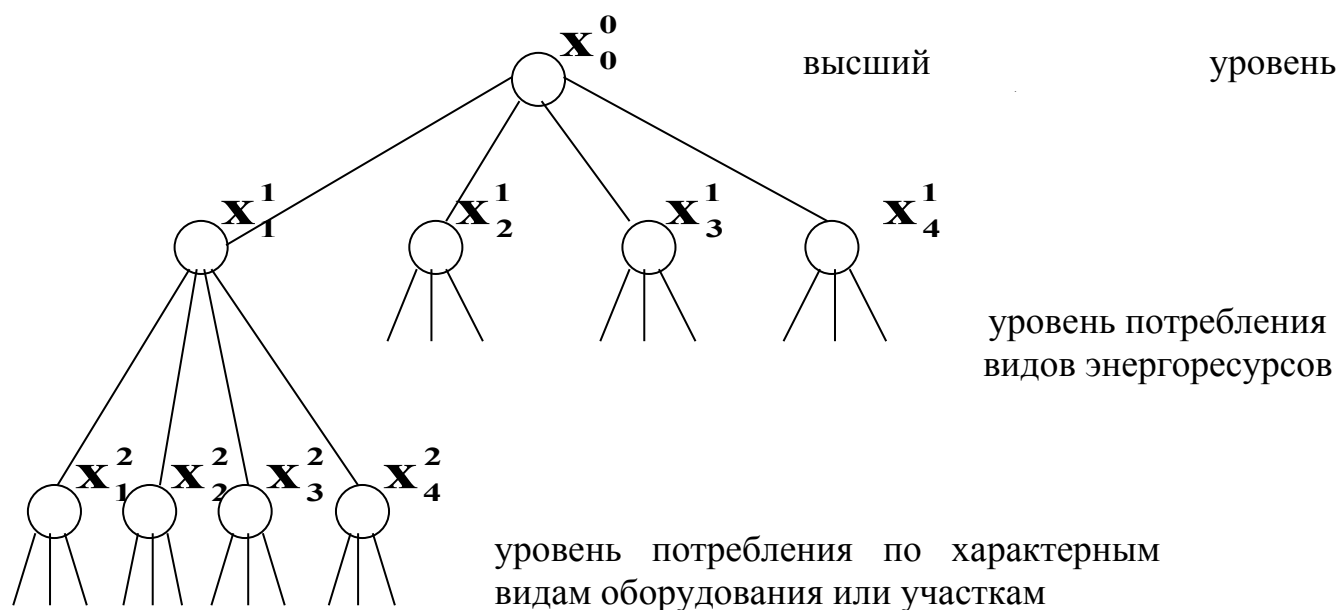


Рис. 92. Структура энергопотребления на промышленном предприятии.

Такой подход к формированию энергосберегающих проектов и мероприятий позволяет выявлять «слабые» места энергоучета на предприятии, оценивать потенциал энергосбережения и определять наиболее перспективные с экономической точки зрения технологии и мероприятия.

Таким образом, верхний уровень СЭМ формируется на основе показаний системы учета (счетчиков и приборов), который определяет структуру энергопотребления на промышленном предприятии. Структуру энергопотребления на предприятии перспективно проводить не в натуральной, а в стоимостной форме. При этом каждому уровню можно присвоить определенный вес, который определяется потоком энергоресурса. В стоимостном выражении его можно определить по формуле:

$$n_{ks}^i = V_{ks}^i(m) \Psi_m, \quad (10.1)$$

где n_{ks}^i - поток энергоресурса в стоимостном выражении из высшего уровня потребления i в низший уровень $i+1$;

k – номер структуры потребления на высшем уровне иерархии i ;

s – номер структуры "приемника" энергоресурса на уровне $i+1$;

$V_{ks}^i(\mathbf{m})$ - поток энергоресурса (дуга графа) m -го вида в натуральном выражении из высшего уровня потребления i в низший уровень $i+1$;

m – вид энергоресурса;

$n=1..m$ – количество видов потребляемых энергоресурсов.

C_m - цена энергоресурса m -го вида.

На каждом уровне определяется объем потребления энергоресурса в стоимостном выражении, причем на высшем уровне иерархии объем потребления

будет равен $x_k^i = \sum_{s=1}^{L_s} n_{ks}^i$, где L_s - количество структурных элементов на уровне s .

На каждом уровне потребления формируется база данных энергосберегающих технологий и мероприятий, общих для технологического или производственного процесса соответствующего уровня, узла потребления иерархии i . А для каждой технологии или мероприятия формируется таблица потенциала энергосбережения.

При этом в таблице технологий и мероприятий для каждого уровня энергопотребления производится оценка эффективности технологии или мероприятия. На ее основе оценивается потенциал энергосбережения на соответствующем уровне, а затем формируются проекты и программы по энергосбережению для их последующей реализации.

К критериям экономической оценки потенциала экономии технологии и мероприятия относятся:

-Доля охвата технологией потока энергоресурсов на соответствующем уровне в процентах (по мере реализации энергосберегающих проектов доля охвата может снижаться) D_o ;

-Определяется возможная доля экономии по каждому возможным технологиям и мероприятиям на соответствующем иерархическом уровне, например экспертным путем. D_v ;

-Определяется годовой потенциал экономии соответствующей технологии в стоимостном выражении по формуле:

$$\phi_{kvo\ v}^i = D_{\gamma\ v} \cdot \chi D_k \cdot \chi x^i, \quad (10.2)$$

где v – номер технологии на уровне иерархии i , для k – структуры потребления;

-Определяются укрупненные капитальные вложения (затраты на внедрение) в технологию или мероприятие Z_v , при этом необходимо учитывать также ликвидационная стоимость заменяемого оборудования.

Кроме того, в таблице отражаются следующие показатели:

-Номер технологии или мероприятия в общей базе технологий.

-Краткое описание технологии или мероприятия.

-Стоимость базовых элементов технологии.

-В случае, если существующий технологический процесс является источником вторичных энергоресурсов для другого процесса необходима также оценка изменения потока вторичных энергоресурсов.

-«Разрешенной» или «неразрешенной» является технология или мероприятие.

Под «разрешенной» технологией и мероприятием понимаются такие технологии и мероприятия, которые могут быть использованы на данном уровне структуры потребления для соответствующего узла (объекта) потребления.

При этом для технологий или мероприятий, которые уже были реализованы на данном уровне структуры потребления, уже должны иметься данные по «охвату» узла данной технологий, и если он равен 100%, то данные технология или мероприятие считаются «запрещенными» для данного узла, объекта потребления, т.е. дальнейшее использования технологии технически невозможно (она уже максимально используется).

На наш взгляд, при анализе и формировании энергосберегающих проектов и мероприятий необходимо использовать следующие показатели:

а). Технология и мероприятия по энергосбережению, связанные с производственным процессом. В этом случае рассматривать перспективы использования существующих технологий производства продукции:

- 1-2 года – следует проводить мероприятия, не требующие капитальных вложений;

- 3-5 лет – мероприятия по энергосбережению должны иметь срок окупаемости 1-2 года;

- 5-8 лет мероприятия по энергосбережению должны иметь срок окупаемости не более 3,5 лет;

- более 8 лет – энергосберегающие мероприятия могут иметь срок окупаемости не более 5 лет;

- в остальных случаях все мероприятия, непопадающие в эту классификацию должны быть отклонены.

б). Технология и мероприятия по энергосбережению не связаны с технологическим процессом производства. В этом случае все проекты по энергосбережению должны оцениваться и рассматриваться позднее, причем главной оценкой для таких проектов должен служить чистый дисконтированный доход.

Конечный результат блока структуры энергопотребления и предварительного отбора проектов – подготовка инвестиционного предложения, целью которого является заинтересовать руководство предприятия в дальнейшей разработке и реализации предложенных энергосберегающих проектов для получения экономической выгоды.

4. Блок формирования и оптимизации предварительных финансовых планов.

Из полного финансового плана должны быть исключены проекты, не отвечающие внутренней норме доходности и сроку окупаемости, задаваемой на предприятии. Затем, для каждого проекта должна быть определена внутренняя норма доходности и срок окупаемости следующим путем:

Срок окупаемости

$$T_{ок} = \frac{Z_v}{\phi_v + Z_v \alpha_{av}}, \quad (10.3)$$

где α_{av} - норма амортизационных отчислений.

Внутренняя норма доходности по энергосберегающему проекту для соответствующего уровня иерархии и соответствующей технологии определяется по выражению

$$\sum_{t=0}^{T_p} \frac{(\phi_v - Z_v)}{(1 + E_{вн})^t} = 0, \quad (10.4)$$

где $E_{вн}$ - внутренняя норма доходности;

T_p - расчетный период реализации проекта;

t – текущий год реализации проекта;

Расчетный показатель сравнивают с нормативным показателем, заданным руководством предприятия.

Таким образом, все заведомо неэффективные с экономической точки зрения энергосберегающие проекты будут исключены из финансового плана.

5.Блок, учитывающий тарифную политику энергокомпании и спроса на собственную продукцию. Данный блок рассмотрен в третьем разделе текущей главы. Он необходим при уточненной оценке инвестиционных проектов, а также для их продвижения и поддержки у руководителей высшего звена управления предприятием.

6.Блок оценки несистематического риска реализации проекта. Учитывает особенности реализации конкретной технологии или мероприятия. Данный блок рассмотрен в разделе выбора АСКУЭ.

7.Блок оценки внешних рисков предприятия. Он необходим для принятия окончательного решения в пользу реализации того или иного проекта.

8.Блок уточненной оценки экономической и финансовой эффективности энергосберегающих проектов с позиций сторон участников. Учитывает дополнительный эффект от реализации энергосберегающего проекта для бюд-

жета региона и участников проекта. Здесь осуществляется отбор проектов из общего перечня путем определения чистого дисконтированного дохода (чистой текущей стоимости) с учетом фактора риска – коммерческая эффективность проекта и формирование конечного плана реализации проекта. Кроме того, Для оценки ИП используются следующие основные показатели эффективности:

- рентабельность инвестиций
- внутренняя норма рентабельности
- период окупаемости

Следует заметить, что ни один из перечисленных критериев сам по себе не является достаточным для принятия проекта. Решение об инвестировании средств в проект должно приниматься с учетом значений всех перечисленных критериев и интересов всех участников энергосберегающих проектов. Естественно, что оценка эффективности проектов не ограничивается только указанными выше показателями.

ТЕМА 11. ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМНОГО ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Основные положения системного финансово-экономического анализа

Как уже отмечалось выше, в современных условиях необходимо четко определять политику энергосбережения и видеть ее значимость в общей структуре целей и задач, стоящих перед промышленным предприятием. Одним из способов решения поставленных задач является системный финансово-экономический анализ на промышленном предприятии.

Системность, как понятие кибернетического порядка требует исследования, анализа объекта как единого целого, единой системы, включающей другие находящиеся в определенном взаимодействии составные элементы объекта, являющиеся частью другой, более высокого уровня системы (метасистемы), в которой он взаимодействует с остальными подсистемами.

Целостность системы, отличаясь определенной завершенностью, предполагает и обособленный анализ ее составляющих.

Системность анализа органически связана с его комплексностью. Системность – понятие более емкое, чем комплексность, и поэтому последнее можно рассматривать как важную составляющую системного анализа.

Системный экономический анализ на уровне предприятия (объединения) многосторонен, сложен, предполагает обработку большого объема информации, требует больших трудовых затрат.

Проведение его с высоким качеством, в максимально сжатые сроки – важнейшие условия принятия своевременных и правильных мер по управлению производством, при этом возможность моделирования и анализа процессов на современных персональных ЭВМ значительно повышает качество, точность анализа, снижает трудоемкость работы и позволяет проводить его экономическим службам предприятия самостоятельно.

Стратегия коммерческого управления предприятием – это система решений и намеченных направлений деятельности, рассчитанных на долгосрочную перспективу и предусматривающих достижение поставленных целей и задач по обеспечению оптимальной и стабильной работы хозяйственной структуры, исходя из сложившейся действительности и планируемых результатов.

Стратегический анализ – направление анализа, основанное на реализации системного и ситуационного подходов при изучении различных факторов, влияющих на процесс стратегического управления.

В качестве основных требований, предъявляемых к стратегическому анализу можно выделить следующие:

- целенаправленность – позволяет определить границы анализа, адресность и конкретность выводов. При этом выделяют цели неограниченные (например, повышение эффективности производства в целом), и ограниченные (достижения определенного уровня прибыли, нормы энергопотребления);

- реальность – возможность реализации цели на конкретном предприятии;

- адекватность – соответствие методики или модели анализа реальным хозяйственным процессам и явлениям;

- комплексность – означает то, что описание исследуемого объекта с точки зрения поставленной цели должно охватывать все аспекты проблемной ситуации;

- системность – требует увязки каждого из направлений стратегического анализа с другими направлениями, образующими в их взаимосвязи систему, обеспечивая таким образом полноту и реальность выводов;

- согласованность – непротиворечивость выдвинутых выводов или установленных целей другим целям. Достигается двумя путями: ранжирования целевой системы по очередности их учета или разработки коэффициентов значимости разных компонент целевой системы, позволяющих сводить все компоненты к одной комплексной цели.

- объективность – независимость от влияния субъективных воздействий на достоверность расчетов и выводов достигается с помощью: использования со-

ответствующих методов анализа, выбора показателей, характеризующих объект исследования; привлечения исполнителей имеющих соответствующую подготовку и обладающих достаточным уровнем знаний и опыта; выбором базы для сравнения;

-своевременность – означает, что время и продолжительность проведения исследования должны способствовать принятию решений в нужный момент.

Одной из главных целей финансово-экономического анализа является выработка стратегии развития организации, определение значимости в общей системе целей энергосбережения. Решение этой задачи необходимо для эффективного функционирования системного энергетического менеджмента, однако управление процессами энергосбережения с позиций системного анализа не должно ограничиваться системой энергопотребления и энергоснабжения, а должно рассматриваться как подсистема сложной комплексной производственной, хозяйственно-экономической и финансовой системы промышленного предприятия. В случае соблюдения этого условия, цели энергосбережения будут взаимосвязаны с комплексом целей, стоящих перед промышленным предприятием. Тем самым, в процессе работы СЭМ и особенно при формировании и реализации инвестиционных проектов, можно получить поддержку и понимание на всех уровнях управления промышленного предприятия, заинтересованность энергопроизводителя, потенциального инвестора и региональных властей в реализации энергосберегающих программ предприятия.

Эти понятия приведены для того, чтобы показать – любое направление повышения эффективности на предприятии (например, энергосбережение) должно рассматриваться в комплексе факторов, влияющих на экономический результат. В системе предприятия система энергопотребления, является подсистемой производственной системы, которая в свою очередь является подсистемой системы управления предприятием. Система управления предприятием содержит в себе множество подсистем (финансы, маркетинг, менеджмент, персонал, производство и др.), поэтому рассматривать необходимость реализации

энергосберегающей политики нужно рассматривать в комплексе с другими задачами предприятия.

Кратко схему формирования целей на промышленном предприятии и реализацию политики энергосбережения в общей структуре целей можно представить следующим образом:

- системный финансово-экономический анализ;
- выявление основных проблем и их ранжирование (при этом определится место в целях энергосбережения);
- стратегия развития предприятия;
- выявление основных проблем и задач в области энергосбережения.
- поддержка функционирования СЭМ.

В качестве инструмента системного финансово-экономического анализа выбран динамический норматив

В процессе принятия стратегических решений важно сделать вывод о целесообразности или необходимости более углубленного и детального анализа хозяйственной деятельности и финансово-экономического положения предприятия, а также, что особенно важно, выявить направления такого анализа (например, значимость цели энергосбережения в общей системе целей, преследуемых предприятием). По сути, это определит направление действий организации в области энергосбережения и возможные объемы инвестирования проектов. (например, должна ли организация проводить мероприятия по энергосбережению, не требующие финансовых вложений, или требующие финансовые вложения, которые можно осуществить за счет собственных средств предприятия, или необходимы вложения значительных средств, источником которых должны стать сторонние инвесторы).

В первую очередь, решая задачу управления на предприятии, наиболее оптимально иметь динамическую модель, т.е. модель, которая подстраивается в данный конкретный момент времени к реальным целям и задачам предприятия. Объектом экономического анализа будем называть хозяйственную систему или процесс, свойства, которые необходимо выявить и исследовать.

Цель финансового экспресс-анализа – обобщенная оценка финансовых результатов и состояния. Такой анализ проводится на базе интегральных оценок. При этом различают внутренний и внешний финансово-экономический анализ.

При внутреннем анализе изучается финансовая деятельность только анализируемого хозяйствующего субъекта. Здесь широко используется закрытая (т.е. секретная) информация, которая составляет коммерческую тайну субъекта, а иногда и ноу-хау. Перечень сведений, составляющих коммерческую тайну определяется руководителем. Каждый хозяйствующий субъект разрабатывает свои нормы и нормативы экономической деятельности, систему их оценки и регулирования, информация о которых составляет его коммерческую тайну. Поэтому данные степени достижения этих норм и нормативов, основанные на оперативной отчетности, не должны выходить за пределы хозяйствующего субъекта и не должны предъявляться никому (в том числе проверяющим органам), если хозяйствующий субъект не хочет стать банкротом.

Внешний анализ проводится в целях сравнения результатов финансовой деятельности хозяйствующего субъекта с другими объектами. По существу, внешний анализ – открытый анализ, так как он проводится по данным бухгалтерской и статистической отчетности, выходящий за пределы хозяйствующего субъекта. Эти данные могут быть использованы для анализа без ущерба финансово-коммерческой деятельности субъекта, так как они не являются коммерческой тайной.

По сути, системный финансово-экономический анализ является базовой частью для системного энергетического менеджмента, прежде всего для выработки целей и значимости энергосбережения в общей системе целей. Он позволяет определить энергетическую стратегию и выработать политику энергосбережения промышленного предприятия, а также получить поддержку руководства предприятия по реализации энергетической политики на перспективу. Кроме того, элементы финансово-экономического анализа могут использоваться на этапе инвестиционного проектирования – в качестве комплексной дина-

мической оценки систематического внутреннего риска промышленного предприятия, который используется при оценке эффективности инвестиционных проектов в энергосбережении (глава 4).

Методика системного финансово-экономического анализа и его приложение для определения значимости энергосбережения на предприятии и выработки энергосберегающей политики

При построении экономических моделей важно поддерживать принципы универсальности, описательности, нормативности, при этом модели должны быть комплексными и системными, позволяющими качественную и количественную оценку, и при этом быть универсальными.

Идея построения таких динамических моделей для формирования эффективного режима реализации функций системы впервые была высказана в работах профессора И.М. Сыроежкина и получила развитие в работах по теории и организации экономических измерений. Суть метода заключается в следующем:

Деятельность любой хозяйственной системы представляет собой выбор и реализацию некоторого набора связей и множества потенциально возможных, а так же поддерживание или разрыв уже имеющихся связей. Множество реализованных связей при переходе системы из одного состояния в другое характеризуется понятием "режим деятельности". В каждый момент времени хозяйственный объект может находиться в одном из двух состояний (режимов): режима функционирования (стабильный набор связей) и режиме развития (изменяющийся набор связей). При этом, режим деятельности экономической системы может быть представлен некоторым набором финансово-хозяйственных показателей. Каждому конкретному режиму можно сопоставить ряд определенных значений показателей или, с учетом требования сопоставимости и необходимости включения элементов динамики, темпы роста (прироста) показателей.

Используя ранжирование финансовых или экономических показателей по темпам роста, можно построить такой порядок, который способен выразить оптимальный (наиболее эффективный) режим деятельности предприятия, т.е. яв-

ляться эталонным режимом. Такой порядок носит название нормативной системы показателей, т.е. это совокупность показателей, упорядоченных по темпам роста, так, что поддержание этого порядка на длительном интервале времени обеспечивает наилучший режим функционирования хозяйственной системы. Нормативная система показателей – модель эталонного режима функционирования любой экономической системы. При этом, фактический порядок показателей можно сравнить с нормативными, рассчитав между ними, например, коэффициент ранговой корреляции.

Общая направленность предприятия на повышение его организованности, экономической устойчивости и т.д. может быть описана путем формулировки определенных условных целевых установок. При этом следует отметить требования рассмотрения предприятия как динамической системы, что приводит к необходимости формулировать не «цели – состояния», а «цели – направления» (например, снижать энергозатраты, обновлять основные средства и т.п.) В связи с этим формулировка целей хозяйственной политики предприятия не требует установления (во всяком случае, на первом этапе принятия решений) абсолютных уровней показателей; более того, не является необходимым и установление мер их движения (темпов роста). Целевые установки могут быть выражены путем упорядочивания двух и более показателей состояния и результатов деятельности предприятия, а цель будет состоять в поддержании этого порядка. Сознательно конструируя и контролируя динамику показателей, можно не только определить направления движения предприятий, но и управлять этим движением для достижения поставленных целей. Очевидно, что критерии для выбора требований к наилучшему режиму деятельности могут быть различны. В частности, в качестве такого критерия может выступать поддержание (рост) устойчивости предприятия. Очевидно, что при этом на предприятии будут создаваться условия, обеспечивающие минимизацию рисков относительно характеристик неопределенности деятельности (принятия решений при реализации режимов функционирования и развития хозяйственного объекта) и неопределенности результатов (как с положительными, так и с отрицательными эффек-

тами) по всему комплексу финансового, материального и информационного обеспечения процессов функционирования и развития предприятий. Естественно таким путем можно определять комплекс стратегических или тактических целей предприятия.

Совокупность показателей, упорядоченных по темпам роста так, что поддержание этого порядка в реальной деятельности предприятия обеспечивает получение лучших финансовых результатов деятельности, называется динамическим нормативом финансового или экономического состояния.

Для комплексной оценки и диагностики систематического риска на промышленном предприятии предлагается использовать динамическую модель устойчивости. Динамические модели устойчивости дают возможность также определить основные стратегические цели развития предприятия. Основным плюсом таких моделей является снижение «человеческого фактора» (в противоположность методу экспертных оценок) при оценке состояния промышленного предприятия, оценке его рисков и факторов, влияющих на стратегию развития. Кроме того, достоинством данных моделей является приемлемая доступность исходных данных (используются формы бухгалтерской отчетности, формы годовой отчетности экономических служб предприятия и т.п.). Существует, конечно, проблема достоверности исходных данных (возможности их намеренного искажения), но и она может быть решена внешним аудитом.

Опыт использования динамических моделей позволяет заключить, что количество показателей должно варьироваться в пределах от 6 до 20. При этом выбор конкретных показателей обуславливается целями экономического анализа и его основной направленностью.

Рассмотрим подробно методику оценки систематического риска с использованием динамической модели устойчивости, а также методику выявления стратегических целей и задач на основе факторного анализа, стоящих перед предприятием. Выделив основные этапы системного финансового(экономического) анализа основные этапы:

1. Формирование множества показателей.

- 1.1. На 1 шаге первого этапа формирования динамического норматива можно для анализа значимости энергосбережения в общей системе целей были отобраны следующие показатели:

Выручка от реализации продукции (ВрПП);

Валюта баланса (Б);

Остаточная стоимость основных средств (ОСС);

Основные средства (ОС);

Себестоимость реализации продукции (СРП);

Оборотные активы (ОБА);

Прибыль от реализации продукции (ПрРП);

Энергоемкость продукции (ЭП), как дополнительный показатель для ранжирования целей энергосбережения.

- 1.2. На 2-ом шаге проводится экономическая интерпретация темпов роста показателей. Рассматриваются основные показатели (коэффициенты), отражающие финансовое состояние предприятия их экономическая интерпретация.

Коэффициент доли основных средств и нематериальных активов в валюте баланса.

$$K_{oc} = OC / Б \quad T(OC) > T(Б)$$

Коэффициент энергоемкости продукции

$$K_{э} = ЭП / СРП \quad T(ЭП) < T(СРП)$$

Коэффициент фондорентабельности

$$K_{фр} = ПрРП / ОС \quad T(ПрРП) > T(ОС)$$

Коэффициент рентабельности реализованной продукции

$$K_{ррп} = ПрРП / ВрРП \quad T(ПрРП) > T(ВрРП)$$

Коэффициент доходности

$$K_{д} = ПрРП / СРП \quad T(ПрРП) > T(СРП)$$

Коэффициент износа основных средств (его снижение считается неблагоприятным фактором)

$$K_{оси} = ОСС / ОС \quad T(ОС) > T(ОСС)$$

Коэффициент оборачиваемости активов

$$K_{об\alpha} = Об\alpha / Б \quad T(Об\alpha) > T(Б)$$

Коэффициент оборачиваемости оборотных активов

$$K_{об\alpha\alpha} = ВрРП / Об\alpha \quad T(ВрРП) > T(Об\alpha)$$

- 1.3. Затем производится эталонное упорядочение пар показателей по темпам роста

Поскольку рост оборотных активов может быть вызван, например, плохим сбытом готовой продукции, то темпы роста себестоимости продукции должны опережать темпы роста оборотных средств. В противном случае снижается скорость оборота готовой продукции. Возникает риск потерь, связанный со снижением оборачиваемости оборотных средств.

Исходя из требований энергосбережения, темпы роста потребления энергии на предприятии должны отставать от темпов себестоимости продукции. Такое соотношение динамик показателей обеспечивает снижение риска, увеличения энергоемкости продукции на предприятии. Т.е. должно выполняться соотношение

$$T(ПрРП) > T(ВрРП) > T(СРП) > T(ЭП)$$

При этом темпы роста выручки от реализации продукции должны опережать темпы роста себестоимости продукции, в противном случае снижается норма прибыли, что может говорить, например, о неэффективном сбыте продукции, низком спросе на нее и т.п.

$$T(Об\alpha) > T(ОСС) > T(ОС) > T(Б)$$

Темпы роста оборотных активов должны опережать темпы роста основных средств, это связано, во-первых, с тем что улучшаются коэффициенты текущей ликвидности на предприятии, а во-вторых, снижается фондоемкость продукции. При сохранении нормативных темпов роста данных показателей снижается вероятность банкротства предприятия. С другой стороны, темпы роста остаточной стоимости основных средств должны опережать темпы роста основных средств, так как в противном случае возникает риск физического и морального старения основных производственных фондов. Выдерживание нормативных

темпов роста обеспечивает производство более современным оборудованием. Темпы роста основных средств должны опережать темпы роста валюты баланса, так как увеличиваются масштабы деятельности предприятия.

Важно отметить, что темпы роста энергоемкости должны быть наиболее низкими в валюте баланса, при этом если увеличиваются масштабы деятельности энергоемкость не должна их опережать

Итоговое эталонное упорядочение темпов роста показателей будет иметь вид:

$$T(\text{ПрРП}) > T(\text{ВрРП}) > T(\text{СРП}) > T(\text{ОбА}) > T(\text{ОС}) > T(\text{ОСС}) > T(\text{Б}) > T(\text{ЭП})$$

На четвертом шаге проводится ранжирование показателей по темпам роста, результат сводится в таблицу следующего вида (табл. 16).

2. На втором этапе проводится расчет оценок устойчивости, изменчивости и стабильности. Здесь очень важна задача определения базовых значений, с которыми сравниваются текущие показатели, т. е. с этого базового периода начнется системный финансовый анализ отчетности для выработки политики и организации энергосбережения на предприятии. Результаты расчета можно представить в таблице, форма которой приведена ниже.

Таблица 16.

Ранжирование финансовых показателей по темпам роста

Нормативный ранг.	Показатель
1.	Прибыль от реализации продукции (ПрРП);
2.	Выручка от реализации продукции (ВрРП);
3.	Себестоимость реализации продукции (СРП);
4.	Оборотные активы (ОбА);
5.	Основные средства (ОС);
6.	Капитал и резервы (КР);
7.	Валюта баланса (Б);
8.	Энергоемкость продукции (ЭП)

Таблица 17.

Темпов роста (падения) показателей.

Показатель	Абсолютные значения, за период				Темпы роста		
	0	1	2	3	1	2	3

Темпы роста $T(\Pi_{ij})$ i -го показателя Π за период j , рассчитываются по формуле

$$T(\Pi_{ij}) = \frac{\Pi_{ij} - H_i}{H_i}, \quad (11.1)$$

где H_i , Π_{ij} - соответственно значение i -го показателя в базовый (0) и текущий (j) период.

Согласно темпам роста определяется текущий ранг показателя. Максимальный ранг присваивается показателю с максимальным темпом роста. Режимы предлагается сравнивать на основе расчета следующей интегральной оценки.

$$\mathcal{E} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n(n-1)} = 1 - \frac{M(\Pi, H)}{n(n-1)}, \quad (11.2)$$

где $\mathcal{E}$ – оценка режима функционирования хозяйственной системы;

n – число показателей в динамической модели устойчивости (нормативной модели)

m_i – количество инверсий в фактическом порядке для показателя, имеющего i -й ранг (занимающего i -е место) в динамической модели. Под инверсией здесь понимается отклонение фактического ранга показателя от нормативного.

$$m_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}, \quad (11.3)$$

где a_{ij} – переменная, отражающая наличие или отсутствие в фактическом упорядочении показателей бинарного отношения «быстрее» между i -м и j -м показателями заданного в динамическом нормативе ($i=1, \dots, n, j=1, \dots, n$):

$$\begin{aligned} a_{ij} &= 1 \text{ если } P_i > P_j \text{ при } i < j \\ a_{ij} &= -1 \text{ если } P_i < P_j \text{ при } i > j, \\ &0, \text{ в остальных случаях} \end{aligned} \quad (11.4)$$

где P_i и P_j – ранги i -го и j -го показателя в фактическом упорядочении;

$M(\Pi, H)$ – сумма инверсий в реальном порядке показателей (Π) относительно нормативного порядка (H), заданного в динамической модели.

Оценка (Ξ) меняется в диапазоне от 0 до 1. Совпадение фактического заданного нормативного порядка показателей свидетельствует о том, что стратегические целевые установки выполняются оптимально, при этом фактически выполняются все нормативно установленные соотношения темпов роста показателей. Чем ближе оценка к единице, тем большая доля нормативных соотношений между показателями реализована в реальной хозяйственной деятельности предприятия. Комплексная оценка режима функционирования финансовой системы предприятия (Ξ) характеризует степень приближенности к эталону и не зависит от достигнутого результата в прошлом. Это своего рода стратегическая оценка, т.к. она показывает уровень достижения стратегических целей экономического развития, заложенных в динамической модели эталонного режима функционирования хозяйственной системы.

Доля инверсий в представленной оценке, которая выражается величиной

$R = \frac{M(\Pi, H)}{n(n-1)}$, характеризует меру риска системы, т.к. показывает отклонение

от эталонного режима. Таким образом, при наиболее благоприятном режиме деятельности системы оценка устойчивости равна 1, риск же минимален и его оценка близка к нулю. В наименее благоприятной ситуации оценка риска равна 1, а величина устойчивости оценивается нулем. Эта мера риска является фактически систематическим финансовым риском предприятия и может быть использована при оценке эффективности энергосберегающего проекта. Однако цель финансового анализа не ограничивается только оценкой риска, она служит базой для оценки значимости влияния фактора на оценку устойчивости. Для того, чтобы определить значимость энергосбережения в общей системе стратегических целей, необходимо провести факторный анализ устойчивости предприятия. Задачей факторного системного финансово-экономического анализа яв-

ляется выявление причин воздействующих на устойчивость предприятия (т.е. выявление стратегических целей и их значимости).

Перечислим основные задачи факторного анализа:

1. Величина изменения базового показателя по сравнению с нормативным определяется по формуле:

$$\alpha_i = \frac{\Delta y(x_i)}{y^0} \cdot 100\%, \quad (11.5)$$

где x_i - значение i -го фактора;

y^0 - базовое значение функции, зависящей от факторов x_i ;

y^1 - текущее значение функции, зависящей от факторов x_i ;

$\Delta y = y^1 - y^0$ - изменение значения целевой функции.

2. Доля (в процентах) прироста результативного показателя, обусловленную i -ым фактором можно определить:

$$\beta_i = \frac{\Delta y(x_i)}{\Delta y} \cdot 100\%, \quad (11.6)$$

Известно множество методов факторного анализа, основные из них приведены в таблице 18.

Наиболее перспективным и простым в расчете является метод цепных подстановок. Формулы для оценки влияния каждого фактора на эффективность (устойчивость) работы промышленного предприятия приведены ниже.

Прирост оценки устойчивости определяется по формуле:

$$\Delta \Theta = \sum_{i=1}^n 1 - \frac{M(\Pi^0, H)}{n(n-1)} - \sum_{i=1}^n 1 - \frac{M(\Pi^6, H)}{n(n-1)}, \quad (11.7)$$

где Π^0 – значение вектора показателей в отчетном периоде;

Π^6 – базисное значение вектора показателей;

Влияние отдельного i -го фактора (показателя) на прирост оценки устойчивости определяется формулой:

$$\Delta \mathcal{E}(P_i) = \frac{\sum_{i=1}^n (m_i^0 - m_i^a)}{n(n-1)} \quad (11.8)$$

где m_i^0 , m_i^a – количество инверсий в фактическом порядке для показателя, имеющего i -й ранг (занимающего i -е место) в динамической модели соответственно для базисного и отчетного периода.

Таблица 18

Основные методы факторного анализа.

Метод	Достоинства и недостатки
1. Метод выявления изолированного влияния факторов	Нет полного разложения, не требуется установления очередности факторов, наиболее прост в реализации
2. Метод цепных подстановок	Простой метод, результаты зависят от последовательности замены факторов, достигается полное разложение
3. Метод взвешенных конечных разностей	Большая трудоемкость, не дает полного разложения
4. Индексный метод	Фиксирует очередность изменения факторов, не дает полного разложения при числе факторов более двух.
5. Логарифмический метод	Не требуется установление очередности факторов, достигается полное разложение, применим не для всех факторных моделей
6. Дифференциальный метод	Не требуется установления очередности факторов, требуется непрерывность исследуемой функции, Полное разложение не достигается
7. Интегральный метод	Дает наиболее точный результат, не требует установления очередности факторов, достигается полное разложение, высокая сложность расчетов являются ограничением в применении

1. Определяем процентное изменение устойчивости под воздействием i -го показателя по формуле

$$\alpha_i = \frac{\Delta \mathcal{E}(P_i)}{\mathcal{E}^0} \cdot 100\%, \quad (11.10)$$

где $\mathcal{E}^0$ – базовое значение устойчивости (эффективности) работы предприятия.

2. Определение доли прироста (снижения) устойчивости (эффективности) предприятия, обусловленного динамикой i -го показателя.

$$\beta_i = \frac{\Delta \mathcal{E}(P_i)}{\Delta \mathcal{E}} \uparrow 100\%, \quad (11.11)$$

Необходимо оценить также влияние i -го показателя на значение устойчивости системы в целом. Решение этой задачи возможно благодаря использованию ординальной шкалы.

Снижение оценки устойчивости под воздействием динамики отдельного показателя оценивается по формуле:

$$\mathcal{E}^*(P_k) = \mathcal{E}^-(P_k) - \mathcal{E} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i - \sum_{i \neq k} m_i}{n(n-1)} = \frac{m_k}{n(n-1)}, \quad (11.12)$$

где $\mathcal{E}$ – оценка финансовой (экономической) устойчивости предприятия;

i, k – ранги показателей;

P_k – показатель, занимающий k -е место;

$\mathcal{E}^*(P_k)$ – снижение оценки устойчивости под воздействием k -го показателя;

$\mathcal{E}^-(P_k)$ – оценка устойчивости, рассчитанная без нарушений, вызванных динамикой k -го показателя;

n – число показателей;

m_k, m_i – число инверсий k -го (i -го) показателя в фактическом упорядочении относительно нормативного упорядочения.

Тогда доля влияния на устойчивость предприятия k -го показателя определится по формуле:

$$\delta_k = \frac{\mathcal{E}^*(P_k)}{\sum_{i=1}^n \mathcal{E}^*(P_k)} \uparrow 100\% \quad (11.13)$$

При этом коэффициент α – показывает влияние показателя на увеличение оценки устойчивости, а β – влияние на фактическое направление устойчивости, коэффициент δ – на уменьшение устойчивости соответствующего показателя.

Таким образом, опираясь на данные показатели, можно произвести ранжирование стратегических целей и задач, стоящих перед предприятием в области финансовой политики (оценить значимость энергосбережения по степени его влияния на устойчивость) и определить приоритеты финансирования инвестиционных проектов в энергосбережение. Оно должно быть тем больше, чем большее значение оказывает фактор энергопотребления на уменьшение устойчивости (эффективности работы) предприятия.

Рассмотрим методику оценки систематического хозяйственного (экономического) риска с использованием динамической модели устойчивости и определения хозяйственных стратегических целей предприятия.

Нормативное значение показателей представлено в таблице 19.

В таблице представлено динамическое упорядочивание показателей деятельности промышленного предприятия, которое отражает нормативные требования его хозяйственной (экономической) устойчивости. Поскольку готовая продукция характеризует продукцию, предназначенную для продажи, то, очевидно, она должна расти быстрее товарной. При этом необходимо, чтобы готовая продукция не залеживалась на складах. В противном случае снижается скорость оборота, отвлекаются средства из реального оборота, возникает риск потерь, связанный со снижением оборачиваемости оборотных средств. Следовательно, в нормативном режиме необходимо выполнение следующих динамических соотношений:

$$T(ГП_0) > T(ГП_В) > T(ПрС),$$

Исходя из требований ресурсосбережения и экономии материалов и других материальных затрат и различных расходов, связанных с производством и реализацией товаров (например, затрат топлива транспортных расходов, накладных расходов и т.д.), следует, что должно выполняться соотношение:

$$T(СТП) > T(ПС) > T(ПрС) > T(М) > T(Э),$$

Такое соотношение динамик показателей обеспечивает снижение риска, увеличение затрат и, соответственно, риска снижения прибыли предприятия. Показатели, характеризующие техническую вооруженность предприятия – это

основные средства (ОС), активная часть основных средств (ОС_А), основные средства производительного назначения (ОС_{ПР}).

Таблица 19.

Ранжирование показателей по темпам роста.

Нормативный ранг.	Показатель
1.	ГП _О – Готовая продукция отгруженная
2.	ГП _В – Готовая продукция товарная
3.	ПС – Полная себестоимость
4.	ПрС – Производственная себестоимость
5.	М – Сырье и материалы
6.	ОС _А – Активная часть основных средств
7.	ОС _{ПР} – Основные средства производительного назначения
8.	ОС – Стоимость основных средств
9.	Э – Энергия
10.	ФЗП _Р – Фонд зар. платы рабочих
11.	ФЗП _П – Фонд зар. платы промышленно - производительного персонала
12.	Ч _С – Численность специалистов
13.	Ч _Р – Численность рабочих
14.	Ч _{рк} - Численность руководителей

Наиболее активным элементом в средствах труда выступает орудия труда, именно они составляют материальную основу роста объем производства. Поэтому опережающий рост активной части по отношению к общему росту основных средств, а также к росту основных средств производственного назначения, является более предпочтительным, чем отставание, обуславливающее риски, связанные с низкой технической оснащенностью. Что касается основных средств производственного и непроизводственного назначения, то, несмотря на то, что рост стоимости объектов социальной инфраструктуры является положительным фактором, он не должен опережать рост стоимости средств производственного назначения. Так как это может вызвать риски, связанные с неэффективной структурой основных средств. Учитывая оба сформулированных утверждения, получаем следующие нормативные соотношения:

$$T(ОС_А) > T(ОС_{ПР}) > T(ОС),$$

Показатели, связанные с управлением персонала – это фонд заработной платы промышленно - производственного персонала ($\Phi ЗП_{\text{п}}$), фонд зарплаты рабочих ($\Phi ЗП_{\text{р}}$), численность рабочих ($Ч_{\text{р}}$), численность специалистов ($Ч_{\text{с}}$), численность руководящего состава ($Ч_{\text{рк}}$). С точки зрения обеспечения объемов производства (при выполнении рутинных операций) наиболее важной составляющей общих затрат труда выступают затраты труда рабочих, отражением которых в свою очередь, выступает $\Phi ЗП_{\text{р}}$. С точки зрения выполнения работ, выходящих за рамки типовых, повторяющихся или рутинных, т.е. работ, обеспечивающих изменения в процессе производства, на первый план выступают руководители и специалисты.

$$T(\Phi ЗП_{\text{р}}) > T(\Phi ЗП_{\text{п}}),$$

В противном случае возникают риски от неэффективного распределения фонда оплаты труда, недостаточного стимулирования труда персонала.

В условиях интенсификации производства, использование более совершенного и производительного оборудования, необходимости быстро принимать новые технические и другие решения возрастает роль специалистов в производстве при уменьшении потребности в рабочих низкой квалификации. В противном случае возникают риски, связанные со снижением квалификации персонала. Очевидно, что увеличение доли специалистов в общей численности при сокращении числа рабочих лишь тогда эффективно, когда это приводит к увеличению объема производства. Таким образом, получаем следующее упорядочение темпов роста показателей численности:

$$T(Ч_{\text{с}}) > T(Ч_{\text{р}}) > T(Ч_{\text{рк}}),$$

Важно поддерживать высокую энерговооруженность труда поэтому темпы роста затрат на энергию должны опережать темпы роста заработной платы.

$$T(\text{Э}) > T(\Phi ЗП_{\text{р}}),$$

Построенные модели устойчивости должны служить точкой отсчета при оценке фактического режима функционирования предприятия, ориентированного на принятие стратегических управленческих и финансовых решений, а

специально разработанные оценки отклонений при реализации тех или иных решений при этом могут интерпретироваться как системные оценки рисков.

Дальнейший расчет проводим по аналогии с расчетом для финансовых показателей. При этом определяется хозяйственная (экономическая) устойчивость предприятия, которая может служить мерой систематического риска хозяйственной деятельности промышленного предприятия. Затем проводится факторный анализ и на его основании делается вывод о значимости стратегических целей по энергосбережению.

Выше была рассмотрена линейная модель устойчивости предприятия. Возможен также расчет показателей для одного или нескольких периодов времени, например, путем формирования суммарной матрицы нарушений (частоты отклонений от нормативных темпов роста за определенный период того или иного показателя). С учетом того, что между некоторыми из показателей динамической модели устойчивости не существует взаимосвязи, – такая модель оценки называется нелинейной моделью устойчивости (или нелинейным динамическим нормативом). На практике нелинейная динамическая модель устойчивости задается в виде матрицы нормативных соотношений темпов роста показателей, т.е. матрицей E размерностью $(N \times N)$, элементы которой определяются из следующего условия:

$$e_{ij} = \begin{cases} +1 & \Leftrightarrow T_i > T_j \\ 0 & \Leftrightarrow T_i = T_j \\ -1 & \Leftrightarrow T_i < T_j \end{cases} \quad \begin{array}{l} T_i, T_j - \text{темпы роста показателей} \\ T_i > T_j - \text{нормативный порядок показателей} \\ T_i = T_j - \text{нормативное соотношение «не установлено»} \end{array}$$

Таким образом, элементы динамической модели устойчивости можно трактовать как установление соответствующим коэффициентам нормативного роста (1), нормативного падения (-1) либо безразличия к нему (0).

Чтобы рассчитать оценки устойчивости для каждого анализируемого периода $T \in [0; T]$, строится матрица фактических соотношений темпов роста показателей F^T размерность $(N \times N)$, элементы которой определяются из следующего условия:

$$f_{ij}^t = \begin{cases} +1 & \Leftrightarrow T_i > T_j; \\ 0 & \Leftrightarrow T_j = T_i; \\ -1 & \Leftrightarrow T_j > T_i \end{cases} \quad \forall \quad , \quad (11.14)$$

Расчет оценок нелинейного динамического норматива основывается на идее подсчета числа инверсий между порядками темпов. Под инверсией здесь понимается изменение ранга темпа в одном порядке относительно другого.

Для каждого анализируемого периода $t \in [0; T]$ строится матрица совпадений (инверсий) фактического и эталонного соотношения темпов матрицы $B'_{N \times N}$, элементы которой определяются из следующего условия:

$$b_{ij}^t = \begin{cases} +1 & \Leftrightarrow e_{ij} = +1 \text{ И } f_{ij}^t = +1 \\ -1 & \Leftrightarrow e_{ij} = -1 \text{ И } f_{ij}^t = -1, \\ 0 & \Leftrightarrow \text{в остальных случаях} \end{cases} \quad \forall \quad t, \quad (11.15)$$

Сумма элементов матрицы **B** равна числу выполненных (в рассматриваемом периоде) нормативных соотношений темпов. Так как число установленных нормативных соотношений равно сумме по модулю элементов матрицы динамического норматива **E**, то оценку устойчивости можно рассчитать, как долю выполненных нормативных соотношений в общем числе установленных.

$$\mathcal{E}^t = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij}^t}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n |e_{ij}|}, \text{ для } \forall \quad t, \quad \mathcal{E}^t \in [0;1], \quad (11.16)$$

Выводы %: используя динамическую модель устойчивости промышленного предприятия можно: во-первых, оценить систематический (финансовый и экономический) риски промышленного предприятия, которые в последствие используются в блоке финансово-экономической оценки проектов по энергосбережению; во-вторых, оценить степень влияния каждого фактора на устойчивость предприятия (т.е. на его экономическое состояние); в-третьих, выработать на основе оценки влияния стратегические цели, стоящие перед предприятием, и в-четвертых, определить значимость энергосбережения в общей системе целей, а также обеспечить поддержку и заинтересованность различных фи-

нансовых и экономических служб предприятия в реализации политики энергосбережения на промышленном предприятии.. При этом, хотя энергосбережение и не является первоочередной стратегической целью предприятия, тем не менее, значимость этой цели в динамическом упорядочении повышается с течением времени, это связано как с ростом тарифов, так и нарушением темпов роста показателей в динамическом нормативе.

ТЕМА 12. ТАРИФЫ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ И ТЕПЛОВУЮ ЭНЕРГИЮ. ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ И ТАРИФНОЙ ПОЛИТИКИ.

Оценка влияния тарифа на экономическую эффективность энергосберегающих проектов

Правительство РФ считает энергосбережение одной из приоритетных целей стратегического развития экономики России. Потенциал энергосбережения в промышленности и жилищно-коммунальной сфере оценивается весьма высоко, так как в России тратится воды в 5 раз больше из расчета на одного человека, электроэнергии в 3 раза больше, чем в Европе. На обогрев 1 кв. м. в России тратится в 5 раз больше топлива, чем в Швеции.

Одним из препятствий в реализации энергосберегающей политики являются низкие тарифы на электрическую- и тепловую энергию в сравнении с Западной Европой и США, что приводит к тому, что выгодные с точки зрения экономии энергоресурсов энергосберегающие мероприятия, новые технологии и техника, оказываются недостаточно экономически эффективными, в результате чего не внедряются в эксплуатацию. Например, для угольного топлива 2/3 от цены составляют затраты на транспортировку железной дорогой, в то время как за рубежом затраты на транспортировку не превышают 50%. Неоснованно низкий тариф на электроэнергию не позволяет привлечь инвестиционные средства в строительство новых генерирующих мощностей, замедляет научно-технический прогресс во всех отраслях промышленности, ведет к расточительному использованию ограниченных природных энергетических ресурсов.

Правительство РФ, министерство топлива и энергетики и предприятия энергетической отрасли ставят целью обеспечение обоснованных с точки зрения затрат и нормы прибыли цен и тарифов на энергоресурсы, что в настоящее время приводит к их росту. Поэтому необходимо оценивать влияние роста тарифов на энергосберегающую политику, а также разработать методику оценки экономической эффективности энергосберегающих проектов учитывающую изменение тарифа на энергию.

Изменение тарифа на электрическую и тепловую энергию приводит к изменению себестоимости и в конечном итоге к изменению цены предложения. Выручка от продажи произведенной промышленным предприятием продукции должна давать прибыль, определяемую по формуле:

$$z \cdot V = (1 + p') (w \cdot T \cdot V + b \cdot V + h'), \quad (12.1)$$

где z – цена единицы продукции;

T – тариф на электроэнергию;

p' – относительная прибыль потребителя;

w – затраты энергии на производство продукции;

V – объем выпуска продукции в единицу времени;

b – затраты в единицу времени на единицу продукции (за вычетом платы за энергию);

h' – затраты в единицу времени, не зависящие от выпуска продукции, Эти затраты можно условно разбить на две группы:

$$h' = h'_э + h'_п, \quad (12.2)$$

где $h'_э$ – затраты на энергию в единицу времени, не зависящие от выпуска продукции,

$h'_п$ – постоянные затраты в единицу времени, за исключением затрат на энергию.

Себестоимость продукции определяется как $C = w \cdot T \cdot V + b \cdot V + h'$.

$$T' = \frac{1}{w} \cdot \frac{z}{1 + p'} - b - \frac{h'_п}{V}, \quad (12.3)$$

Из этого выражения видно, что значение тарифа, выгодное для потребителя определяется: энергоемкостью производства продукции (w), ценой реализации единицы продукции на рынке (z), постоянными затратами в процессе производства, не зависящими от потребления энергии ($h'_п$) и зависящими от потребления энергии постоянными затратами ($h'_э$). При заданном тарифе для обеспечения прибыли потребитель может либо уменьшить затраты, в том числе и энергии, либо повысить цену. Последнее действие определяется условиями

рынка продукции (например, конкурентоспособностью продукции и спросом на нее).

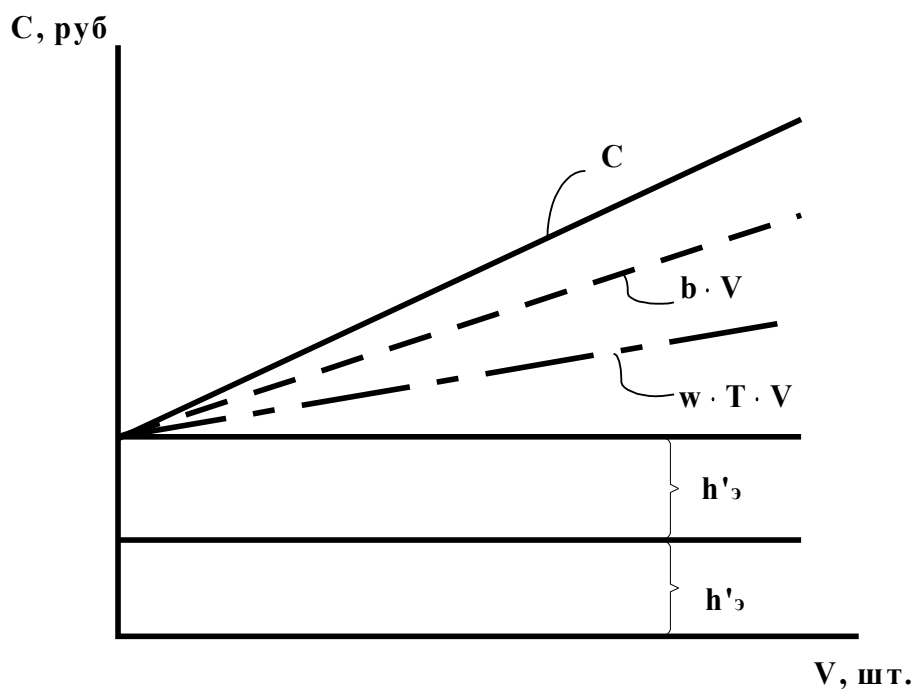


Рис. 93. Структура себестоимости продукции.

Согласно кривой спроса на продукцию промышленного предприятия изменяется и объем потребления, однако, при насыщенном товарами рынке можно считать, что рост цены на продукцию промышленного предприятия при прочих равных условиях приведет к росту цен на аналогичную продукцию предприятий конкурентов работающих на той же территории. Исключение может составить только импортируемая из других регионов (стран) продукция. Тогда в случае роста рыночной цены снизятся объемы спроса, и предприятие вынуждено будет корректировать объемы выпуска продукции, либо если имеет место насыщенный товарами рынок зарубежными конкурентами предприятие вынуждено будет сдерживать рост цен (цены и объемы спроса практически не изменятся). В любом из этих случаев предприятие несет определенные потери в доходе (Π_3), которые можно приближенно определить (в связи с тем, что оценка спроса на продукцию предприятия достаточно сложна и требует определенной статистической информации, будем считать цену на продукцию предприятия и объемы потребления постоянными), следующим путем:

$$Пэ = C \cdot dэ \cdot \frac{dт}{100\%}, \quad (12.4)$$

где C – себестоимость продукции до увеличения тарифа, руб.;

$dэ$ – первоначальная доля затрат в себестоимость на электроэнергию, о.е.;

dm – изменение тарифа на электроэнергию по отношению к существующему в %.

Причем $Пэ > 0$ и $dm > 0$, если тариф растет и $Пэ < 0$ и $dm < 0$ если тариф снижается.

В общем случае чистый дисконтированный доход (ЧДД) от реализации энергосберегающего мероприятия или внедрения новой техники должен быть больше нуля. При расчете ЧДД в случае изменения цен на энергию следует учитывать, что ЧДД при внедрении энергосберегающих мероприятий обязательно должен быть положительным, в некоторых случаях он может быть отрицательным, а сравнивать ЧДД необходимо с дисконтированными потерями предприятия, связанными с изменением тарифа. Такие потери могут быть учтены следующей формулой:

$$ЧДПэ = \sum_{t=1}^N Пэ_t \cdot dээ_t \cdot \frac{1}{(1+d)^t}, \quad (12.5)$$

где $ЧДПэ$ – чистые дисконтированные потери, руб.,

t – текущий период времени, год,

N – горизонт расчета, год,

$dээ_t$ – доля экономии энергии в год t ,

$Пэ_t$ – потери от изменения тарифа в год t ,

d – коэффициент дисконтирования с учетом инфляции.

ЧДПэ будет больше нуля, если имеет место рост тарифа и ЧДПэ будет меньше нуля, если тариф снижается. С этим показателем, взятым с отрицательным знаком, должен сравниваться ЧДД от внедрения энергосберегающего мероприятия. Если ЧДД, больше чем ЧДПэ, взятые с отрицательным знаком, то мероприятие можно реализовать, в противном случае мероприятие необходимо отклонить. При снижении тарифа ЧДД от внедренного мероприятия или техно-

логии может снижаться, как в связи с дополнительными доходами от снижения тарифа, так и с более низкой отдачей от энергосберегающего мероприятия. Можно сделать вывод – повышение тарифа на электрическую и тепловую энергию стимулируют энергосберегающие мероприятия. Если организация в случае роста тарифа не будет проводить энергосберегающие мероприятия, то она будет нести ежегодные дополнительные затраты.

При изменении энергопотребления за счет внедрения новой технологии следует учитывать также и качество производимой предприятием продукции. Высокое качество товара может стимулировать спрос на продукцию и повысить доходы предприятия. Такую оценку можно провести экспертным путем, путем статистического анализа, если такая продукция уже существует или пробным выпуском партии.

При необходимости учета изменения спроса на продукцию целесообразно модифицировать методику расчета ЧДПэ. Рассмотрим ее подробнее. Если есть возможность учесть изменение спроса на продукцию от роста цен на нее, т.е. имеется оценочная функция спроса на продукцию $V = f(z)$, то для определения возможных потерь в доходе можно воспользоваться следующей формулой:

$$\frac{z \cdot V}{(1 + p')} - b \cdot V - h' = w \cdot T \cdot V, \quad (12.6)$$

Заменим в уравнении V функцией спроса и разрешим его относительно цены, т.е. определим равновесную цену Z_2 (рис.94), затем по функции спроса (кривой спроса рис. 94.) найдем равновесный объем товара V_2 . Определим переменные $(w \cdot T \cdot V)$ и постоянные затраты на энергию h' , до и после изменения тарифа. Потери от роста тарифа будут оцениваться по формуле:

$$Пэ = (w \cdot T^n \cdot V^n - w \cdot T^0 \cdot V^0) + (h_3^m - h_3^d), \quad (12.7)$$

где T^0, T^n - соответственно первоначальный тариф и тариф после изменения;
 V^0, V^n - соответственно первоначальные объемы производства и объемы после изменения тарифа;

h_3^m, h_3^d - соответственно первоначальные постоянные затраты на энергию и постоянные затраты на энергию после изменения тарифа.

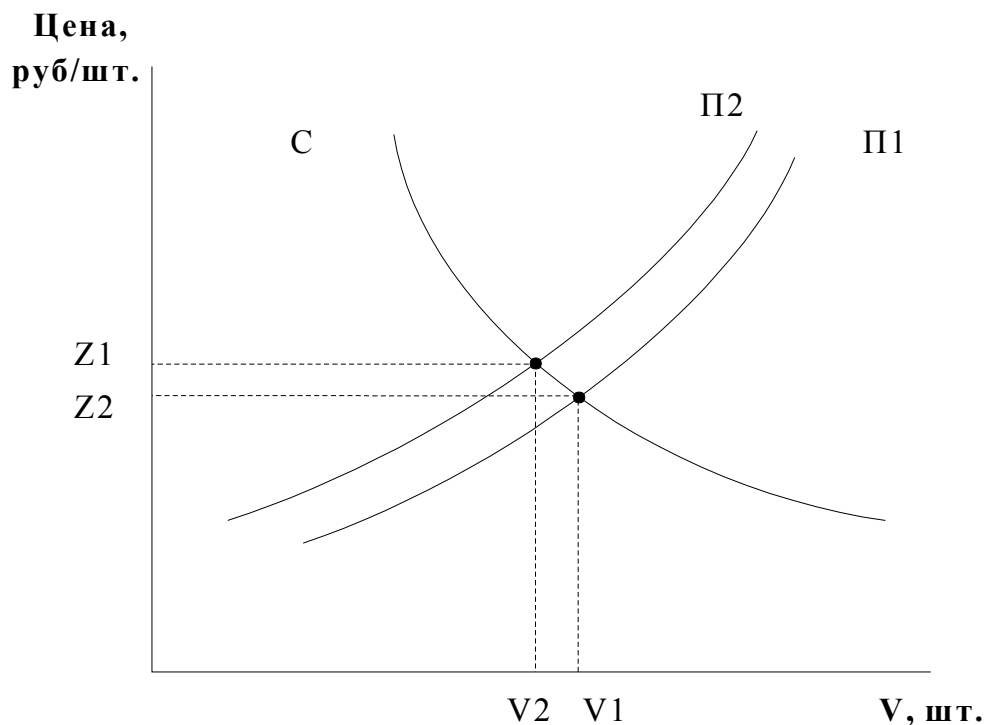


Рис 94. Изменение объемов продаж при изменении цены предложения.

Затем рассчитываются чистые дисконтированные потери, по методике приведенной выше.

Оценка величины тарифов в условиях рынка

В период, когда проводится реформа электроэнергетической отрасли РФ, необходима экономическая оценка осуществляемых преобразований, прежде всего, оценка последствий введения рыночных тарифов, в замен государственно регулируемых. На сегодняшний день, существует множество вариантов реформирования данной отрасли, из которых, следует выделить два крайних варианта развития: рынок совершенной конкуренции и монопольный рынок. Приведем их основные преимущества и недостатки, а затем их экономическую оценку.

Рынок совершенной конкуренции имеет следующие особенности:

- 1) данный товар продают большое количество фирм;
- 2) покупателям безразлично, товар какой фирмы они купят, так как продукция фирм очень похожа и цены одинаковы;

3) ни продавцы, ни покупатели не могут повлиять на текущую рыночную цену товара (изменение объема покупок отдельными потребителями незначительно влияет на цену товара на рынке);

4) не существует жестких ограничений на свободу входа и выхода на рынок. На этом рынке всем его участникам доступна информация: о товарах, ресурсах, доходах, издержках фирм и о потерях от неиспользованных возможностей.

На конкурентном рынке фирма максимизирует свою прибыль, производя такой объем продукции, при котором предельный доход (MR) равен предельным издержкам (MC) и текущей рыночной цене (P), $MR=MC=P$.

Предельные издержки – расходы предприятия на производство дополнительной единицы продукции сверх того количества, которое уже производится (дополнительные затраты на производство продукции).

Равновесная цена устанавливается на таком уровне, когда объем предложения равен объему спроса на продукцию.

Вход и выход в отрасль свободны, экономическая прибыль привлекает в отрасль новые фирмы, а убытки вынуждают некоторые фирмы ее покинуть. Рыночная цена товара устанавливается на уровне минимальных средних издержек (AC) типичной фирмы. Каждая фирма отрасли устанавливает объем производства, при котором выполняется условие, когда цена равна предельному доходу ($P+MR=MC+AC$).

При совершенном конкурентном рынке нельзя повысить чье либо благосостояние, не снижая при этом благосостояние отдельных субъектов рынка, и в результате этого осуществляется эффективное распределение ресурсов (Парето-оптимальность).

Парето-оптимальность достигается при условии:

1) потребитель максимизируют степень удовлетворения своих потребностей ($MU=P$ цена равна предельной полезности);

2) производитель производит такой объем продукции, когда предельные издержки равны цене ($MC=P$);

3) при этом, на совершенном рынке конкуренции ($MU=MC$).

Однако, конкурентный рынок не решает всех проблем, стоящих перед обществом и экономикой и требует вмешательства государства даже в странах с развитой рыночной экономикой (например путем регулирования процентной ставки прибыли в отрасли промышленности).

При монопольной конкуренции есть элементы конкуренции и монопольного давления.

Монополист максимизирует прибыль, когда производит такое количество продукции, при котором предельный доход равен предельным издержкам ($MR=MC$).

Монополист устанавливает на свою продукцию такую цену, которая определяется кривой спроса при объеме продукции, обеспечивающем максимум прибыли.

Монопольная цена всегда выше предельных издержек: ($P>MC=MR$).

Монополист имеет возможность менять объем производства и цену товара и для него не существует кривой предложения. Монополия стремится увеличить свою прибыль, произвести меньшее количество продукции и установить высокую цену на свой товар. Она производит меньше, чем позволяют ресурсы, и общество несет потери, так как высокие цены монополиста позволяют ему перераспределять часть доходов потребителя.

В нашей стране производители электрической энергии являются естественными монополистами, и рынок электрической энергии является монополистическим. Естественная монополия существует всегда, когда экономия от масштабов производства позволяет одному потребителю удовлетворить весь рыночный спрос, получая при этом прибыль.

Для естественных монополий характерно то, что входные барьеры держаться на особенностях технологии, отражающих естественные законы природы, а не на правах собственности или правительственных лицензиях. Особенности энергетической компании являются большие постоянные затраты на строительство, а предельные затраты, при этом, невелики. Ценообразования по

предельным затратам будет для них убыточным, если конкурентный рынок не регулировать, как было указано выше, процентной ставкой прибыли. Естественная монополия может устанавливать более низкие цены, но делать она это будет только при государственном вмешательстве, когда

- 1) цена устанавливается на уровне предельных издержек ($P=MC$);
- 2) цена устанавливается на уровне средних издержек ($P=AC$).

Рассмотрим подробнее особенности ценообразования на монопольном и конкурентном рынках, для этого воспользуемся соответствующими расчетными формулами.

Тариф монополии (самофинансирование – в долгосрочном плане) будет следующим:

$$p_1 = p_\mu + p_C + p_\phi + p_{k1}, \quad (12.8)$$

где $p_\mu, p_C, p_\phi, p_{k1}$ – соответственно эксплуатационная, топливная и налоговая (налог на имущество и дивиденды акционеров), капитальная составляющие цены электроэнергии.

$$p_\mu = \frac{1 - \phi_1}{1 - \phi_1 - \phi_3} \psi \frac{k \psi_\mu}{h}, \quad (12.9)$$

$$p_C = \frac{C}{8141 \psi_\mu}, \quad (12.10)$$

$$p_\phi = \frac{\phi_2 + \phi_4}{1 - \phi_1 - \phi_3} \psi \frac{k}{h}, \quad (12.11)$$

$$p_{k1} = p_{k \min} + \Delta p_{k1}, \quad (12.12)$$

$$p_{k \min} = \frac{1}{1 - \phi_1 - \phi_3} \psi \frac{k}{h} \psi_{\kappa \Pi}^{\psi} \frac{1 - \phi_1}{T_L} \frac{\psi}{b_{\text{bl}}}, \quad (12.13)$$

$$\Delta p_{k1} = \frac{1 - \phi_1}{1 - \phi_1 - \phi_3} \psi \frac{k}{h} \psi_{\kappa \Pi}^{\psi} \frac{\lambda}{1 - e^{-\lambda \psi_L}} - \frac{1}{T_L} \frac{\psi}{b_{\text{bl}}}, \quad (12.14)$$

где $p_{k \min}$, Δp_{k1} – затраты на замену выбывающего оборудования и строительство новых электростанций (с учетом темпа развития) соответственно;

k – удельные капиталовложения, дол./кВт;

h – годовое число использования мощности, ч/год;

μ – доля (от капиталовложений) постоянных ежегодных затрат, 1/год;

C – цена топлива, дол./т.у.т.;

η – КПД;

8141 – энергетический эквивалент условного топлива, кВт·ч/т.у.т.

Налоги: налог на прибыль ($\phi_1=0,24$), на имущество ($\phi_2=0,02$), НДС ($\phi_3=0,18$), ставка процента по акциям РАО «ЕЭС России» в настоящее время 2%, однако следует учитывать необходимость ее увеличения несколько выше ставки рефинансирования ЦБ РФ – примерно 10% в валюте (13% в рублях), поэтому принимаем ($\phi_4=0,10$).

Тариф свободного рынка (в долгосрочном плане). Формулы приведенные в источнике, откорректированы автором, так как они не отражают, тот факт, что выплаты акционерам осуществляются только с акционерного капитала, а соответствующие выплаты по кредитам и проценты с заемного капитала /4, 5/, поэтому, следует вести расчет по следующим формулам:

$$P_1 = P_\mu + P_C + P_\phi + P_{k3}, \quad (12.14)$$

Капитальная составляющая цены определится по формуле:

$$P_{k3} = \frac{1 - \phi_1}{1 - \phi_1 - \phi_3} \cdot \frac{k}{h} \cdot \frac{\lambda}{1 - e^{-\lambda \cdot T_R}} \cdot \frac{\psi}{B}, \quad (12.15)$$

Налоговая составляющая (налог на имущество и дивиденды акционеров и выплата процентов по кредитам) цены по формуле:

$$P_\phi = \frac{1}{1 - \phi_1 - \phi_3} \cdot \frac{k}{h} \cdot \frac{\lambda}{1 - e^{-\lambda \cdot T_R}} \cdot \frac{\psi}{B} + \sigma \cdot \frac{\lambda}{1 - e^{-\lambda \cdot T_R}} \cdot \frac{\psi}{B}, \quad (12.16)$$

Для свободного рынка срок возврата инвестиций следует принять: $T_R = 10$ лет, процент на капитал по ставке рефинансирования ЦБ $\sigma = 0,10$ в валюте. Постоянные эксплуатационные издержки (μ) конкурентного рынка по сравнению с монопольным, приняты одинаковыми, а не снижены на 30% как в источнике

/2/, так как тариф естественной монополии ниже конкурентного рынка. Темп роста электропотребления для России принят $\lambda = 0,03$, однако рассмотрены и другие варианты роста темпов электропотребления.

Таблица 20

Характерные технико-экономические показатели электростанций РФ

показатель	k	h	μ	T	η	C
АЭС	1000	6700	0,06	50	0,33	10,7
КЭС (уголь)	850	5900	0,04	30	0,36	30
КЭС (газ)	800	6300	0,035	30	0,4	50
ГЭС (большие)	950	4200	0,0025	100	—	—
ГЭС (малые)	1200	3800	0,0025	50	—	—

Существующее соотношение доли произведенной электроэнергии различными типами станций: АЭС – 10%, КЭС (уголь) – 40%, КЭС (газ) – 36%, ГЭС (большие) – 12%, ГЭС (малые) – 2%.

Таблица 21

Тариф на электроэнергию монополистического рынка, цент/кВт·ч

Электростанция	$\lambda = 0$	$\lambda = 0,01$	$\lambda = 0,02$	$\lambda = 0,03$	$\lambda = 0,04$	$\lambda = 0,05$
АЭС	7,06	7,65	7,80	7,96	8,14	8,33
КЭС (уголь)	6,00	6,73	6,84	6,96	7,08	7,22
КЭС (газ)	5,84	6,48	6,58	6,68	6,79	6,91
ГЭС (большие)	6,70	7,17	7,39	7,64	7,91	8,20
ГЭС (малые)	10,14	11,28	11,56	11,87	12,21	12,58
Средний тариф	6,18	6,88	7,00	7,14	7,29	7,44

Таблица 23

Тариф на электроэнергию свободного конкурентного рынка, цент/кВт·ч

Электростанция	$\lambda = 0$	$\lambda = 0,01$	$\lambda = 0,02$	$\lambda = 0,03$	$\lambda = 0,04$	$\lambda = 0,05$
АЭС	7,06	9,36	9,48	9,59	9,72	9,84
КЭС (уголь)	6,00	7,85	7,95	8,04	8,14	8,24
КЭС (газ)	5,84	7,47	7,55	7,64	7,73	7,82
ГЭС (большие)	6,70	9,61	9,76	9,91	10,06	10,22
ГЭС (малые)	10,14	14,54	14,76	14,99	15,22	15,46
Средний тариф	6,22	8,21	8,31	8,42	8,52	8,63

Как видно из таблицы наиболее эффективными будут КЭС (газ), затем КЭС (уголь), при этом у ГЭС, особенно малых, и АЭС будет самый высокий тариф на электроэнергию. При незначительных темпах роста электропотребления

($\lambda=0\div0,05$) более эффективно работает монополистический рынок в среднем на 1,3 цент меньше по сравнению с конкурентным рынком, при высоких темпах электропотребления ($\lambda>0,275$) более выгодно работает конкурентный рынок, однако такие темпы роста не характерны для РФ, что в целом согласуется с выводами авторов источника. Тем не менее, авторы не учитывают особенности формирования рынка электроэнергии в РФ в настоящее время. Так предполагается не только формирование независимых генерирующих компаний, но и передача ГЭС и АЭС в соответствующие государственные генерирующие компании с полным или преобладающим государственным капиталом. Следует учесть, что темпы роста строительства ГЭС будут существенно ниже темпов роста других типов станций, ввиду ограниченности гидроресурсов РФ. Согласно литературным источникам можно предположить, что к 2020 г. соотношение доли произведенной электроэнергии различными типами станций будет следующим: АЭС – 10%, КЭС (уголь) – 14%, КЭС (газ) – 61%, ГЭС (большие) – 13%, ГЭС (малые) – 2%. При этом, следует учесть постепенный переход к свободно-конкурентному рынку, что приведет к повышению темпов роста процента по акциям РАО «ЕЭС России» с 2% в настоящее время до 15% к 2020 г, а также к акционированию и строительству частными инвесторами ТЭС и КЭС (газ).

В расходы на поддержание состояния окружающей среды для различных станций составляют: АЭС – 1,2 цент/кВт·ч, КЭС (уголь) – 2,2 цент/кВт·ч, КЭС (газ) – 0,6 цент/кВт·ч, ГЭС – незначительны (обычно входят в эксплуатационные издержки). При темпах роста электропотребления $\lambda=0,03$, с учетом расходов на поддержание окружающей среды, наиболее эффективными будут КЭС (газ) и большие ГЭС, что приведет к отказу от КЭС (уголь) и к переходу на КЭС (газ), при этом замедлится строительство АЭС.

В связи с подписанием Россией Киотского протокола, по регулированию выбросов тепла и парниковых газов в окружающую среду, возможно повышение доли угольного топлива в топливном балансе РФ в 2010-2015 гг., что потребует покрытия расходов в объеме \$ 1 млрд. для обеспечения природоохранных норм и международных обязательств России по ограничению выбросов в

атмосферу загрязняющих веществ. В таблице 24, приведены соответствующие выше указанным положениям, тарифы на электроэнергию регулируемого свободного конкурентного рынка электроэнергии в РФ.

Таблица 24

**Тариф на электроэнергию регулируемого
свободного конкурентного рынка РФ, цент/кВт·ч**

Электростанция	$\lambda = 0$	$\lambda = 0,01$	$\lambda = 0,02$	$\lambda = 0,03$	$\lambda = 0,04$	$\lambda = 0,05$
АЭС	8,26	8,85	9,00	9,16	9,34	14,71
КЭС (уголь)	8,20	10,05	10,15	10,24	10,34	13,38
КЭС (газ)	6,44	8,07	8,15	8,24	8,33	11,01
ГЭС (большие)	6,70	7,17	7,39	7,64	7,91	14,85
ГЭС (малые)	10,14	11,28	11,56	11,87	12,21	22,47
Средний тариф	6,98	8,38	8,49	8,61	8,73	12,44

Выводы: с учетом особенностей реформирования рынка электроэнергии РФ и требований экологии, при темпах роста электропотребления $\lambda = 0,03$, в условиях регулируемого свободного рынка средний тариф будет равен 0,86 доллар/кВт·ч, что примерно в 2 раза больше существующего на сегодняшний день. В условиях монополистического конкурентного рынка тариф будет на уровне 0,81 доллар/кВт·ч. В случае монополистического рынка (государственное финансирование) основную часть в покрытии расходов по обеспечению природоохранных норм и расходов на строительство электростанций будет нести государство, что, в свою очередь, приведет к значительной нагрузке на государственный бюджет. В противном случае, основную часть расходов будет нести частный бизнес. При этом, монополистическая конкуренция приводит к более капиталоемким методам производства, что приводит к росту тарифа. Таким образом, в условия рыночной экономики более целесообразно, с позиции государственных органов управления для, снижения государственных расходов и повышения эффективности производства постепенный переход к регулируемому свободному рынку электроэнергии.

Выбор вида тарифа для промышленного предприятия

Согласно п. 58 постановления правительства «Об основах ценообразования в отношении электрической и тепловой энергии в РФ», а также п. 7 методических рекомендаций «По расчету регулируемых тарифов и цен на электри-

ческую (тепловую) энергию на розничном (потребительском) рынке» тарифы на электрическую энергию (мощность), поставляемую потребителям, устанавливаются регулирующим органом одновременно в 3 вариантах:

- 1) одноставочный тариф, включающий в себя полную стоимость 1 кВт·ч поставляемой электрической энергии;
- 2) двухставочный тариф, включающий в себя ставку за 1 кВт·ч электрической энергии и ставку за 1 киловатт установленной генерирующей мощности;
- 3) одноставочный (двухставочный) тариф, дифференцированный по зонам (часам) суток.

Согласно п. 47 методических рекомендаций «По расчету регулируемых тарифов и цен на электрическую(тепловую) энергию на розничном (потребительском) рынке» дифференцированный по зонам суток тариф на электроэнергию для потребителей рассчитывается на основе среднего одноставочного тарифа покупки от производителей электроэнергии или с оптового рынка.

Интервалы тарифных зон суток по энергозонам (ОЭС) России устанавливаются службой по тарифам на основании запрашиваемой в ОАО «Системного оператора (СО) – ЦДУ ЕЭС» информации.

Расчет тарифных ставок на электроэнергию, дифференцированных по зонам суток (пик, полупик, ночь) на основе среднего одноставочного тарифа продажи электрической энергии от покупки от производителей электроэнергии или с оптового рынка, осуществляется исходя из следующего уравнения:

$$T_{\text{эгк}}(cp) = (T_n \cdot \text{Э}_n + T_{np} \cdot \text{Э}_{np} + T_n \cdot \text{Э}_n) / \text{Э}_{\text{пол}}, \quad (12.17)$$

где $T_{\text{эгк}}(cp)$ – утвержденный одноставочный тариф на электрическую энергию по ПЭ (руб./тыс. кВт·ч);

T_n T_{np} T_n – тарифы за электроэнергию соответственно в пиковой, полупиковой и ночной зонах суточного графика нагрузки (руб./тыс. кВт·ч);

Э_n , Э_{np} , Э_n – объемы покупки электроэнергии потребителем от производителей электроэнергии или с оптового рынка, рассчитываемым по зонным тарифам, соответственно в пиковой, полупиковой и ночной зонах графика на-

грузки. При этом численные значения объема покупки электроэнергии по зонам могут задаваться как в абсолютных единицах (тыс. кВт·ч), так и в долях от суммарного объема покупки электроэнергии;

$\mathcal{E}_{\text{пол}}$ – полезный отпуск электроэнергии потребителю.

Величина тарифа в ночной зоне T_n устанавливается на уровне, обеспечивающем производителю электроэнергии возмещение суммы расходов на топливо, на производство электроэнергии $\mathcal{E}$:

$$T_n = \text{SUM} \mathcal{Z}^{\text{пер}}_n / \mathcal{E}, \quad (12.18)$$

где $\text{SUM} \mathcal{Z}^{\text{пер}}_n$ – сумма расходов на топливо по ПЭ.

Для энергоснабжающей организации $\mathcal{Z}^{\text{пер}}_n$ включают в себя расходы на покупную электрическую энергию (при их наличии).

Тариф за электроэнергию, поставляемую в полупиковой зоне графика нагрузки $T_{\text{пп}}$, приравнивается к утвержденному для ПЭ одноставочному тарифу:

$$T_{\text{пп}} = T_{\text{эк(ср)}}, \quad (12.19)$$

Определение численного значения тарифа за электроэнергию в пиковой зоне T_n , исходя из уравнения (45), производится по следующей формуле:

$$T_n = \frac{T_{\text{ср}} \mathcal{E}_{\text{пол}} - T_{\text{пп}} \mathcal{E}_{\text{пл}} - T_n \mathcal{E}_{\text{зн}}}{\mathcal{E}_n}, \quad (12.20)$$

где $\mathcal{E}_n$ – потребление электрической энергии в пиковой зоне графика нагрузки.

Дифференцированный по зонам суток тариф на электрическую энергию для потребителей рассчитывается, как сумма дифференцированного по зонам суток тарифа покупки от производителей электроэнергии и, одинаковых по всем зонам суток, тарифа на передачу электрической энергии и платы (за услуги по организацию рынка электроэнергии).

Дифференцированный тариф по времени суток применяется для расчетов за потребленную электроэнергию наряду с другими видами тарифов и для промышленных и иных потребителей расположенных на территории Амурской области. В связи с наличием альтернативных тарифных систем целесообразно проводить экономическую оценку последствий их применения для промышлен-

ных предприятий и ЖКХ и ряда других организаций. Ниже как объект исследования рассматриваются только промышленные предприятия машиностроения

Ориентировочные расходы на заработную плату, по промышленным предприятиям машиностроения, составляют от себестоимости производимой продукции 1-15%. Электроёмкость продукции на большинстве машиностроительных предприятиях находится в пределах от 4 до 14% (чаще всего 6-10%).

Дифференцированный по времени суток тариф на 2006 г. по Амурской области для промышленных предприятий представлен в табл. 25. Одноставочный тариф за потребленную электроэнергию в табл. 26.

Таблица 25

Дифференцированный по времени суток тариф (Амурская область 2006 г.)

Зона графика нагрузки	Единица измерения	35 кВ	1-20 кВ	0,4-0,22 кВ
Ночная зона (с 23-00 до 7-00)	руб./кВтч	0,97	1,61	1,85
Дневная зона (с 7-00 до 23-00)	руб./кВтч	1,39	1,94	2,18
Средний	руб./кВтч	1,18	1,775	2,015

Таблица 26

Одноставочный тариф (Амурская область 2006 г.)

Класс напряжения, кВ	35	1-20	0,4-0,22
Тариф, руб./кВтч	1.25	1.83	2.07

Характерной особенностью большинства промышленных машиностроительных Амурской области является односменная работа табл. 27.

Таблица 27

Среднее годовое число часов работы предприятия

Продолжительность смены, ч	Годовое число часов работы при числе смен, ч		
	1	2	3
8	2250	4500	6400

Предположим, что эти предприятия перейдут на двухсменную работу в связи с переходом на тариф, дифференцированный по времени суток. В результате произойдет неизбежное увеличение расходов на заработную плату не менее чем на 30-40% от первоначальных. При этом несколько увеличится потребление электроэнергии, но не более чем на 0,5-1% (в частности в связи с

увеличением потребления в ночное время; однако, при этом последует некоторое снижение потерь из-за выравнивания графика нагрузки).

В качестве критерия эффективности перехода с одноставочного тарифа по оплате за потребленную электроэнергию промышленным предприятием на дифференцированный тариф использовалась следующая формула:

$$P = \frac{Себ - Себ_{диф}}{Себ} \cdot 100, \quad (12.21)$$

где $Себ$, $Себ_{диф}$ – себестоимость продукции соответственно при работе предприятия по одноставочному и дифференцированному тарифу

Положительное значение относительного снижения (роста) себестоимости (P) свидетельствует о прибыли (убытке) от изменения системы оплаты за потребленную электроэнергию промышленным предприятием.

Доля затрат на электроэнергию в себестоимости продукции, с учетом допущения равномерного распределения затрат на первую и вторую смены работы предприятия, определялась для одноставочного тарифа по формуле:

$$Зэ = Себ \cdot Дэ, \quad (12.22)$$

где $Дэ$ – относительная доля затрат на электроэнергию в себестоимости продукции, о.е.

Для тарифа, дифференцированного по времени суток, применяется по формула:

$$Зэ_{диф} = \frac{Себ \cdot Дэ}{T} \cdot (1 + \delta) \cdot (0,5 \cdot T_n + 0,5 \cdot T_d), \quad (12.23)$$

где T – величина одноставочного тарифа на электроэнергию, руб/кВт·ч;

δ – относительное увеличение потребления при переходе предприятия с односменной работы на двухсменную (в нашем случае $\delta = 0,005$), о.е.;

T_d , T_n – величина ночной и дневной зоны тарифа, дифференцированного по времени суток, руб/кВт·ч.

Доля расходы на заработную плату в себестоимости продукции определялась по формулам:

$$ЗП = Себ \cdot Дзп, \quad (12.24)$$

где $Дзн$ – относительная доля затрат на заработную плату в себестоимости продукции (при одноставочном тарифе), о.е.

При использовании дифференцированного по времени суток тарифа на электроэнергию, как указывалось выше расходы на заработную плату увеличатся на 30%:

$$ЗП_{диф} = Себ \cdot Дзн \cdot 1,3, \quad (12.25)$$

Себестоимость продукции при переходе на дифференцированный тариф определим по формуле:

$$Себ_{диф} = Себ - (ЗП + Зэ) + (ЗП_{диф} + Зэ_{диф}), \quad (12.26)$$

В результате проведенных расчетов для разных уровней (классов) напряжений были получены следующие данные P :

а) при доле затрат на заработную плату 0,01% в себестоимости продукции результаты расчетов приведены на рис. 13

б) при доле затрат на заработную плату 0,15% в себестоимости продукции результаты расчетов приведены на рис. 14

По полученным результатам расчетов раздела 3.4. можно сделать вывод, о том, что только при низкой доле заработной платы в себестоимости продукции возможен переход к дифференцированным тарифам. При средней доли заработной платы в себестоимости около 6% целесообразен переход к дифференцированному тарифу только при электроемкости продукции не менее 35% (при напряжении 35-110 кВ) и не менее 75% (при напряжении 0,4-20 кВ). При низком уровне расходов на заработную плату в себестоимости (1-1,5%) переход к дифференцированным тарифам на промышленных предприятия Амурской области возможен при электроемкости продукции не менее 5% (при напряжении 35-110 кВ) и 12% (при напряжении 0,4-20 кВ).

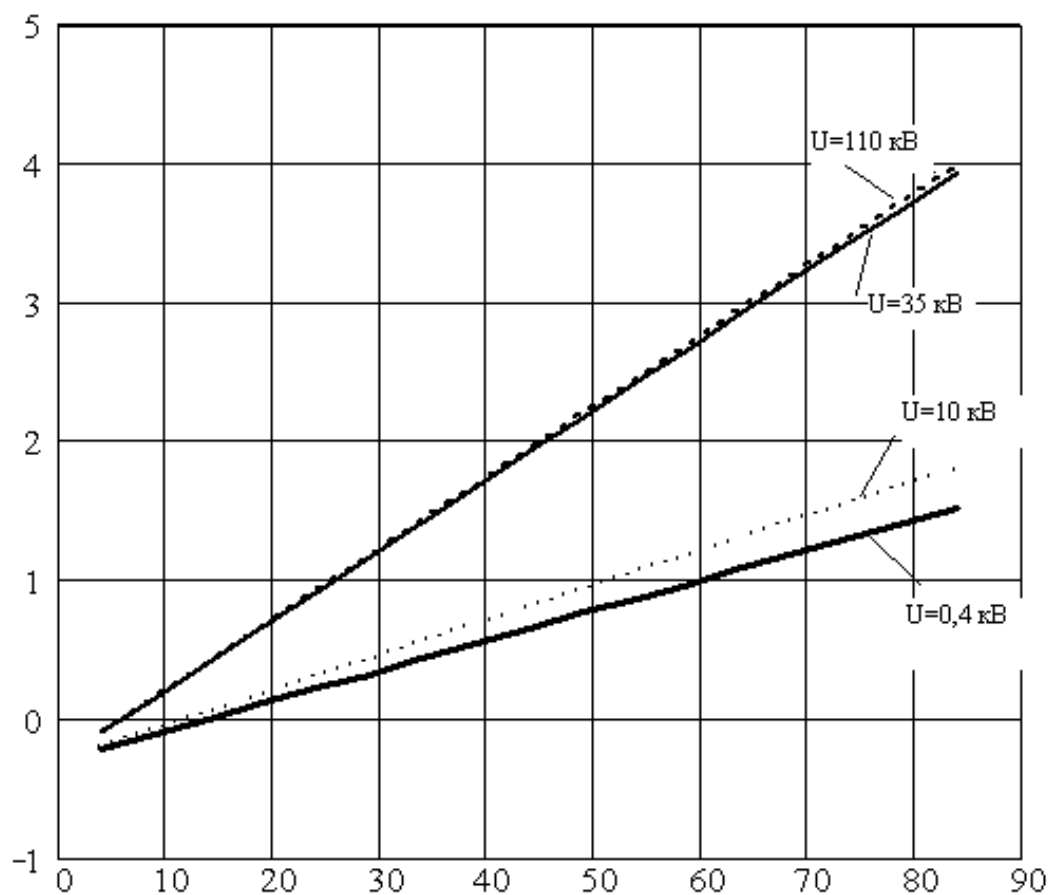


Рис. 95. Эффективность перехода с одноставочного тарифа на электроэнергию на дифференцированный тариф по времени суток при доле затрат на заработную плату 1%

При этом электроёмкость ВВП стран Западной Европы и США 0,4 кВт·ч/1000 \$, а в России не менее 1,1-1,3 кВт·ч/1000 \$. Однако, в связи с низкой величиной тарифов на электроэнергию (ниже 8 цент/кВт·ч) доля затрат в себестоимости продукции, приходящаяся на электроэнергию, не велика. В РФ это приводит к значительному снижению экономического эффекта от перехода к дифференцированным видам тарифов. Низкая производительность труда на большинстве предприятий Амурской области и РФ в целом приводит к росту в себестоимости продукции доли расходов на заработную плату, что, как было указано выше, отрицательно влияет на экономический эффект от перехода на дифференцированный тариф.

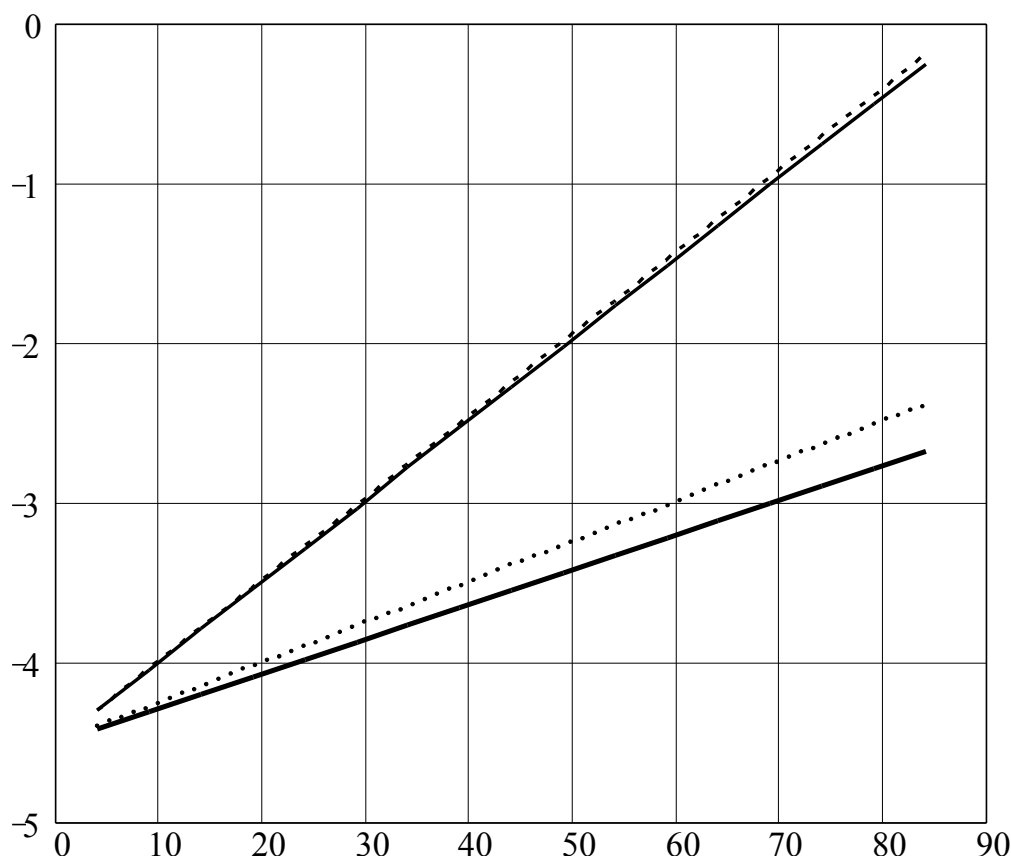


Рис. 96. Эффективность перехода с одноставочного тарифа на электроэнергию на дифференцированный тариф по времени суток при доле затрат на заработную плату 15% (обозначения аналогичны рис. 95)

При переходе на дифференцированный по времени суток тариф следует учитывать обязательной необходимость установки АСКУЭ, срок окупаемости такой системы оценивается по некоторым источникам в 1-2 года. В результате переход на дифференцированный по времени суток тариф даст реальную выгоду не ранее чем через 3-5 лет. В связи с этим, переход к дифференцированному по времени суток тарифу (в замен одноставочного или двухставочного) для промышленных предприятий машиностроения целесообразен только при наличии уже установленной коммерческой АСКУЭ.

По-видимому действующие ставки дифференцированного по времени суток тарифа за потребленную электроэнергию в Амурской области и РФ несколько завышены. так как при расчете дифференцированного тарифа учитывается только снижение удельного расхода топлива на электростанциях; в результате в тарифе учитывается только часть реального эффекта. Однако, эф-

фekt от выравнивания графиков нагрузки, вызванный использованием дифференцированных по времени суток тарифов, включает еще и: снижение величины установленной мощности, что приводит к уменьшению капиталовложений; снижение потерь примерно на половину, величина которых в сетях 220 кВ не должно превышать 4%, а в сетях 110 кВ 5-6%; повышение надежности работы оборудования в связи со снижением частоты разгрузки и остановки оборудования, выражаемое в снижении затрат на его ремонт.

ТЕМА 13. ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ПРОЕКТОВ

Оценка энергосберегающих проектов с позиции сторон участников: промышленного предприятия, АО-энерго, регионального бюджета и других инвесторов

Как уже отмечалось, в СЭМ основой формирования проектов служит стратегия предприятия. Это означает, что направления, целевые установки, которые выбраны приоритетными для дальнейшей реализации (например, энергосбережение) должны получить максимальную поддержку у руководства. На основе стратегии предприятию необходимо формировать инвестиционные и финансовые планы. Основой формирования инвестиционных энергосберегающих проектов служит системный энергетический менеджмент, на базе которого осуществляется предварительная экономическая и финансовая оценка проектов в натуральном и стоимостном выражении.

Однако не менее важным этапом реализации политики энергосбережения является инвестиционное проектирование, которое также входит составным блоком в СЭМ и будет рассмотрено в данной главе.

Эффективность инвестиционного проекта – это категория, отражающая соответствие проекта целям и интересам его участников. При этом необходимо оценивать как эффективность проекта в целом, так и эффективность в проекте каждого из участников.

Классическая экономическая теория утверждала, что главной целью инвестиционной и других видов хозяйственной деятельности является максимизация прибыли. Впервые это утверждение было сформулировано в 1938 году французским экономистом А. Курно и затем развито в работах представителей неоклассической школы. Однако в последствии эту формулировку подвергли критике многие экономисты. Дело в том, что высокая прибыль может быть быстро израсходована на нужды текущего потребления, и предприятие будет лишено источника формирования собственных ресурсов. Кроме того, высокий уровень прибыли предприятия обычно достигается при

высоком уровне инвестиционного риска (например, при высокой доле заемного капитала), что может вызвать угрозу банкротства при неблагоприятно складывающейся экономической ситуации.

В теории устойчивого экономического роста, развиваемой многими последующими экономистами, главной целью инвестиционной деятельности выдвигается обеспечение финансового равновесия предприятия в процессе его развития, что, по их мнению, обеспечивает длительное безкризисное развитие предприятия и поступательное расширение объема его хозяйственной деятельности в процессе инвестирования. Вместе с тем, такая цель инвестиционной деятельности предприятия, минимизируя уровень инвестиционных рисков, связанных с процессом реализации инвестиций, не позволяет задействовать в полной мере все резервы роста рентабельности их использования. Кроме того, механизм реализации этой цели недостаточно взаимосвязан с колебаниями конъюнктуры финансового и товарного рынков, которые изменяют параметры условий формирования инвестиций конкретного предприятия при заданных темпах его экономического развития (что рассматривалось, например, в гл. 2, которая посвящена оценке влияния тарифа на экономическую эффективность энергосбережения). При этом, достижение и поддержание финансового равновесия не может рассматриваться как главная цель инвестиционной деятельности предприятия (хотя и является одной из важных задач инвестиционного менеджмента). Современная экономическая теория в качестве цели инвестиционной деятельности предприятия выдвигает обеспечение максимизации благосостояния собственников предприятия, которое получает конкретное выражение в максимизации рыночной стоимости предприятия. Это положение разделяется всеми современными теоретиками в области инвестиционного менеджмента, так как, по их мнению, оно наилучшим образом реализует финансовые интересы владельцев предприятия. В этой главной цели получают отражение факторы времени, доходности и риска, что является более полным отражением деятельности предприятия.

С учетом изложенного, главной целью инвестиционного менеджмента является обеспечение благосостояния собственников предприятия в текущем и перспективном периоде. Поэтому в СЭМ блоки выработки стратегических целей и предварительного отбора энергосберегающих проектов в последствии должны быть подкреплены уточненной экономической и финансовой оценкой эффективности инвестиций.

В процессе управления инвестиционной деятельностью предприятие должно решать множество задач. Мы выделим лишь наиболее важные из них:

1. Обеспечение максимальной доходности (прибыльности) отдельных реальных и финансовых инвестиций и инвестиционной деятельности предприятия в целом при предусматриваемом уровне инвестиционного риска.

Обеспечение наибольшей доходности в условиях ограниченности финансовых ресурсов и большого числа инвестиционных проектов с различными сроками их реализации не возможно без формирования полных финансовых планов. Под полным финансовым планом понимают такое распределение инвестиционных ресурсов, при котором обеспечивается:

- максимально возможное их распределение по существующим проектам (наиболее полная реализация ресурсов);
- максимальный уровень дохода или остаточного имущества, выбираемого в зависимости от того, каких целей придерживается руководство предприятия и возможные участники инвестиционного проекта;
- поддержка платежеспособности предприятия в любой момент времени осуществления проекта или группы проектов.

Количество различных финансовых планов может быть очень велико, особенно при большом числе инвестиционных проектов. При этом, требуется выбрать лучший из них – наиболее оптимальный план. Решение этой задачи возможно путем использования, например, методов линейного программирования.

2. Обеспечение минимизации инвестиционного риска отдельных реальных и финансовых инвестиций и инвестиционной деятельности предприятия в целом при предусматриваемом уровне их доходности (прибыльности).

3. Обеспечение оптимальной ликвидности инвестиций при изменении внешних и внутренних условий осуществления инвестиционной деятельности. Оценка ликвидности проводится для того, чтобы выяснить, насколько платежеспособным окажется предприятие в случае реализации проекта и не появится ли риск его банкротства. Такая оценка проводится на основе данных трех форм финансовой отчетности, называемыми базовыми формами финансовой оценки: отчете о прибыли, отчете о движении денежных средств (он же финансовый план) и балансовом отчете. Основное отличие базовых форм финансовой отчетности от существующих форм бухгалтерской отчетности в том, что они дают представление о прогнозируемом состоянии предприятия (инвестиционного проекта). Оценка ликвидности осуществляется путем расчета финансово-аналитических коэффициентов и сравнении их с нормативом для того или иного предприятия.

4. Обеспечение финансового равновесия предприятия в процессе осуществления инвестиционной деятельности. Оценка финансово-экономического равновесия может быть определена путем расчета финансовой или экономической устойчивости предприятия.

При реализации инвестиционных проектов в энергосбережение обязательно нужно учитывать возможность получения дополнительного экономического эффекта предприятием, так, в соответствии с частью первой Налогового кодекса РФ, предприятия для финансирования инвестиционной деятельности могут использовать налоговый кредит, который представляет собой отсрочку уплаты налога. Этот кредит предоставляется на условиях возвратности и платности. Срок его предоставления – от одного года до пяти лет. Процент за пользование инвестиционным налоговым кредитом устанавливается по ставки ЦБ. Такие возможности поддержки инвестиционных проектов обязательно должны учитываться при инвестиционном проектировании.

Окончательная разработка инвестиционных проектов предприятия может быть осуществлена с помощью специальных компьютерных программ – COMFAR, PROJECT EXPERT и других, которые значительно снижают трудоемкость расчетов эффективности.

Эффективность проекта в целом оценивается с целью определения потенциальной привлекательности проекта для возможных участников и поисков источников финансирования. Она включает:

- социально-экономическую эффективность проекта;
- коммерческую эффективность проекта.

Эффективность участия в проекте проводится с целью проверки реализуемости проекта и заинтересованности в нем всех его участников и включает в себя:

- эффективность участия предприятий и организаций в проекте;
- эффективность инвестирования в проект;
- эффективность участия в проекте структур более высокого уровня, в том числе:
 - региональную и народнохозяйственную;
 - отраслевую;
 - бюджетную.

Одним из наиболее важных методов принятия решений при инвестиционном проектировании являются инвестиционные расчеты – методы, посредством которых можно оценить ожидаемые последствия инвестиций, касающиеся интересов участников. При этом принятие решений по инвестированию нельзя подменять инвестиционными расчетами – последние лишь обосновывают принятие к реализации проектных решений, разработанных на более ранних этапах СЭМ.

Оценка эффективности проекта производится в три этапа:

1. Первоначальным шагом является экспертная оценка общественной значимости проекта. Общественно значимыми считаются

крупномасштабные, народно-хозяйственные и глобальные проекты.

2. На втором этапе рассчитываются показатели эффективности проекта в целом. Цель этого этапа – интегральная экономическая оценка проектных решений и создание необходимых условий для поиска инвестора. Для локальных проектов оценивается только коммерческая эффективность и, если она оказывается приемлемой, рекомендуется непосредственно переходить к следующему этапу оценки. Для общественно значимых проектов оценивается, прежде всего, их социально-экономическая эффективность. При неудовлетворительной оценке такие проекты не рекомендуются к реализации и не могут претендовать на государственную поддержку. Если же их социально-экономическая эффективность оказывается достаточной, оценивается их коммерческая эффективность.
3. Третий этап оценки осуществляется после выработки схемы финансирования. На этом этапе уточняется состав участников в проекте каждого из них (региональная и отраслевая эффективность, эффективность участия в проекте отдельных предприятий и акционеров, бюджетная эффективность и прочее).

При оценке проекта по энергосбережению следует разграничивать финансовую и экономическую эффективность, так как в настоящее время в РФ внутренние цены и тарифы на энергоресурсы ниже, чем в экономически развитых странах мира, да и в регионах РФ в связи с рыночными механизмами, действующими на территории РФ, имеет место различие цен на энергоресурсы. Поэтому оценка эффективности проекта в натуральных показателях будет отличаться от стоимостной оценки. Отсюда вывод, оценку эффективности в натуральных показателях можно проводить на предварительном этапе инвестиционного проектирования, а в стоимостных на последующих этапах, в особенности при оценке с позиций сторон участников проекта.

При оценке эффективности с позиций сторон участников и заинтересованных сторон можно выделить следующие критерии:

С точки зрения энергосистемы, повышение эффективности работы предприятий, в частности за счет энергосбережения, может дать:

1. Повышение прибыльности структурных подразделений и в целом энергосистемы.
2. Снижение затрат на производимую продукцию, и приобретаемую энергосистемой.
3. Снижение потребления энергии, улучшения энергосберегающего "климата" в регионе, так как другие предприятия, имея ориентиры, будут стремиться к снижению энергетических затрат.
4. Обеспечение предприятий энергосистемы продукцией, которую приходится закупать в других регионах России.
5. Повышение экспорта электроэнергии в другие регионы и за рубеж.

Оценка общественной эффективности инвестиционного проекта для бюджетов всех уровней

Как уже отмечалось ранее, очень важным этапом инвестиционного проектирования является оценка общественной и бюджетной эффективности проекта, так как, кроме возможности финансовой поддержки проекта бюджетами всех уровней, можно получить, например, политическую или страховую поддержку, а это, в свою очередь, может значительно снизить внешние риски реализации проекта.

С точки зрения регионального бюджета реализация инвестиционного проекта может дать:

1. Рост будущих налоговых поступлений.
2. Увеличение занятости населения.
3. Снижение затрат на пособия по безработице.
4. Улучшение инвестиционной привлекательности региона.
5. Выполнение поставленных федеральных программ по энергосбережению.

6. Улучшение экологической безопасности региона.
7. Рост валового внутреннего продукта региона.
8. Увеличение экспортных возможностей региона (например, за счет повышения таможенных сборов), и др.

Таким образом, для окончательной оценки бюджетной эффективности необходима детальная финансовая и (или) экспертная оценки перечисленных выше параметров. В процессе экономического анализа энергосберегающих проектов рекомендуется оценивать и сопоставлять с исходным расчетом только показатели эффективности участия предприятий в проекте. Если при этом обнаруживается, что показатели эффективности, полученные при исходном расчете, не достигаются, рекомендуется на основании расчета эффективности инвестиций для участников инвестиционного проекта с учетом только предстоящих затрат и результатов, рассмотреть вопрос о целесообразности продолжения проекта, введения в него изменений и т.д., после чего пересчитать эффективность участия каждого участника.

При этом дополнительно в денежных потоках от реализации проекта учитывается, например, увеличение или уменьшение доходов сторонних организаций и населения. При наличии соответствующей информации в состав затрат включаются ожидаемые потери от аварий и иных нештатных ситуаций:

1. Увеличение будущих налоговых поступлений (притоки от налогов, акцизов, пошлин, сборов и отчислений во внебюджетные фонды), установленных действующим законодательством.
2. Увеличение занятости населения. Оценивается рост численности работников привлекаемых дополнительно для реализации проекта, а также изменение количества работников, связанных с ростом производства на предприятии.
3. Снижение затрат на пособия по безработице. Оцениваются возможные затраты на пособие по безработице, в случае, если бы численность работников предприятия не изменилась.

4. Улучшение инвестиционной привлекательности региона. Оцениваются темпы роста инвестиций в регионе при реализации инвестиционных проектов в энергосбережение.
5. Выполнение поставленных федеральных программ по энергосбережению. Оценивается уровень выполнения федеральных программ по энергосбережению.
6. Улучшение экологической безопасности региона. Оценивается эффект от снижения выбросов и отходов промышленного предприятия.
7. Увеличение валового внутреннего продукта региона. Доходы от лицензирования, конкурсов и тендеров на разведку, строительство и эксплуатацию объектов, предусмотренных проектом;
8. Комиссионные платежи Минфину РФ за сопровождение иностранных кредитов (в доходах федерального бюджета).
9. Платежи в погашение кредитов, выданных из соответствующего бюджета участникам проекта.
10. Дивиденды по принадлежащим региону или государству акциям и другим ценным бумагам, выпущенным в связи с реализацией энергосберегающего проекта.

Необходима также оценка оттока денежных средств при реализации проекта:

1. Предоставление бюджетных ресурсов в виде инвестиционного кредита;
2. Предоставление бюджетных средств на безвозмездной основе (субсидирование);
3. Наличие бюджетные дотаций, связанных с проведением определенной ценовой политики и обеспечением соблюдения определенных социальных приоритетов.

При оценке бюджетной эффективности проекта учитываются также изменения доходов и расходов бюджетных средств, обусловленных влиянием проекта на сторонние предприятия и население, если проект оказывает на них влияние, в том числе:

1. Прямое финансирование предприятий, участвующих в реализации ИП.
2. Изменение налоговых поступлений от предприятий, деятельность которых улучшается или ухудшается в результате реализации ИП.
3. Выплаты пособий лицам, остающимся без работы в связи с реализацией проекта (в том числе при использовании импортного оборудования и материалов вместо аналогичных отечественных).
4. Выделение из бюджета средств для переселения и трудоустройства граждан в случаях, предусмотренных проектом.

В качестве выходной формы рекомендуется таблица денежного потока бюджета с определением показателей бюджетной эффективности. Основным показателем бюджетной эффективности является ЧДД бюджета (ЧДДб).

Результатом оценки значимости является сумма дополнительных доходов, полученных регионом от реализации проекта. Таким образом, регион должен оказать поддержку энергосберегающему проекту промышленного предприятия в размере не менее суммы дополнительных доходов. При этом инвестиции в проект региональные власти должны оказывать на возвратной основе.

По расчетным данным проекта составляются денежные потоки для определения бюджетной эффективности и рассчитываются обобщающие показатели бюджетной эффективности проекта. Для каждого уровня бюджета (федерального, регионального, местного) расчеты проводятся отдельно.

Оценка эффективности инвестиционного проекта с позиций энергохолдинга

Для того, чтобы стимулировать инвестирование в энергосбережение на предприятиях энергохолдинга, необходимо также оценивать отраслевую эффективность проекта.

1. Повышение прибыльности структурных подразделений и в целом предприятий энергохолдинга (здесь, учитываются дополнительные эффект от снижения закупок у сторонних организаций).

$$D_s = (V_1 - V_2) - C_s \quad (13.1)$$

где Ds – эффект от изменения объема производимой продукции для предприятий энергохолдинга;

$V1, V2$ – объемы производимой продукции для предприятий энергохолдинга до и после реализации продукции соответственно;

Cn, Cc – цена продукции промышленного предприятия и соответственно цена аналогичной продукции сторонней организации.

2. Снижение затрат на производимую продукцию, и соответственно снижение цен приобретаемой предприятиями энергохолдинга продукции (оценивается возможность снижения цены продукции производимой промышленными предприятиями для энергетических предприятий энергохолдинга).
3. Снижение потребления энергии, улучшение энергосберегающего "климата" в регионе, так как предприятия, не входящие в энергохолдинг, на основе имеющегося опыта энергосбережения, будут стараться к снижению энергетических затрат.
4. Обеспечение предприятий энергосистемы продукцией, которую приходится закупать в других регионах России.
5. Повышение экспорта электроэнергии в другие регионы и за рубеж.

$$\mathcal{E}\Phi = (\mathcal{E}1 - \mathcal{E}2) \mathcal{C}T, \quad (13.2)$$

где $\mathcal{E}\Phi$ – экспортный потенциал предприятий энергохолдинга;

$\mathcal{E}1, \mathcal{E}2$ – потребляемая промышленным предприятием энергохолдинга электроэнергия соответственно до и после реализации энергосберегающего проекта.

На основании оценки дополнительного эффекта (потоков денежных средств) рассчитывается чистый дисконтированный доход для энергохолдинга.

$$\mathcal{C}\mathcal{D}\mathcal{D}\mathcal{E} = \sum_{t=0}^{T_p} e^{-rt} (Ds_t + \mathcal{E}\Phi_t + \mathcal{D}\mathcal{P}_t), \quad (13.3)$$

где Ds_t - эффект от изменения объема в год t ;

$\mathcal{E}\Phi_t$ - экспортный потенциал в год t ;

$\mathcal{D}\mathcal{P}_t$ - иной дополнительный эффект в год t .

T_p – расчетный период проекта.

Учет риска и неопределенности при оценке инвестиционных проектов в области энергосбережения

В расчетах эффективности проектов по энергосбережению необходимо учитывать неопределенность, т.е. неполноту и неточность информации об условиях реализации проекта, и риск, т.е. возможность возникновения таких условий, которые приведут к негативным последствиям для всех или отдельных участников проекта. Показатели эффективности проекта, исчисленные с учетом факторов риска и неопределенности, именуются ожидаемыми показателями.

Еще Шарп в 1964 г. выделил две составляющие коммерческого риска любого актива (этот риск количественно может быть измерен дисперсией отклонения от ожидаемого значения): 1) специфический риск корпорации (риск эмитента) как диверсифицируемый риск, который устраняется комбинацией ценных бумаг в портфеле; 2) недефисифицируемый (систематический или рыночный) риск.

Таким образом, при анализе риска на предприятии целесообразно разделить его на систематический и несистематический, представляя общий риск в виде:

$$R_{\text{общ}} = R_{\text{сис}} + R_{\text{неси}}, \quad (13.4)$$

где $R_{\text{общ}}$ – общий риск проекта;

$R_{\text{сис}}$ – систематический риск проекта, не связанный с реализацией конкретного проекта;

$R_{\text{несис}}$ – риск проекта, связанный с его реализацией.

В свою очередь систематический и несистематический риски подразделяются на внутренний и внешний.

Внутренний риск включает в себя три основных вида: производственный (хозяйственный и (или) технический) риск; финансовый риск; информационный риск. Внешний риск можно условно разбить на три группы: политический, природный и социально-экономический риски. Здесь можно

выделить следующие факторы социально-экономические и политические факторы:

1. Уровень экономического развития в регионе (уровень внутреннего валового продукта в расчете на численность населения);
2. Стабильность политической ситуации в регионе (уровень поддержки политики, проводимой администрацией в регионе);
3. Уровень безработицы в регионе;
4. Распределение совокупного дохода между различными слоями населения (равномерное или резкое расслоение);
5. Объемы иностранных инвестиций в общем объеме инвестиций в регионе;
6. Уровень и темпы инфляции;
7. Степень развития рынка капитала;
8. Особенности географического положения (прежде всего, транспортные расходы и удаленность от центров потребления)
9. Уровень налогообложения и таможенных сборов.
10. Поддержка политики энергосбережения региональными властями.

Для оценки степени внешнего риска обычно используют метод экспертных оценок. При этом ориентирами для оценки значимости и уровня риска могут быть определенные расчетные показатели (например уровень безработицы, валового дохода, общий уровень налогообложения в регионе и т.д.). Базой для сравнения могут быть показатели регионов с высокой степенью инвестиционной привлекательности и низкими уровнями риска инвестиционных вложений. Кроме данного метода возможно также применение метода оценки устойчивости социально-экономической ситуации в регионе с помощью динамического норматива.

В данной работе рассматривается анализ видов риска с использованием нескольких моделей для каждого вида. Причина использования нескольких моделей – невозможность комплексной оценки риска одним методом с достаточ-

ным уровнем точности и качества (так, например, недостатком метода экспертных оценок является субъективность оценок риска).

В настоящее время используются следующие основные методы учета неопределенности при оценке эффективности инвестиционных проектов:

- Укрупненная оценка устойчивости (считается менее точным методом оценки риска и заключается в оценке чистого дисконтированного дохода с учетом поправки на риск).
- Расчет уровня безубыточности (заключается в определении границ безубыточности и предельных параметров проекта: объемов производства, цены продукции и т.п.)
- Метод вариации параметров (заключается в определении предельных значений параметров и построения возможных сценариев реализации проекта с учетом неопределенности)
- Оценка ожидаемого эффекта проекта с учетом количественных характеристик неопределенности (метод дерева решений – сущность метода в построении сценариев и вероятности их наступления, а затем определение интегрального эффекта).

На наш взгляд, мнение о низкой точности метода укрупненной оценки устойчивости связано с тем, что при оценке поправки на риск применяется метод экспертных оценок. Однако, используя более современные методы оценки риска, например, метод динамической оценки устойчивости предприятия, можно получить достаточно достоверные результаты. Кроме того, используя методику факторного анализа в динамической модели оценки устойчивости предприятия, можно оценить факторы и степень их влияния на реализацию проекта и принять соответствующие меры по снижению такого риска. В то же время метод дерева решений имеет свои минусы – трудность в определении вероятности состояний (параметров) экономической среды.

Желательно при учете риска и неопределенности использовать несколько методик, что связано с широким спектром требований различных инвесторов к эффективности проекта и неполнотой информации о различных рисках по

проекту. Кроме того, ввиду использования современных персональных компьютеров стало возможным значительно облегчить расчеты.

Для оценки энергосберегающих проектов за основу был выбран метод укрупненной оценки устойчивости, который модифицирован с учетом современных методов оценки риска.

Систематический риск связан с особенностью производства, с его организацией, финансовым состоянием, квалификацией и качеством внутрифирменных производственных и трудовых ресурсов и средств. Такой риск следует оценивать комплексно и использовать при его анализе финансовую и производственную отчетность на предприятии. Однако при этом существует вероятность того, что данная отчетность может быть искажена, в связи с недобросовестностью ответственных лиц и не соответствовать реальному положению дел на предприятии. Эта вероятность учитывается понятием информационного риска. Снизить такой вид риска может только детальная аудиторская проверка, поэтому в данной работе он не рассматривается.

Этапами решения поставленной задачи оценки риска реализации энергосберегающих проектов являются: реализация методики оценки несистематического риска при выборе инвестиционных проектов в энергосбережение на предприятии, а затем, на основании динамической модели устойчивости предприятия, – оценка внутреннего систематического риска коммерческого предприятия.

Перспективным при комплексной оценке систематического риска является использование динамической модели устойчивости. Суть этой модели – определение динамической оценки устойчивости предприятия. В данной модели проводится разбивка показателей по виду – на хозяйственные и финансовые. По каждому виду показателей формируется динамический норматив. Все показатели ранжируются с учетом темпов роста, а затем, по результатам финансовой и экономической отчетности определяется комплексный критерий внутреннего риска коммерческого предприятия, который и является систематическим внутренним риском инвестиционного проекта.

Таким образом, систематический внутренний риск предприятия, который в дальнейшем используется при выборе энергосберегающего проекта, может быть определен по следующей формуле:

$$R_{\text{сис.вн}} = (1 - \mathcal{E}_{\text{хоз}}) + (1 - \mathcal{E}_{\text{фин}}) \quad (13.5)$$

где $\mathcal{E}_{\text{фин}}$ – устойчивость финансовой системы предприятия;

$\mathcal{E}_{\text{хоз}}$ – устойчивость производственно-экономической системы предприятия;

$R_{\text{сис.вн}}$ – систематический внутренний риск коммерческого предприятия.

Коэффициент дисконтирования при расчете ЧДД энергосберегающего проекта с учетом риска d_j может быть определен по формуле:

$$d_j = d_{\text{несис.вн}} + R_{\text{сис.вн}} + R_{\text{внешн}} + R \quad (13.6)$$

где $R_{\text{несис.вн}}$ – несистематический риск, связанный с реализацией конкретного проекта;

$R_{\text{сис.вн}}$ – систематический внутренний риск коммерческого предприятия;

$R_{\text{внешн}}$ – внешний риск, связанный с экономической и политической конъюнктурой в регионе и природно-климатическими условиями.

Использование коэффициента дисконтирования с учетом риска позволяет не только учесть риск проекта, но и его изменение во времени – так как риск получения прибыли увеличивается тем больше, чем больше удалено время поступления доходов от начального периода.

Очень важно при инвестиционном проектировании учитывать прошлый опыт реализации различных инвестиционных проектов, а также сохранять данные по рекомендованным к реализации, но по тем или иным причинам, не реализованным проектам или энергосберегающим программам. Необходимо также учитывать, что в процессе инвестиционного проектирования, рассматривается ряд альтернативных инвестиционных проектов, из которых, необходимо выбрать наиболее перспективный финансовый план их реализации, остальные проекты, не попавшие в финансовый план на данный период времени, считаются неэффективными. Однако выбранные для реализации проекты являются эф-

фективными при существующих сложившихся экономических условиях и ограничениях, которые могут меняться с течением времени. При этом необходимо учитывать то, что, во-первых, проекты оказавшиеся невыгодными в настоящий момент, могут оказаться выгодными позднее в связи с изменением состояния экономических условий и ограничений, во-вторых, могут появиться новые проекты и технологии конкурирующие с существующими, в-третьих принятые к реализации эффективные с экономической точки зрения проекты могут быть не реализованы.. Поэтому предлагается следующий алгоритм выбора инвестиционных проектов рис. 95.

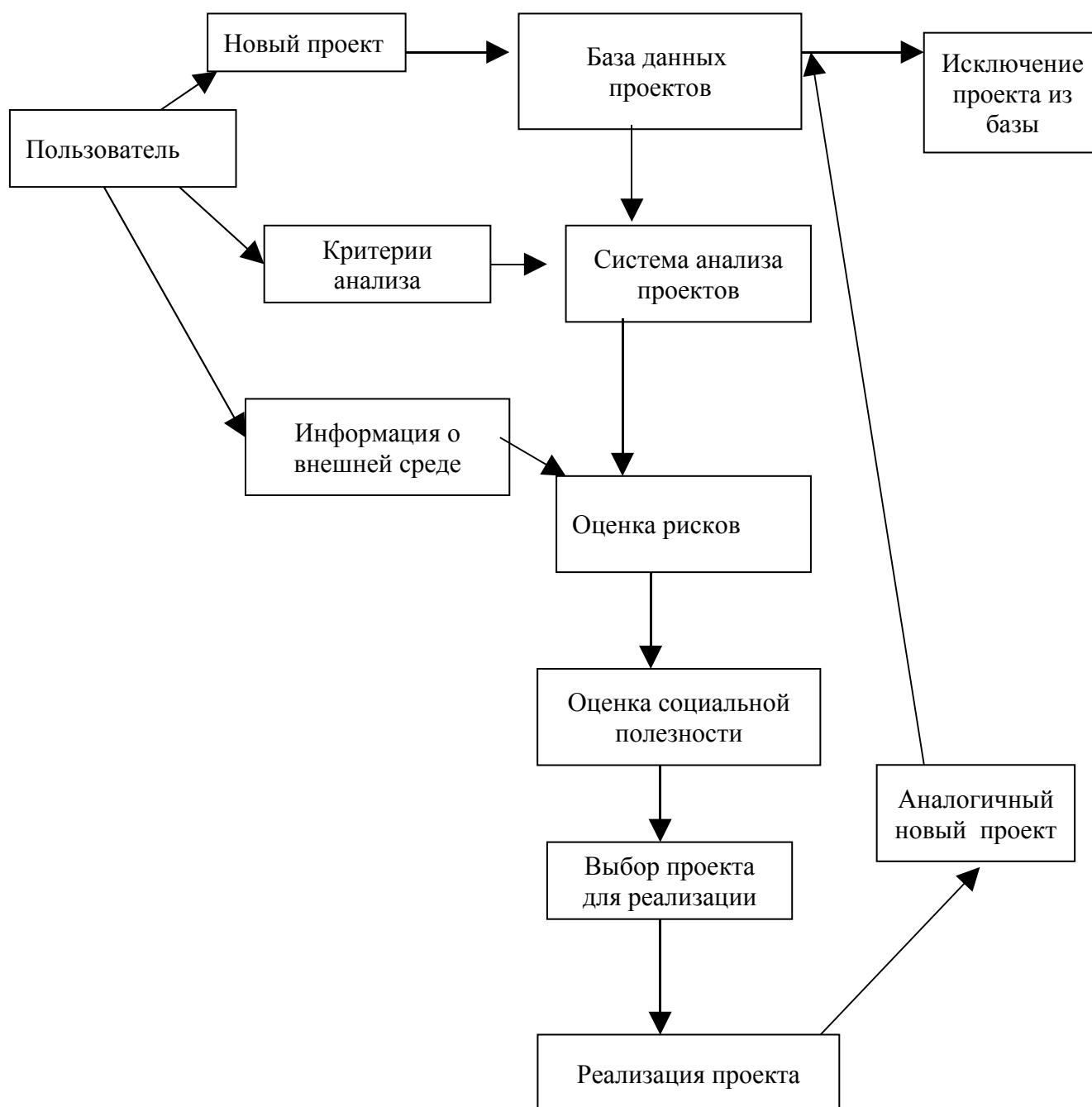


Рис. 97. Алгоритм уточненной оценки

энергосберегающих проектов с учетом факторов риска.

При этом, в случае реализации приведенного алгоритма значительно снижаются затраты на последующее инвестиционное проектирование, так как учитывается опыт создания и реализации ранее подготовленных проектов.

ТЕМА 14. ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ СТИМУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Координация работ в области энергосбережения в системах образования

Целью комплекса работ, проводимых Министерством образования России в области информатизации, является создание распределенной отраслевой информационной системы (ОИС), объединяющей в единую сеть Министерство и образовательные учреждения России. Создаваемая информационная система состоит из взаимосвязанных функциональных блоков, одним из которых является информационно-аналитический блок (система) «Учет и контроль потребления ТЭР».

Информационно-аналитическая система (ИАС) предназначена для автоматизации учета и контроля фактического потребления ТЭР, финансовых показателей по оплате за энергоресурсы организациями Минобразования РФ, расчетов нормативного потребления (на уровне Министерства в целом, уровне регионов и отдельных потребителей), а также информационной поддержки руководства Министерства при решении текущих задач управления энергопотреблением в отрасли и формировании лимитов.

Внедрение подсистемы позволит:

улучшить контроль и планирование использования финансовых ресурсов, расходуемых на оплату ТЭР, потребляемых учреждениями Минобразования РФ

улучшить контроль исполнения лимитов потребления ТЭР учреждениями Минобразования РФ

автоматизировать документооборот и отчетность по вертикали «Министерство - образовательное учреждение» в области потребления и оплаты ТЭР

Общая архитектура ИАС

Подсистема представляет собой распределенную информационную систему, имеющую несколько уровней иерархии:

федеральный

региональный

уровень образовательного учреждения

Обобщенная структура системы приведена на [рис.98.](#)

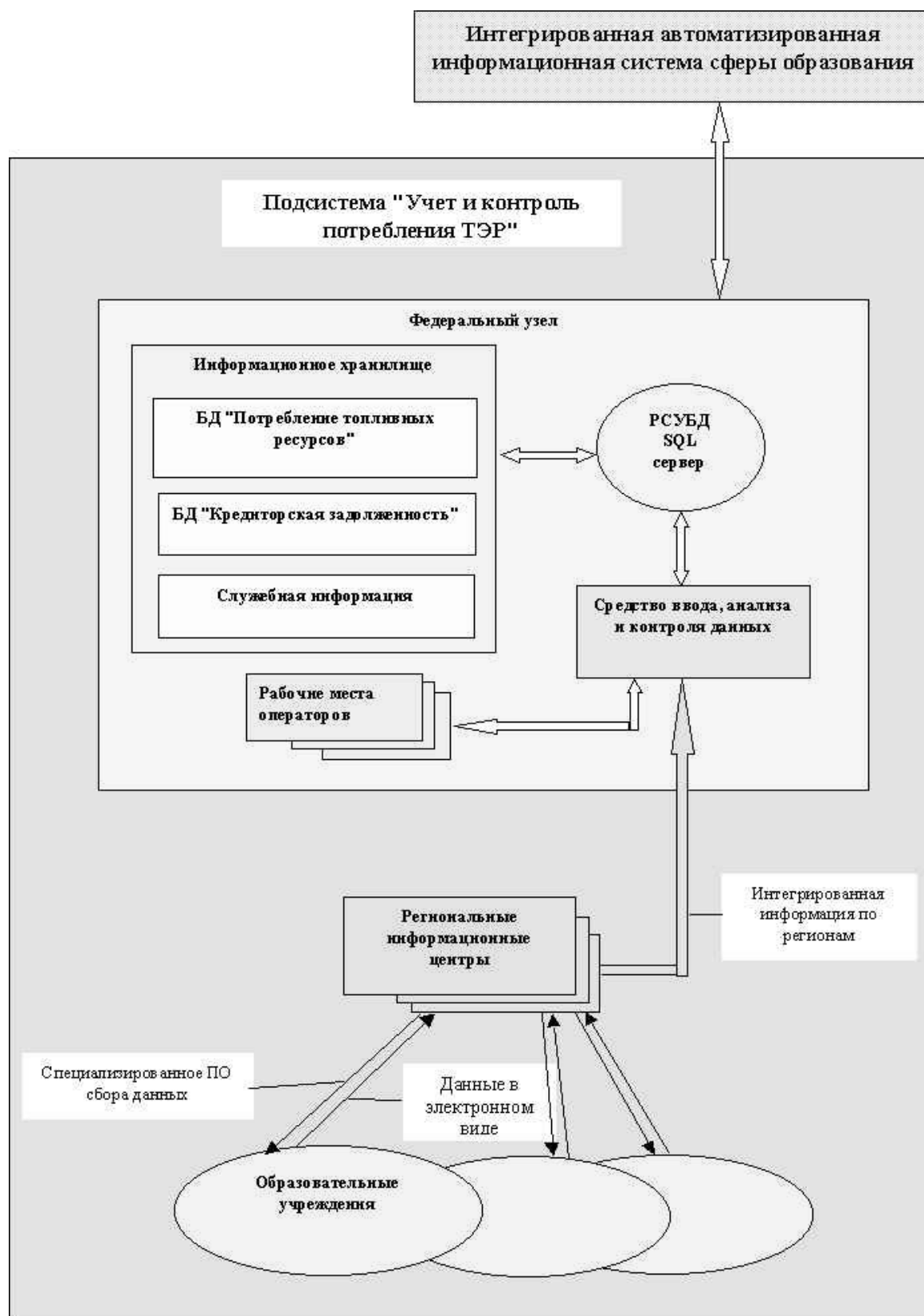


Рис. 98. Информационная аналитическая система по энергосбережению в сфере образования

Система федерального уровня располагается на серверах Минобразования РФ и предназначена для хранения интегрированной информации о потреблении ТЭР (в натуральных и финансовых аспектах) в региональных разрезах.

Система оснащается подсистемой поддержки принятия решений, разрабатываемой на основе блока аналитической обработки исходных данных.

Системы регионального уровня располагаются на вычислительных средствах сети региональных информационных центров и предназначены для хранения интегрированной и детализированной (по отдельным потребителям) информации о потреблении ТЭР в региональном разрезе.

Системы уровня образовательного учреждения располагаются на вычислительных средствах отдельных образовательных учреждений и предназначены для хранения информации о потреблении ТЭР в данной организации.

Ядром ИАС является общий информационный ресурс - банк данных, в состав которого входят следующие базы данных (БД):

- «Потребление топливных ресурсов (БДТР)»;
- «Кредиторская задолженность (БДКЗ)»;
- БД со служебной информацией.

ИАС включает также средства доступа к данным (ввод, чтение, редактирование), средства анализа и представления данных, коммуникационные средства.

Платформой ИАС является центральный сервер (сервер Федерального уровня), серверы региональных информационных центров (РИЦ), локальные сети (ЛС Федерального центра и всех РИЦ). Общее взаимодействие частей архитектуры ИАС осуществляется через сеть Интернет (за исключением взаимодействий внутри ЛС). Клиенты - пользователи информации ИАС имеют рабочие места в подразделениях Федерального центра и РИЦ; остальные клиенты системы обеспечивают поступление в БД новой первичной фактографической информации и располагаются в учреждениях Минобразования РФ.

Сервер РИЦ обслуживает все учреждения (всех клиентов) данного региона (территории), накапливая первичную информацию в БДТР и БДКЗ. Сервер Федерального уровня принимает от сервера РИЦ всю или сводную информацию по региону, помещая ее в собственные БДТР и БДКЗ.

Основную нагрузку на региональный сервер создают клиенты ввода данных, для Федерального сервера - клиенты для решения информационно-поисковых и аналитических задач, что учитывается при расчете оптимальной конфигурации соответствующих серверов баз данных.

Правовые механизмы регулирования потребления энергетических ресурсов



Рис. 99. Компоненты смешанной базы данных

В качестве предметной области для наполнения банка данных «Энергоэффективное оборудование и технологии» взяты основные и косвенные направления. К этим направлениям относятся:

- общие вопросы энергосбережения;
- местные топливные ресурсы и их использование;
- лесная и деревообрабатывающая промышленность;
- химическая техника и технология;
- производство строительных материалов;
- здания и сооружения;
- нетрадиционные и возобновляемые источники энергии.

Информационная система «Энергоэффективное оборудование и технологии» предназначена для организации поиска и получения необходимой информации по проблеме энергосбережения с минимальными затратами времени.

Обширную информацию по энергосбережению можно найти на сайтах Интернета. В качестве примера приведем несколько www-серверов:

- сайт <http://www.energy-efficiency.ru/>, поддерживаемый Минобразования РФ сайт;

- сайт <http://www.energосber.74.ru/>, поддерживаемый ОГУП "Энергосбережение", г. Челябинск. Помимо описания работы организации есть много практической информации об энергосбережении, эффективном водопотреблении, ЖКХ, журнал "Вестник энергосбережения Южного Урала" и пр.

- сайт www.energocentre.com, поддерживаемый Белорусской ассоциацией промышленных энергетиков;

- сайт www.senef.kiev.ua Государственного комитета Украины по энергосбережению;

- англоязычный сайт www.ase.org Ассоциации энергосбережения (США).

Перечисленные сайты позволяют ознакомиться с новостями, методами обучения, некоторыми электронными публикациями, нормативами и другой полезной информацией в области эффективного и рационального использования энергии.

Общие подходы в области стимулирования энергосбережения за рубежом.

Методы стимулирования энергосбережения за рубежом могут представлять интерес для РФ в настоящее время. Рассмотрим их на примерах организации энергетического менеджмента в странах Западной Европы, использующих преимущественно методы экономического воздействия на потребителей ТЭР, и в Японии, отдающей предпочтение государственному регулированию энергосбережения.

В числе средств, широко используемых в мире и оказывающих существенное влияние на повышение эффективности использования ТЭР, входят как

жесткие, сильнодействующие (цены и тарифы) средства, так и широко распространенные в мире достаточно мягкие, гибкие, как, например, экономические, не менее активно стимулирующие энергосбережение. При этом наблюдается общее стремление придать им легитимный характер, т.е. представить в виде законов или законодательных актов. Причем эти тенденции свойственны как странам, предпочитающим государственное регулирование энергопотребления, так и идеализирующим роль рыночных механизмов.

Сущность всех программ по энергосбережению, разрабатываемых в различных странах, - это стремление взяться за «самое плохое», т.е. направить финансовые средства и усилия прежде всего в те области, где результаты могут оказаться наиболее впечатляющими. Так как Западная Европа руководствуется в основном рыночными мотивами в продвижении по пути совершенствования энергоэффективности, здесь, как правило, стараются избегать правового регулирования, предпочитая информационные программы, повышающие уровень технической осведомленности, весьма осторожно используют нормативное регулирование.

Методы стимулирования энергосбережения в странах Западной Европы. На приведенной (рис. 100) диаграмме показано, в каких секторах общественной деятельности, по мнению западноевропейских специалистов, нормативное регулирование более благоприятно. Из нее следует основной, принятый в Западной Европе, принцип - чем выше энергетическая Интенсивность (например, в промышленности), тем меньше уровень нормативного регулирования. Рынок сам вынудит заниматься энергосбережением и энергоэффективностью. На представленной диаграмме также показано, что областями с самым высоким уровнем правового регулирования являются те, в которых имеется наибольшее число потребителей, - например транспортный и строительный сектора.

Общие мероприятия. Во многих странах законодательные рамки позволяют обеспечить основным мероприятиям по повышению энергоэффективности легитимный характер. Это особенно важно в тех случаях, когда устанавли-

ваются специальные налоговые стимулы или субсидии, которые, естественно, должны согласовываться с законом о налогообложении. В других же странах ограничиваются приданием планам по энергосбережению статуса национальных программ.

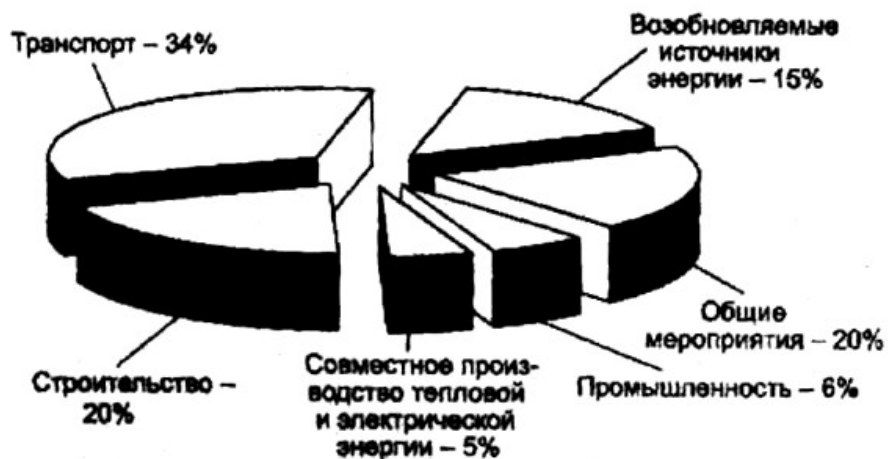


Рис. 100. Уровни нормативного регулирования энергопотребления в странах Западной Европы

Некоторые страны ввели обязательное требование назначения менеджера по энергетике, разрабатывающего годовые планы по повышению энергоэффективности и несущего личную ответственность за их выполнение. Безусловно, это касается крупных пользователей энергии. Выполнение этого требования открывает компании доступ к правительственным субсидиям на энергосбережение (как, например, в Италии).

Там, где существует субсидирование энергосберегающих мероприятий, условия его получения установлены законодательно и зафиксированы в Законодательном акте для дотаций. Такие акты имеются в законодательстве 10 из 15 стран - членов ЕС.

В ряде стран принят закон о налоговых льготах (стимулах). Он позволяет делать налоговые скидки на расходы по приобретению энергосберегающего оборудования или услуг, ведущих к снижению потребления ТЭР. Данный закон часто применяют и для компенсации налогов отдельных граждан или коллективов. Некоторые программы предлагают компаниям выбор: платить налог

за потребляемую энергию или произвести инвестиции в повышение энергоэффективности собственного производства.

В таких странах, как Бельгия, Дания, Франция, создан так называемый Возобновляемый фонд, представляющий собой государственный фонд по выдаче займов для инвестирования в энергосберегающие мероприятия. Возвращаемые средства пополняют фонд, делая его постоянно действующим и хозрасчетным. Как правило, установленная фондом процентная ставка ниже, чем при обычных коммерческих условиях, что равносильно льготному кредиту. Следует отметить, что Возобновляемый фонд - достаточно дорогое мероприятие для правительства. В качестве альтернативы ему в ряде стран (например, Франции, Германии, Люксембурге, Нидерландах) применяется норма ускоренной амортизации. Последняя представляет собой право, предоставляемое доходным предприятиям списывать инвестиции в проекты по энергоэффективности быстрее, чем другие капиталовложения, что дает возможность снизить за короткий срок налоговую задолженность.

В Австрии, Дании, Франции, Ирландии, Италии, Нидерландах под рубрикой общих мероприятий применяется правовое регулирование (нормативы) ЭМС (энергетический менеджмент спроса) коммунальных хозяйств, состоящее в том, что, следуя программе энергетического менеджмента спроса, производитель энергии отдает часть своей прибыли скорее на финансирование энергосберегающих мероприятий для потребителей, чем на строительство новых генерирующих мощностей. Поскольку большинство национальных поставщиков энергии находится в собственности государства, то оно перед финансированием подобных схем должно утвердить затраты и прибыль от реализации программы и форму правового регулирования расходов.

Рассмотрим специфику методов управления энергосбережением в различных секторах экономики.

Промышленность. В целом лишь несколько стран Западной Европы занимаются законодательным установлением показателей энергоэффективности, непосредственно относящихся к промышленности. Как указывалось выше, при-

чиной непопулярности введения нормативов для промышленности является то, что в условиях рыночной экономики она имеет достаточно мощные стимулы к действию. Действительно, обладая высоким техническим потенциалом, финансовыми средствами и высокой технической квалификацией персонала, промышленность должна стремиться к максимальным доходам, чтобы выстоять в конкурентной борьбе, а значит, активно осуществлять политику энергосбережения. И все же в некоторых странах используются мероприятия, стимулирующие повышение энергоэффективности в промышленности. К их числу относятся:

- обязательные энергетические аудиты;
- составление планов организационно-технических мероприятий по снижению потребления ТЭР и отчетов по их реализации;
- введение стандартов на отдельные виды технологического оборудования;
- введение благоприятного ценового режима, денежных дотаций.

В некоторых странах ЕС применяются обязательные энергетические аудиты. В отраслях с большим потреблением энергии аудиты проводятся на регулярной основе, и их предписания обязательны к исполнению. Энергетические аудиты являются необходимым условием для выделения правительственных субсидий или другой помощи в осуществлении мероприятий по энергосбережению. В Италии, Франции, Нидерландах, Португалии существует требование составления энергетических планов крупными промышленными предприятиями с указанием намечаемых мероприятий по повышению энергоэффективности, а также предоставления отчетов о деятельности, направленной на уменьшение энергопотребления. В Германии, Греции Франции применяются стандарты для камер сгорания топлива. Понятно, роль этого стандарта особенно велика там, где эксплуатируются парогенераторы или установки по выработке технологической теплоты. Кроме того, в некоторых странах вводятся энергетические стандарты на двигатели, насосы, вентиляторы и компрессоры. Для стимулирования совместной выработки теплоты и электроэнергии в некоторых странах

Западной Европы (менее половины от входящих в ЕС) используются такие Методы стимулирования энергосбережения, как введение благоприятного ценового режима и денежных дотаций.

Например, совместное финансирование внедрения энергосберегающих технологий и оборудования.

Строительство и коммунально-бытовой сектор. Самыми распространенными из всех используемых нормативов в строительстве являются нормативные сопротивления теплопередаче через ограждающие конструкции зданий и сооружений. Они должны гарантировать тепловые потери ниже максимально допустимого уровня при проектировании новых зданий. В некоторых случаях национальные энергетические кодексы применяются также к работам по реабилитации существующих зданий.

Нормативное регулирование эффективности применяется как к отопительному оборудованию, так и к водогрейным системам. Существуют нормативы энергопотребления холодильниками, моечными машинами и другими видами домашнего оборудования.

Законодательные акты, закрепляющие подобные нормативы, могут или запретить продажу приборов и оборудования у которых энергетические характеристики ниже определенного уровня, или потребовать соответствующей маркировки, информирующей покупателя об неэффективном энергопотреблении. Стандарты на приборы и правила маркировки также оговорены законодательными актами.

В Австрии и Германии введено измерение потребления тепловой энергии отдельными жилыми домами. Учет тепловой энергии, потребляемой жилым домом, входящим в систему централизованного теплоснабжения, предполагает выявление фактической стоимости потребленной тепловой энергии. Счета за энергию являются предпосылкой к действенной работе по энергосбережению, включая поиски и внедрение эффективных средств регулирования количества потребляемой энергии.

Транспорт. Как уже отмечалось выше, транспорт является наиболее нормативно регулируемой сферой. Самым распространенным инструментом влияния в данном случае служат высокие налоги на топливо для двигателей. Цены на топливо влияют на решение потребителей о выборе автомобиля, а это в свою очередь ориентирует производителей на выпуск тех или иных типов машин.

К примеру, в Италии существуют высокие налоги и цены на бензин и один из самых эффективных с точки зрения потребления топлива автомобильных парков Европы. Однако многие правительства используют налогообложение на топливо не столько для стимулирования эффективности его использования, сколько для пополнения бюджета. Директива ЕС требует ежегодной проверки состояния транспортных средств, в том числе определения характеристик выбросов. В некоторых случаях национальные требования включают и оценку качества и эффективности использования топлива. Некоторые европейские правительства в 1980-е годы заключили добровольные соглашения с производителями транспортных средств по повышению эффективности новых автомобилей. Были достигнуты плановые показатели, хотя не исключено, что факторы внешнего рынка привели бы к такому же результату даже при отсутствии подобных соглашений.

В некоторых европейских странах в течение ограниченных периодов времени применялись субсидии или налоговые скидки для замены транспортных средств. Иногда эти стимулы использовались для ускорения внедрения каталитических нейтрализаторов.

Ограничение скорости существует в каждой стране практически для всех видов дорог. Оно прежде всего мотивируется соображениями безопасности, но вместе с тем приносит дополнительную пользу по экономии топлива. Налоги на покупку и импорт машин, а также ежегодная пошлина на автомобили - это средства увеличения годового дохода. Тем не менее они также часто разрабатываются для того, чтобы стимулировать спрос потребителя на машины с более высокоэффективным использованием топлива.

В общем случае структура налогообложения в транспорте непосредственно влияет на производителей. Например, оказалось, что аозрастающий налог на добавленную стоимость (т.е. повышенный показатель для объема двигателя,превышающего определенный уровень, как во Франции и Италии) с точки зрения энергоэффективности благоприятно влияет на размер транспортного средства. У транспортных средств на дизельном топливе расход топлива ниже, чем у транспортных средств на бензине, особенно в городском режиме. Отсюда и применение дифференцированного налогообложения для бензина и дизельного топлива, которое привело к большему распространению дизельных машин в Европе. Так, во Франции и Великобритании весьма существенно проникновение дизелей в автопарк. Маркировка новых автомобилей по расходу топлива и распространение сведений о его потреблении помогают преодолеть информационный барьер на пути к энергосбережению. В Великобритании такая маркировка является обязательным требованием, в других странах принят добровольный порядок классификации. В некоторых европейских странах при прохождении экзамена для получения водительских прав существует проверка качества вождения с позиций эффективного использования топлива.

Возобновляемые источники энергии. Отсутствие в настоящее время на рынке многих технологий, основанных на использовании возобновляемой энергии, означает, что требуется определенная форма финансовой поддержки их развития. Поэтому во многих странах существуют нормативы, направленные на оказание такой поддержки.

Покупка электроэнергии от возобновляемых источников имеет довольно сильную поддержку во многих странах. Для этого используют различные методы. Например, в Дании коммунальные предприятия обязаны покупать энергию от возобновляемых источников. В Великобритании существуют гарантированные цены на электроэнергию от возобновляемых источников энергии.

В странах ЕС используются и другие методы стимулирования развития энергогенерирующих технологий на возобновляемых энергоресурсах. Например, в Австрии, Италии и Нидерландах обеспечивается, среди прочих, под-

держка капитальных вложений в проекты по возобновляемым источникам энергии, Германия оказывает поддержку в виде льготных займов, а Португалия снизила НДС на оборудование для возобновляемых источников энергии.

Методы стимулирования энергосбережения в Японии. В отличие от Западной Европы Япония твердо стоит на позиции государственного регулирования. Поэтому используемые ею стимулы представляют специальный интерес для Беларуси.

Японский закон об энергосбережении предписывает правительству применять финансовые и налоговые меры для стимулирования рационального использования энергии. Закон учреждает приоритетность инвестиций в энергосбережение в сравнении с капиталовложениями в другое оборудование.

Если предприниматель в Японии собирается внедрять энергосберегающее оборудование, у него есть возможность получения займа на благоприятный срок в одном из банков, капитал которого полностью принадлежит правительству (перечень таких банков приведен в приложении к закону). Среди них, например, Японский банк развития финансирует сравнительно крупные предприятия, Финансовая корпорация малого бизнеса обслуживает малые и средние предприятия, Народная финансовая корпорация - очень малые предприятия. На строительство дома японцы могут взять ссуду в Жилищной кредитной корпорации, которая также является банковским учреждением, чей капитал полностью принадлежит японскому правительству. В том случае, если дом обеспечивается элементами энергосбережения (например, дополнительной теплоизоляцией), верхний предел ссуды может быть поднят.

Не менее весомы и налоговые льготы. Если корпоративный или индивидуальный предприниматель приобретает энергосберегающее оборудование в фискальном году или использует его для дела в пределах одного года после приобретения, предприятие может претендовать на:

- меру, при которой его общий налог или налог на прибыль уменьшается на 7% от стоимости приобретенного оборудования (скидка может составить вплоть до 20%);

- меру, при которой специальная скидка, равная 30% от стоимости оборудования, применяется в дополнение к обычной скидке в первый год.

Перечень оборудования, на которое эти меры распространяются, включает 81 наименование.

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

ТЕМА 1. ГРАФИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ВЫРАВНИВАНИЯ ГРАФИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК. ПОТЕРИ НА ТРАНЗИТ ТЭР.

Показатели графиков нагрузки (активной, реактивной): коэффициент использования, коэффициент формы, коэффициент заполнения, коэффициент энергоиспользования. Потенциал энергосбережения. Потери на передачу электроэнергии. Потери на передачу тепловой энергии.

Контрольное задание. Требуется по предложенному преподавателем графику электрической нагрузки определить:

- 1) потенциал энергосбережения при выравнивании графика электрической нагрузки;
- 2) суточную экономию потерь от компенсации реактивной мощности, если известно, что экономический тангенс равен 0,24, а передача электроэнергии осуществляется по двухцепной линии 35 кВ, длиной 12 км.

Теоретическая часть. Рассмотрена в лекции №4 «Транспортировка энергии»

Исходные данные контрольного примера.

На следующем рис. 98 приведен суточный зимний график активной нагрузки подстанции.

Годовое число часов использования максимума нагрузки равно 5000 ч.

Решение.

1. Определяем среднюю нагрузку на графике:

$$P_{см} = \frac{\sum P_i \cdot \Delta t_i}{\sum \Delta t_i} = \frac{(5.25 \cdot 4 + 6.75 \cdot 4 + 13.5 \cdot 4 + 12.75 \cdot 4 + 15 \cdot 4 + 11.25 \cdot 4)}{24} = 10.75 \text{ МВт}$$

$$Q_{см} = \frac{\sum Q_i \cdot \Delta t_i}{\sum \Delta t_i} = \frac{(6 \cdot 4 + 6.75 \cdot 4 + 9.45 \cdot 4 + 8.7 \cdot 4 + 7.5 \cdot 4 + 6.75 \cdot 4)}{24} = 7.53 \text{ МВт}$$

2. Потенциал энергосбережения на данном участке электрической сети зависит от величины потерь электрической энергии при передаче по двухцепной линии.

Суточные графики, П/СТ

P МВт, Q МВар

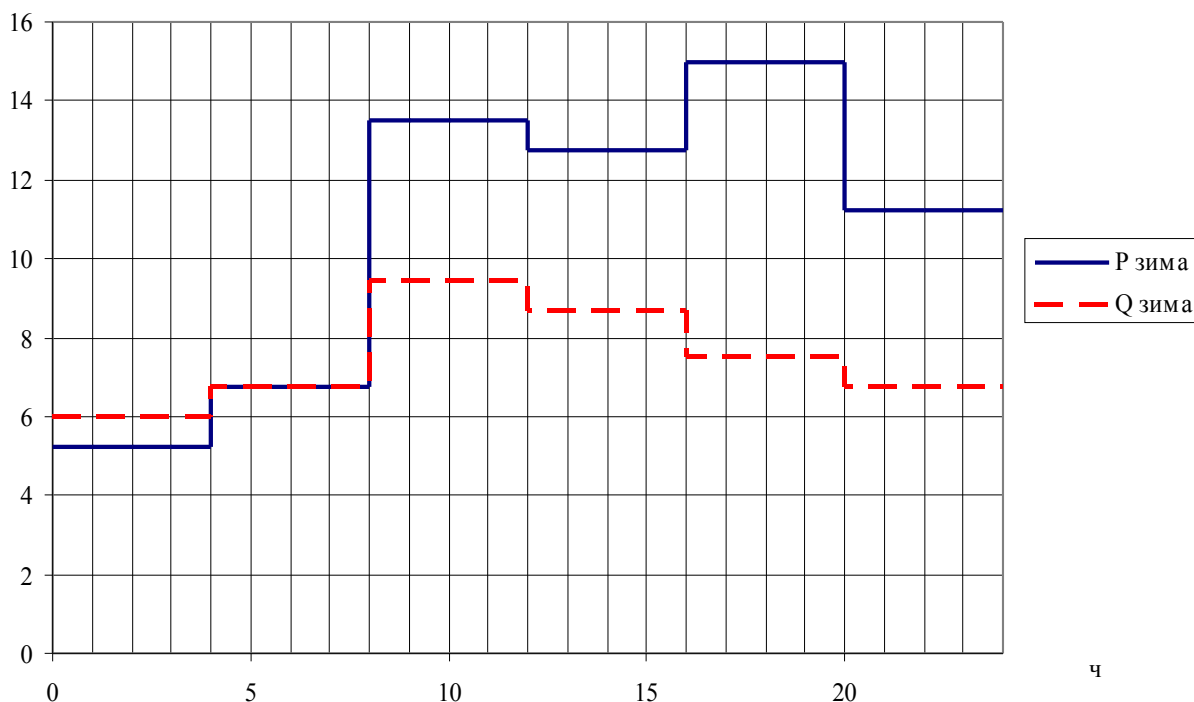


Рис. 98. Суточный график подстанции

Естественно, реальный потенциал энергосбережения значительно выше. Так как неравномерность суточного графика нагрузки имеет определенные экономические последствия, которые в основном сводятся к следующему:

1. При прочих равных условиях в энергосистеме, имеющей большую неравномерность суточного графика, требуется большая величина установленной мощности электростанций. Соответственно увеличиваются капиталовложения, усложняется структура мощностей.

2. Увеличивается удельный расход топлива на выработанный кВт·ч, так как требуется ввод специальных пиковых электростанций, производящих электроэнергию при очень высоких удельных расходах топлива, или нерационально используются ТЭС, не приспособленные к работе в пиковой части суточного

графика. Соответственно повышается себестоимость электроэнергии, главным образом вследствие увеличения затрат на топливо и снижения выработки.

3. Снижается надежность работы оборудования в связи с более частой разгрузкой и остановом оборудования.

В нашем случае имеем следующую формулу для расчета потерь энергии по существующему графику:

$$\Delta W_{\text{сут}} = \sum_{i=1}^{24} \frac{P_i^2 + Q_i^2}{U_{\text{ном}}} \cdot \eta_{\text{л}} \cdot \eta_{\text{т}i}$$

Формула для расчета потерь энергии по выравненному графику:

$$\Delta W_{\text{сут.выр}} = \frac{P_{\text{см}}^2 + Q_{\text{см}}^2}{U_{\text{ном}}} \cdot \eta_{\text{л}} \cdot 24$$

Потенциал энергосбережения для данного участка сети:

$$V_{\Delta W_{\text{сут}}} = \Delta W_{\text{сут}} - \Delta W_{\text{сут.выр}}$$

Компенсация реактивной мощности также приводит к снижению потерь. В нашем случае определим потенциал энергосбережения с учетом выравнивания графика электрической нагрузки при компенсации.

$$\Delta W_{\text{сут.выр}Q} = \frac{P_{\text{см}}^2 + (\operatorname{tg} \varphi_{\text{э}} \cdot P_{\text{см}})^2}{U_{\text{ном}}} \cdot \eta_{\text{л}} \cdot 24$$

Потенциал энергосбережения для данного участка сети:

$$V_{\Delta W_{\text{сут}Q}} = \Delta W_{\text{сут}} - \Delta W_{\text{сут.выр}Q}$$

ТЕМА 2. РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТ ЗАМЕНЫ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ.

Нормы освещенности. Лампы накаливания. Люминесцентные лампы. Экономический эффект.

Контрольное задание. Для освещения помещения офиса площадью 70 кв.м. ранее использовались лампы накаливания. Требуется рассчитать систему освещения и определить ежегодную потребляемую мощность. Рассчитать капитальные вложения в замену существующей системы освещения на систему

освещения с использованием люминесцентных ламп. Определить экономический эффект от внедрения новой системы освещения.

Таблица 28

Характеристика ламп накаливания и люминесцентных ламп

Лампа	Потребляемая мощность P , Вт	Напряжение U , В	Номинальный световой поток Φ , лм	Срок службы h , ч	Цена K , руб
ЛН	100	220	1250	1000	4,5
ЛН	60	220	630	1000	3,5
ЛМ – E2727	20	220	1100	6000	200
ЛМ – E2727	9	220	600	6000	100

Теоретическая часть. Рассмотрена в лекции №7 «Основные методы и мероприятия по повышению использования топливно-энергетических ресурсов»

Решение.

Рассмотрим возможность экономии электроэнергии в жилых домах, путем замены ламп накаливания (ЛН) современными бытовыми люминесцентными лампами (ЛМ), а также рассматривается экономический эффект их замены.

Рассмотрим основные требования к искусственному освещению в ЖКХ:

Освещенность согласно единым нормам:

- 1) жилые комнаты, кухни 100 лк – ЛН, 50 лк – ЛМ;
- 2) прихожие, ванные комнаты 150 лк – ЛН, 75 лк – ЛМ;
- 3) коэффициент использования в долях единицы $\eta = 0,8$.

коэффициент запаса $k_z = 1,1$ ЛН и $k_z = 1,25$ ЛМ

Для освещения квартиры площадью около 65 кв.м необходимо не менее 6×100 Вт и 3×60 Вт ЛН, общая мощность которых составит 780 Вт (тогда, в среднем 50% электропотребления приходится на систему освещения), соответственно люминесцентных 9×20 Вт и 7×9 Вт. Общая мощность 292 Вт. Соответственно годовое потребление энергии системы освещения квартиры с лампами: ЛН $W_{ЛН} = 3419$ кВт·ч, с ЛМ $W_{ЛМ} = 1065$ кВт·ч.

Оценим экономический эффект от использования современных источников света в жилищно-коммунальном хозяйстве.

Чистый дисконтированный доход определим по формуле:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^{T_p} \frac{\Delta_t}{(1+E)^t}$$

где T_p – расчетный период, годы ($T_p = 6$ лет, что соответствует сроку службы ЛМ);

E – ставка дисконтирования, о.е. ($E = 0,13$ о.е., что соответствует ставке рефинансирования ЦБ на 2005 г.);

Δ_t – чистый поток платежей год t , руб.

Общий вид чистого потока платежей (в нашем случае, эксплуатационные издержки не изменяются, налог на прибыль отсутствует), поэтому получаем следующую, расчетную формулу:

$$\Delta_t = O_{pt} - K_{лик,t} + K_t,$$

где K_t – суммарный объем инвестиций в современные источники света (цена ЛМ) в год t , руб;

$K_{лик,t}$ – ликвидная стоимость объекта (цена заменяемых источников света ЛН) в год t ,:

O_{pt} – стоимостная оценка результатов использования современных источников света год t , руб;

$$O_{pt} = (W_{ЛМ} - W_{ЛН}) \cdot T,$$

где T – тариф на электроэнергию (для Амурской области 1,15 руб/кВт·ч), руб/кВт·ч.

Дисконтированный срок окупаемости $T_{ок}$ по формуле:

$$0 \leq \sum_{t=0}^{T_{ок}} \frac{\Delta_t}{(1+E)^t},$$

В результате расчетов получим чистый дисконтированный доход в размере 8,5 тыс. рублей, дисконтированный срок окупаемости около одного года.

Кроме использования современных источников света в целях энергосбережения рекомендуется использовать автоматизированные информационные системы

управления освещением (ИСУО), которые могут 15 – 20% экономии электроэнергии от общего потребления.

ТЕМА 3. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ЗАМЕНЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ СИСТЕМОЙ ИК-ОБОГРЕВА

Системы централизованного теплоснабжения.

Теплый пол. Системы ИК-обогрева.

Системы парового и водяного теплоснабжения.

Энергоэффективность. Недостатки и преимущества различных систем теплоснабжения помещений.

Контрольное задание.

Для помещения заданной площади определить ежегодные затраты на обогрев помещения с использованием системы централизованного теплоснабжения от ТЭЦ. Рассчитать капиталовложения в ИК-систему обогрева указанного помещения, определить эксплуатационные и амортизационные издержки. Оценить экономические последствия перехода на систему ИК-теплоснабжения. Сделать вывод.

Таблица 29

Модели бытовых обогревателей

Модель обогревателей	Среднесуточный показатель мощности (с терморегулятором), Вт	Номинальная мощность, Вт	Отапливаемая площадь, м ²		Мин. высота подвеса (м)	Средний удельный расход электроэнергии на 1 м ² , Вт/м ²	Цена, в руб.
			основная	дополнительная			
Комфорт ЭЛК 06R	300	600	от 6	до 12	2,2	37,5	3300
Комфорт ЭЛК 06R							
Комфорт ЭЛК 10R	500	1000	от 10	до 20	2,5	33,3	3550
Комфорт ЭЛК 10 Rm	700	1330	от 13	до 26	2,7	32	3750

Терморегуляторы для инфракрасного отопления

Модель терморегуляторов	Ток, А	Максимальная загрузка, Вт	Диапазон температур	Цена в руб
EBERLERTR-E612I	16	3520	От 5 до 30 °С	1740
EBERLERTR-E6163	10	2220	От 5 до 30 °С	1300

Теоретическая часть. Рассмотрена в лекции №7 «Основные методы и мероприятия по повышению использования топливно-энергетических ресурсов» и предыдущей практике

Решение.

Стоимостная оценка результатов использования современных источников ИК тепла в год t , руб;

$$O_{pt} = 12 \cdot S \cdot T_Q - W_{уд} \cdot S \cdot \tau \cdot T,$$

где S – площадь, отапливаемого помещения, м²;

T – тариф на электроэнергию (для Амурской области 1,15 руб/кВт·ч, в 2006 г. - сельское население), руб/кВт·ч.

T_Q – тариф на 1 м², отапливаемой площади (для Амурской области равен 16,2 руб/ м². рассчитывается так, в связи с отсутствием в большинстве домов счетчиков тепловой энергии), руб/ м²;

$W_{уд}$ – средний удельный расход электроэнергии на 1 м², отапливаемой площади, кВт·ч/м²;

τ – число часов использования средней мощности в год (для Амурской области 4800 ч), ч/год.

Проведем экономическую оценку замены системы централизованного водяного отопления от городской ТЭЦ на систему ИК отопления для помещения общей площадью 100 м². Модель ИК обогревателя ЭЛ К 10R, их количество равно 6, при этом общая средняя суммарная мощностью составляет 3000 Вт. Для автоматического регулирования температуры достаточно использовать один терморегулятор марки EBERLERTR-E612I.

В результате расчетов для городского населения получим отрицательный чистый дисконтированный доход в размере 1,9 тыс. рублей, что говорит о неэффективности прямого использования ИК обогревателей для теплоснабжения городских потребителей.

Сельское население в Амурской области имеет тариф на электроэнергию 0,88 руб/кВт·ч, поэтому при прочих равных условиях получим: ЧДД=26,5 тыс. руб., дисконтированный срок окупаемости при этом составит 5 лет. В сельской местности Амурской области в настоящее время используются небольшие угольно-мазутные котельные, которые имеют значительно более низкий коэффициент полезного действия по сравнению с большими и малыми ТЭЦ, и как следствие более высокий тариф на тепловую энергию. Следовательно, значительно повышается экономический эффект от использования ИК источников.

ТЕМА 4. НОРМИРОВАНИЕ РАСХОДА ТЭР

Классификация норм потребления энергоресурсов: индивидуальные, групповые, технологические, общепроизводственные.

Методы разработки норм потребления: опытный, расчетно-статистический, расчетно-аналитический.

Контрольное задание. На основе заданной характеристики предприятий (группа затрат энергоресурсов на основной технологический процесс, на разогрев и пуск оборудования, а также на плановые потери).

Требуется определить: индивидуальные технологические нормы, общеховые или общепроизводственные нормы, найти групповую технологическую норму; сделать выводы относительно энергоэффективности технологических процессов.

Теоретическая часть. Рассмотрена в лекции №7 «Основные методы и мероприятия по повышению использования топливно-энергетических ресурсов»

Решение.

Технологическая заводская (отраслевая) норма расхода ТЭР определяется по соотношению (7.5)

Пример 1 Характеристика промышленных предприятий:

Предприятие № 1.

Затраты ТЭР:

- на основной технологический процесс - $5 \cdot 10^6$ МДж;
- на разогрев и пуск оборудования - $3 \cdot 10^5$ МДж;
- на плановые потери - $2 \cdot 10^6$ МДж.

Количество единиц выпускаемой продукции - 10 000.

• Предприятие № 2.

Затраты ТЭР:

- на основной технологический процесс - $2 \cdot 10^7$ МДж;
- на разогрев и пуск оборудования - $5 \cdot 10^5$ МДж;
- на плановые потери - $4 \cdot 10^5$ МДж.

Количество единиц выпускаемой продукции - 20 000.

Задание.

1. Определить индивидуальные технологические нормы.
2. Найти групповую технологическую норму.
3. Сделать выводы относительно энергоэффективности технологических процессов.

Решение.

В соответствии с определениями индивидуальной, групповой и технологической норм:

$(T^n)_1 = (5 \cdot 10^6 \text{ МДж} + 3 \cdot 10^5 \text{ МДж} + 2 \cdot 10^6 \text{ МДж}) / 10\,000 \text{ ед. продукции} = 0,55 \cdot 10^3 \text{ МДж/ед. продукции};$

$(T^n)_2 = (2 \cdot 10^7 \text{ МДж} + 5 \cdot 10^5 \text{ МДж} + 4 \cdot 10^5 \text{ МДж}) / 20\,000 \text{ ед. продукции} = 1,04 \cdot 10^3 \text{ МДж/ед. продукции};$

$T^g = (0,55 \cdot 1/3 + 1,04 \cdot 2/3) \cdot 10^3 \text{ МДж/ед. продукции} = 0,82 \cdot 10^3 \text{ МДж/ед.}$

Выводы.

1. Технологический процесс на предприятия №1 организован с меньшими затратами ТЭР на выпуск одноименной продукции, чем на предприятии № 2.

2. Групповая технологическая норма ближе к индивидуальной технологической норме на предприятии № 2, так как оно выпускает продукции больше, чем предприятие № 1.

Общепроизводственная цеховая норма расхода ТЭР определяется по соотношению (7.6)

Пример 2. Характеристика промышленного предприятия:

На предприятии два цеха.

В целом на освещение предприятия расходуется 75 МВт ч.

Характеристика цехов:

Цех № 1: площадь освещения - 1000 м².

Цех № 2: площадь освещения - 4000 м².

Задание.

Определить затраты энергии на освещение по каждому из цехов для установления общепроизводственной нормы расхода ТЭР.

Решение.

$$E_1 = 75 \text{ МВт ч} (1000 \text{ м}^2 / 5000 \text{ м}^2) = 15 \text{ МВт ч};$$

$$E_2 = 75 \text{ МВт ч} (4000 \text{ м}^2 / 5000 \text{ м}^2) = 60 \text{ МВт ч}.$$

Пример 3. Характеристика промышленных предприятий:

Предприятие № 1.

Индивидуальная технологическая норма - $0,55 \cdot 10^3$ МДж/ ед. продукции.

Затраты ТЭР на вспомогательные нужды производства - $1 \cdot 10^6$ МДж.

Количество единиц выпускаемой продукции - 10 000.

Предприятие № 2.

Индивидуальная технологическая норма - $1,04 \cdot 10^3$ МДж/ ед. продукции.

Затраты ТЭР на вспомогательные нужды производства - $0,5 \cdot 10^7$ МДж.

Количество единиц выпускаемой продукции - 20 000,

Задание.

1. Определить индивидуальные общепроизводственные нормы.
2. Найти групповую общепроизводственную норму.
3. Сделать вывод относительно энергоэффективности организации производства на предприятиях.

Решение.

В соответствии с определениями индивидуальной, групповой и общепроизводственной норм:

$(3'')_1 = (0,55 \cdot 10^8 \text{ МДж/ед. продукции} + 1 \cdot 10^6 \text{ МДж/} 10\,000 \text{ ед.продукции}) - (0,55 + 0,1) \cdot 10^3 \text{ МДж/ед. продукции} = 0,65 \cdot 10^3 \text{ МДж/ед. продукции};$

$(3'')_2 = (1,04 \cdot 10^3 \text{ МДж/ед. продукции} + 0,5 \cdot 10^7 \text{ МДж} / 20\,000 \text{ ед.продукции}) = (1,04 + 0,25) \cdot 10^3 \text{ МДж/ед. продукции} = 1,29 \cdot 10^3 \text{ МДж/ед. продукции};$

$3^* = (0,65 \cdot 1/3 + 1,29 \cdot 2/8) \cdot 10^3 \text{ МДж/ед. продукции} = 1,08 \cdot 10^3 \text{ МДж/ед. продукции}.$

Выводы:

1. На предприятии № 1 затрачивается меньшее количество ТЭР на выпуск единицы одноименной продукции, чем на предприятии № 2. Следовательно, производственный процесс на предприятии №1 организован эффективнее.

2. Групповая общепроизводственная норма ближе к индивидуальной общепроизводственной норме на предприятии № 2, так как оно выпускает продукции больше, чем предприятие № 1.

ТЕМА 5. ВЫБОР НАИБОЛЕЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ТАРИФНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

Одноставочный и двухставочный тариф. Дифференцированный по времени суток тариф.

Себестоимость продукции. Затраты на электроэнергию. Графики электрических нагрузок.

Контрольное задание. По заданному преподавателем графику нагрузок и режиму работы предприятия и доле затрат труда в себестоимости. Определить

ежегодные затраты предприятия на покупку электроэнергии по разным тарифным системам. Оценить последствия выбора различных тарифных систем оплаты за потребленную электроэнергию на себестоимость продукции. Сделать вывод о целесообразности выбора предприятием той или иной тарифной системы.

Теоретическая часть и пример. Рассмотрена в лекции №12 «тарифы на электрическую и тепловую энергию. Взаимосвязь энергосберегающей и тарифной политики».

ТЕМА 6. ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРЕДПРИЯТИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ПОЛИТИКИ

Финансово-экономический анализ. Динамический норматив устойчивости.

Факторный анализ устойчивости. Ранжирование факторов. Инверсии показателей.

Риски.

Контрольное задание. По заданию преподавателя определить финансово-экономическое положения предприятия. Сделать вывод о риске его хозяйствования. Определить основные влияющие факторы на финансово-экономическое положение предприятия. Сделать вывод о значимости энергосберегающей политики на предприятии и проблемах в области электроснабжения

Теоретическая часть. Рассмотрена в лекции №11 «Элементы системного финансово-экономического анализа на промышленном предприятии и его применение для целей энергосбережения»

Решение.

Приведем пример расчета системного финансово-экономический анализа машиностроительного предприятия, на основе динамического норматива

В целях оценки значимости энергосберегающей политики были составлены динамические нормативы финансовой и хозяйственной деятельности предприятия по данным бухгалтерского баланса и отчета о прибыли и убытках за 1999, 2000, 2001 и 2002 гг., а также годовых отчетов за 1999, 2000 и 2001

гг.предприятия. Данные для расчета и сам расчет были сведены в таблицы 19,20,21,22,23,24,25.

Анализируя данные финансового анализа с использованием динамического норматива, можно сделать вывод о невысокой финансовой устойчивости предприятия, показатель устойчивости колеблется от 0,643 до 0,785, т.е. между неудовлетворительным и удовлетворительным значением данного. При этом на основе таблицы факторного анализа, оценка влияния на финансовую устойчивость энергоемкости колеблется от 0 в 2001 г. до 30% в 2002 г. Наибольшее неблагоприятное влияние на финансовую устойчивость как в 2001 г., так и в 2002 г. оказывала себестоимость реализации продукции: 25% в 2001 г. и 20% в 2002 г. соответственно (от общего числа неблагоприятных факторов). Очень сильным неблагоприятным фактором оказался параметр динамического норматива – оборотные активы (ОбА). Причем в 2001 г. уровень влияния на финансовую устойчивость был 16,67%, а в 2002 г. - 20%, что подтверждается низким показателем ликвидности предприятия и недостаточным уровнем денежных средств. Однако на предприятии имеются и положительные моменты, так отмечается рост прибыли от реализации продукции в 2001 г. -25%. Положительное значение этого показателя оказывало значительное влияние на прирост финансовой устойчивости. Следует отметить как положительный фактор и увеличение выручки от реализации продукции: влияние на прирост устойчивости в 2001-2002гг. составила 12,5%. В целом, согласно данным динамического норматива, на предприятии отмечается большое количество проблем, которые необходимо решать. Среди них следует выделить, в первую очередь, проблему снижения себестоимости реализации продукции, снижение масштабов деятельности предприятия (падение темпов роста в динамическом нормативе показателя валюты баланса), неблагоприятное влияние на устойчивость этого показателя составило 25% как в 2001, так и в 2002 гг. (отчасти, это связано со структурными изменения происходившими на предприятии – выходом из состава части структурных подразделений). Также следует обратить внимание на то, что неблагоприятное влияние на финансово-экономическую деятельность оказывает

рост энергоемкости продукции, при этом возникает риск роста себестоимости продукции, поэтому предприятию целесообразно проводить эффективную политику энергосбережения. Отметим также, как очень важную проблему, недостаточный темп роста основных средств в динамическом нормативе, который ставит перед предприятием задачу обновления производственных фондов.

Руководство предприятия осознает свои проблемы и пытается по возможности их решать, закупая новое оборудование и расширяя количество выпускаемой продукции. Однако, проблеме энергосбережения на предприятии стали уделять внимание только в последнее время, при этом были закуплены приборы учета тепловой энергии. По расчетным показателям финансовой устойчивости бала проведена оценка риска финансовой деятельности предприятия. В целом риск финансовой деятельности предприятия оценивается в пределах от 36% до 22%. Данный показатель может быть использован при расчете чистого дисконтированного дохода от реализации инвестиционных проектов.

Проведенная оценка хозяйственно-экономической деятельности предприятия, говорит в целом об улучшении хозяйственной деятельности предприятия. Так показатель хозяйственно-экономической устойчивости предприятия в 2000 г. был на уровне 0,55 (при норме – единица), а в 2001 г. составил 0,89 о.е., это говорит о том, что предприятие пытается улучшить свою хозяйственную деятельность и постепенно выходит из кризисного положения. Отметим здесь только факторы, требующего последующего анализа – в первую очередь это значительный рост фонда заработной платы промышленно производственного персонала. Следует отметить чрезмерно высокое значение этого показателя – т.е. заработная плата не отражает реальную хозяйственную деятельность. Не достаточные темпы роста активной части основных производственных средств и их активной части, что позволяет сделать вывод об высоком риске их морального старения.

Несмотря на то, что в динамическом нормативе 2001 г. отмечается незначительное влияние на устойчивость предприятия показателя энергоемкости продукции, следует выделить его в качестве важной стратегической проблемы,

Что вызвано как неблагоприятной динамикой роста тарифов на энергоносители, так и неблагоприятной динамикой показателя в финансовом нормативе 2002 г.

Таким образом (на основе расчетных показателей динамической устойчивости предприятия) целесообразно выделить следующие стратегические цели, стоящие перед предприятием: снижение себестоимости продукции, проведение политики роста оборотных средств, ограничение роста фонда заработной платы промышленно-производственного персонала, увеличение размера активной части основных средств и т.п., а также проведение мероприятий по энергосбережению

Таблица 31

Финансовые показатели динамического норматива и темпы их роста

Нормативный ранг	Показатели	Абсолютные значения				Темпы роста		
		1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.
1	Прибыль от реализации продукции (ПрРП);	-4614	-3315	3552	10627	0,28	2,07	1,99
2	Выручка от реализации продукции (ВрРП);	46501	34485	41379	48865	-0,26	0,20	0,18
3	Себестоимость реализации продукции (СРП);	51111	37800	37827	38238	-0,26	0,00	0,01
4	Оборотные активы (ОБА);	46682	77788	104285	102398	0,67	0,34	-0,02
5	Остаточная стоимость основных средств (ОСС)	125894	38928	38816	45602	-0,69	0,00	0,17
6	Основные средства (ОС);	181829	67017	69255	82708	-0,63	0,03	0,19
7	Валюта баланса (Б);	198254	124792	149336	151620	-0,37	0,20	0,02
8	Энергоемкость продукции (ЭП),	605,1	1194	1124	1709	0,97	-0,06	0,52

Таблица 32

Расчет инверсий и показателей динамического норматива финансовой устойчивости предприятия

Показатели	Нормативный ранг	Фактические ранги			Инверсии					
		2000 г.	2001 г.	2002 г.	2000 г		2001 г		2002 г	
					i<j	i>j	i<j	i>j	i<j	i>j
Прибыль от реализации продукции (ПрРП);	1	3	1	1	2	0	0	0	0	0
Выручка от реализации продукции (ВрРП);	2	4	3	4	2	0	1	0	2	0
Себестоимость реализации продукции (СРП);	3	5	6	7	2	0	3	0	4	0
Оборотные активы (ОбА);	4	2	2	8	0	2	0	2	4	0
Остаточная стоимость основных средств (ОСС)	5	8	7	5	3	0	2	0	0	0
Основные средства (ОС);	6	7	5	3	1	0	0	1	0	3
Валюта баланса (Б);	7	6	4	6	0	1	0	3	0	1
Энергоемкость продукции (ЭП),	8	1	8	2	0	7	0	0	0	6
Сумма инверсий					10	10	6	6	10	10

Количество показателей, n	8
Мфб	20
Мфо	12
Уб (2000)	0,643
Уо (2001)	0,785
Уо (2002)	0,643

Таблица 33

Факторной анализ оценки финансовой устойчивости предприятия и его стратегических целей за 2001 г.

Показатели динамического норматива	Нормативный ранг	Инверсии		Влияние на прирост устойчивости			Влияние на значение устойчивости	
		mбi	moi	$\Delta Y(\Pi_i)$	$\alpha_i, \%$	$\beta_i, \%$	$\Delta Y^*(\Pi_i)$ в	$\delta_i, \%$
Прибыль от реализации продукции (ПрРП);	1	2	0	0,04	5,56	25,00	0,00	0,00
Выручка от реализации продукции (ВрРП);	2	2	1	0,02	2,78	12,50	0,02	8,33
Себестоимость реализации продукции (СРП);	3	2	3	-0,02	-2,78	-12,50	0,05	25,00
Оборотные активы (ОбА);	4	2	2	0,00	0,00	0,00	0,04	16,67
Остаточная стоимость основных средств (ОСС)	5	3	2	0,02	2,78	12,50	0,04	16,67
Основные средства (ОС);	6	1	1	0,00	0,00	0,00	0,02	8,33
Валюта баланса (Б);	7	1	3	-0,04	-5,56	-25,00	0,05	25,00
Энергоемкость продукции (ЭП),	8	7	0	0,13	19,44	87,50	0,00	0,00
Итого кол-во показателей	8	20	12	0,14	22,22	100,00	0,21	100,00

Таблица 34

Факторной анализ оценки финансовой устойчивости предприятия и его стратегических целей за 2002 г.

Показатели динамического норматива	Нормативный ранг	Инверсии		Влияние на прирост устойчивости			Влияние на значение устойчивости	
		mбi	moi	$\Delta Y(\Pi_i)$	$\alpha_i, \%$	$\beta_i, \%$	$\Delta Y^*(\Pi_i)$ в	$\delta_i, \%$

Прибыль от реализации продукции (ПрРП);	1	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Выручка от реализации продукции (ВрРП);	2	1	2	-0,02	-2,78	12,50	0,04	10,00
Себестоимость реализации продукции (СРП);	3	3	4	-0,02	-2,78	12,50	0,07	20,00
Оборотные активы (ОбА);	4	2	4	-0,04	-5,56	25,00	0,07	20,00
Остаточная стоимость основных средств (ОСС)	5	2	0	0,04	5,56	-25,00	0,00	0,00
Основные средства (ОС);	6	1	3	-0,04	-5,56	25,00	0,05	15,00
Валюта баланса (Б);	7	3	1	0,04	5,56	-25,00	0,02	5,00
Энергоемкость продукции (ЭП),	8	0	6	-0,11	-16,67	75,00	0,11	30,00
Итого кол-во показателей	8	12	20	-0,14	-22,22	100,00	0,36	100,00

Хозяйственные показатели динамического норматива и темпы их роста

Ранг	Показатель динамического норматива	Абсолютные значения			Темпы роста	
		1999 г.	2000 г.	2001 г.	2000 г.	2001 г.
1	ГПО – Готовая продукция отгруженная	46501	28120	41285	-0,40	0,47
2	ГПВ – Готовая продукция товарная	25658	32172	45147	0,25	0,40
3	ПС – Полная себестоимость	32138	29175	39079	-0,09	0,34
4	ПрС – Производственная себестоимость	25746	23933	31701	-0,07	0,32
5	М – Сырье и материалы	7787	7646	9637	-0,02	0,26
6	ОСА – Активная часть основных средств	36763	30399	20476	-0,17	-0,33
7	ОСПР – Основные средства производительного назначения	165455	93051	69255	-0,44	-0,26
8	ОС – Стоимость основных средств	181829	67017	69255	-0,63	0,03
9	Э – Энергия	605,1	1194	1124	0,97	-0,06
10	ФЗПР – Фонд зар. платы рабочих	7972,1	11781	10250	0,48	-0,13
11	ФЗПП – Фонд зар. платы промышленно - производственного персонала	3708	5824	6049	0,57	0,04
12	ЧС – Численность специалистов	69	65	39	-0,06	-0,40
13	ЧР – Численность рабочих	450	401	180	-0,11	-0,55
14	Чрк - Численность руководителей	42	44	27	0,05	-0,39

**Расчет инверсий и показателей динамического норматива
хозяйственной устойчивости предприятия**

Показатели	Норма- тивный ранг	Фактические ранги		Инверсии			
		2000 г.	2001 г.	2000 г		2001 г	
				i<j	i>j	i<j	i>j
ГПО – Готовая продукция отгруженная	1	12	1	11	0	0	0
ГПВ – Готовая продукция товарная	2	4	2	2	0	0	0
ПС – Полная себестои- мость	3	9	3	6	0	0	0
ПрС – Производственная себестоимость	4	8	4	4	0	0	0
М – Сырье и материалы	5	6	5	1	0	0	0
ОСА – Активная часть основных средств	6	11	11	5	0	5	0
ОСПР – Основные средства производительного назна- чения	7	13	10	6	0	3	0
ОС – Стоимость основных средств	8	14	7	6	0	0	1
Э – Энергия	9	1	8	0	8	0	1
ФЗПР – Фонд зар. платы рабочих	10	3	9	0	7	0	1
ФЗПП – Фонд зар. платы промышленно - производи- тельного персонала	11	2	6	0	9	0	5
ЧС – Численность специа- листов	12	7	13	0	5	1	0
ЧР – Численность рабочих	13	10	14	0	3	1	0
Чрк - Численность руково- дителей	14	5	12	0	9	0	2
Сумма инверсий				41	41	10	10

кол-во показателей, n	14
Мфб	82
Мфо	20
Уб (2000)	0,5494
Уо (2001)	0,8901

Таблица 37

Факторной анализ оценки хозяйственной устойчивости предприятия и его стратегических целей за 2001 г.

Показатели динамического норматива	Нормативный ранг	Инверсии		Влияние на прирост устойчивости			Влияние на значение устойчивости	
		mбi	moi	$\Delta Y(\Pi_i)$	$\alpha_i, \%$	$\beta_i, \%$	$\Delta Y^*(\Pi_i)$ в	$\delta_i, \%$
ГПО – Готовая продукция отгруженная	1	11	0	0,06	11,00	17,74	0,00	0,00
ГПВ – Готовая продукция товарная	2	2	0	0,01	2,00	3,23	0,00	0,00
ПС – Полная себестоимость	3	6	0	0,03	6,00	9,68	0,00	0,00
ПрС – Производственная себестоимость	4	4	0	0,02	4,00	6,45	0,00	0,00
М – Сырье и материалы	5	1	0	0,01	1,00	1,61	0,00	0,00
ОСА – Активная часть основных средств	6	5	5	0,00	0,00	0,00	0,03	25,00
ОСПР – Основные средства производственного назначения	7	6	3	0,02	3,00	4,84	0,02	15,00
ОС – Стоимость основных средств	8	6	1	0,03	5,00	8,06	0,01	5,00
Э – Энергия	9	8	1	0,04	7,00	11,29	0,01	5,00
ФЗПР – Фонд зар. платы рабочих	10	7	1	0,03	6,00	9,68	0,01	5,00
ФЗПП – Фонд зар. платы промышленно – производственного персонала	11	9	5	0,02	4,00	6,45	0,03	25,00
ЧС – Численность специалистов	12	5	1	0,02	4,00	6,45	0,01	5,00
ЧР – Численность рабочих	13	3	1	0,01	2,00	3,23	0,01	5,00
Чрк – Численность руководителей	14	9	2	0,04	7,00	11,29	0,01	10,00
Итого кол-во показателей	14	82	20	0,34	62,00	100,00	0,11	100,00

ТЕМА 7. ВЫБОР ОБЪЕМОВ ЗАКУПКИ УГЛЯ ДЛЯ ОБОГРЕВА ДОМА С УЧЕТОМ РИСКА И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Внутренний и внешний риск проекта. Методы расчета рисков реализации проекта: экспертные оценки, динамический норматив финансово-экономической устойчивости, метод сценариев, расчет уровня безубыточности, метод вариации параметров, метод дерева решений и т.д.

Теоретическая часть. Рассмотрена в лекции №13 «Особенности оценки инвестиционных энергосберегающих проектов».

Исходные данные контрольного примера.

Имеются следующие данные о количестве и ценах угля, необходимого зимой для отопления дома. Вероятности зим: мягкой – 0,2; обычной – 0,2; холодной – 0,6.

Таблица 38

Исходные данные для расчета

Зима	Количество угля, т	Средняя цена за 1 т, $\text{r } 10^2$ руб.
Мягкая	4	7
Обычная	5	7,5
Холодная	6	8

Эти цены относятся к покупкам угля зимой. Летом цена угля $6 \cdot 10^2$ руб. за 1 т., у вас есть место для хранения запаса угля до 6 т, заготавливаемого летом. Если потребуется зимой докупить недостающее количество, докупка будет производиться по зимним ценам.

Определить сколько угля нужно покупать летом и обоснуйте свое решение.

Примечание – упрощенно предполагается, что весь уголь, который сохранится до конца зимы в лето пропадет.

Решение. Построим платежную матрицу с учетом возможных стратегий и исходов.

Результаты расчета возможных исходов

Зима (стратегии)	Вероятность		
	Мягкая (0,35)	Обычная (0,5)	Холодная (0,15)
Мягкая (4 т)	–(4·6)	–(4·6+1·7,5)	–(4·6+2·8)
Обычная (5 т)	–(5·6)	–(5·6+0·7,5)	–(5·6+1·8)
Холодная (6 т)	–(6·6)	–(6·6+0·7,5)	–(6·6+0·8)

Среднюю ожидаемую плату по каждой стратегии определим по формуле:

$$M = \sum p_i X_i$$

где p_i - вероятность исхода;

X_i - результат исхода

Таблица 40

Результаты расчета средних ожидаемых исходов

Зима (стратегии)	Средняя ожидаемая плата,
Мягкая	$-(4 \cdot 6 \cdot 0,35 + (4 \cdot 6 + 1 \cdot 7,5) \cdot 0,5 + (4 \cdot 6 + 2 \cdot 8) \cdot 0,15) = -30,15 \cdot 10^2$ руб
Обычная	$-(5 \cdot 6 \cdot 0,35 + (5 \cdot 6 + 0 \cdot 7,5) \cdot 0,5 + (5 \cdot 6 + 1 \cdot 8) \cdot 0,15) = -31,2 \cdot 10^2$ руб
Холодная	$-(6 \cdot 6 \cdot 0,35 + (6 \cdot 6 + 0 \cdot 7,5) \cdot 0,5 + (6 \cdot 6 + 0 \cdot 8) \cdot 0,15) = -36 \cdot 10^2$ руб

Как видим из табл. 40 наименьшая ожидаемая плата приходится на случай мягкой зимы ($30,15 \cdot 10^2$ руб). При этом не учитывается степень риска и соответственно выбирается стратегия мягкой зимы – покупка 4 т угля летом и при необходимости отсавшейся части зимой.

Для оценки степени риска выбранной стратегии, рассчитаем средние квадратические отклонения платы за уголь для указанных вариантов.

$$\sigma = \sqrt{\sum p_i (M - X_i)^2}$$

Таблица 41

Результаты расчета риска

Зима (стратегии)	рассчитаем средние квадратические отклонения платы за уголь	Риск, σ / M
Мягкая	5,357	0,1777
Обычная	2,856	0,0915

Холодная	0	0
----------	---	---

Для окончательной оценки целесообразно определить дисконтированные зартаты за год, учитывая в качестве ставки дисконтирования риск.

$$ДЗ = M \Psi(1 + E) = M \Psi(1 + \sigma / M)$$

Таблица 42

Средние ожидаемые доходы (убытки)

Зима (стратегии)	ДЗ
Мягкая	$-35,51 \cdot 10^2$ руб
Обычная	$-34,05 \cdot 10^2$ руб
Холодная	$-36 \cdot 10^2$ руб

Для лица нейтрального к риску при выборе стратегии с учетом риска целесообразно выбрать наименьшую денежную оценку платы за потребленный уголь, т.е. стратегию обычной зимы.

При этом среднегодовая ожидаемая плата составит $31,2 \cdot 10^2$ руб.

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ДОМАШНИХ ЗАДАНИЙ И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Так как студенты заочного отделения имеют меньшее число лабораторных занятий, и сокращенный лекционный курс они вынуждены выполнять контрольные задания и работы преимущественно в самостоятельной форме.

В связи с этим студенты заочного и сокращенного обучения по дисциплине «Энергосбережение в системах электроснабжения» изучают следующие разделы :

Лекции – все темы в сокращенной форме всего (10 час.)

Практические – темы 1, 2, 3, 4 в сокращенной форме (4 час.), по неохваченным темам аудиторных занятий, студенты выполняют практические задания в форме самостоятельной работы.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ КУРСА «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ»

1. Графический редактор Visio.
2. Математический пакет MathCad.
3. Правовая информационная система «Кодекс».
4. Правовая информационная система «Гарант».
5. Энергоаудит. Сборник методических и научно-практических материалов/ Под ред. К.Г. Кожевникова, А.Г. Вакулко. Электронное учебное пособие.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРЕПОДАВАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Для подготовки к семинарским (практическим) занятиям, подготовки докладов и зачету по дисциплине рекомендуется использовать Интернет.
2. В лекционном курсе, как указывалось выше, подготовлены электронные слайды, презентации и рисунки, с последующим показом их с помощью медиапроектора и ноутбука.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПРОФЕССОРСКО-ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОМУ СОСТАВУ ПО ОРГАНИЗАЦИИ МЕЖСЕССИОННОГО И ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

Промежуточный контроль знаний оценивается по выполненным контрольным работам, и тестовым заданиям, выданным на практике.

Критерии оценки знаний студентов на зачете.

Итоговая оценка знаний студента оценивается по двухбалльной системе. При этом учитываются: выполнение самостоятельной работы, подготовка и защита контрольных работ. На зачете студент должен раскрыть поставленные перед ним вопросы по теме дисциплины и решить предложенную задачу.

При отсутствии выполненных контрольных и тестовых заданий, отсутствии подготовленных и защищенных контрольных работ, а также при нераскрытии поставленных перед студентом вопросов по темам дисциплины зачет считается не выполненным и студенту выставляется оценка «неудовлетворительно»

10. КОМПЛЕКТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Варианты контрольных заданий выдаются преподавателем.

Контрольное задание 1. Задан суточный график нагрузки и коэффициент мощности.

Таблица 43

Исходные данные для задания 1

Вариант	Часы												tgφ
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22	23-24	
	P, МВт												
1	22	22	15	33	33	8	9	5	5	34	17	8	0,5
2	11	13	23	29	3	38	8	14	26	10	27	5	0,8
3	32	35	26	10	25	31	12	23	36	8	14	27	0,8
4	26	22	8	26	4	27	12	26	2	20	5	27	1
5	40	25	20	31	14	16	29	11	11	23	35	13	0,9
6	22	18	22	11	5	29	32	28	13	5	17	15	0,5
7	15	38	3	16	18	27	20	17	30	7	39	9	0,7
8	30	22	36	27	35	26	24	21	17	18	13	31	0,9
9	38	11	31	35	11	23	3	19	7	25	24	36	0,9
10	13	36	10	25	17	39	29	21	28	26	12	27	1,2
11	7	31	21	3	25	2	24	30	22	17	33	30	0,6
12	17	14	38	40	27	12	13	16	34	19	15	8	1,2
13	24	25	12	5	30	31	17	13	29	17	16	7	1,2
14	29	13	31	34	25	7	30	18	36	11	13	12	1
15	12	24	6	18	8	27	31	20	6	9	13	24	0,6
16	23	11	33	13	10	10	13	39	29	17	17	37	1,1
17	7	10	2	37	31	18	22	37	7	20	14	23	0,6
18	5	36	26	26	12	25	19	39	37	2	31	5	1,1
19	13	11	3	9	32	23	23	20	23	4	16	18	0,4
20	40	18	33	9	28	32	28	18	39	12	14	14	0,8
21	37	36	7	39	30	35	20	28	2	32	20	29	1
22	34	37	40	18	8	27	33	12	19	21	7	35	1
23	35	6	4	16	36	24	22	39	8	12	25	8	1,2
24	29	11	29	32	16	21	34	2	30	12	11	6	1
25	37	35	9	12	22	12	30	32	13	40	7	36	0,9
26	10	27	36	25	26	12	3	40	30	23	40	11	0,4
27	21	9	17	11	6	11	32	4	9	28	31	27	1,1
28	9	36	29	35	8	16	9	34	33	5	25	2	0,7
29	9	5	6	13	34	13	6	16	29	20	29	31	0,7
30	12	3	35	19	8	21	21	18	27	4	26	4	0,8
31	7	40	31	36	38	31	26	32	30	11	2	12	1
32	34	24	39	30	20	10	8	18	32	4	39	9	0,4
33	5	7	27	9	29	5	38	3	40	5	3	28	0,6
34	10	20	9	29	29	24	8	3	38	29	21	18	1

Текст задания приведен в разделе 5 УМКД (практическое занятие №1)

Контрольное задание 2. Задан тип помещения и модель электрической лампы.

Таблица 44

Исходные данные для задания 2

Вариант	Площадь помещения, м ²	Тип помещения	Тип лампы	Потребляемая мощность Р, Вт	Потребляемая мощность лампы накаливания Р, Вт
1	5	Кладовая	ЛМ – Е2727		
2	10	Коридор	ЛМ – Е2728	20	40
3	30	Жилая комната	ЛМ – Е2729	20	60
4	12	Кухня	ЛМ – Е2730	20	40
5	120	Магазин	ЛМ – Е2731	20	60
6	105	Аптека	ЛМ – Е2732	20	40
7	8	Площадка лестничной клетки	ЛМ – Е2733	20	60
8	40	Подвальное помещение	ЛМ – Е2734	20	40
9	6	Ванная комната	ЛМ – Е2735	20	60
10	12	Коридор	ЛМ – Е2736	20	40
11	40	Жилая комната	ЛМ – Е2737	20	60
12	8	Кухня	ЛМ – Е2738	20	40
13	108	Магазин	ЛМ – Е2739	20	100
14	120	Аптека	ЛМ – Е2740	20	100
15	10	Площадка лестничной клетки	ЛМ – Е2741	20	60
16	200	Подвальное помещение	ЛМ – Е2742	20	100
17	4	Ванная комната	ЛМ – Е2743	20	60
18	30	Коридор	ЛМ – Е2744	20	40
19	80	Жилая комната	ЛМ – Е2745	20	60
20	15	Кухня	ЛМ – Е2746	20	40
21	150	Магазин	ЛМ – Е2747	20	60
22	150	Аптека	ЛМ – Е2748	20	100
23	7	Площадка лестничной клетки	ЛМ – Е2749	20	60
24	40	Подвальное помещение	ЛМ – Е2750	20	40
25	5	Ванная комната	ЛМ – Е2751	9	60
26	10	Коридор	ЛМ – Е2752	9	40
27	30	Жилая комната	ЛМ – Е2753	9	60
28	12	Кухня	ЛМ – Е2754	9	40
29	120	Магазин	ЛМ – Е2755	9	100
30	105	Аптека	ЛМ – Е2756	9	100
31	8	Площадка лестничной клетки	ЛМ – Е2757	9	60
32	120	Подвальное помещение	ЛМ – Е2758	9	100
33	8	Площадка лестничной клетки	ЛМ – Е2759	9	
34	5	Ванная комната	ЛМ – Е2760	9	

Текст задания приведен в разделе 5 УМКД (практическое занятие №2)

Контрольное задание 3. Площадь помещения задана в задании 2. Ниже согласно варианту приведена модель обогревателя.

Таблица 45

Исходные данные для задания 3

Вариант	Модель обогревателя
1	Комфорт ЭЛК 06R
2	Комфорт ЭЛК 06R
3	Комфорт ЭЛ К 10R
4	Комфорт ЭЛК 10 Rm
5	Комфорт ЭЛК 06R
6	Комфорт ЭЛК 06R
7	Комфорт ЭЛ К 10R
8	Комфорт ЭЛК 10 Rm
9	Комфорт ЭЛК 06R
10	Комфорт ЭЛК 06R
11	Комфорт ЭЛ К 10R
12	Комфорт ЭЛК 10 Rm
13	Комфорт ЭЛК 06R
14	Комфорт ЭЛК 06R
15	Комфорт ЭЛ К 10R
16	Комфорт ЭЛК 10 Rm
17	Комфорт ЭЛК 06R
18	Комфорт ЭЛК 06R
19	Комфорт ЭЛ К 10R
20	Комфорт ЭЛК 10 Rm
21	Комфорт ЭЛК 06R
22	Комфорт ЭЛК 06R
23	Комфорт ЭЛ К 10R
24	Комфорт ЭЛК 10 Rm
25	Комфорт ЭЛК 06R
26	Комфорт ЭЛК 06R
27	Комфорт ЭЛ К 10R
28	Комфорт ЭЛК 10 Rm
29	Комфорт ЭЛК 06R
30	Комфорт ЭЛК 06R
31	Комфорт ЭЛ К 10R
32	Комфорт ЭЛК 10 Rm
33	Комфорт ЭЛК 06R
34	Комфорт ЭЛК 06R

Текст задания приведен в разделе 5 УМКД (практическое занятие №3)

Контрольное задание 4. Для предложенного преподавателем предприятия, найти в журнальных источниках или в Интернете данные по расходу энергоресурсов на производство различных видов продукции (например на ТЭЦ тепла и электроэнергии).

Текст задания и его возможные варианты приведены в разделе 5 УМКД (практическое занятие №4)

Контрольное задание 5. Исходные данные приведены в контрольном задании 1.

Текст задания приведен в разделе 5 УМКД (практическое занятие №5)

Контрольное задание 6. Для предложенного преподавателем предприятия, найти в журнальных источниках или в Интернете укрупненные данные Укрупненного бухгалтерского баланса.

Текст задания приведен в разделе 5 УМКД (практическое занятие №6)

Контрольное задание 7. Для различных вариантов приведены вероятности наступления зим.

Исходные данные для задания 7

Вариант	Вероятность		
	Мягкая	Обычная	Холодная
1	0,4	0,48	0,12
2	0,58	0,18	0,24
3	0,41	0,11	0,48
4	0,24	0,39	0,37
5	0,37	0,25	0,38
6	0,48	0,43	0,09
7	0,49	0,5	0,01
8	0,48	0,17	0,35
9	0,27	0,67	0,06
10	0,53	0,15	0,32
11	0,58	0,41	0,01
12	0,41	0,26	0,33
13	0,2	0,3	0,5
14	0,55	0,21	0,24
15	0,26	0,63	0,11
16	0,17	0,62	0,21
17	0,21	0,7	0,09
18	0,53	0,23	0,24
19	0,3	0,52	0,18
20	0,46	0,43	0,11
21	0,1	0,15	0,75
22	0,32	0,33	0,35
23	0,33	0,21	0,46
24	0,56	0,26	0,18
25	0,59	0,13	0,28
26	0,44	0,25	0,31
27	0,16	0,39	0,45
28	0,17	0,28	0,55
29	0,33	0,58	0,09
30	0,44	0,3	0,26
31	0,19	0,81	0
32	0,48	0,48	0,04
33	0,36	0,34	0,3
34	0,52	0,14	0,34

Текст задания приведен в разделе 5 УМКД (практическое занятие №7)

11. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. Как взаимосвязан уровень жизни общества и количество потребляемой энергии?
2. Дайте определение таких понятий как энергия, энергетика, энергетические ресурсы.
3. Какие виды энергии известны, как оценивается ее качество?
4. Что включает в себя понятие энергосбережение?
5. Что понимается под эффективным использованием энергии?
6. Чем отличаются активные и пассивные методы энергосбережения?
7. Что означает прямая и косвенная экономия?
8. Перечислите обобщенные факторы энергетической безопасности экономики.
9. Что из себя представляет первичная энергия? Приведите классификацию первичных энергетических ресурсов.
10. Какие виды первичных энергетических ресурсов относятся к местным энергетическим ресурсам?
11. Какие компоненты определяют состав ископаемого твердого и жидкого топлива?
12. Поясните физический смысл определения теплоты сгорания. Как выбор теплоты сгорания влияет на эффективность использования топлива.
13. Дайте определение термину условного топлива. Назовите угольный и нефтяной эквивалент топлива.
14. Как называются устройства для сжигания топлива и как они классифицируются?
15. Назовите составляющие теплового баланса топки.
16. Каковы особенности сжигания топлива в слоевых и факельных токах? Какие виды топлива в них можно сжигать?
17. Как работает ядерный реактор? Какие процессы в нем реализуются?

18. Чем отличаются котельные установки от промышленных печей?
19. Дайте определения ТЭС, ТЭЦ, ПГУ, ПТУ, объясните схему их работы.
20. Дайте определение когенерации. Назовите виды когенерационных систем.
21. Как повысить эффективность использования топлива при выработке электрической энергии?
22. Для каких целей используются графики тепловых и электрических нагрузок? Опишите основные их характеристики.
23. Каким образом транспортируются твердые, жидкие и газообразные топлива?
24. Что влияет на затраты энергии при перемещении жидкого и газообразного энергоносителя?
25. Какие технические элементы и устройства включает система теплоснабжения?
26. С помощью каких мероприятий можно повысить эффективность передачи теплоты от источника к потребителю?
27. Каким параметром определяется эффективность передачи электрической энергии?
28. С какой целью осуществляют мероприятия по компенсации реактивной мощности? Какие методы снижения потерь электрической энергии вы знаете?
29. Источником каких вредных веществ, поступающих в атмосферу, являются энергетические объекты?
30. В чем проявляется воздействие вредных выбросов на окружающую среду?
31. Дайте определение парниковому эффекту.
32. Оказывают ли возобновляемые источники энергии отрицательное воздействие на окружающую среду?
33. Какие мероприятия в сфере энергетики позволяют снизить парниковый эффект?

34. Каковы цели и методы энергетического аудита?
35. Приведите классификацию энергетических балансов по виду и целевому назначению.
36. Какие методы используются для составления энергетических балансов промышленных предприятий?
37. С помощью каких соотношений проводится расчетный анализ энергетических балансов?
38. Каким образом можно рассчитать эффект от реализации организационно-технических мероприятий?
39. Приведите классификацию норм расхода топливно-энергетических ресурсов.
40. С использованием каких соотношений производится расчет норм расхода топливно-энергетических ресурсов?
41. Дайте определение системного финансового анализа. В чем его смысл?
42. Дайте определение динамическому нормативу финансово-экономической устойчивости.
43. Для чего проводится факторный анализ финансово-экономической устойчивости? Какие цели он преследует?
44. Как проводится расчет двухставочного и одноставочного тарифа?
45. Дайте определение дифференцированному по зонам суток тарифу. В каких случаях указанный вид тарифа может быть выгоден промышленному предприятию?
46. Как влияют темпы роста энергопотребления на величину тарифа электроэнергии?
47. Что из себя представляет экологическая составляющая тарифа? приведите примеры этой составляющей для разных типов электростанций.
48. Дайте определение понятиям риска и неопределенности.
49. что из себя представляет коммерческая, региональная, отраслевая и бюджетная эффективность проекта по энергосбережению.
50. Приведите формы оценки финансовой состоятельности проекта.

51. Приведите методы оценки экономической эффективности инвестиционных проектов. Поясните чем различаются статические и динамические методы?
52. Приведите пример оценки риска методом «дерева решений».
53. Что такое энергетические отходы? Назовите их типы.
54. Что такое ВЭР? Как они классифицируются? Каким параметром определяется энергетический потенциал каждого из видов ВЭР?
55. Как рассчитать удельный и общий выход ВЭР?
56. Как оценить экономию топлива за счет использования тепловых ВЭР или горючих ВЭР?
57. Какие устройства применяются для утилизации древесных отходов с целью получения энергии?
58. Приведите технологическую схему утилизации древесных отходов с целью получения энергии.
59. Какую роль играют теплообменные аппараты в энергосбережении ?
60. Приведите пример использования тепловых ВЭР.
61. С помощью каких устройств утилизируются ВЭР из бытового давления?
62. Для чего предназначены трансформаторы тепла? Назовите их типы.
63. Какие параметры характеризуют эффективность теплового насоса, холодильной машины и комбинированного трансформатора тепла?
64. Объясните принцип работы компрессионного трансформатора тепла.
65. Каков принцип работы абсорбционного трансформатора тепла?
66. Объясните принцип работы адсорбционного трансформатора тепла.
67. Приведите примеры использования трансформаторов тепла.
68. Что такое световая отдача? Для каких целей применяется этот параметр?
69. Перечислите известные источники освещения и назовите их светоотдачу.

70. Какие мероприятия позволяют снизить потребление электроэнергии на освещение?
71. Назовите виды электроприводов. Какие мероприятия позволяют снизить потребление энергии электроприводами?
72. Какие способы регулирования производительности центробежных механизмов используются? Какие из них позволяют достичь максимального снижения потребления электроэнергии?
73. Какие мероприятия приводят к экономии энергии в электротермических установках?
74. Назовите два направления энергосбережения в строительстве, способствующие уменьшению потребления теплоты в зданиях.
75. Что дает утепление ограждающих конструкций зданий? Каким образом оно осуществляется?
76. Каким образом можно снизить потери теплоты через окна?
77. Как рассчитать потери теплоты через ограждения зданий?
78. В чем заключается модернизация систем отопления зданий, направленная на уменьшение теплопотребления?
79. Зачем необходим контроль и учет энергоресурсов?
80. Какие методы используются для определения количества потребляемого топлива?
81. Каким образом можно измерить количество потребляемой теплоты?
82. С помощью каких приборов можно измерить температуру? Как они устроены и каков принцип их работы?
83. Какие приборы используются для измерения расхода теплоносителя? Каков принцип их работы?
84. Что такое инфракрасная термография? Где она применяется?
85. С помощью каких приборов осуществляется учет электрической энергии?
86. Какие электросчетчики предпочтительней использовать?
87. Как работает замкнутая система автоматического регулирования?

88. В чем отличие разомкнутой системы регулирования от замкнутой?
89. Поясните особенности качественного и количественного методов регулирования в системе теплоснабжения.
90. Какова организационная структура управления энергосбережением в РФ?
91. Какие методы экономического стимулирования энергосбережения предусмотрены в законодательстве РФ?
92. Каково значение информационного обеспечения в области энергосбережения
93. Нарисуйте схему структуры многоступенчатого обучения и переподготовки кадров в области энергосбережения.
94. Какие информационные системы в области энергосбережения вы знаете? Каков принцип их функционирования?

12. КАРТА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ КАДРАМИ ПРОФЕССОРСКО-ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОГО СОСТАВА

Таблица 47

Карта обеспеченности дисциплины кадрами профессорско-преподаватель- ского состава

Вид учебной нагрузки	ППС
Лекции	к.э.н., доц. Судаков Геннадий Влади- мирович
Практические занятия	к.э.н., доц. Судаков Геннадий Влади- мирович
Зачет	к.э.н., доц. Судаков Геннадий Влади- мирович

Геннадий Владимирович Судаков

доцент кафедры энергетики АмГУ, канд. экон. наук

Изд-во АмГУ. Подписано к печати _____ Формат 60 х 84/16. Усл. печ. л. ____,
уч.-изд. л. __. Тиража 100. Заказ _____1