



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Промышленная теплоэнергетика и экология»

Н. А. Вальченко, В. Г. Якимченко

ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

ПРАКТИКУМ

**по одноименному курсу для студентов
специальностей 1-43 01 05 «Промышленная
теплоэнергетика» и 1-43 01 07 «Техническая
эксплуатация энергооборудования организаций»
дневной и заочной форм обучения**

Гомель 2015

УДК 621.1(075.8)
ББК 31.19я73
В16

*Рекомендовано научно-методическим советом
энергетического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 8 от 27.05.2014 г.)*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Электроснабжение» ГГТУ им. П. О. Сухого
Т. В. Алферова

Вальченко, Н. А.
В16 Основы энергосбережения : практикум по одноим. курсу для студентов специальностей 1-42 01 05 «Промышленная теплоэнергетика» и 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций» днев. и заоч. форм обучения / Н. А. Вальченко, В. Г. Якимченко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2015. – 27 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Включает четыре раздела с практическими заданиями и примерами их выполнения. Целью практикума является формирование понятий об основных направлениях и принципах энергосбережения, рациональном использовании энергетических ресурсов и способах экономии.

Для студентов специальностей 1-42 01 05 «Промышленная теплоэнергетика» и 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций» дневной и заочной форм обучения.

УДК 621.1(075.8)
ББК 31.19я73

© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2015

Введение

Республика Беларусь относится к числу государств, которые недостаточно обеспечены собственными топливно-энергетическими ресурсами и вынуждена импортировать 85% потребляемых энергоносителей. Так что потенциал энергосбережения, оцениваемый в 30-40%, является важнейшим резервом, существенным источником энергии в топливно-энергетическом балансе экономики страны. Кроме того, внедрение энергоэффективных технологий и энергосберегающего оборудования позволит резко поднять качество выпускаемой продукции, снизит энергетическую составляющую в ее себестоимости, будет способствовать конкурентоспособности белорусской продукции на мировом рынке. По сути, энергосбережение - одно из кардинальных условий становления Беларуси как независимого индустриально и аграрно-развитого государства.

Раздел 1

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ

Согласно классическому определению, **управление** (управленческая деятельность, менеджмент) - это процесс планирования, организации, мотивации и контроля, необходимый для того, чтобы сформулировать и достичь целей управляемой организации.

Энергетический менеджмент-методологическая наука с практическим инструментарием для осуществления процесса управления использованием энергии, т.е. планирования, организации (внедрений), мотивации, контроля оптимального использования всех видов и форм энергии при целесообразном удовлетворении потребностей человека (организации) и отрицательном минимальном влиянии на окружающую среду.

Цели энергетического менеджмента различны по своему содержанию для организаций разных иерархических уровней:

- **на межгосударственном уровне**—сохранение и рациональное использование мировых запасов энергетических ресурсов, поиск новых источников и форм энергии, поддержание и сохранение окружающей среды для следующих поколений;

- **на государственном (национальном) уровне** – энергетическая независимость и безопасность, а также, для стран СНГ - переход от энергозатратной к энергоэффективной экономике;

- **на отраслевом уровне** (энергетика, строительство и т.д.) - энергоэффективное и экологически безопасное функционирование отраслей в рамках национальной экономики;

- **на уровне области, города** - минимум затрат энергоресурсов для обеспечения рациональных комфортных инфраструктур, качества жизни населения при соблюдении экологических норм;

- **на уровне отдельной фирмы, предприятия** -достижение минимальной энергетической составляющей в себестоимости продукции обеспечение конкурентоспособности продукции по энергетическими экологическим характеристикам на внутреннем и мировом рынках;

- **на уровне семьи** - минимальный счет за потребление энергии при обеспечении комфортных условий жизни.

На каждом из этих уровней предусматривается своя концепция и технология (методики, средства, способы) энергосбережения. Увеличение расходуемой энергии связано с развитием цивилизации, расширением, углублением знаний человека об окружающем

мире. Очевидно, что рост потребления энергии человечеством и развитие его цивилизации - исторически взаимосвязанные и взаимообусловленные процессы. Рассмотренные глобальные энергетические проблемы, решение которых – условие сохранения и дальнейшего развития человеческой цивилизации, требуют, с одной стороны, поиска и разработки новых эффективных и экологически чистых источников энергии, с другой - организации оптимального управления развитием и эксплуатацией существующих энергопроизводящих, энергопреобразующих и энергопотребляющих систем.

Энергосбережение - это процесс, в ходе которого сокращается потребность в энергоресурсах и энергоносителях в расчете на единицу полезного конечного эффекта от их применения.

Энергосбережение имеет межотраслевой характер и требует межотраслевой структуры системы управления ею. Одна из важнейших задач энергетического менеджмента для реализации энергосберегающей политики заключается в изменении психологии отношения населения к энергии. Нужно создать новый стереотип мышления в обращении с этим ценным природным ресурсом. Важной составляющей энергосберегающей политики является также ее техническая часть, которая состоит не просто в бережном расходовании энергии и топлива, а в пересмотре технологического базиса генерирования, распределения и использования энергии в процессах производства с позиций более рационального применения энергии, труда, основных фондов сырья и материалов.

Контрольные вопросы

1. Что такое энергетический менеджмент и что такое энергосбережение?

Поясните, как соотносятся эти понятия.

2. Кратко назовите основные этапы в истории использования энергии человечеством, укажите их значение.

3. Какая связь между развитием цивилизации человечества и энергопотреблением? Объясните характер их изменения во времени и укажите их тенденции.

4. Каково соотношение менеджмента и энергетического менеджмента? Зачем инженеру (менеджеру) знать основы энергетического менеджмента и энергосбережения?

5. Назовите и объясните цели и основные задачи энергетического менеджмента.

6. Что такое Государственная программа «Энергосбережения»? Каковы ее задачи и значение? Кто координирует ее выполнение? Какова роль инженеров (менеджеров) в реализации этой программы?

7. Какие Вы знаете или можете предложить способы сбережения энергии на различных иерархичных уровнях системы энергоменеджмента (в стране; в институте; на предприятии, где проходили практику или работаете; у себя дома)?

8. Почему энергосбережение имеет многоуровневый характер?

9. В чем заключаются задачи энергоменеджмента?

10. Одна из важнейших задач энергетического энергоменеджмента для реализации энергосберегающей политики?

Литература

1. Мескон М.Х., Альберт М., Хедоурри Ф. Основы менеджмента. /Пер., с англ.-М.: «Дело ЛТД», 1995.-704 с.

2. Одум Г., Одум Э. Энергетический базис человека и природы. /Пер., с англ.-М.: Прогресс, 1978.-379 с.

3. Веников В.А., Журавлев В.Г., Филиппова Т.А. Энергетика в современном мире.-М.: Знание, 1986.- 191 с.

4. Жимерин Д.Г. Энергетика: настоящее и будущее.- М.: Знание, 1978. – 192с.

5. Канаев А.А. Энергетические машины настоящего и будущего. – Л.: Машиностроение, 1967. – 154с.

6. Поспелова Т. Г. Основы энергосбережения. – Минск, “Технопроект”, 2000 - 351с.

Раздел 2

ХАРАКТЕРИСТИКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ И ИХ ПОТРЕБЛЕНИЯ

Энергетические ресурсы - это материальные объекты, в которых сосредоточена энергия, пригодная для практического использования человеком.

Энергия, непосредственно извлекаемая в природе, называется первичной, а носители первичной энергии называются первичными энергоресурсами.

Различают **невозобновляемые и возобновляемые** виды энергии, соответственно, невозобновляемые и возобновляемые энергоресурсы. Невозобновляемые энергоресурсы – это те, которые ранее были накоплены в природе и в новых геологических условиях практически не образуются, например, уголь, нефть, природный газ. Возобновляемые энергоресурсы - те, восстановление которых постоянно осуществляется в природе, например, энергия ветра, биотопливо, энергия морских волн и т. д.

Различные виды энергетических ресурсов обладают разным качеством, которое характеризуется энергоемкостью топлива. Удельной энергоемкостью называется количество энергии, приходящееся на единицу массы физического тела энергоресурса. Для удобства сопоставления различных видов энергоресурсов и возможности расчетов расход всех видов топлива сравнивается с расходом так называемого условного топлива. За условное принято такое топливо, при сгорании 1 кг которого выделяется $29,3 \cdot 10^6$ Дж или 7000 ккал энергии.

Энергетический кризис, как правило, - следствие экономического и политического кризисов в стране и вызван нерациональной структурой топливно-энергетической базы экономики.

Вторичными энергоресурсами называются энергоносители, полученные после промышленного преобразования первичных энергоресурсов.

Конечными энергоресурсами называются энергоресурсы, непосредственно потребляемые после их доставки конечными потребителями. Роль энергосбережения весьма существенна и соизмерима со значением других традиционных источников энергии в покрытии энергетических потребностей человечества. В этом смысле энергосбе-

режение и называют самостоятельным экологически чистым источником энергии.

В обозримой перспективе развитие топливной базы энергетики во всем мире будет определяться следующими основными направлениями:

- удорожанием практически всех топливно-энергетических ресурсов при опережающем росте стоимости высококачественного газомазутного топлива;
- проведением активной энергосберегающей политики во всех отраслях экономики и освоением в максимально возможных масштабах нетрадиционных возобновляемых источников энергии;
- вовлечением в топливно-энергетический баланс ядерного горючего и интенсивным поиском альтернативных ему безопасных источников энергии, имеющих промышленное значение;
- ужесточением экологических требований.

Контрольные вопросы

1. Что такое первичные энергоресурсы? Дайте их классификацию, укажите тенденции их использования.

2. Что такое энергоёмкость первичных энергоресурсов? Для чего введено понятие условного топлива?

3. Назовите виды первичных энергоресурсов, используемых экономикой Беларуси. Укажите имеющиеся в самой республике и импортируемые энергоресурсы. Какие из них являются возобновляемыми? Укажите их относительную значимость для экономики страны.

4. Что такое вторичные энергоресурсы? Назовите их и укажите способы их получения.

5. В чем суть энергетического кризиса 70-х гг. в Западной Европе и 90-х гг. в странах СНГ? Какие Вы видите пути преодоления кризиса в Беларуси?

6. Что такое энергоэффективные технологии? Какие мотивы побудили потребителей энергии в Западной Европе к внедрению энергоэффективных технологий в период преодоления энергетического кризиса в 80-90-е годы?

7. Каковы основные тенденции развития мировой энергетики в отношении топливно-энергетического баланса?

8. Чем Вы можете объяснить интенсивное использование нефти в мировом энергобалансе, каковы перспективы ее использования в дальнейшем?

9. Почему энергосбережение можно считать источником энергии, какое место оно занимает в структуре мирового потребления ТЭР?

10. Поясните возможности и перспективы использования водорода в энергетике.

Литература

1. Стырикович М.А., Шпильрайн Э.Э. Энергетика: Проблемы и перспективы. -М.: Знание, 1986.

2. Кириллин В.А. Энергетика сегодня и завтра. - М.: Педагогика, 1983.

3. “Энергосбережение - не ограничение, а эффективное использование энергии”: Интервью с председателем Государственного комитета по энергосбережению и энергетическому надзору РБЛ.А. Дубовиком. Энергоэффективность. - 1998. N10.-С. 2-3.

4. Государственная программа Республики Беларусь «Энергосбережение»: Основные направления и первоочередные меры. - Минск. Комитет «Белэнергосбережение», 1995. - 52 с.

5. Пospelова Т.Г. Основы энергосбережения. – Минск: Технопринт, 2000.

РАЗДЕЛ 3

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ МИРА И РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Состояние и развитие производства первичных энергетических ресурсов (ПЭР), с одной стороны, состояние и развитие потребления подведенной (конечной) энергии, с другой стороны, – это два полюса, два стержня энергетики, находящиеся в постоянном взаимодействии и относительном равновесии, определяющие перспективы развития энергетики в целом. Поэтому, чтобы выявить и понять перспективы развития энергетики во всем мире и в нашей стране, рассмотрим основные принципы энергообеспечения экономики, условия и динамику потребления энергии.

Производство ПЭР и конечное потребление энергии – конечные звенья технологической цепи энергообеспечения экономики. Чтобы осознанно, комплексно подходить к анализу состояния и перспектив развития энергетики, назовем основные звенья этой цепи – стадии технологии снабжения потребителей энергией необходимого вида:

1. Получение и концентрация первичных энергетических ресурсов, т.е. добыча и обогащение топлива (удаление пустой породы), концентрация напора с помощью гидротехнических сооружений и т. д.

2. Передача ПЭР к стационарным и мобильным установкам, преобразующим энергию: перевозка твердого топлива по сушей воде, перекачка по трубопроводам нефти, газа и др.

3. Преобразование первичной энергии во вторичную, имеющую более удобную для передачи и распределения форму(,)– (в) электрическую энергию и тепловую энергию пара.(;) Преобразование энергии осуществляется на электрических станциях или в котельных, а также в автономных преобразующих установках и системах.

4. Передача к потребителям и распределение между ними преобразованной, т.е. вторичной энергии с помощью электронного транспорта – электропередач сверхвысокого напряжения, электрических и тепловых сетей.

5. Конечное потребление подведенной (конечной) энергии, осуществляемое как в той форме, в которой она доставлена потребителю, так и в преобразованной, например, в форме механической энергии.

Имея в виду приведенный технологический процесс энергоснабжения, важно понимать, что потребление энергии происходит не только на последней, пятой стадии, но также на всех предыдущих, во-первых, для их реализации и, во-вторых, в виде потерь или так называемого технологического расхода. Поэтому далее, рассуждая об энергоэффективности и об энергосбережении, будем иметь в виду эти цели на всех стадиях процесса энергообеспечения.

По расчетам отечественных и зарубежных специалистов(,) потенциальная возможность энергосбережения в странах СНГ, Центральной и Восточной Европы в настоящее время оценивается в зависимости от состояния их экономики в размере примерно 20-30% от общего объема потребления топливно-энергетических ресурсов.

Поэтому реализация имеющегося потенциала энергосбережения стала приоритетом энергетической и экономической политики государства. Энергосбережение занимает место, по значению равное техническому перевооружению и развитию топливных отраслей, и рассматривается как крупный потенциальный источник энергетических ресурсов, способный обеспечить 30-40% потребностей Беларуси в энергоресурсах. Эффективность использования энергоресурсов является также фактором, который определяет производство конкурентоспособной продукции и, в конечном итоге, стабильность и эффективность национальной экономики.

На основе данных по энерго- и электропотреблению, а также информации о численности населения и объемах валового внутреннего продукта (ВВП) определяются:

1. Энергопотребление на душу населения:

- а) по первичной энергии;
- б) по подведенной (к потребителю) энергии;
- в) по подведенной электроэнергии.

$$E = \frac{\sum \mathcal{E}}{n} \quad (3.1)$$

где $\sum \mathcal{E}$ - суммарное потребление соответствующего вида энергии за год;

n - численность населения.

2. Энергоемкость экономики – отношение суммарного потребления энергии к объему валового внутреннего продукта:

- а) по первичной энергии;
- б) по подведенной энергии;

в) по подведенной электроэнергии – электроемкость ВВП.

$$E = \frac{\sum \Delta}{\text{ВВП}} \quad (3.2)$$

Рассмотрим функции субъектов энергетического менеджмента (органов управления) верхнего уровня (Министерство экономики, Государственный комитет «Белэнергосбережение», концерны «Белэнерго», «Белтопгаз» и т.д.), которые обеспечивают решение задач и результативность менеджмента:

1. Законотворческая и правовая деятельность.
2. Поиск источников и распределение финансирования.
3. Энергоаудит национальной экономики.
4. Выработка и координация реализации национальной политики энергосбережения.
5. Надзор, экспертиза и контроль.
6. Организация приоритетных энергосберегающих проектов.

Контрольные вопросы задания

1. Назовите и объясните энергоэкономические показатели, характеризующие эффективность энергоиспользования в различных странах.
2. Сформулируйте основные тенденции развития мировой энергетики и энергетики Беларуси в отношении потребления энергии.
3. Дайте краткую характеристику состояния и основных направлений развития энергетики Республики Беларусь.
4. Назовите используемые в Беларуси виды первичных энергоресурсов и способы их преобразования в белорусской энергосистеме.
5. Объясните значение энергосбережения для развития экономики Беларуси.
6. Составьте перечни устройств – потребителей электрической и тепловой энергии у Вас дома (квартира, блок общежития, частная дача и т.п.). Подсчитайте среднее количество потребляемой за один зимний и один летний месяц электрической и тепловой энергии всей семьей и в среднем одним ее членом. Пользуясь существующими тарифами на электрическую и тепловую энергию и значениями дотаций государства на оба вида энергии для бытовых потребителей, определите, во что обходится Вашей семье и государству потребляемая Вами и членами Вашей семьи за месяц электрическая и тепловая энергия.
7. В чём заключена политика энергоэффективности?

8. В чём заключается технологическая структура энергетического менеджмента?

9. В чём должны состоять функции энергоменеджмента верхнего яруса?

10. Что требуется политике энергосбережения на переходе к рыночной экономике?(части предложения местами поменяла)

Литература

1. Розанов М.Н. Электроэнергетические системы и рыночная экономика //Изв. РАН. «Энергетика». - 1992. № 2. С. - 3-6.

2. Пospelова Т.Г., Хассан Ю. Принципиальные положения учета энергосбережения в развитии ЭЭС//Изв. РАН. «Энергетика». -1997. №1. -С. 123-130.

3. Воропай Н.И., Зоркальцев В.И., Розанов М.Н. Проблемы развития

электроэнергетики государств СНГ в новых условиях и некоторые возможности их решения//Изв. вузов. Энергетика. - 1993. № 7-8. - С. 7-11.

4. Ганжа В.Л. Пути решения энергетической проблемы в Беларуси // Энергоэффективность. - 1997, № 1-2. - С. 3-5, 5-7.

Раздел 4
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

4.1 Виды энергии. Качество энергии

Виды энергии. Согласно представлениям физической науки, энергия - это способность тела или системы тел совершать работу. Существуют различные классификации видов и форм энергии. Назовем те ее виды, с которыми люди наиболее часто встречаются в своей повседневной жизни: механическая, электрическая, электромагнитная, тепловая, химическая, атомная (внутриядерная). Последние три вида относятся к внутренней форме энергии, т.е. обусловлены потенциальной энергией взаимодействия частиц, составляющих тело, или кинетической энергией их беспорядочного движения.

Если энергия - результат изменения состояния движения материальных точек или тел, то она называется кинетической; к ней относят механическую энергию движения тел, тепловую энергию, обусловленную движением молекул.

Если энергия - результат изменения взаимного расположения частей данной системы или ее положения по отношению к другим телам, то она называется потенциальной; к ней относят энергию масс, притягивающихся по закону всемирного тяготения, энергию положения однородных частиц, например, энергию упруго деформированного тела, химическую энергию.

Качество энергии. Более ста лет назад был установлен фундаментальный закон физики - закон сохранения энергии: энергия не может быть уничтожена или получена из ничего, она может лишь переходить из одного вида в другой.

Частным случаем закона сохранения энергии является 1-й закон (начало) термодинамики. Он устанавливает взаимное превращение всех видов энергии: тепло Q , сообщенное неизолированной системе, расходуется на увеличение ее внутренней энергии ΔU и совершение ею работы A против внешних сил:

$$Q = \Delta U + A \quad (4.1.1)$$

Все процессы в природе подчиняются действию этих законов.

С понятием «качество энергии» непосредственно связано существо понятия «энергосбережение». С точки зрения 1-го закона термодинамики, «энергосбережение» внутренне противоречиво. Сохранять энергию нет необходимости, это делает природа в соответствии с за-

коном сохранения энергии. Сохранять нужно работоспособность энергии, или эксергию, которая является **эталонem качества энергетической эффективности** каждого вида энергии.

Отличительные особенности тепловой энергии, условия ее превращения в другие виды энергии определяются 2-ым законом (началом) термодинамики.

Согласно этому закону, процессы, связанные с теплообменом при конечной разности температур, необратимы, т.е. могут протекать самопроизвольно только в одном направлении - от горячих к холодным телам с установлением равновесия в системе. Другими словами, закон возрастания энтропии (принцип необратимости) состоит в том, что если в изолированной системе есть разница температур и система предоставлена сама себе, то с течением времени температура все более выравнивается и работоспособность замкнутой системы падает до нуля. Для оценки практической пригодности энергии, содержащейся в материи, важно знать не только количество эксергии, но и ее концентрацию, т.е. отношение эксергии к объему термодинамического агента (энергоносителя).

Рассмотрим еще одну формулировку 2-го закона термодинамики, которая указывает на существенное различие двух форм передачи энергии - теплоты и работы.

Согласно этой формулировке:

1. Невозможен процесс, единственным результатом которого является превращение тепла, полученного от нагревателя, в эквивалентную ему работу.

2. Невозможен процесс, единственным результатом которого является передача энергии в форме тепла от холодного тела к горячему.

4.2 КПД тепловой машины

Экономичность процесса преобразования энергии теоретически не зависит от выбора рабочего тела. Практически же свойства рабочего тела весьма существенно влияют на КПД цикла. Наибольшее применение в качестве рабочего тела имеют продукты сгорания топлива - в двигателях внутреннего сгорания (автомобиле, самолете, тепловозе и др.) и водяной пар - в энергетических теплосиловых установках. Реже используются углекислота и гелий (АЭС), фреон и аммиак (холодильные установки). Однако главным производителем механиче-

ской энергии изтепловой является не рабочее тело, а резервуары тепла, или, как их обычно называют в термодинамике, источники тепла.

4.3 Виды электростанций

Преобразование первичной энергии во вторичную, в частности в электрическую, осуществляется на станциях, которые в своем названии содержат указание на то, какой вид первичной энергии, в какой вид вторичной преобразуется на них:

- ТЭС - тепловая электрическая станция, преобразующая химическую энергию сжигаемого топлива в электрическую;
- АЭС - атомная электростанция, которая преобразует атомную энергию деления ядерного топлива в электрическую;
- ГЭС - гидроэлектростанция преобразует механическую энергию движения воды в электрическую;
- ГАЭС - гидроаккумулирующая станция преобразует механическую энергию движения предварительно накопленной в искусственном водоеме воды в электрическую;
- ПЭС - приливная электростанция преобразует энергию приливов в электрическую, и т. д.

В Республике Беларусь более 95% энергии вырабатывается на ТЭС, поэтому процесс преобразования энергии на электростанции рассмотрим на примере этого вида станции. По назначению тепловые электростанции (ТЭС) делятся на два типа:

- КЭС - конденсационные тепловые электростанции, предназначенные для выработки только электрической энергии;
- ТЭЦ - теплоэлектроцентрали, на которых осуществляется совместное производство электрической и тепловой энергии.

Технология преобразований энергии на ТЭС может быть представлена в виде цепи следующих превращений:

внутренняя	тепловая	механическая	электрическая
химическая	энергия	энергия	энергия
энергия топлива	→ воды и пара	→ вращения	→

Отметим некоторые особенности работы ТЭС. Топливо и окислитель, которым обычно служит воздух, непрерывно поступает в топку котла. В качестве топлива чаще всего используются уголь, сланцы, природный газ и мазут (продукт переработки нефти - остаток по-

сле отгонки из нефти бензина, керосина и других легких фракции). Однако, использование природного газа и особенно мазута в перспективе должно сокращаться, так как это слишком ценные вещества, чтобы их использовать в качестве котельного топлива. За счет тепла, образующегося в результате сжигания топлива, в паровом котле вода превращается в пар с температурой около 550 °С.

Процесс производства электроэнергии на ТЭС условно можно разделить на три цикла:

1. Химический - горение, в результате которого внутренняя химическая энергия топлива превращается в тепловую и передается пару;
2. Механический - тепловая энергия пара превращается в энергию вращения турбины и ротора турбогенератора;
3. Электрический - механическая энергия превращается в электрическую.

Общий коэффициент полезного действия ТЭС равен произведению коэффициентов полезного действия всех названных циклов:

$$КПД_{ТЭС} = КПД_{ХИМ} + КПД_{МЕХ} + КПД_{ЭЛ} \quad (4.3.1)$$

Коэффициенты полезного действия химического и электрического циклов составляют около 90%. Коэффициент полезного действия идеального механического цикла определяется закономерностями цикла Карно:

$$КПД_{МЕХ} = \frac{T - T^*}{T} \cdot 100\% \quad (4.3.2)$$

где T и T^* - соответственно температура пара на входе и выходе паровой турбины.

На современных ТЭС $T = 550$ °С (823 °К), $T^* = 23$ °С (296 °К). При этих температурах пара КПД паровой турбины составляет:

$$КПД_{МЕХ} = \frac{550 + 273 - 23 - 273}{550 + 273} = 63\% \quad (4.3.3)$$

Следовательно, КПД конденсационной тепловой электростанции теоретически равен:

$$КПД_{КЭС} = 0.9 \cdot 0.63 \cdot 0.9 = 0.5$$

Теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), где осуществляется комплексная выработка электрической и тепловой энергии, обладают КПД в 1,5-1,7 раз выше, достигающим 60-65%. Комплексная выработка электроэнергии и тепла очень выгодна.

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите и сформулируйте основные физические законы, объясняющие существо энергосбережения и определяющие его возможности.

2. Что такое энергосбережение? Каковы основные пути его осуществления?

3. Объясните понятие качества энергии, назовите определяющие его параметры.

4. Что такое эксергия? Объясните отличие тепловой энергии от других видов энергии.

5. От чего зависит КПД тепловой машины?

6. Какие вы знаете способы преобразования энергии? Подробно объясните один из них по своему выбору, назовите его преимущества, недостатки, область применения.

7. Какие Вы знаете виды электрических станций? Почему в электроэнергетической системе должны быть различные виды электростанций?

8. Назовите виды тепловых электростанций, объясните их принципиальные отличия друг от друга, их функции в энергосистеме.

9. В чем преимущества комплексного (комбинированного) производства электрической и тепловой энергии? Почему в электроэнергетической системе должны быть различные виды ТЭС?

10. Какие электрические станции есть в Белорусской энергосистеме? Каково Ваше мнение о целесообразности строительства в Беларуси АЭС? Аргументируйте свой ответ.

Литература

1. Энергосберегающая технология электроснабжения народного хозяйства: В 5 кн. / Под ред. В.А. Веникова. - Кн. 4. Потребление электрической энергии - надежность и режимы / Михайлов В.В., Поляков М.А. - М.: Высшая школа, 1989. - 143 с.

2. Поспелова Т.Г. Основы энергосбережения.-Минск.: Техно-принт, 2000г.

Практические задачи

Задача №1

Определить экономию тепловой энергии от замены одинарного остекления на двойное остекление цеха. Общая площадь заполнения светового проема здания одинарным остеклением $\rho_{ок}$ м². Нормативная температура внутри помещения $t_{вн}$ °С. Продолжительность отопительного периода n сут. Средняя температура наружного воздуха за отопительный период $t_{но}$. Коэффициент теплопередачи одинарного остекления $K_{сущ}$ Ккал/м²ч°С. Коэффициент теплопередачи двойного остекления $K_{ост}$ Ккал/м²ч°С.

Задача №2

Определить экономию тепловой энергии от внедрения автоматики снижения температуры внутри отапливаемых помещений в нерабочее время административного здания. Снижение температуры осуществляется на 8°С. Режим работы $T_{нр.в}$ ч/сут. Продолжительность отопительного периода $N_{от}$ сут. Температура внутри отапливаемых помещений 18°С. Строительный объем здания $V_{от}$ м³. Удельная тепловая отопительная характеристика здания $g_{от}$ Ккал/м³ч°С.

Задача №3

Определить массовую долю пролетного пара $Dп$ (т/год) теряемого в теплообменнике горячего водоснабжения при отсутствии автоматических конденсатоотводчиков. Энтальпия пароконденсатной смеси $h_{пк}=574$ кДж/кг. Энтальпия насыщения воды при давлении в безнапорном конденсатопроводе $h_к=419$ кДж/кг. Скрытая теплота парообразования при давлении в конденсатопроводе $r=540$ кДж/кг. Годовой расход тепловой энергии $Q_{п}$ Гкал/год. Энтальпия перегретого пара 656 кДж/кг. Определить также ожидаемую экономию от внедрения автоматических конденсаторов счётчиков.

Задача №4

Определить годовую экономию тепловой энергии при проведении теплоизоляции неизолированного паропровода диаметром 80 мм и длиной L м в котельной. Температура внутри котельной $t_{о.в}$ °С. Температура стенки паропровода $t_н=153$ °С. Суммарный коэффициент теплоотдачи $\alpha=12,27$ ккал/м²ч°С. Коэффициент, учитывающий допол-

нительные потери тепла через фланцевые соединения, опоры и запорную арматуру 1,2. удельная норма теплотерьер через изоляцию трубопровода $q=57,8$ ккал/м. Годовой фонд рабочего времени 194 сут. (режим работы 24 час/сут).

Теория к задачам Резервы экономии тепловой энергии

1. Замена одинарного остекления на двойное

Годовые потери тепловой энергии через заполнение световых проемов существующего остекления $Q_{сущ}$, Гкал:

$$Q_{сущ} = S_{ок} \cdot T \cdot n \cdot (t_{вн} - t_{но}) \cdot K \cdot 10^{-3}, (1)$$

где $S_{ок}$ - общая площадь заполнения светового проема, m^2 ;
 T - время работы отопления в сутки (для г. Гомеля 194·24), ч;
 n - продолжительность отопительного периода, сут;
 $t_{вн}$ - температура внутри отапливаемых помещений, $^{\circ}C$;
 $t_{но}$ - средняя температура наружного воздуха за отопительный период, $^{\circ}C$;
 $K_{сущ}$ - коэффициент теплопередачи остекления, ккал/ $m^2 \cdot ч \cdot ^{\circ}C$.

При выполнении остекления в двойных деревянных переплетах, годовые потери тепловой энергии $Q_{ост}$, Гкал составят:

$$Q_{ост} = S_{ок} \cdot T \cdot n \cdot (t_{вн} - t_{но}) \cdot K \cdot 10^{-3}, (2)$$

где $K_{ост}$ - коэффициент теплопередачи предлагаемого остекления, ккал/ $m^2 \cdot ч \cdot ^{\circ}C$.

Экономия тепловой энергии от внедрения мероприятия ΔQ , Гкал:

$$\Delta Q = Q_{сущ} - Q_{ост}. (3)$$

2. Внедрение автоматики снижения температуры внутри отапливаемых помещений в нерабочее время

Экономия тепловой энергии при внедрении электронных регуляторов температуры внутри отапливаемых помещений, достигается за счет снижения температуры воды в отопительных системах при положительной температуре наружного воздуха, точного соблюдения температуры теплоносителя и температуры воздуха в помещениях, программного снижения температуры воздуха в помещениях в «нерабочее время» (автоматика регулирования в конце рабочей смены будет снижать температуру внутри помещений на 5-10°C, а за 1,5-2 часа до начала работы поднимать до нормативных величин). Срок окупаемости этих работ 1...3 года.

При снижении температуры внутри отапливаемых помещений в нерабочее время экономия тепловой энергии ΔQ_{OT} , Гкал определится по формуле:

$$\Delta Q = q_{OT} \cdot V_{OT} \cdot (t_{BH} - t_{BH.NP.B}) \cdot N_{OT} \cdot T_{HP.B} \cdot 10^{-3}, (4)$$

где q_{om} - удельная тепловая отопительная характеристика здания, ккал/(м³ час °С);

V_{OT} - объем отапливаемых помещений, тыс.м³;

t_{BH} - средневзвешенная нормативная температура внутри помещения, °С;

$t_{BH.NP.B}$ - сниженная средневзвешенная температура внутри помещения в нерабочее время, °С;

N_{OT} - продолжительность отопительного периода, сут;

$T_{HP.B}$ - число рабочих часов в течение суток, ч/сут.

3. Установка автоматических конденсатоотводчиков

Установка автоматических конденсатоотводчиков позволяет устранить пролётный пар.

Массовая доля пролетного пара в пароконденсатной смеси:

$$q_{ПП} = \frac{h_{ПК} - h_K}{r} \cdot 100, (5)$$

где $h_{ПК}$ - энтальпия пароконденсатной смеси, ккал/кг;

h_K - энтальпия насыщения воды при давлении в конденсатопроводе, ккал/кг;

r - скрытая теплота парообразования при давлении в конденсаторе, ккал/кг.

Массовый годовой расход пара D_{II} , т/год:

$$D_{II} = \frac{Q_{II}}{h_{II} - h_{IIK}}, (6)$$

где Q_{II} - годовой расход тепловой энергии, Гкал/год;

h_{II} - энтальпия исходного пара ккал/кг.

Массовая доля пролетного пара в пароконденсатной смеси D_{III} т/год определяется по выражению:

$$D_{III} = D_{II} \cdot q_{III}, (7)$$

Ожидаемая экономия от внедрения данного мероприятия ΔQ_{III} , Гкал/год:

$$\Delta Q_{III} = D_{III} \cdot (h_{III} - h_{IIВ}) \cdot 10^{-3}, (8)$$

где h_{III} - энтальпия пролетного пара, ккал/кг;

$h_{IIВ}$ - энтальпия питательной воды, ккал/кг.

4. Теплоизоляция трубопроводов

Годовые потери тепловой энергии горячими неизолированными поверхностями $\Delta Q_{НЕИЗ}$, Гкал:

$$\Delta Q_{НЕИЗ} = \alpha \cdot (t_{НАР} - t_{ОС}) \cdot H \cdot T (9)$$

где α - суммарный коэффициент теплоотдачи, ккал/м²ч°С;

$t_{НАР}$ - средняя температура наружной поверхности, °С;

$t_{ОС}$ - средняя температура окружающего воздуха (≈ 10), °С;

H - поверхность, м²;

T - время работы, ч.

При проведении теплоизоляционных работ нормативные потери изолированными поверхностями на планируемый период $Q_{НОРМ}$, Гкал составят:

$$Q_{НОРМ} = q \cdot H \cdot T \cdot 10^{-3}, (10)$$

где q - удельная норма теплотерь через изоляцию трубопровода, ккал/м ч.

Экономия тепловой энергии от внедрения мероприятия ΔQ , Гкал:

$$\Delta Q = \Delta Q_{НЕИЗМ} - \Delta Q_{НОРМ}, (11)$$

Годовые потери тепловой энергии неизолрированными горячими поверхностями трубопроводов внутри помещения $\Delta Q_{НЕИЗ}$, Гкал:

$$\Delta Q_{НЕИЗ} = \pi \cdot d \cdot \alpha \cdot (t_{НАР} - t_{ОВ}) \cdot L \cdot T \cdot 10^{-3}, (12)$$

где d - диаметр трубопровода, м;

α - суммарный коэффициент теплоотдачи, ккал/м² ч °С;

$t_{НАР}$ - средняя температура наружной поверхности, °С;

$t_{ОВ}$ - средняя температура окружающего воздуха, °С;

L - длинна трубопровода, м;

T - время работы, ч.

При проведении теплоизоляции работ нормативные потери изолированными поверхностями трубопроводов на планируемый период составят $Q_{НОРМ}$, Гкал:

$$Q_{НОРМ} = K \cdot q \cdot L \cdot T \cdot 10^{-3} (13)$$

где K - коэффициент, учитывающий дополнительные потери тепла через фланцевые соединения, опоры и запорную арматуру;

q - удельная норма теплотерь через изоляцию трубопровода, ккал/м ч.

Экономия тепловой энергии от внедрения мероприятия ΔQ , Гкал:

$$\Delta Q = \Delta Q_{НЕИЗ} - \Delta Q_{НОРМ} \cdot (14)$$

Таблицы вариантов
Задача 1

№	$\rho_{ок}$ м ²	T час	n сут	$t_{вн}$ °C	$t_{но}$ °C	$K_{суш}$ Ккал/м ² ч°C	$K_{ост}$ Ккал/м ² ч°C
1	240	16	194	5	-1,6	4,77	2,20
2	238	16	194	5	-1,6	4,77	2,20
3	210	24	194	18	-1,6	4,50	2,15
4	220	24	194	18	-1,6	4,50	2,15
5	230	18	194	18	-1,6	4,20	2,10
6	260	16	194	18	-1,6	4,30	2,10
7	240	18	194	10	-1,6	4,70	2,20
8	210	24	194	18	-1,6	4,60	2,10
9	230	24	194	18	-1,6	4,60	2,10
10	260	24	194	18	-1,6	4,40	2,10

Задача 2

№	$g_{от}$ Ккал/м ³ ч°C	$V_{от}$ м ³	$t_{вн}$ °C	$t_{н.нр.в}$ °C	$N_{от}$ сут	$T_{р.в}$ ч/сут
1	0,36	11	18	10	194	8
2	0,35	12	18	9	194	7
3	0,34	11	18	9	194	9
4	0,37	10	18	10	194	10
5	0,36	10	18	11	194	8
6	0,35	11	18	11	194	7
7	0,4	12	18	10	194	10
8	0,35	10	18	10	194	8
9	0,36	10	18	11	194	7
10	0,36	11	18	12	194	10

Задача 3

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Q_{п}$ Гкал/год	380	400	450	350	370	380	390	400	410	420

Задача 4

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L, м	30	28	26	32	34	27	29	31	30	28
d, мм	150	200	100	150	50	100	200	150	50	100
K	1,2	1,25	1,2	1,3	1,30	1,29	1,20	1,25	1,25	1,20

Содержание

Введение.....	3
Раздел 1. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ.....	4
Раздел 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ И ИХ ПОТРЕБЛЕНИЯ.....	7
Раздел 3 ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ МИРА И РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ.....	10
РАЗДЕЛ 4. ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ.....	14
Практические задачи.....	20
Таблицы вариантов.....	25

**Вальченко Николай Адамович
Якимченко Владислав Геннадьевич**

ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

**Практикум
по одноименному курсу для студентов
специальностей 1-43 01 05 «Промышленная
теплоэнергетика» и 1-43 01 07 «Техническая
эксплуатация энергооборудования организаций»
дневной и заочной форм обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 18.02.15.

Пер. № 126Е.
<http://www.gstu.by>