

В.С. Северянин
И.А. Черников
М.Г. Горбачева

ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ



БГТУ – 2003

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

В. С. Северянин, И.А. Черников, М.Г. Горбачева

ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

*Курс лекций,
темы практических занятий,
вопросник для зачета,
библиография*
для студентов всех специальностей

Брест 2003

УДК 620.9 (042.3) (075.8)
ББК 31.19 О 75

Рецензент – зам. директора Брестского филиала Института повышения квалификации и переподготовки кадров Е.М. Дерещук, доцент, к.т.н.

Северянин В. С., Черников И.А., Горбачева М.Г.

Основы энергосбережения. Курс лекций. – г. Брест, издательство БГТУ, 2003. – 54 с., 12 рис., 1 табл., 45 библ.

Курс лекций дает представление об энергии, потребляемой в стране, о методах получения, распределения и использования тепловой и электрической энергии, о сущности энергосбережения. Показаны основные мероприятия по энергосбережению в различных отраслях.

Курс лекций согласно учебной программе для ВУЗов "Основы энергосбережения", МО РБ, Минск, 2000 г., утв. 28.12.98, ТД-63/тип.

УДК 620.9 (042.3) (075.8)
ББК 31.19 О 75

Учреждение образования
© "Брестский государственный технический университет" 2003

1 ВВЕДЕНИЕ

1.1. Значение дисциплины

Республика может обеспечить не более 10% своих потребностей в энергии собственными источниками. Поэтому энергосбережение, рациональное использование энергоресурсов является важной государственной задачей. Каждый инженер должен знать и применять методы максимальной экономии топлива, тепловой и электрической энергии, всемерного сокращения потерь энергетических ресурсов и произведенной энергии.

Цель курса – подготовка инженера любой специальности, способного следить за рациональным использованием энергии, предупреждать ее непроизводительные потери, способствовать созданию энергосберегающих технологий, объяснять персоналу физический смысл и технические методы правильного использования тепловой и электрической энергии, обоснованно требовать строгого соблюдения технологичной дисциплины, поощрять творчество работников в этом направлении.

1.2. Основные термины и определения

Приведенная ниже терминология принята МИРЭК (Мировая энергетическая конференция).

Энергосбережение – комплекс мер для обеспечения эффективного использования энергоресурсов.

Экономия энергии – результаты мер по снижению непроизводительных потерь. Меры могут быть пассивные (например, теплоизоляция), активные (утилизация теплоты) или организационные (замена технологий).

Рациональное использование энергии – расходование энергии наиболее целесообразным путем.

Энергоемкость – количество энергии, потребленной для производства продукции.

Удельные затраты на экономию энергии – затраты для реализации мер по экономии единицы энергии в год без ухудшения качества и количества продукции.

Теплоизоляция – защита от нежелательного теплообмена с окружающей средой.

Энергоэкономичное здание – сооружение, в котором энергетические потребности удовлетворяются при минимальном использовании покупной энергии.

Регенерация энергии – использование сбросной энергии в том же процессе.

Теплообменник – устройство для передачи теплоты от одной среды к другой.

Отходы – материал, не используемый в данный момент, оставшийся после конкретного технологического процесса.

Энергетический ресурс – запасы энергии, которые могут быть использованы существующей техникой.

Первичный энергоресурс – энергоресурс, который не был подвергнут переработке.

Энергоноситель – ресурс, непосредственно используемый на стадии конечного потребления, предварительно переработанный, облагороженный, а так же природный энергетический ресурс, потребляемый на этой стадии.

Полезная энергия – часть подведенной к потребителю энергии, которая выполнила определенную работу.

Источники энергии – источники, из которых может быть получен полезная энергия непосредственно или путем преобразований.

Потери энергии у потребителя – разность между подведенной и полезной энергией.

2. Энергия. Энергоресурсы. Энергосбережение

2.1. Классификация энергоресурсов

Общество в целом и каждый человек в отдельности не может обходиться без потребления энергии.

Энергия – способность производить работу или какое-то другое действие, меняющее состояние действующего субъекта. В широком смысле это – общая мера различных форм движения материи.

Для современного общества наиболее актуальны такие виды энергии, как **электрическая** и **тепловая**. Другие разновидности – механическая, химическая, атомная и т. д. – можно считать промежуточными или вспомогательными относительно упомянутых вначале, т. к. чаще всего именно электричество и теплота являются товаром, потребляемым человеком.

Тепловая энергия (тепло, теплота) – энергия хаотического движения микрочастиц – является первичной энергией цепи преобразования энергии, ею же эта цепь и заканчивается.

Тепловая энергия используется человеком для обеспечения необходимых условий его существования, для развития и совершенствования общества, для получения электрической энергии на тепловых электростанциях, для технологических нужд производства, для отопления и горячего водоснабжения жилых и общественных зданий. Источниками энергии могут служить вещества и системы, энергетический потенциал которых достаточен для последующего преобразования их энергии в другие ее виды с целью последующего целенаправленного использования. **Энергетический потенциал** является параметром, оценивающим возможность использования источника энергии. выражается в единицах энергии – Джоулях или киловатт-часах.

Энергетические ресурсы – это носители энергии. Природные энергоресурсы, образовавшиеся в результате геологического развития земли или проявляющиеся через комические связи (излучение солнца), которые используются или могут быть использованы человеком, делятся на невозобновляющиеся (ископаемое топливо органическое и ядерное, геотермальная энергия) и возобновляющиеся (гидроэнергия рек, солнечная радиация, приливная энергия морей и океанов, ветер, биотопливо) (см. рис. 1).

Вторичные (побочные) **энергоресурсы** – ВЭР – это носители энергии, образующиеся в ходе производства, которые могут быть повторно использованы для получения энергии вне основного технологического процесса.

Энергетический потенциал в ЭДж (10^{18} Дж, эксаджоули) энергоресурсов Земли оценивается следующими величинами [2]:

- ядерная энергия деления $1,97 \cdot 10^6$
- химэнергия органического топлива $5,21 \cdot 10^5$
- термоядерная энергия $3,6 \cdot 10^5$
- геотермальная энергия $2,94 \cdot 10^6$
- энергия солнца на уровне Земли, за 1 год $2,4 \cdot 10^6$
- энергия приливов, за 1 год $2,52 \cdot 10^5$
- энергия ветра, за 1 год $6,12 \cdot 10^3$
- энергия рек, за 1 год $1,19 \cdot 10^2$
- биоэнергия лесов, за 1 год $1,46 \cdot 10^3$



Рис. 1. Располагаемые энергетические ресурсы

Следует подчеркнуть, что лингвистически правильно в данном случае использовать термин "возобновляющийся" (а мусор, например, - это возобновляемый ресурс).

Около 90% используемых в настоящее время энергоресурсов составляют невозобновляющиеся (уголь, нефть, природный газ, уран и т. п.) благодаря их высокому энергетическому потенциалу, относительной доступности и целесообразности извлечения; темпы добычи и потребления их обуславливают энергетическую политику.

Энергетический баланс (или топливно-энергетический баланс) – это система показателей, отражающих количественное соответствие между приходом и расходом энергоресурсов, распределение их по типу, по потребителям (см. рис. 2) [1]. Изменение структуры баланса сопровождается увеличением добычи источников энергии. Добыча угля к 2000 году должна почти удвоиться, нефти – утроиться, газа – почти в четыре раза по сравнению с 1960 г. Повышение цен на ископаемое топливо ведет к повышенному вниманию ко всем видам биотоплива, включая древесину и растительные и животные отходы. Из общих гидроэнергетических ресурсов Земли сейчас используется только 16%, поэтому потребление гидроэнергии в мире должно увеличиться.

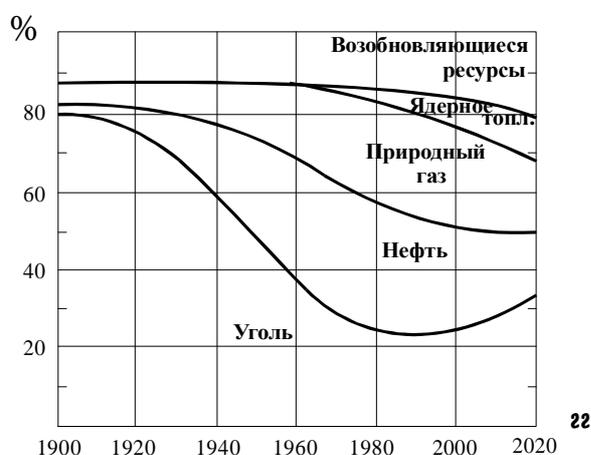


Рис. 2. Структура прежнего и прогнозируемого мирового энергетического баланса

Эффективность использования энергоресурсов определяется степенью преобразования их энергетического потенциала в конечную используемую продукцию или потребляемые конечные виды энергии (механическая энергия движения, теплота для систем отопления или технологических нужд и т. д.), что характеризуется **коэффициентом полезного использования энергоресурсов $h_{зр}$** :

$$h_{зр} = h_{\delta} \times h_n \times h_u, \quad (1)$$

где h_{δ} – коэффициент добычи, извлечения потенциального запаса энергоресурса (отношение добытого ко всему количеству ресурса); h_n – коэффициент преобразования (отношения полученной полезной энергии ко всей подведенной энергоресурсом); h_u – коэффициент использования энергии (отношение использованной энергии к подведенной к потребителю).

Для нефти $h_{\delta} = 30 \dots 40\%$, для газа – 80%, угля – 40%. Современные топочные устройства при получении тепловой энергии из химической путем сжигания топлив позволяют получить $h_n = 94 \dots 98\%$; при передаче тепла потребителю через системы теплоснабжения h_n снижается до **70 ... 80%**. Если же из тепловой энергии продуктов сгорания получается механическая с целью выработки электроэнергии (на тепловых электростанциях – ТЭС), то $h_n = 30 \dots 40\%$; для двигателей внутреннего сгорания $h_n = 20 \dots 30\%$. Величина h_n зависит от типа конкретного потребителя и условий эксплуатации (отопительные системы – **50%**). По данным, в среднем $h_{зр} = 36\%$.

ВЭР как переработанный первичный энергетический ресурс, полученный в качестве побочного продукта или отхода основного производства – делятся на 3 типа:

- 1). Горючие ВЭР (отходы, содержащие углеродные и углеводородные включения: доменный газ, городской мусор, органические отработанные растворители и т. д.)
- 2). Тепловые ВЭР (любые теплоносители, имеющие температуру выше температуры окружающей среды, способные передать тепло для последующего использования: горячие газы и жидкости, являющиеся промежуточными или сбросными в данном технологическом процессе);
- 3). ВЭР избыточного давления (газы и жидкости под давлением, которое можно использовать перед сбросом в окружающую среду).

Энергетический потенциал ВЭР реализуется в утилизационных установках (котлы-утилизаторы, теплообменники, печи, турбины и т. д.).

2.2. Физический и экономический смысл энергосбережения

Термин "энергосбережение" не вполне корректен: энергия не возникает и не исчезает, беречь ее с точки зрения физики бессмысленно; однако можно говорить о качестве энергии (для теплоты - это температура, энтальпия, эксергия), тогда нужно рассматривать экономное расходование качества энергии, т.е. когда возможно преобразование форм энергии, требующее определенных значений разности характерных потенциалов: если эксергия (или температура) теплоты мала (эксергия равна нулю, когда температура рабочего тела равна температуре окружающей среды), то теплота никому не нужна, хотя ее в количественном отношении может быть очень много.

Для получения требуемой формы энергии (электрическая, тепловая) в технике требуются определенные затраты, поэтому эта форма энергии становится товаром, и этот товар, измеренный в джоулях, киловатт-часах, рублях - становится как бы

овещественным продуктом. В этом и состоит этимология слова "энергосбережение"; несмотря на возражения специалистов (в РБ издается журнал "Энергоэффективность"), этот термин можно сохранить, представляя его трансформацию из физического в экономическое понятие.

Энергосбережение - комплекс научных, технических, организационных мероприятий, направленных на уменьшение потерь энергии у потребителя ее и уменьшение затрат при производстве энергии у производителя.

Энергосбережение, таким образом, - техническое развитие общества: получение максимального эффекта при минимальных затратах. Конечно, законы физики ставят предел этой эволюции - нет вечных двигателей I и II рода, энтропия растет, чтобы из тепловой энергии (основа современной цивилизации) получить механическую и, следовательно, электрическую энергию, надо "заплатить" природе - часть исходной теплоты выбросить в окружающую среду, причем тем больше, чем ниже качество исходной теплоты. Технические науки приближаются к этому пределу по такой схеме преобразования энергии, и дальнейшее развитие требует других схем - т.е. перехода на новые технологии.

Нельзя принимать за собственно энергосбережение установку приборов учета расхода и качества энергетических потоков у всех потребителей и производителей энергии, строгое соблюдение технологической дисциплины в промышленности, элементарной дисциплины у потребителя ("выходя, выключайте свет"), - все это необходимые условия энергосбережения. В то же время, естественно, не энергосбережение - выключение энергии (отключение отопления, света), это следует считать аварийной ситуацией или банкротством.

С точки зрения потребления энергии как товара любую производственную деятельность можно охарактеризовать энергетическим коэффициентом полезного действия h :

$$h = \frac{\mathcal{E}}{3}, \quad (2)$$

где \mathcal{E} - эффект деятельности, - то, что произведено с применением энергии, в данном случае - энергетическая составляющая в себестоимости, умноженная на количество товара, произведенного потребителем энергии;

3 - затраты на производство энергии (из которой получен \mathcal{E}) у производителя энергии; это то, что получено предприятием (потребителем) от производителя энергии (энергогенерирующие установки).

Величина характеризует качество производственного процесса.

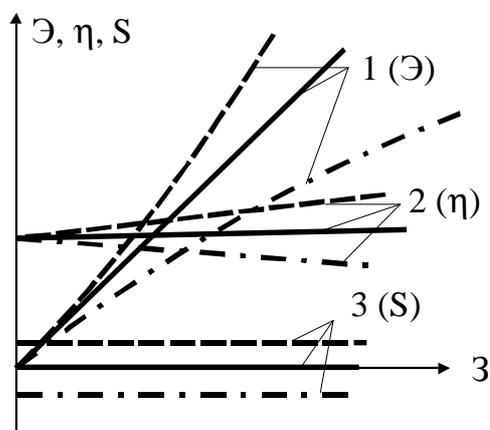


Рис. 3. Соотношения между основными параметрами при анализе эффективности энергосбережения

Очевидно, что больший эффект требует больших затрат; между ними может быть линейная зависимость (сплошная линия 1 на рис. 3), т.е. рост затрат дает пропорциональный эффект; возможен уменьшающийся рост эффекта с увеличением затрат (штрих-пунктирная линия 1 рис. 3) и интенсивно увеличивающийся рост эффекта с увеличением затрат (штриховая линия 1 там же).

При единичных приращениях \mathcal{E} и \mathcal{Z} имеем первую производную от зависимости

$$\mathcal{Z} = f_1(\mathcal{E}), \quad (3)$$

т.е. это не что иное как упомянутый выше КПД. Тангенс угла наклона кривых 1 при заданном \mathcal{Z} дает соответствующие линии 2. Они означают, что при росте затрат \mathcal{Z} энергетический КПД может снижаться, расти, быть постоянным.

Эффективность мероприятий по энергосбережению, следовательно, необходимо характеризовать изменением энергетического КПД:

$$S = \Delta \eta, \quad (4)$$

т.е. при единичных приращениях \mathcal{Z} и η эффективность энергосбережения S - производная для зависимости

$$\eta = f_2(\mathcal{Z}) \quad (5)$$

или вторая производная для (3):
$$S = d^2 \mathcal{E} / d\mathcal{Z}^2. \quad (6)$$

Таким образом, эффективность энергосбережения - это вторая производная эффекта по затратам. Линии 3 на рис. 3 показывают, что только в случае;

$$S > 0 \quad (7)$$

мероприятия по энергосбережению целесообразны, при

$$S < 0 \quad (8)$$

от таких мероприятий следует отказаться (соответственно штриховая и штрих-пунктирная линии 3).

Если Π_1 и Π_2 - потери энергии у потребителя до и после проведения мероприятий по энергосбережению, а $\Delta \mathcal{Z}$ - снижение затрат на производство энергии при этом, то, согласно (2), (4) имеем:

$$S = \frac{\mathcal{E} - \Pi_2}{\mathcal{Z} - D\mathcal{Z}} - \frac{\mathcal{E} - \Pi_1}{\mathcal{Z}}, \quad (9)$$

или в удобной для анализа форме:

$$S = \frac{D\Pi + (\mathcal{E} - \Pi_1) \times \frac{D\mathcal{Z}}{\mathcal{Z}}}{\mathcal{Z} - D\mathcal{Z}}. \quad (10)$$

По (10) можно сделать следующие выводы:

1. Эффективность энергосбережения пропорциональна снижению потерь у потребителя: $S \sim \Delta \Pi$. Этот вывод соответствует общепринятому понятию энергосбережения. Однако возможности существующих производств будут скоро исчерпаны. Нужны новые принципы потребления энергии.

2. Энергосбережение эффективно для больших производств: $S \sim (\Delta P_1)$, это простая экстенсивная зависимость.

3. Эффективность энергосбережения существенно растет при снижении затрат на производство энергии (ΔZ в числителе и знаменателе (10) одностороннего действия). Это очень важный вывод, т.к. существующие технологии производства энергии при соблюдении технологической дисциплины уже имеют максимальную для них эффективность, т.е. - требуются новые технологии.

4. Эффективность энергосбережения пропорциональна относительному снижению затрат на производство энергии: $S \sim \Delta Z/3$. Этот интенсивный фактор особенно ценен при труднодостижимых малых ΔZ , т.е. когда существующие технологии исчерпываются. Кроме того, этот показатель высок для энергоустановок малой мощности, т.е. имеется перспектива децентрализованного энергоснабжения.

Перед тем как перейти к примерам новых технологий, следует напомнить, что в республике Беларусь около половины импортируемых энергоресурсов (их приобретается ежегодно на 2 млрд. долларов) идет на нужды отопления жилых и общественных зданий, порядка четверти - на производство электроэнергии, остальное - промышленность (технологии) и сельское хозяйство. Поэтому примеры будут ограничены энергетикой и теплоснабжением. Кроме того следует учитывать, что сейчас резко растут затраты на соблюдение экологических условий при производстве и потреблении энергии, это необходимо для устойчивого развития общества. Всемирная комиссия по окружающей среде и развитию так постулирует это требование: "Устойчивым является развитие, обеспечивающее развитие современного общества без уменьшения способности будущих поколений обеспечивать свои потребности".

2.3. Основа энергосбережения - новые технологии

Понятие "новые технологии" можно разделить на три группы или уровня.

I. Совершенствование известных технологий с получением существенно более высокого эффекта (условие (7)). Одним из примеров этой группы является использование нестационарных технологических процессов: теплообмен, горение, энергетические преобразования. Пульсирующее горение, в частности, позволяет провести переход химической энергии топлива в теплоту и механическую работу значительно эффективнее, чем при стационарном (общепринятом) горении.

Другим примером этой группы технологий является централизованное теплоснабжение с доводчиками теплоты у потребителей. Эта схема значительно снижает теплотери при транспорте теплоты (основной недостаток существующих широко распространенных централизованных систем теплоснабжения) при заданном режиме теплоснабжения. Использование же некоторых известных технологий (предизолированные трубы тепловых сетей, "термошуба" зданий и др.) зачастую дает (8), и их применение объясняется другими, часто субъективными причинами. К этой группе относятся мероприятия по использованию вторичных энергоресурсов, всемерная автоматизация, утепление внешних ограждений зданий, надстройка электрогенераторами существующих паровых котельных.

Новые технологии этой группы - это практические реальные предложения (пилотные разработки, лабораторные исследования, доведенные до внедрения).

II. Технологии, которые полностью заменяют существующие, но проверенные расчетом, эксплуатацией, экспертизой. Обычные конденсационные тепловые электростанции расходуют - 350 гр. условного топлива на кВт/час выработанной энергии, а парогазовые (в них котел - это камера сгорания под большим давлением, из него газ идет на газовые турбины, а пар - на паровые) - 250. Это существенная величина ΔZ . Парогазовые установки в РБ сейчас проектируются для Минских ТЭЦ-3 и ТЭЦ-5,

Березовской ГРЭС, имеются в опытной эксплуатации на Оршанской ТЭЦ. Внешнеэкономические условия (экспорт) наряду с указанным фактором гарантируют (7).

В РБ предложен дом почти не потребляющий тепловой энергии на отопление (проект "Пассивный дом"). Расчеты показали, что такое жилье будет дороже в 1,6 - 1,8 раз, по сравнению с обычным, но стоимость сэкономленных энергоресурсов позволит окупить первоначальные затраты за 5-6 лет. Суть проекта - рекуперация тепла отводимого воздуха.

Технологии второй группы - это новейшие изобретения, расчеты, апробированные схемы. Они могут быть представлены единичными образцами, и часто не совсем убеждают распорядителей инвестиций.

III. Новые технологии третьей группы - это принципиально революционно новые предложения, в основном на уровне идей. Естественно, предыдущие группы - это развитие третьей; последняя - это база первых, поэтому с учетом отсева по разным причинам, предложений третьего уровня должно быть по крайней мере на порядок больше имеющихся первых двух. На самом же деле внимание технической общественности, руководящих структур, экономистов, спонсоров к этим предложениям не соответствует их важности. Возможно, причиной этому является инвестиционная слабость и низкая научно-техническая культура.

В патенте РФ подробно описана тепловая электрическая станция (ТЭС), совершенно нового типа. Как известно, к затратам на производство энергии следует отнести не только стоимость топлива, оборудование зданий и т.д., но и затраты на поддержание экологической чистоты ТЭС (это минимизация выбросов продуктов сгорания: возможные недожоги, выбрасываемые оксиды серы и азота, летучая или в виде суспензии зола, "парниковые" газы). Оказывается, возможна организация такого производства электроэнергии, когда ТЭС будет выделять в атмосферу кислород, нарабатывать новое органическое горючее, предупреждать загрязнение окружающей среды золовыми остатками.

На рис. 4 показана принципиальная схема ТЭС: 1 - угольный пласт (слева - свежая залежь, справа - выработанное пространство); 2 - паросиловая установка (парогенератор, турбина, электрогенератор, конденсатор) в устье скважины; 3 - воздушные вентиляторы; 4 - очистные установки; 5 - растущая биомасса.

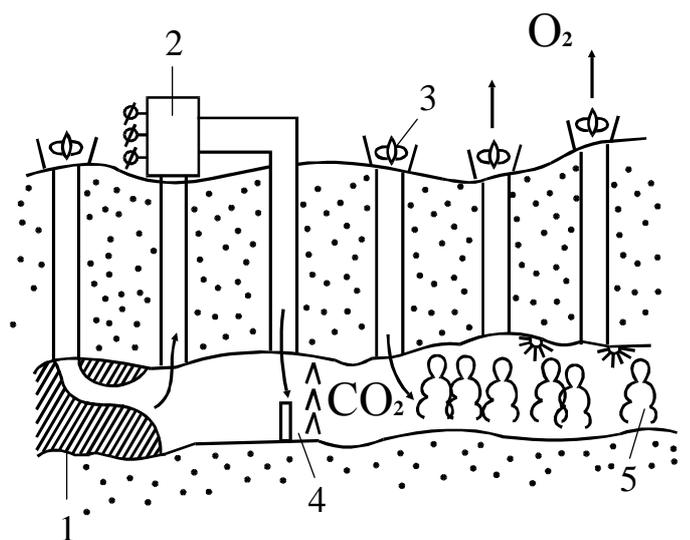


Рис. 4. ТЭС нового типа

Продукты сгорания из горящего забоя пласта 1 поднимаются к паросиловой установке, в котле образуется пар, он подается на турбину, турбина вращает электрогенератор. Охлажденные продукты сгорания вновь подаются в выработанное пространство угольного пласта, в котором на гидропонике растут быстрорастущие зеленые растения, благодаря фотосинтезу поглощается углекислый газ и выделяется кислород. Биомасса освещается светильниками. Газы предварительно очищаются в очистных установках 4. По мере выгорания угля ТЭС перемещается. Выработанная электроэнергия по ЛЭП передается потребителям.

Для широтного географического пояса, в котором находится РБ, как показано выше, основная доля энергоресурсов идет на отопление. Поэтому требуются разработки по резкому уменьшению этого потребления.

Расход теплоты на отопление равен теплотерям помещений: это, в основном, трансмиссионные тепловые потери через ограждающие конструкции и потери с вентилируемым воздухом. Поэтому радикальное средство энергосбережения - уменьшить эти потери теплоты, соблюдая условие (7).

Рис. 5 предлагает возможное решение этой проблемы. Принцип использования геотермального утепления известен относительно давно, однако предлагались решения только для малых и вспомогательных строений. Этот принцип вполне приемлем и для крупных жилых зданий с повышенным комфортом.

На рис. 5 обозначено: 1 - многоэтажное здание; 2 - грунтовые насыпи; 3 - геотеплопроводы; 4 - воздухоприемные и воздухоотводящие устройства; 5 -рекуператор; 6 - светоход; 7 - водоснабжающие и канализационные коммуникации.

Многоэтажное здание 1 несколькими этажами заглублено в землю, грунт используется для насыпей 2. Этажи связаны с откосами насыпей коридорами-шлюзами. В насыпях 2 расположены геотеплопроводы 3 в виде труб Фильда (в замкнутой трубе диаметром 200...500 мм смонтирована внутренняя труба диаметром 50...200 мм, не достигающая до верха и низа внешней). В них циркулирует вода: снизу во внутренней трубе поднимается теплая, по наружной опускается охлажденная; таким образом в насыпи 2 вводится геотепло, экранируя теплотери здания 1.

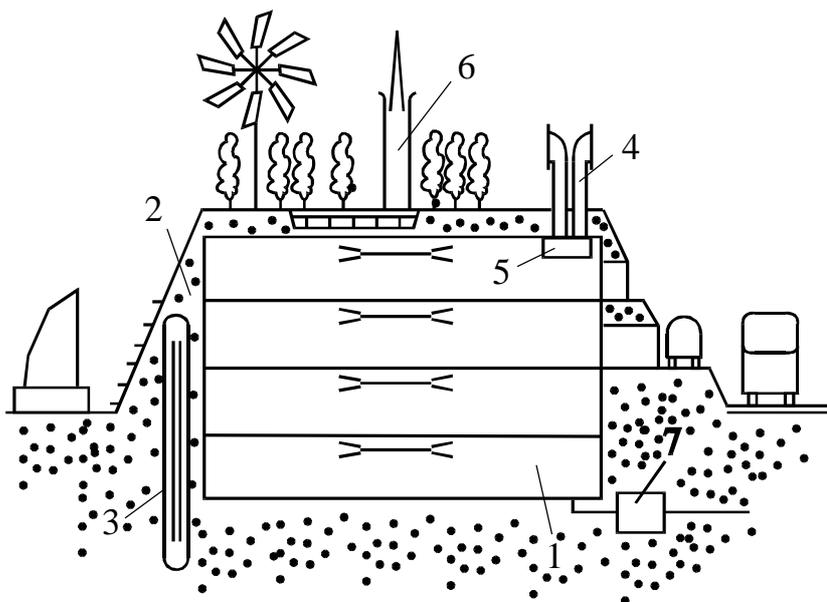


Рис. 5. Сооружение с геотермальным отоплением

Благодаря этому и теплоизоляционному действию насыпей 2 исключаются трансмиссионные потери. Насыпи 2 могут быть оборудованы гидроизоляцией, внутренней вентиляцией, внешними солнечными коллекторами. Аэрация здания 1 осуществляется через вентиляционные каналы при помощи воздухоприемных и воздухоотводящих устройств 4, при этом регенерация теплоты происходит в рекуператоре 5. В этом теплообменнике холодный внешний воздух подогревается теплым удаляемым, солнечный свет специальными каналами - светододами 6 (в отличие от световодов волоконной оптики) подается во внутренние помещения здания 1. Водоснабжение и канализационные коммуникации 7 также имеют рекуператоры, позволяющие утилизировать сбросную теплоту. Все сооружение обустраивается малыми архитектурными формами и вспомогательными энергоагрегатами, которые кроме комфорта должны давать добавочный энергосберегающий эффект. Естественно, здесь описывается отопительный режим; в летнем режиме основную роль играет вентиляция без рекуперации.

Таким образом, научные разработки в области энергосбережения должны быть направлены на поиски, расчеты, конструктивное оформление технологий высокоэффективного производства и потребления энергии.

2.4. Факторы, влияющие на энергопотребление

1. Уровень промышленного и сельскохозяйственного производства.

Выпуск валового внутреннего продукта, естественно, обуславливает соответствующее потребление энергии и энергоресурсов. Однако, как показано выше, эффект должен возрастать интенсивнее, чем энергопотребление.

2. Состояние отопительных систем, теплогенерирующих установок.

В РБ эта техника в основном устаревшая, с низким КПД, зачастую не надежная. Для ее замены требуются существенные инвестиции.

3. Техническая культура населения.

Любой субъект должен осознавать, что используемая им тепловая и электрическая энергия - дорогой и дефицитный продукт, который расходовать нужно очень экономно.

4. Энерговооруженность быта.

Естественно, блага цивилизации оплачиваются расходом энергоресурсов. Поэтому рост количества технических единиц должен сопровождаться максимальным ростом их эффективности, в первую очередь - по потреблению энергии.

5. Погодные условия.

При отклонении вниз температур наружного воздуха от средних нормативных значений республика вынуждена перерасходовать топливо. Прогноз погоды на длительное время ненадежен, но для оперативного управления энергопотреблением достаточно знать погодные условия на несколько дней вперед; их легко предвидеть, зная закономерности движения воздушных масс над Республикой Беларусь.

3. Проблемы энергетики Республики Беларусь

3.1. Материальная база энергетики

Республика Беларусь относится к странам, геологическая структура которых характеризуется крайне бедными природными топливными ресурсами. Доля местных топливных ресурсов (нефть Гомельской области, торф юга республики, древесина) в общем энергобалансе не превышает 10% и в основном ориентирована на бытовой сектор.

Несмотря на достаточно высокий уровень электроэнергетики Беларуси (в советское время самая лучшая в СССР ТЭС была Лукомльская ГРЭС), республика вынуждена импортировать электроэнергию.

Такой дисбаланс объясняется интенсивным развитием энергоемкой промышленности (машиностроения, нефтепереработка, химия и др.), не подкрепленным соответствующим развитием энергетической базы. Рост потребления электроэнергии на душу населения в Беларуси до 1990 г. был таким же, как в США, но установленная мощность электростанций возросла в 6 раз меньше, чем в США. Ранее дефицит энергии компенсировался единой энергетической системой (ЕЭС) СССР.

Достоинства ЕЭС:

1. Благодаря разновременности пиковых нагрузок и провалов суммарная требуемая мощность всех электростанций системы меньше, чем для отдельно действующих станций.
2. Энергоагрегаты загружены равномерно, в "базовом" режиме работы они имеют максимальный КПД, повышается надежность энергооборудования.
3. Возможна установка агрегатов с большой единичной мощностью вырабатывающих более дешевую энергию.
4. Повышается надежность энергоснабжения потребителей, подсоединенных к ЕЭС.

Поэтому ведется работа по возрождению единой энергосистемы РБ и РФ. Мощность всех электростанций Беларуси составляет 7 млн. кВт, или 0,7 кВт на одного человека; это в 5 раз меньше, чем в США, в 3 раза - чем во Франции, в 1,5 раза - чем на Украине.

Проектировалось построить Минскую атомную ТЭЦ, 2 млн. кВт и Белорусскую АЭС 6 млн. кВт, но Чернобыльская эпопея закрыла эту программу, хотя в мире после этой катастрофы введено в строй 93 новых атомных энергоблоков и начато строительство 36 блоков.

Очень важно отметить, что к 2000 г. почти половина всех электростанций Беларуси выработала свой эксплуатационный ресурс, к 2010 году не более 20% существующих электростанций будут способны вырабатывать электроэнергию при надлежащем уровне надежности.

Как и в других странах при смене экономических формаций, в Беларуси спад производства сопровождался увеличением энергопотребления на единицу ВВП (внутреннего валового продукта). Это объясняется тем, что прямые затраты уменьшаются примерно пропорционально снижению производства, а вспомогательные (отопление, освещение, административные расходы и т. п.) оставались прежними. Цены на энергию и энергоресурсы растут значительно быстрее, чем на конечную продукцию, что снижает конкурентоспособность энергоемкой продукции. Поэтому Беларусь, не обладающая существенными запасами энергоресурсов, оказалась в особенно неблагоприятном положении по сравнению со странами - обладателями месторождениями топлива, запасами гидроэнергии, крупными энергогенерирующими атомными мощностями (Россия, Украина, Литва, Чехия, Венгрия и т. п.)

3.2. Обеспеченность топливом

Импорт топлива и энергии сам по себе экономически и политически дискомфортный фактор, но если импорт связан с одной страной-поставщиком, энергетическая независимость республики становится еще более неустойчивой.

Определенные надежды в свое время связывали с открытыми в республике месторождениями бурых углей и сланцев, промышленные запасы которых соответственно оцениваются в 23 и 420 млн. тонн нефтяного эквивалента, что составляет около 15 годовых потребностей республики. Однако низкая теплота сгорания и высокая зольность, большое содержание вредных примесей исключают возможность их широкого использования в большой энергетике. Применение технологий газификации и пиролиза способно повысить качество топлива из этого сырья, но это весьма энергоемкие и дорогие процессы. Возможно использование бурых углей в брикетах, особенно с торфом, в качестве коммунально-бытового топлива, что составит не более 7% .от потребности для этих целей.

Отсутствие выхода к морским портам подчеркивает существенную величину транспортной составляющей в стоимости импортируемого топлива. Поэтому основным поставщиком топлива следует считать Россию.

В Беларуси имеется реальный и экономически целесообразный источник замещения части импортируемого топлива, это - древесная масса (отходы деревообрабатывающего производства, маломерная и сухостойная древесина, кустарники и т. п.). Сейчас доля этого вида топлива в потреблении первичных топливных ресурсов составляет 2,8%, и ее, по оценкам специалистов, можно удвоить.

Использование всех возможных местных топливных ресурсов в Беларуси в перспективе способно заменить ежегодно 2,1 ... 2,3 млн. т. нефти, в то же время один современный атомный блок мощностью 1 млн. кВт замещает 1,7 млн. т. нефти. Для работы реактора указанной мощности в течение года требуется однократная загрузка 25 т ядерного топлива. Этот блок стоит 2 ... 2,5 млрд. "\$. При этом экономия по топливу при сравнении с природным газом составляет 120 млн. \$, с мазутом – 140 млн. \$ (по ценам 1996 г.). Общеизвестно, что по ряду объективных и субъективных причин атомная энергетика в Беларуси не развивается.

В настоящее время энергетические потребности РБ на 80 % удовлетворяются природными газами из РФ. Республика потребляет в год 16...18 млрд. м³ в газа. Транзит газа на запад по сети БелТрансГаза составляет 20...30 млрд. м³ в год. Основной поставщик газа - Газпром. Республика сейчас оплачивает 100 % потребляемого газа, но остается долг прежних лет.

В РБ сооружены подземные хранилища газа - ПХГ. В Брестской области имеется Прибужское ПХГ (Волчин, Каменецкий район), его проектная емкость (активный/буферный газ) составляет 400/800 млн м³, планируется расширение ПХГ.

Другие энергоресурсы в РБ незначительны. Потенциал ветра оценивается в 1600 МВт, но реально получить можно 200 - 300 МВт, потенциал рек - 800 МВт, реально.- 100 МВт. Торфа из первоначальных 1 млрд. тонн осталось не более 600 млн. тонн, но и те - в загрязненных радионуклидами районах. Солнечная энергия на широте РБ составляет 1300 кВт·час/м²-год, но для ее использования нет практических решений, а известные - для РБ не эффективны.

Импорт энергоресурсов республике обходится в 2 млрд. долларов в год, это почти половина бюджета страны. Топливная составляющая в себестоимости электроэнергии - 80...90 %. Почти половина топлива расходуется на системы отопления. Поэтому энергосбережению нужно уделять огромное внимание.

4. Топливо

Топливо – вещество, выделяющее при определенных экономически целесообразных условиях большое количество тепловой энергии, которая в дальнейшем используется непосредственно или преобразуется в другие виды энергии.

На рис. 6 представлена классификация топлива.



Рис. 6. Классификация топлива.

Общепринятое слово "горючее" – это топливо, предназначенное для сжигания (окисления). Обычно слово "топливо" и "горючее" воспринимаются как адекватные, т. к. чаще всего "топливо" и бывает представлено "горючим". Однако следует знать и другие разновидности топлива. Так, металлы алюминий, магний, железо и др. при окислении так же могут выделять много теплоты. Окислителем вообще могут быть кислород воздуха, чистый кислород и его модификации (атомарный, озон), азотная кислота, перекись водорода и т. д.

Сейчас в основном используется ископаемое органическое горючее с окислителем – кислородом воздуха.

По современным представлениям, органические ископаемые образовались из органического вещества растений и организмов развития биоструктур планеты (есть и другие теории). Различают три стадии преобразования исходного органического материала: 1) торфяная стадия – распад высокомолекулярных веществ, синтез новых; при частичном доступе кислорода образуются торф и уголь, без доступа кислорода – нефть и газы; 2) буроугольная стадия – при повышенной температуре и давлении идет полимеризация веществ, обогащение углеродом; 3) каменноугольная стадия – дальнейшая углефикация.

Жидкая смесь углеводородов мигрировала сквозь пористые породы, при этом

образовывались месторождения нефти, газа; высокое содержание минеральных примесей приводило к возникновению горючих сланцев.

Твердое и жидкое органическое топливо характеризуется сложностью химического состава, поэтому обычно дается только процентное содержание (элементный, или элементарный состав топлива) химических элементов, без указания структур соединений.

Основной элемент, выделяющий теплоту при окислении – это углерод С, менее – водород Н. Особое внимание следует уделять сере S: она заключена как в горючей, так и в минеральной части топлива. При сжигании сера влияет на коррозионную активность продуктов сгорания, поэтому это – нежелательный элемент. Влага W в продуктах сгорания представлена внешней ("мокрое" топливо), кристаллогидратной, образованной при окислении водорода. Минеральная часть А – это различные окислы, соли и др. соединения, образующие при сжигании золу (см. рис. 7).

Состав твердого и жидкого топлива выражается в % по массе, при этом за 100% могут быть приняты: 1) рабочая масса – используемое непосредственно для сжигания; 2) аналитическая масса – подготовленное к анализу; 3) сухая масса – без влаги; 4) сухая беззольная масса; 5) органическая масса. Поэтому, например:

$$C^P + H^P + S^P + O^P + N^P + A^P + W^P = 100.$$



Рис. 7. Состав органического топлива

Пересчет на другие массы – при помощи балансных соотношений. Состав топлива необходим для определения важнейшей характеристики топлива – **теплоты сгорания топлива** (теплотворная способность топлива). Это – количество тепловой энергии, которая может выделиться в ходе химических реакций окисления горючих компонентов топлива с газообразным кислородом, измеряется в кДж/кг для твердого и жидкого, в кДж/м³ – для газообразного топлива. При охлаждении продуктов сгорания влага может конденсироваться, выделяя теплоту парообразования. Поэтому различают высшую (Q_6^P) – без учета конденсации влаги, и низшую (Q_H^P) – теплоту сгорания, при этом:

$$Q_6^P - Q_H^P = 24,62 (8,94H^P + W^P) \quad (5)$$

В обычных энергоустановках газы не доводят до глубокого охлаждения, ибо в конденсате соединения серы дают кислоты, разрушающие оборудование. Поэтому чаще применяется Q_H^P . Теплота сгорания определяется экспериментально на специальном оборудовании; для расчетов используется формула Менделеева:

$$Q_H^P = 339,13C^P + 1035,94H^P - 108,86(O^P - S^P) - 24,6W^P \quad (6)$$

Средние теплоты сгорания, кДж/кг(кДж/м³) Q_n^P [2]:

мазут	40200
соляр	42000
торф	8120
бурый уголь	7900
антрацит	20900
природный газ	35800

Для сравнения различных видов топлива их приводят к единому эквиваленту – **условному топливу**, имеющему теплоту сгорания 20308 кДж/кг (7000 ккал/кг – среднестатистическое для СССР); для пересчета реального топлива в условное используется тепловой эквивалент: $K=Q_n^P/29308$ кг у.т./кг натур. топл.), (для угля в среднем 0,718; газа природного – 1,24; нефти – 1,43; мазута – 1,3; торфа – 0,4; дров – 0,25).

Твердое органическое топливо по степени углефикации делится на древесину, торф, бурый уголь, каменный уголь, антрацит.

Важной характеристикой, влияющей на процесс горения твердого топлива, является выход летучих веществ (убыль массы топлива при нагреве его без кислорода при 850°С в течение 7 мин). По этому признаку угли делят на бурые (выход летучих более 40%), каменные (10 – 40%), антрациты (менее 10%). Воспламеняемость антрацитов поэтому хуже, но Q_n^P выше. Это надо учитывать при организации процесса сжигания.

Зола – порошкообразный негорючий остаток, образующийся при полном окислении горючих элементов, термического разложения и обжига минеральных примесей.

Шлак – спекшаяся зола.

Эти продукты сгорания оказывают большое влияние на КПД топочного оборудования (загрязнение, зашлаковка), надежность работы (разрушение обмуровок, пережог труб).

Нефть в сыром виде редко используется как топливо, чаще всего для этой цели идут нефтепродукты. В зависимости от температуры перегонки нефтепродукты делят на фракции: бензиновые (200 – 225°С); керосиновые (140 – 300°С); дизельные (190 – 350°С); соляровые (300 ... 400°С); мазутные (более 350°С). В котлах котельных и электростанций обычно сжигается мазут, в бытовых отопительных установках – печное бытовое (смесь средних фракций).

К природным газам относится газ, добываемый из чисто газовых месторождений, попутный газ нефтяных месторождений, газ конденсатных месторождений, шахтный метан и др. Основной компонент природных газов – метан. В энергетике используется газ, концентрация CH_4 в котором выше 30% (за пределами взрывоопасности).

Искусственные горючие газы – результат технологических процессов переработки нефти и других горючих ископаемых (нефтезаводские газы, коксовый и доменный газы, сжиженные газы, газы подземной газификации угля и др.).

Из композиционных топлив как наиболее употребительное можно назвать брикеты – механическая смесь угольной или торфяной мелочи с связующими веществами (битум и др.), спрессованная под давлением до 100 МПа в специальных прессах.

Синтетическое топливо (полукокс, кокс, угольные смолы) в Беларуси не используется.

Расщепляющееся топливо – вещество, способное выделять большое количество тепловой энергии за счет торможения продуктов деления тяжелых ядер (урана, плутония). В качестве ядерного топлива используется природный изотоп урана ²³⁵U, доля которого во всех запасах урана менее 1%.

Природное топливо располагается в земной коре. Запасы угля в мире оцениваются в 14 триллионов тонн (Азия – 63%, Америка – 27%). Основные запасы угля – СНГ (в

основном Россия), США, Китай. Все количество угля можно представить в виде куба со стороной 21 км; из него ежегодно "выедается" человеком на свои разносторонние нужды "кубик" с ребром 1,8 км. Очевидно, при таком темпе потребления этого угля хватит на срок порядка 1000 лет. Поэтому в общем разговоры о топливных и энергетических кризисах скорее имеют политическую, чем ресурсную подоплеку. Другое дело – уголь тяжелое, неудобное топливо, имеющее много минеральных примесей, что усложняет его использование, но главное – запасы его распределены крайне неравномерно. Следует назвать следующие месторождения: Донбасс (запасы угля 128 млрд. т.); Печорский (210 млрд. т.); Карагандинский (50 млрд. т.); Экибастузский (10 млрд. т.); Кузнецкий (600 млрд. т.); Канско-Ачинский (600 млрд. т.); Иркутский (70 млрд. т.). Самые крупные в мире месторождения – Тунгусское – 2,3 триллиона тонн и Ленское – 1,8 триллиона тонн (из 14 мировых!).

Добыча угля ведется шахтным способом (глубиной от сотен метров до нескольких километров, когда уже ощущается глубинный жар планеты) или в виде открытых карьерных разработок (громадная яма, откуда экскаваторами, большегрузными автомобилями, железнодорожным транспортом извлекается уголь). Энергосбережение при добыче и транспортировке угля заключается в применении передовых технологий добычи, уменьшении потерь на транспорте, рационального баланса добычи и потребления, уменьшении зольности и влажности отгружаемого угля.

Общеизвестны страны, обладающие самыми богатыми месторождениями нефти, при этом разведанные запасы нефти все время увеличиваются; прирост идет в основном за счет морских шельфов. Если некоторые страны берегут свои запасы в земле (США), другие (Россия) интенсивно их "выкачивают". Общие запасы нефти в мире ниже, чем угля, но это более удобное для использования топливо, особенно в переработанном виде. После подъема через скважину нефть подается потребителям в основном нефтепроводами, железной дорогой, танкерами, расстояние может достигать нескольких тысяч километров. Поэтому в себестоимости нефти существенную долю имеет транспортная составляющая. Энергосбережение при добыче и транспортировке жидкого топлива заключается в уменьшении расхода электроэнергии на прокачку (удаление вязких парафинистых компонентов, нагрев нефти, применение экономичных насосов, увеличение диаметров нефтепроводов).

Природный газ располагается в залежах, представляющих собой "купола" из водонепроницаемого слоя (типа глины), под которым в пористой среде (песчаник) под давлением находится газ, состоящий в основном из CH_4 . На выходе из скважины газ очищается от песчаной взвеси, капель конденсата и других включений и подается на магистральный газопровод диаметром 0,5 ... 1,5 м длиной несколько тысяч километров. Давление газа в газопроводе поддерживается на уровне 5 МПа при помощи компрессоров, установленных через каждые 100 ... 150 км. Компрессоры вращаются газовыми турбинами, потребляющими газ, общий расход газа составляет 10 ... 12% от всего прокачиваемого. Поэтому транспорт газообразного топлива весьма энергозатратен. Транспортные расходы намного ниже для сжиженного газа, но и доля его потребления мала. Энергосбережение при добыче и транспорте газообразного топлива заключается в использовании передовых технологий бурения, очистки, распределения, повышения экономичности газотурбинных установок для привода компрессоров магистралей. Очень важным у потребителя может стать применение установок, на которых срабатывается большое давление газа в газопроводе (перед газовыми приборами давление газа должно быть всего лишь 2 КПа, при располагаемом 5 МПа).

Для всех видов топлива коэффициент извлечения из недр составляет 0,3...0,6, а для его увеличения требуются существенные затраты.

5. Производство энергии

Этот общепринятый термин подразумевает преобразование одного вида энергии в другой, непосредственно используемый человеком, т. е. для "производства" данного вида энергии необходима какая-то исходная другая. Всегда нужно помнить о высокой стоимости энергии как товара, зная цепь преобразований (например: химическая энергия топлива – тепловая энергия продуктов сгорания – механическая работа вращающейся турбины – электроэнергия в генераторе и далее; первое звено цепи – результат солнечной энергии).

Методы получения тепловой и электрической энергии следующие.

5.1. Метод сжигания органического топлива

Применительно к энергетике речь идет о котле (по современной технической терминологии – парогенератор). Котел состоит (см. рис. 5) из двух основных частей – топки и "хвоста". Топка предназначена для экономичного сжигания топлива, в ней расположен факел. Топливо измельчается в мельнице 1 (могут быть и другие схемы) и потоком воздуха выносится в топку. Температура в топке 1500 ... 2000 °С; в топке расположены экраны – это слой труб 2 на стенах топки. В трубах находится вода, которая превращается в пар. Пароводяная смесь поднимается в барабан 3, где пар отделяется от воды и поступает в пароперегреватель 4, а вода возвращается через внешние трубы и нижние коллекторы снова в экранные трубы. Пар из пароперегревателя с параметрами 10 МПа и 500°С направляется в паровую турбину. Газообразные продукты сгорания омывают трубы водяного экономайзера 5 и воздухоподогревателя 6, расположенных в "хвосте" котла, и затем, пройдя систему очистки 7, дымососом 8 удаляются в дымовую трубу. Подогретая вода из экономайзера 5 подается в барабан, воздух дутьевым вентилятором 9 после воздухоподогревателя 6 подается в топку для горения топлива. Жидкое или газообразное топливо подаются в топку горелкой 10. Экономайзер и воздухоподогреватель служат для охлаждения продуктов сгорания с целью повышения КПД котла и улучшения процесса горения. КПД котла обусловлен потерями тепла с уходящими газами (после воздухоподогревателя), недожогами топлива, охлаждением горячих частей котла. КПД современных энергетических котлов выше 90%.

Котел, предназначенный только для подогрева воды (без кипения), подаваемой, например, в системы отопления, называется водогрейным котлом, и в принципе идентичен описанному (в нем нет барабана и пароперегревателя).

Энергетические котлы устанавливаются на тепловых электрических станциях – ТЭС, водогрейные – в котельных.

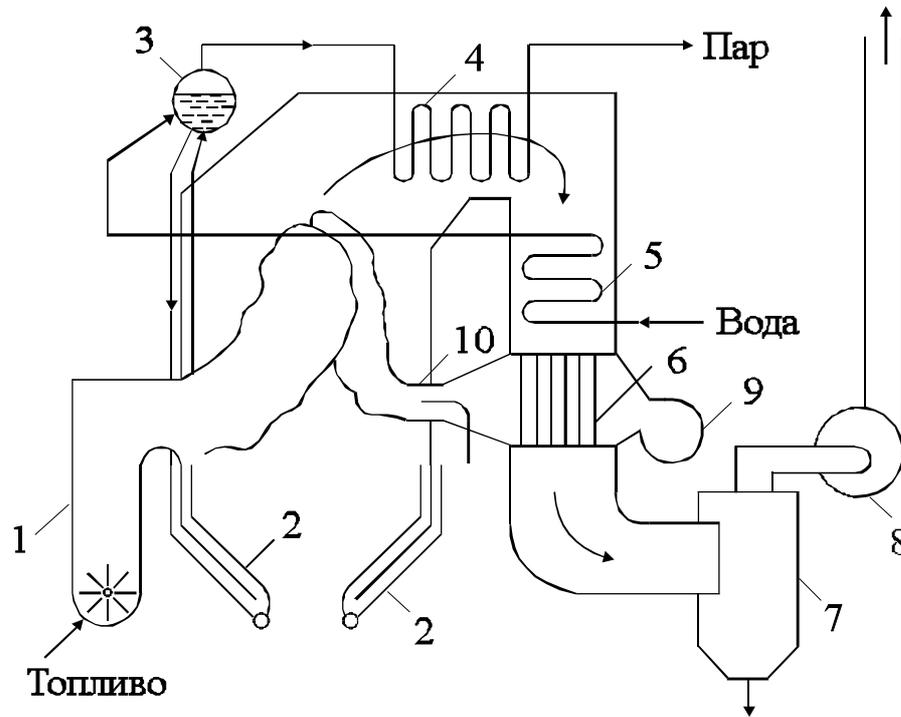


Рис. 8. Схема энергетического котла

Принципиальная схема ТЭС показана на рис. 6, где 1 – энергетический котел с пароперегревателем; в топке его сжигается топливо и рабочему телу (вода и пар) сообщается количество теплоты Q_1 . Пар подается в паровую турбину 2 (она показывается расширяющейся трапецией, ибо пар совершает работу вращения ротора турбины, расширяясь; давление его падает от 10 МПа вначале до 0,005 МПа в конце). Турбина со скоростью 3000 об/мин (50 герц) вращает электрогенератор 3, выдающий в сеть переменный трехфазный ток; количество электроэнергии N .

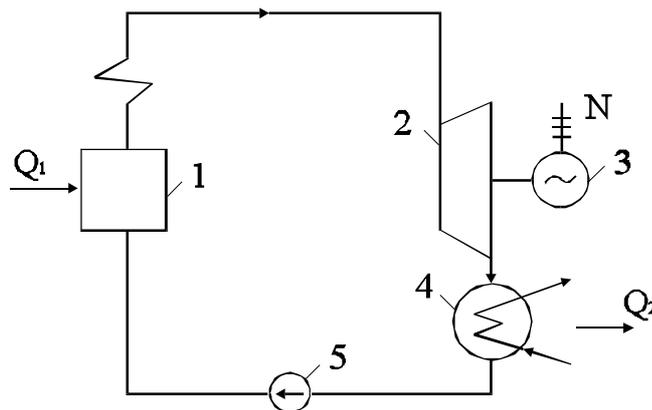


Рис. 9. Схема тепловой электрической станции

Отработанный пар поступает в конденсатор 4, где охлаждается внешней водой, протекающей в трубах, и конденсируется. При этом от пара надо отвести количество теплоты Q_2 . II закон термодинамики гласит: чтобы из тепловой энергии получить механическую, нужно часть исходной тепловой энергии выбросить в окружающую среду.

Законы термодинамики говорят о том, что Q_2 никогда не бывает нулевым, его доля зависит от соотношения температур пара до и после турбины. Для тех температур, которые позволяют конструкции современных котлов и турбин, Q_2 составляет не менее 60% от Q_1 , т. е. N (полезная работа) не более 40% от исходного тепла Q_1 . Для реальных ТЭС эта доля (это термический КПД ТЭС) около 30%. Т. е. – для получения единицы электрической энергии необходимо несколько единиц тепловой. Другие тепловые двигатели (ДВС, паровые машины и т. д.) имеют еще меньший КПД.

Конденсат насосом 5 подается снова в котел 1, и цикл замыкается. На рис. 6 по сути изображен энергоблок, из которых состоят современные ТЭС.

Температура пара после турбины 30°C , такой теплоноситель никому не нужен. Если же режим вести так, чтобы из турбины пар выходил при давлении более 0,1 МПа (температура конденсации более 100°C), или отбирать пар из корпуса турбины ближе к входу пара, то такой теплоноситель уже можно реализовать у различных потребителей. При этом количество электроэнергии будет выработано меньше, но тепло будет использовано лучше. Такая ТЭС, из турбины которой отбирается пар более высоких параметров, чем он имеет при поступлении в конденсатор, называется ТЭЦ – **теплоэлектроцентраль**. Производство электрической и тепловой энергии называется **комбинированным**, когда пар отдается потребителю после совершения им определенной работы в турбине. Централизованное снабжение теплом потребителей на базе комбинированной выработки тепла и электроэнергии называется **теплофикацией** (см. рис 7). При этом тепловому потребителю не обязательно подается пар из турбины: он может через теплообменник передавать тепло другому теплоносителю (воде). Система трубопроводов, распределяющих горячий теплоноситель по городу, называется **тепловой сетью**. Как правило, теплоноситель циркулирует между ТЭЦ и потребителем (т. е. имеются прямые и обратные трубопроводы). Расчетная температура прямой воды для систем отопления $90 \dots 200^\circ\text{C}$, обратной 70°C .

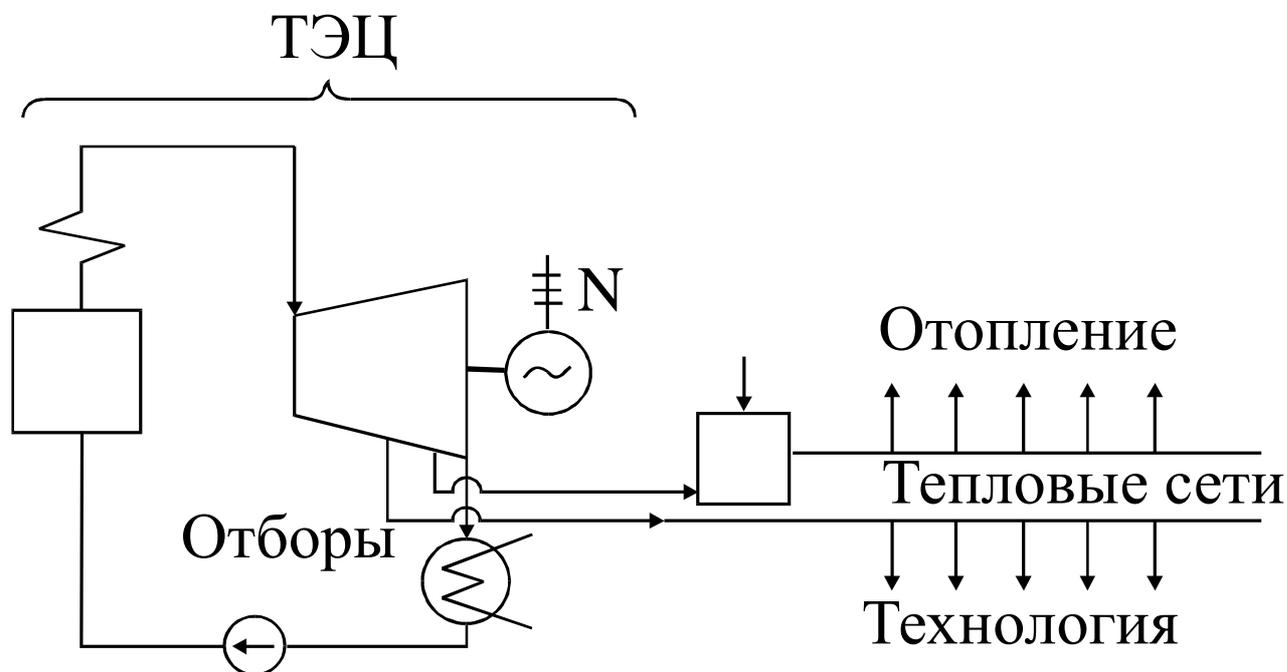


Рис. 10. Схема теплофикации

При **раздельном** производстве электроэнергии и теплоты первая производится на ТЭС (она в этом случае называется КЭС – конденсационная электростанция), тепловая энергия – в котельных (где стоят только водогрейные котлы, нет турбин), (см. рис. 11). При комбинированной выработке повышается

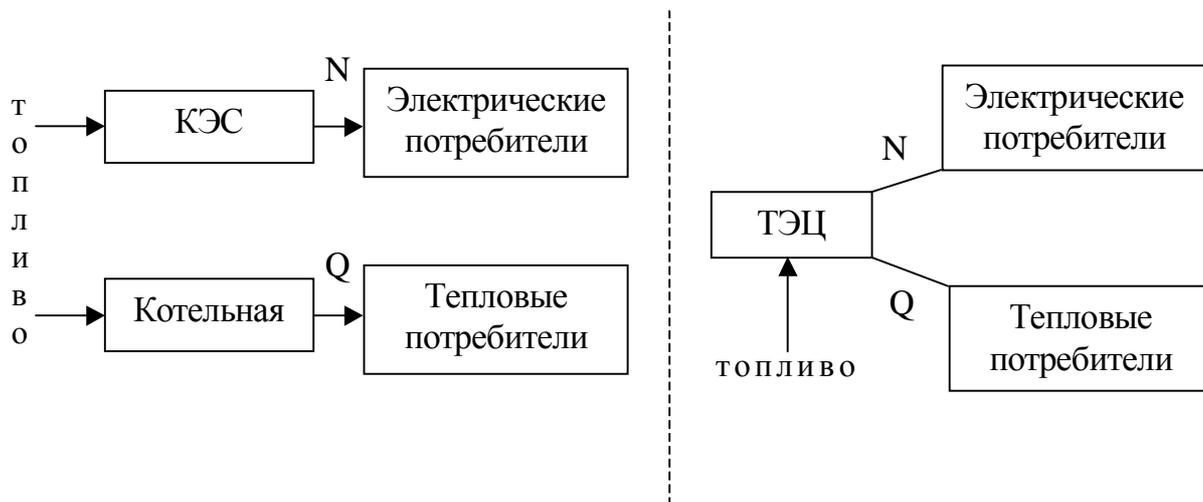


Рис. 11. Схема раздельной (слева) и комбинированной выработки электроэнергии N и теплоты Q

коэффициент использования топлива: при одинаковых соотношениях N и Q слева и справа расход топлива справа меньше на 20 ... 25% при современных параметрах пара.

Поэтому теоретически использование ТЭЦ является существенным фактором энергосбережения. На практике эффект несколько снижается из-за трудностей совмещения графиков электрического и теплового потребления, меньшего КПД более сложной теплофикационной турбины, потерь в тепловых сетях и т. д. Описанные выше методы являются основными в современном энергопроизводстве.

5.2. Метод расщепления ядерного топлива

Чтобы повысить содержание расщепляющегося протона ^{235}U , исходный природный уран обогащается (газодиффузионный и центробежный методы), его концентрация растет с 1% до 4...5%. Чтобы реакция деления ядер началась, нейтронам необходимо быть захваченными ядрами. В результате деления образуются преимущественно быстрые нейтроны, не обладающими этими свойствами. Поэтому в ядерных реакторах быстрые нейтроны необходимо замедлить. В качестве замедлителей используется обычная вода, тяжелая вода, графит, бериллий и др. В ряде случаев замедлителем является теплоноситель, воспринимающий теплоту, выделяющуюся при движении продуктов реакции. Теплоноситель переносит тепло к потребителю (в тепловую машину или на отопление). Для повышения безопасности применяют двухконтурные схемы, когда через теплообменный аппарат тепло передается другому теплоносителю, который полезно используется. 1 кг ядерного топлива обеспечивает реализацию тепловой мощности в 2 МВт в течение года.

Ядерное топливо из двуокиси урана UO_2 подготавливается в виде таблеток диаметром 7 ... 12 мм толщиной 2 ... 5 мм, из них собирается столб высотой в несколько метров, заключенный в циркониевую трубу, представляющую собой тепловыделяющий элемент ТВЭЛ; несколько ТВЭЛов образуют тепловыделяющую сборку, которая располагается в технологическом канале и омывается теплоносителем. Для регулирования и останова реактора используются кадмиевые стержни, поглощающие нейтроны; эти стержни опускаются при необходимости в активную зону. Комплекс тепловыделяющихборок, замедлителей, регулировочных стержней, защитных оболочек заключен в кожух, образующий конструкцию, которую называют реактором. В реактор снизу подводится охлажденный теплоноситель, сверху выводится пар (или горячая вода), который подается на турбину. Схема АЭС такая же, как обычная ТЭС (см. рис. 9), только вместо котла установлен реактор без пароперегревателя. Естественно, на АЭС много специфического оборудования.

5.3. Использование солнечной энергии и энергии геотермальных вод

В случае предварительного концентрирования солнечных лучей в гелиоприемнике можно получить высокую температуру тепловоспринимающей поверхности (до $5000^{\circ}C$), без концентрации лучей эта температура не превышает $200^{\circ}C$. Поэтому первую схему используют для производства электроэнергии по методу ТЭС (см. рис. 9), где в качестве парогенератора установлен солнечный котел; вторая схема используется для получения низкопотенциального теплоносителя, например, для систем отопления. Для уменьшения зависимости тепловой мощности солнечных энергоустановок от временных и погодных условий следует использовать тепловые аккумуляторы. Теплоносителем могут быть вода, воздух, органические низкокипящие жидкости. Тепловым аккумулятором может служить любой твердый наполнитель или вещества, переходящие из твердого состояния в жидкое при температурах воздуха отапливаемых помещений.

При температурах геотермальных вод до $100 \dots 150^{\circ}C$ и слабой их минерализации возможно прямое использование геотермальных вод в системах теплоснабжения. При большой минерализации применяется схема с промежуточной очисткой и теплообменниками.

5.4. Использование сельскохозяйственных и городских отходов

Навоз, солома, отходы сахарного производства являются сырьем для производства искусственного газообразного и жидкого топлива, основным процессом превращения сельхозотходов в горючий газ, содержащий метан и двуокись углерода, является сбраживание органической части.

Технология переработки навоза в метан (биогаз) сводится к разбавлению водой, сбраживанию в метатенке в условиях перемешивания при температуре до $60^{\circ}C$. Образующийся газ компрессором направляется в топливную систему (предварительно возможно отделение двуокиси углерода). Твердый остаток технологии используется как удобрение.

В настоящее время все большее значение приобретает использование городских отходов для производства тепловой энергии. При этом отходы сжигаются в специальных мусоросжигательных установках, а так же в топках котлов ТЭС в качестве присадки (до 10%) к основному топливу. В среднем выделение бытовых отходов в городе составляет 400 ... 500 кг/год на одного человека, в сельской местности – около 200 кг/год, что является существенным резервом энергоносителя. Однако нельзя забывать о низком качестве такого "топлива".

5.5. Ветроэнергетика и гидроэнергетика

Ветер – проявление тепловых процессов в атмосфере планеты. Интерес к энергии ветра связан с возможностью создания ветровых электростанций (ВЭС), которые являются автономными источниками энергии без потребления топлива. Существует множество типов конструкций ВЭС. Основным элементом является преобразователь движения воздуха во вращательное (как правило) вала электрогенератора, насоса и т. д. Из-за непостоянства энергии ветра требуется устройство, поддерживающее качество электроэнергии на заданном уровне (напряжение, частота). Поэтому стоимость электроэнергии, вырабатываемой ВЭС, высока. Если же потребитель не требует высокого качества механической энергии на валу преобразователя (подъем и перекачка воды, вентиляция и т. п.), ветроустановки становятся существенно дешевле. Производство электроэнергии с помощью ветра не связано с затоплением и загрязнением окружающей среды. Следует указать, что единичные мощности ВЭС невелики, до 10 МВт.

Перспективным является использование ВЭС совместно с гидравлическими и гидроаккумулирующими электростанциями, что в какой-то степени решает проблему равномерного производства электроэнергии. Электроэнергию от ВЭС можно с успехом использовать для отопления, т. к. электронагреватели не требовательны к качеству электроэнергии.

Отрицательные свойства ВЭС: блокировка территории, низкочастотный шум, помехи для движущихся в атмосфере тел.

Гидроэнергетика использует кинетическую энергию потоков воды. Поэтому для ГЭС (гидроэлектростанции) необходимы большие расходы рабочей среды (объем и скорость). ГЭС состоит из плотины, создающей скорость потока из накопленного объема воды, гидроэнергоагрегата - это гидротурбина плюс электрогенератор, вспомогательных электро- и гидрораспределительных устройств. При соответствующих геометрических, гидрологических, экономических условиях гидроэнергетика - важнейшая сфера экономики (например в Чили почти 90 % потребностей в электроэнергии удовлетворяется гидроэнергетикой; самая крупная в настоящее время ГЭС - "Итайпу", - Бразилия, имеет мощность, в 1.5 раза превышающую мощность всей энергосистемы РБ).

5.6. Другие энергетические установки

Мировой океан, моря представляют собой огромный резервуар возобновляемых энергоресурсов. Развитие морской энергетике связано с использованием градиентов температур и концентраций солей и, в основном, – с энергией течений и волн. Энергия может производиться на приливных электростанциях, волновых электростанциях, электростанциях морских течений, термоэлектрических установках, на ТЭС с низкипящим рабочим телом.

Космические энергоустановки могут быть различных типов (термоэлектрические, фотоэлектрические, паровые и др.), но основная проблема – передача энергии на поверхность Земли.

5.7. Экономическое сравнение электростанций разного типа

Считается экономически оправданным строительство электростанций с удельными капитальными затратами до 2000 дол/кВт.

Очевидно, для Беларуси основным является метод получения энергии за счет сжигания органического топлива.

Тип электростанции	Затраты на строительство, дол/кВт	Стоимость произведенной энергии, цент/кВт-час
ТЭС на нефти	800...1200	7...9
ТЭС на угле	1000...1400	6...8
АЭС	2000...3500	7...12
ГЭС	1000...2500	3...17
ВЭС	300...1000	4...8
Приливные	1000...3500	5...9
Волновые	13000...	15...
Солнечные	14000...	20...

5.8. Мероприятия по энергосбережению при производстве энергии

Важными задачами являются: 1) повышение централизации производства энергии; 2) создание нового оборудования; 3) применение блочных и модульных конструкций; 4) повышение качества топлива; 5) максимальное использование сбросного тепла (регенерация); 6) разработка экономичных графиков тепло- и электропотребления; 7) тепловая реабилитация зданий; 8) внедрение передового опыта эксплуатации.

Для снижения потерь твердого топлива **при хранении** необходимо: 1) использовать склады закрытого типа; 2) устраивать штабели с наименьшей удельной поверхностью; 3) производить послойное уплотнение штабеля для борьбы с самонагреванием; 4) обеспечить сток воды; 5) выполнять подштабельное основание; 6) разные топлива хранить в разных штабелях; 7) перед загрузкой склада очищать от предыдущих остатков; 8) сокращать время между выгрузкой угля и уплотнением; 9) контролировать температуру в массе штабеля. При хранении жидкого топлива: 1) выбирать рациональный способ разогрева в цистернах при сливе; 2) не хранить мазут в открытых емкостях; 3) не использовать открытые лотки; 4) перед форсунками мазут необходимо подогревать; 5) следить за сохранностью теплоизоляции мазутопроводов.

Для снижения потерь **при сжигании** топлива: 1) обеспечивать оптимальную подачу воздуха в топку; 2) не перегружать топку большим расходом топлива; 3) использовать автоматическое регулирование процесса горения; 4) для подачи воздуха в топку забирать его из самых горячих мест котельной; 5) следить за качеством обмуровки и изоляции топки; 6) не допускать высоких значений температур топочных газов, покидающих котел; 7) предотвращать шлакование и занос золой труб котла; 8) поддерживать чистоту котловой воды во избежание образования накипи; 9) следить за плотностью всех газоходов.

Необходимо избегать потерь конденсата через неплотности в трубах, вентилях, задвижках, уменьшать потери пара.

Многолетний опыт эксплуатации показывает, что автоматизация всех процессов повышает КПД котельной на 1...5%.

6. Распределение энергии

Произведенная на крупных источниках (ТЭС, котельные) энергия должна быть доставлена потребителям. Основные виды потребляемой энергии – электроэнергия и теплота.

Линия электропередачи (ЛЭП) – электроустановка для передачи электрической энергии на расстояние, состоящая из проводников тока и вспомогательных устройств. ЛЭП является одним из основных звеньев электрических систем и вместе с электрическими подстанциями образуют **электрические сети**. Выбор номинального напряжения ЛЭП определяется передаваемой мощностью и расстоянием; различают ЛЭП низкого (до 1 кВ), среднего (3...35 кВ), высокого (110...220 кВ), сверхвысокого (330...1000 кВ) и ультравысокого (более 1000 кВ) напряжения. Повсеместно используются главным образом трехфазные ЛЭП переменного тока.

Электротехника определяет оптимальные варианты конструкций и компоновок элементов электрических сетей, поэтому основное условие эксплуатации – соблюдение соответствующих норм и правил.

Электроэнергия – чистый и дорогой продукт, транспорт которого отработан достаточно совершенно; потери электроэнергии на ЛЭП сопоставлены с затратами, уменьшающие их. Потери активной и реактивной энергии на ЛЭП переменного тока составляют порядка 10%, постоянного тока – несколько меньше, и уменьшение потерь связано с перерасходом дорогих материалов и установкой сложного оборудования.

Тепловая энергия с точки зрения потерь при транспорте намного сложнее. Основное количество теплоты транспортируется в холодное время года, т. е. при значительной разности температур теплоносителя и окружающей среды; эта разность обуславливает величину потерь. Коэффициент теплоотдачи от элементов теплопередающей системы в окружающую среду даже нормативный, проектируемый составляет существенную величину: от 8 до 35 Вт/(м²к) [5], в условиях эксплуатации он может быть еще выше. Если путь теплоносителя к потребителю несколько километров, доля потерь теплоты по отношению к исходному ее количеству может составлять 20...60%.

Тепловая энергия в виде горячей воды или пара транспортируется от ТЭЦ или котельных к потребителям по специальным трубопроводам, которые называются **тепловой сетью**.

Тепловые сети: магистральные (по главным направлениям населенного пункта), распределительные (внутри кварталов), ответвления (подвод к домам), – делятся на водяные (прямая и обратная трубы) и паровые (паропровод и конденсатопровод), используются стальные трубы от 20 до 600 мм диаметром, покрытые теплоизоляцией. Эти трубы находятся в проходных каналах (одновременно с другими инженерными коммуникациями), в непроходных каналах (обычно коробчатой конструкции из бетонных блоков), или в виде бесканальной прокладки. Чем длиннее трубы (больше радиус действия тепловых сетей), тем больше энергии на прокачку теплоносителя, больше тепловые потери. Поэтому радиус ограничен 10 км. Для последующих потребителей требуется уже другой источник теплоты.

По ходу теплоносителя устраиваются специальные камер, колодцы (задвижки, вентили, манометры), компенсаторы ("П" – образные, линзовые, сальниковые), стойки, фиксаторы и т. д., увеличивающие теплопотери. Особенно велики теплопотери при открытой прокладке труб (так называемые "воздушные" тепловые сети), требуются большие расходы на теплоизоляцию. Плохая эксплуатация (открытые люки, поврежденная изоляция, влажность, сквозняки и т. д.) увеличивает теплопотери.

Вода нагревается в водогрейном котле ТЭЦ или котельной (или в специальных подогревателях) и насосом подается в тепловую сеть города. Неплотности по трассе, в сальниках насосов ведут к утечкам горячей воды. Температура горячей воды из централизованного теплоисточника колеблется от 90 до 200°С. От теплоносителя вода возвращается с расчетной температурой 70°С. При меньшей обратной температуре: а) необходимы большие размеры нагревательных приборов у потребителей; б) кородируют трубы котлов из-за конденсации водяных паров из продуктов сгорания.

Пар образуется в парогенераторах и с давлением 1,5...2 атм поступает в паровую тепловую сеть; в нагревательных приборах потребителя он конденсируется, остывает и возвращается на ТЭЦ или котельную.

Место подсоединения теплопотребителя к тепловой сети (ввод), называется **тепловым пунктом**, они подразделяются на индивидуальные – ИТП (для присоединения систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения одного здания) и центральные – ЦТП (два и более задания). В тепловых пунктах устанавливается оборудование для преобразования вида теплоносителя или его параметров, контроля параметров, регулирования расхода теплоносителя и его распределения, защиты от аварийного повышения параметров, заполнения и подпитки систем, сбора и возврата конденсата, аккумулирования теплоты, водоподготовки для горячего водоснабжения. Утечки теплоносителя, плохая теплоизоляция оборудования дает теплопотери.

7. Потребление энергии

Потребление энергии подразумевает преобразование у потребителя полученной энергии в форму, требующуюся потребителю, или для создания определенных условий, продукта, действия (механическая энергия, химические преобразования, температурной уровень и т. д.).

Электрическая энергия потребляется практически в момент ее выработки. Основные потребители – электродвигатели, нагреватели, аппараты химического производства. Чаще используется переменный трехфазный ток. При заданном напряжении для получения одной и той же мощности требуется тем большая сила тока, чем меньше $\cos j$ (угол между векторами тока и напряжения). Увеличение силы тока приводит к потерям энергии на нагрев в соединяющих электрогенераторы и приемники линиях электропередачи и к дополнительной нагрузке генераторов, т. е. к перерасходу топлива на ТЭС. Поэтому используются специальные устройства между генераторами и приемниками – так называемые синхронные компенсаторы (это батареи конденсаторов или вращающаяся электромашин) – для компенсации сдвига фаз и увеличения $\cos j$ до 1. Для предприятий, потребляющих электроэнергию, должно быть $\cos j > 0,9$.

Если используется двигатель, установленная мощность которого больше требуемой, $\cos j$ уменьшается, т. к. бесполезно "прокачивается" по обмоткам двигателя реактивная мощность, идущая на перемагничивание обмоток, не производящая полезной механической работы (на что тратится активная мощность). Поэтому правильный подбор электродвигателей, особенно по мощности – важный фактор энергосбережения.

При использовании электроэнергии для нагрева и ведения химических процессов следует уменьшать непродуцируемые тепловые потоки и образования разного вида отходов.

Основная часть тепловой энергии идет на **отопление**. Отопление – это компенсация тепловых потерь в окружающую среду данного помещения, объекта при условии поддержания в нем заданной температуры. Если температура в помещении больше, чем снаружи, то всегда имеется тепловой поток, называемый теплопотерями. Этот поток никогда не равен нулю (только при равенстве температур). т. е. все тепло, введенное в помещение, в конце концов оказывается в окружающей среде. Поэтому неуместны восклицания о том, что "греем небо". Другое дело – величина, интенсивность этого потока (сколько тепла в единицу времени). Она зависит от термического сопротивления наружных ограждений – стен, окон, потолка, пола и т. д. (толщина деленная на теплопроводность). Очевидно, увеличивая толщину и переходя на более совершенный теплоизоляционный материал, можно уменьшить теплопотери, уменьшить необходимую мощность системы отопления, уменьшить расход топлива на получение тепловой энергии. Однако при этом возрастает стоимость сооружения, поэтому термическое сопротивление нормируется. Нахождение оптимума по минимуму затрат – наиболее правильный путь энергосбережения, но чаще нормы усредняют расчет для разных потребителей. Поэтому с точки зрения энергосбережения желательно для конкретных практических случаев уточнять экономически целесообразные термические сопротивления ограждений.

В системах отопления тепло передается в помещение при помощи нагревательных (отопительных) приборов; обычно это чугунные и стальные радиаторы и конвекторы. Для повышения эффективности их работы следует: 1) не ограждать их декоративными решетками; 2) не заглублять в ниши; 3) использовать темную окраску; 4) при большом количестве секций делить на несколько батарей; 5) не располагать их высоко; 6) при

установке на наружных стенах применять теплоизоляцию со стороны стены; 7) иметь отключающий и регулирующий вентиль; 8) следить за чистотой межреберного пространства в конвекторах.

По условиям энергосбережения **недопустимо использовать электроэнергию для отопления зданий**, т. к. для производства единицы электроэнергии необходимо несколько единиц тепловой (получающейся при сжигании топлива). Конечно, бывают единичные случаи, когда вынуждены применять электрообогрев, но надо стремиться к получению теплоты при сжигании топлива, ибо КПД в этом случае близок к 100%. Отрицательные факторы при этом – топливное хозяйство, необходимость очистки газов, пожарная безопасность. При правильном использовании совершенных теплогенераторов огневого типа эффект энергосбережения безусловен.

Совершенно недопустимо "нелегально" применять электроэнергию для отопления, пользуясь искусственно пониженной ценой (по социальным мотивам) электроэнергии. Следствие таких действий – штраф.

Поэтому существует актуальная задача создания источников теплоты огневого типа с максимальным (более 90%) КПД, автоматизированных, малогабаритных, относительно дешевых, с малыми затратами энергии на собственные нужды.

В последнее время среди технически неподготовленных деятелей появилось мнение о решении топливной проблемы при помощи тепловых насосов. Тепловой насос – термодинамическая машина, обратная тепловому двигателю: используя электрическую, например, энергию, можно забрать из окружающей среды низкотемпературное тепло и передать его при более высокой температуре определенному потребителю (например, в систему отопления). И в самом деле, если эти температуры близки, единица затраченной электроэнергии "перекачивает" несколько единиц тепловой. Получается как бы КПД более 100%. Но если взять всю цепь преобразования энергии – от ТЭС, где для производства единицы электроэнергии необходимо несколько единиц тепловой, до потребителя тепла после теплового насоса, то все становится на свои места. Общее потребление топлива отнюдь не становится меньше. Таким образом, тепловые насосы – это не средство энергосбережения, это аппарат, предназначенный для создания определенных температурных условий (т. к. он отбирает теплоту от низкотемпературного источника, он является и общепринятым холодильником), потребляющий соответствующее количество энергии, причем, как всегда надо учитывать потери.

Громадную роль для энергосбережения при потреблении энергии играют автоматизация и простая технологическая дисциплина. Основной принцип при этом – "не включать, когда не надо".

Тепловые потери аппаратов и теплопроводов должны быть минимальны не только благодаря высококачественной **теплоизоляции**, но и **правильным режимам работы**, отсутствию горячего простоя, утилизации и регенерации тепла, целесообразной прокладке и установке и т. д.

При планово-профилактических ремонтах следует выявлять утечки тепла, следить за целостностью и качеством изоляции, совершенствовать технологию, внедрять автоматику, устранять инфильтрацию холодного воздуха, устанавливать теплоутилизационное оборудование.

8. Энергосбережение в различных отраслях

Научно-технический прогресс направлен на повышение энергетической эффективности общественного производства, т. е. на энергосбережение, которое имеет два аспекта: снижение расходуемого на единицу продукции топлива или энергии и совершенствование самого энергетического производства и энергетического баланса. Первый аспект обеспечивается повышением уровня технологической дисциплины, снижением потерь, техническим перевооружением и реконструкцией, созданием новых технологий. Второй – повышением качества продукции с меньшими затратами.

В практике планирования экономия топлива и энергии определяется по разности норм их расхода в начале и в конце рассматриваемого периода, умноженной на объемы производства продукции в конце периода.

В количественных оценках должны учитываться такие факторы энергосбережения как снижение материалоемкости, размещение производительных сил по территории, улучшение схемы транспортных перевозок, использование менее энергоемкой продукции, централизация электро- и теплоснабжения.

Необходимо отличать экономию энергоресурсов, сопутствующую прогрессивным структурным изменениям и общему техническому прогрессу, от экономии, требующей целенаправленного действия (целевых капиталовложений, систем стимулирования, контроля). Действенность экономии первого типа снижается, что обусловлено сложностью дальнейшего повышения КПД энергоустановок, использованием бедных природных ресурсов, увеличением глубины их переработки, ростом требований к охране окружающей среды и т. д. Поэтому возрастает роль экономии второго типа, зависящей от деятельности персонала конкретных отраслей.

Необходимо осуществлять меры как по снижению выхода вторичных энергоресурсов из основных процессов, так и по повышению до целесообразного максимума предела утилизации получающихся вторичных энергоресурсов.

8.1. Электроэнергетика

Электроэнергетикой используется более 40% всего потребляемого топлива. Выше было показано, что в электроэнергию переходит порядка 1/3 исходной энергии топлива, на собственные нужды потребляется до 10% вырабатываемой энергии. Эффективность использования топлива повышается увеличением доли ТЭЦ.

Необходимо внедрять новые более прогрессивные парогенераторы на ТЭС; повышать уровень автоматизации; применять новые термодинамические циклы (парогазовые установки, МГД-генераторы); снижать потери в ЛЭП; повышать степень компенсации реактивной мощности; совершенствовать вспомогательное оборудование.

8.2. Газовая промышленность

Энергия потребляется в основном на газоперекачивающих станциях, которые расходуют до 10% всего добываемого природного газа. Низкий КПД агрегатов, плохое их использование, а так же вторичных ресурсов ведет к потере 60% тепла этой доли газа. При потреблении газа следует учитывать низкий КПД горелочных устройств, отсутствие контрольно-измерительных приборов.

Поэтому желательно использовать электропривод на газоперекачивающих станциях, потребляя энергию от экономичных ГЭС.

Необходимо обеспечивать утилизацию сбросной теплоты агрегатов для целей теплоснабжения, создавать новые высокоэкономичные газоперекачивающие компрессорные установки.

8.3. Угольная промышленность

Основные потери топлива: недостаточная степень извлечения из пластов, выдувание при транспортировке, отсутствие утилизации метана в шахтах, отходы угля с породой.

Необходимо: новые методы добычи и транспорта, пленочные покрытия при хранении, обогащение при извлечении угля из пород.

8.4. Нефтедобывающая и нефтеперерабатывающая промышленность

Потери энергоресурсов связаны с низким коэффициентом извлечения нефти из пластов, плохим использованием фонда скважин, малой энергетической эффективностью технологических процессов переработки.

Необходимо разрабатывать новые методы воздействия на пласты с целью увеличения выхода нефти, использовать автоматизированные газлифтные скважины, осваивать морские месторождения.

8.5. Машиностроение

Примерно треть потребляемого топлива в машиностроительном комплексе идет на нужды литейного, кузнечно-прессового и термического производства. Свыше трети всей электроэнергии отрасли идет на механическую обработку.

Основными потребителями энергоресурсов в машиностроении являются мартеновские печи, плавильные печи, тягодутьевые машины, нагревательные печи, сушилки, прокатные станы, гальваническое оборудование, сварочные агрегаты, прессовое хозяйство.

Причинами малой эффективности энергооборудования являются низкий технический уровень печного хозяйства, высокая металлоемкость изделий, большие отходы металла, плохая утилизация сбросной теплоты, потери в тепловых и электрических сетях. Более половины резервов экономии энергоресурсов может быть реализована в процессе плавки металлов и литейного производства, металлообработки, при замене металлических конструкционных материалов на пластмассы и т. п.

Важными направлениями энергосбережения в машиностроении являются: использование электропечей с вагранками закрытого типа с подогревом дутья; применение металлизированных окатышей; использование внепечного подогрева шихты; применение жидких самотвердеющих смесей; внедрение автоматики, использование рекуператоров, совершенных газогорелочных устройств, футеровок с эффективными теплоизоляционными покрытиями; замена механической обработки деталей штамповкой и точным литьем; применение порошковой металлургии; замена горячей штамповки выдавливанием; развитие робототехники; повышение надежности оборудования.

Для повышения энергетической эффективности машиностроительного производства необходимо: повышать уровень использования вторичных энергоресурсов, включая теплоту вентиляционных выбросов; модернизировать заводские ТЭЦ и котельные, компрессорные и кислородные станции, системы электроснабжения, теплоснабжения, водоснабжения.

8.6. Черная металлургия

Самыми крупными потребителями топлива в отрасли являются доменное и прокатное производство, самыми энергоемкими – ферросплавное, горнорудное, прокатное, электросталеплавильное и кислородное производства, самыми теплоемкими – коксохимическое производство.

Поэтому необходимо: внедрять прогрессивные новые технологии с рекуперацией теплоты; применять термические методы подготовки шихты; увеличивать содержание железа в железорудной части шихты; повышать долю окускованности материалов шихты; вдувать в доменные печи пылеугольное топливо; применять рециркуляцию доменного газа; внедрять высокоэффективные компрессоры; укрупнять доменные печи; повышать давление в рабочем пространстве их, температуру дутья; увеличивать долю непрерывной разливки стали; заменять мартеновское производство кислородно-конвертерным; сокращать число циклов нагрева металла; заменять открытые печи закрытыми; автоматизировать технологические процессы.

8.7. Цветная металлургия

В этой отрасли наиболее энергоемкими являются алюминиевое, медное, никелевое, свинцово-цинковое, титано-магниевого производства. В последнее время приходится извлекать металл из бедных руд, поэтому удельные затраты энергоресурсов возрастают.

В цветной металлургии требуется: широко использовать автогенные процессы (выделяющие теплоту), плавку в жидкой и взвешенной среде (кислородно-факельные, циклонно-электротермические способы); разрабатывать безотходные технологии, основанные на комплексной переработке сырья; укрупнять единичные мощности; оптимизировать технологические процессы; вести добычу руды с применением циклично-поточной технологии; производить предварительное обогащение полиметаллических руд; использовать микробиологические методы извлечения металлов из руд; использовать ядерную энергию в наиболее энергоемких производствах (выход алюминия из глинозема).

8.8. Химия и нефтехимия

Уголь, нефть и газ в этих отраслях используются и как топливо, и как сырье.

Основными направлениями здесь являются: совершенствование технологий производства соды; внедрение крупных агрегатов по производству метанола; использование газофазного метода полимеризации этилена в производстве полиэтилена; укрупнение агрегатов в производстве химволокна; развитие мембранной технологии разделение жидких и газообразных сред, а так же в производстве хлора; применение высокоактивных катализаторов; внедрение установки мгновенного вскипания при утилизации низкопотенциальной сбросной теплоты; применение аппаратов с погружными горелками; использование процессов получения полиэтилена низкой плотности на базе применения катализаторов; внедрение прогрессивных технологий получения синтетического каучука; широкое использование котлов утилизаторов.

8.9. Производство строительных материалов

На нужды этой отрасли в среднем идет до 10% всего расходуемого в промышленности топлива, 5% всей электроэнергии.

Производство высококачественных строительных материалов основано на огневых процессах, связанных с большим расходом мазута, кокса, природного газа, т. е. ценных топлив. При этом КПД использования этих топлив в отрасли не превышает 40%.

Поэтому важными мероприятиями по энергосбережению являются: уменьшение

влажности шлама за счет разжижителей; совершенствование теплообменных устройств; повышение жаростойкости вращающихся печей; внедрение энергосберегающих технологий в производстве стекла, извести, экономичных методов тепловой обработки железобетона и силикатных изделий; увеличение выпуска пустотелого кирпича; широкое использование отходов других отраслей.

При производстве цемента около половины общей себестоимости составляют затраты на энергию. Наиболее энергоемким процессом здесь является отжиг клинкера – на него расходуется до 95% всего топлива. Поэтому следует предпочитать сухой метод производства мокрому, когда удельный расход энергоресурсов в 1,5 раза выше. Следует также использовать пресс-фильтры для обезвоживания шлама, утилизировать вторичную теплоту, которая может полностью обеспечить собственные нужды в горячей воде, отоплении и вентиляции. Разработана новая электротехнология, которая позволяет заменить дефицитное высококачественное топливо энергией низкокачественного топлива, сжигаемого на ТЭС.

В стекольной промышленности следует повышать КПД печей, увеличивая их теплотехническую эффективность, использовать дешевые сорта топлива, утилизировать сбросную теплоту, интенсифицировать процесс стекловарения.

8.10. Лесная и деревообрабатывающая промышленность

Основными направлениями энергосбережения являются: вовлечение в переработку лиственных пород; совершенствование процессов сушки, особенно пиломатериалов; разработка и внедрение новых экономичных способов производства бумажных изделий; внедрение нового размольного оборудования; производство мебели менее энергоемкими способами; широкое использование древесностружечных плит с эффективными способами сушки щепы и опилок; утилизация теплоты вентиляционных выбросов, внедрение мероприятий по повышению выхода целлюлозы, бумаги, картона.

8.11. Легкая промышленность

Для экономии энергоресурсов в легкой промышленности необходимо: совершенствовать технологические процессы обжига керамики, фарфора, процессы обработки тканей, хлопка-сырца; модернизировать паросиловое хозяйство предприятий с заменой неэкономичных котлов, деаэраторов, химводоочистки; автоматизировать котельные; утилизировать теплоту вентиляционных выбросов.

8.12. Транспорт

На транспорте увеличивается потребность в наиболее высококачественных и дорогих энергоносителях – моторном топливе и электроэнергии. Поэтому политика энергосбережения на транспорте становится актуальной.

На **железнодорожном** транспорте экономия 1 тут обеспечивает добавочную перевозку 3000 т грузов на 100 км [1]. Поэтому следует реализовывать следующие мероприятия: всемерно электрифицировать желдор пути; разрабатывать новые экономичные локомотивы; снижать сопротивление при движении (роликовые подшипники, бесстыковые пути, аэродинамика подвижного состава); внедрять рекуперативное торможение; увеличивать массу поезда; замещать нефтяное моторное топливо сжиженным газом; снижать потери электроэнергии; централизовать

теплоснабжение на желдор объектах.

Автомобильный транспорт расходует более половины всего количества энергоресурсов, предназначенного транспорту. Здесь требуются следующие мероприятия: увеличение доли дизельных двигателей; увеличение КПД двигателей; улучшение аэродинамики корпусов; использование радикальных шин; замещение бензина менее дефицитными типами топлива (сжатым и сжиженным газом); применение приборов регистрации параметров движения и энергопотребления.

На **водном** транспорте: улучшать гидродинамику судов; применять необрастающие покрытия корпусов; утилизировать топливные остатки; увеличивать долю несамоходного флота.

Энергосбережение на **воздушном** транспорте достигается: применением более экономичных самолетов; рациональным графиком движения; использованием водорода в качестве топлива; внедрением совершенного аэродромного оборудования, машин и механизмов.

Городской транспорт в принципе требует тех же соответствующих мероприятий, однако для него увеличиваются требования по безопасности, экологической чистоте, дизайну, надежности и т. д. Основные отличия – частые остановки, ускорения; аэрация холодным воздухом.

8.13. Сельское хозяйство

Сельское хозяйство потребляет более 15% всех энергоресурсов государства, причем электропотребление растет быстрее среднего.

Экономия энергии должна быть обеспечена за счет энергосберегающих машин и за счет использования ВЭР, с учетом малокапиталоемких организационно-технических мероприятий. В сельском хозяйстве необходимо: внедрять энергосберегающие технологии в растениеводстве; совершенствовать технологии сушки зерна и кормов; рационально использовать удобрения; использовать отходы растениеводства и животноводства в энергетических целях; использовать теплоту выбросов животноводческих объектов для нагрева воды и отопления; разрабатывать надежные рекуператоры теплоты; обеспечивать оптимальные температурные режимы; применять тепловые насосы для теплохладоснабжения; использовать современные приборы и автоматику; внедрять плоскорезную обработку почвы; внедрять химическое консервирование влажного зерна; использовать активное вентилирование, предварительный подогрев сушильного агента; применять биогазовые установки; снижать потери топлива при транспортировке.

8.14. Пищевая промышленность

В этой отрасли наиболее энергоемкое сахарное производство. Поэтому здесь необходимо совершенствовать технологию, использовать теплоту выпара и конденсата.

Энергоемким так же является производство спирта; необходимо внедрять ферментативный гидролиз при подготовке крахмала.

Необходимо модернизировать процессы выпечки хлеба, производства масел. Следует расширять использование естественного природного холода.

8.15. Коммунально-бытовое хозяйство

Этот сектор экономики является одним из крупнейших потребителей топлива, теплоты, электроэнергии, что связано с необходимостью обеспечения комфортных условий для человека.

Необходимыми мероприятиями в этой отрасли являются следующие: повышение теплозащиты строящихся и действующих жилых и общественных зданий и теплосетей за счет использования эффективных теплоизоляционных материалов; снижение потерь в городских электросетях; снижение расхода топлива и энергии на отопление и горячее водоснабжение жилых и общественных зданий путем автоматизации отпуска и расходования теплоты; утилизация теплоты вентиляционных выбросов общественных зданий; модернизация и замена устаревшего оборудования; упорядочение топливоснабжения огневых аппаратов; применение методов аккумуляции теплоты для последующего использования при отоплении, вентиляции и горячего водоснабжения на базе энергии, вырабатываемой в часы провала графиков потребления; создание новых источников и систем освещения.

Особое внимание следует уделять повышению энергетической эффективности электробытовых приборов и правильному их использованию.

8.16. Системы отопления.

Системы отопления как инженерное решение обеспечения заданного температурного уровня, во-первых, присутствуют почти во всех отраслях производственной деятельности и быта, и, во-вторых, потребляют существенную долю (до 40%) энергоресурсов.

В настоящее время величину термического сопротивления ограждающих конструкций стремятся увеличить. Так, в Финляндии принято $R = 5 \text{ м}^2\text{К/Вт}$, в РБ совсем недавно введено $R = 2 \text{ м}^2\text{К/Вт}$, до сих пор R , рассчитанное по санитарно-гигиеническим нормам и по экономическим условиям, было равно $0,8...1,2 \text{ м}^2\text{К/Вт}$. Это означает совершенствование стеновых конструкций применением теплоизолирующих стройматериалов более высокого качества, увеличение теплоаккумуляции ограждений, использование вентилируемых воздушных прослоек.

Теплопотери через стыки элементов конструкции здания могут достигать 20% теплопотерь через сплошную стену, поэтому следует большое внимание уделять этому узлу.

Световые проемы в зданиях имеют разнообразную конструкцию; многочисленные варианты сводятся к двум мероприятиям: герметичность окон и увеличение слоев остекления (уплотнения, точность изготовления, тройное остекление). Тепловая эффективность окон также может быть повышена вентилирование межстекольного пространства внутренним воздухом. Повысить теплозащитную способность окон можно использованием металлизированной пленки.

Утилизировать тепло сбросного вентиляционного воздуха можно с помощью чердаков, куда выводится этот воздух.

Причины перерасхода тепловой энергии при работе систем отопления делятся на три группы: 1) факторы, связанные с эксплуатацией теплогенерирующего оборудования (котельные, ТЭЦ, и т. п.); 2) отклонения при строительстве от проекта (другие нагревательные приборы, неправильное подсоединение и установка, измененные схемы трубопроводов); 3) невозможность регулировки и наладки системы для достижения расчетных гидравлических и тепловых режимов.

Рекомендуется устройство в зданиях двухступенчатого регулирования отпуска теплоты на отопление. Первая ступень – автоматизация узлов тепловых вводов с использованием регуляторов и ЭВМ с учетом максимума факторов, влияющих на воздушно-тепловой режим здания в целом. Вторая ступень – это индивидуальное

регулирование нагревательных приборов, являющаяся корректировкой первой ступени.

Автоматическое регулирование на вводе обеспечивает защиту помещений от перегрева при температуре наружного воздуха выше 2...4 °С, когда тепловые сети работают не по отопительному графику, а обеспечивают горячее водоснабжение. Работа регулятора заключается в преобразовании температуры, воздействующей на датчики, в электрические сигналы управления электроприводом клапана на подающей линии узла. Перед нагревательным прибором используется регулятор прямого действия: при повышении регулируемой температуры увеличивается объем (или длина) термочувствительного элемента, это приводит к перемещению штока клапана, который перекрывает расход горячей воды. Двухступенчатое регулирование дает высокий эффект энергосбережения, однако результат возможен при условии, если: произведена наладка тепловой сети и системы отопления, у источника теплоснабжения будет поддерживаться заданный температурный график, налажена служба эксплуатации и ремонта средств автоматического регулирования.

Для поддержания отопительной системы в исправном состоянии, позволяющем избегать перерасхода теплоты, необходимо проводить своевременный осмотр и ремонт, обход системы – не реже одного раза в две недели в течение отопительного сезона. При обходе проверяют затяжку болтов всех фланцевых соединений, состояние спускных и воздушных кранов и вентилей, выпускают воздух из системы, проверяют состояние всех контрольно-измерительных приборов.

Для предупреждения сверхнормативных гидравлических сопротивлений регулярно проводят промывку и очистку трубопроводов.

Необходимо своевременно восстанавливать разрушенную изоляцию трубопроводов, проверять состояние утепления отапливаемых вспомогательных, служебных помещений, чердаков, лестничных клеток, подвалов, уплотнения притворов окон и дверей.

Много теплоты при отоплении (20...50%) расходуется на вентиляционную систему. Воздухообмен в зданиях может осуществляться методом естественной или искусственной (механической) вентиляции. Ограничить потребление теплоты в ночное время можно путем отключения вентиляционного оборудования в определенные часы с помощью, например, реле времени. Удаляемый системой вентиляции воздух содержит большое количество теплоты, которое можно передать при помощи теплообменника приточному воздуху, подаваемому в помещения.

Расход теплоты на горячее водоснабжение составляет 20...25% расхода теплоты на отопление, в самих системах горячего водоснабжения потери тепла достигают 40%. Энергосбережение здесь заключается в снижении температуры воды, изоляции труб, использование баков-аккумуляторов, регуляторов, современной арматуры.

Тепловая реабилитация зданий включает в себя утепление наружных стен, при этом дополнительная теплоизоляция может монтироваться снаружи или изнутри. Для улучшения физической функции наружного ограждения целесообразнее размещение дополнительной изоляции на наружной стороне, т. к. улучшается влажностное состояние стены. Кроме того, применяется механизация, идет более интенсивная сушка, не выселяются жильцы, обновляется фасад. С внутренней стороны целесообразно утеплять радиаторные участки стен.

Фактические затраты на отопление зданий обычно превышают нормативные из-за некачественного изготовления и эксплуатации ограждений (последнее уменьшает их термическое сопротивление на 20...25%) и вследствие недостаточно высоких нормативных требований к теплозащите. Норма расхода теплоты на отопление жилой площади для Республики Беларусь $Q = 219,7$ МВт/тыс. м², для России – 252, 53, Грузии – 114, 49. Эти величины могут служить ориентиром для оценки резервов экономии топлива и энергии.

8.17. Топливо-энергетический баланс промышленных предприятий, менеджмент, аудит

Топливо-энергетический баланс предназначен для: планирования энергоснабжения; отчетности потребления и использования энергоресурсов; оценки фактического состояния энергооборудования; выявления резервов экономии; улучшения режимов работы; совершенствования методики нормирования; получения исходной информации для создания нового оборудования.

Балансы характеризуются: временем разработки (отчетные, плановые, перспективные, прогнозные) стадией энергетического потока (производство, преобразование, распределение, использование); объектом разработки (предприятие, цех, участок, агрегат); целевым назначением (основные и вспомогательные производства, т. е. силовые, сантехнические службы, отопление, освещение и т. п.); видами и параметрами энергоресурсов (топливо, теплота, электроэнергия, холод, сжатый воздух); способом разработки (опытный, расчетный); формой составления (аналитический, синтетический).

Первичная информация по разработке балансов состоит из: общих сведений о предприятии; отчетного энергобаланса; характеристик энергооборудования и энергоносителей; действующие формы статистической отчетности; сопоставление эксплуатационных данных с проектными.

Характеристики энергоносителей должны отражать: стоимость, параметры (напряжение, частота, $\cos \varphi$, давление, температура, возврат конденсата, теплота сгорания топлива, зольность, влажность, сернистость), график потребления, собственные ВЭР.

Энергетическим балансом выявляются соотношения полезно использованного топлива или энергии к подведенной, эти данные сопоставляются с аналогичными данными однородных предприятий для определения информации с целью решения задач оптимизации энергобаланса предприятия (замена технологических процессов, энергоносителей, использование ВЭР), т. е. проведения мероприятий энергосбережения.

Энергетический менеджмент - это методология с практическими средствами для осуществления процесса управления использованием энергии, т.е. планирования, организации, внедрения, мотивации, контроля оптимального использования всех видов и форм энергии при условии получения максимального эффекта.

Энергетический аудит - осуществление проверки эффективности энергоиспользования на предмет соответствия установленным нормам и стандартам расходования энергоресурсов, выявления энергосберегающего потенциала, консультирование по экономике и управлению, по технологиям и мероприятиям по реализации.

9. Себестоимость энергии. Тарифы

Основными экономическими показателями, которые используются для экономической оценки при планировании, проектировании, эксплуатации энергетических предприятий, предопределяющие эффективность энергосбережения, являются: 1) суммарные и удельные капиталовложения, 2) издержки производства суммарные и удельные; 3) производительность труда; 4) цены на продукцию (тарифы на энергию), 5) прибыль и рентабельность.

Соотношение производственных фондов по электростанциям такое: ТЭС – 45%; ГЭС – 22%; электрические сети – 33%. Очевидна приоритетность ТЭС поэтому с точки зрения энергосбережения.

При эксплуатации ТЭС следует учитывать: 1) коэффициент рабочего времени (коэффициент экстенсивного использования оборудования) – отношение фактического времени работы к календарному; 2) коэффициент использования установленной мощности (коэффициент интенсивного использования оборудования) – отношение выработанной энергии к максимально возможной.

Вышесказанное подчеркивает важность энергосбережения производства основанного на потреблении топлива.

При производстве энергии выделяются следующие статьи расходов [6]:

- 1) топливо на технологические цели;
- 2) вода на технологические цели;
- 3) основная заработная плата производственных рабочих;
- 4) дополнительная зарплата;
- 5) отчисления на соцстрах и др;
- 6) расходы на содержание и эксплуатацию оборудования (в т. ч. амортизация и текущий ремонт);
- 7) расходы по подготовке и освоению производства;
- 8) цеховые расходы;
- 9) общезаводские расходы.

В настоящее время особенно большую долю (70% и более) всех затрат составляют затраты на топливо; она зависит от количества израсходованного топлива и его цены. В количество топлива входят все его потери.

Удельный расход топлива на отпущенный кВт/час составляет 315...380 гр. усл. топлива для КЭС (для лучших ТЭС).

Цена топлива состоит из суммы преysкурантной цены, надбавок или скидок за качество, стоимости транспорта, прочие.

Размер амортизационных отчислений определяется по среднегодовой балансовой стоимости основных фондов.

Расходы на текущий ремонт составляют 10...20 % амортизационных отчислений.

Стоимость кВт/часа на КЭС равна отношению выработанной электроэнергии к затратам за тот же период, с учетом расхода энергии на собственные нужды, 3...9% (за нее платит потребитель).

На ТЭЦ затраты распределяются между видами продукции (теплота и эл. энергия) по

балансовому методу: 1) определяются все затраты; 2) затраты распределяются по фазам производства – цехам; 3) цеховые затраты распределяются по видам продукции; 4) отдельные статьи затрат также распределяются между двумя видами продукции; 5) определяется структура себестоимости электрической и тепловой энергии.

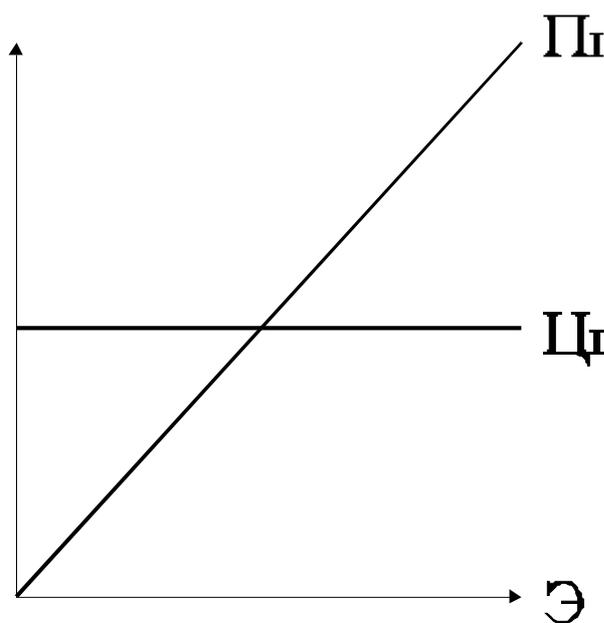
Полная (сбытовая) **себестоимость** электрической энергии определяется совокупностью следующих затрат: 1) на производство энергии на ТЭС, входящей в энергосистему; 2) на оплату энергии от других ТЭС; 3) на передачу и распределение электроэнергии; 4) общесистемные внепроизводственные затраты. Аналогично определяется полная себестоимость теплоты для каждого района теплоснабжения.

Таким образом, во-первых, энергосбережение при производстве энергии может снизить себестоимость этого товара; во-вторых, следует расходовать такую дорогую продукцию как можно экономичнее, рациональнее.

Энергосбережение связано с трудосбережением, определяемым **производительностью труда** (удельная численность персонала). В результате технического прогресса и совершенствования организации энергетического производства производительность труда растет. Например, при переходе от энергоблоков 100 МВт к энергоблокам 300 МВт удельная численность персонала снижается с 0,7 до 0,26 чел/МВт.

Тарифы (расценки) при продаже электроэнергии используются одно- и двухставочные. При одноставочном тарифе размер платы за потребленную энергию определяется по одной ставке (цене) и пропорционален количеству потребленной энергии. Одноставочные тарифы обычно применяются для расчетов с бытовыми потребителями, малыми промпредприятиями, с электрифицированным транспортом. Следует отметить, цена электро- и тепловой энергии зачастую определяется не только себестоимостью, но и рядом других факторов.

В двухставочной системе тарифов плата за энергию состоит из двух частей: основной годовой платы (за присоединенную электрическую мощность) и дополнительной платы за фактическую потребленную энергию по счетчику. При таком тарифе цена энергии изменяется в зависимости от использования присоединенной мощности (см. рис. 12).



I

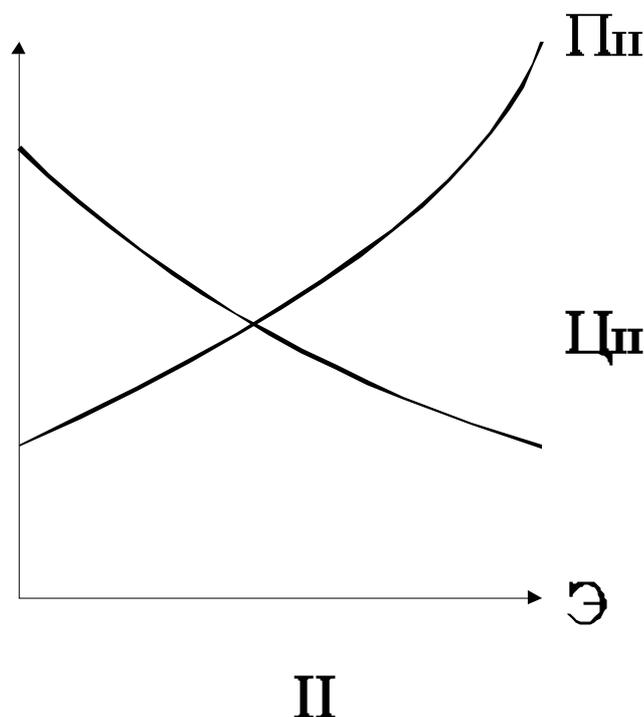


Рис. 12. Особенности тарифов: I – одноставочный, II - двухставочный

На рис. 12: \mathcal{E} – количество потребляемой энергии, кВт·час; \mathcal{C} – цена, руб/кВт·час; \mathcal{P} – общая плата, руб. При этом: $\mathcal{P}_I = \mathcal{C}_I \times \mathcal{E}$, $\mathcal{P}_{II} = a \times N + b \times \mathcal{E}$; N – установленная мощность; a, b – тарифы на установленную мощность и потребленную энергию. Т.к. $\mathcal{E} = N \times t$ (t - время), то $\mathcal{C}_{II} = \mathcal{P}_{II} / \mathcal{E} = a / t + b$, т.е. со временем \mathcal{C}_{II} снижается. Т.о. двухставочный тариф поощряет снижение N .

Тарифы на **тепловую энергию** дифференцируются по энергосистемам и зависят от параметров теплоносителя. Обычно принимается одноставочный тариф на тепло. При снижении параметров теплоносителя должна снижаться отпускная цена. Например, плата за острый пар от парогенератора принят за 1; за пар отборов 0,12 ... 0,25 МПа тариф 0,76; за горячую воду – 0,8 исходного, с учетом возврата конденсата и охлажденной воды. За невозврат конденсата потребитель платит цену на 10 ... 20 % выше. Поэтому, в частности, принятие мер к 100% возврату конденсата в котельную или ТЭЦ является эффективным средством энергосбережения.

Выше было показано, что использование электроэнергии для отопления очень дорого; однако в ряде случаев тарифы на электроэнергию приходится снижать. Например, электроэнергия на электронагревательные приборы в крупных городах, где многочисленные топливосжигающие установки ведут к чрезвычайному загрязнению атмосферы, оплачивается существенно по более низкой цене.

В настоящее время население в целом оплачивает только часть стоимости тепловой и электрической энергии; поэтому энергетика является дотационной отраслью, ухудшающей показатели государственного бюджета.

Однако в данном случае на первом месте стоят социальные проблемы. Эти проблемы может смягчить политика энергосбережения. То же можно сказать относительно потребления энергии в сельском хозяйстве.

Применяются так же изменяющиеся во времени тарифы. Например, потребление энергии ночью может оплачиваться ниже, так как загрузка энергопроизводящего оборудования в часы "провала" нагрузок улучшает их эксплуатацию. Решением проблемы было бы создание мощных аккумуляторов, использующих "дешевую" ночную электроэнергию. Однако в настоящее время такого оборудования нет, поэтому очень важны организационные мероприятия по энергосбережению на производстве и в быту.

Для повышения ответственности потребителя применяется также система штрафов, она устанавливается для конкретных условий (например, перерасход энергии, особенно в "пиковые" часы нагрузок).

10. Учет производства и потребления энергии

Энергия, как любой товар, характеризуется параметрами, позволяющими ее реализовать. Естественно, требуется знать количество этого товара. Количество энергии измеряется в Джоулях (килоДжоулях, МегаДжоулях и т. д.) и в кВт-часах (т. е. мощность, умноженная на время). Сохранились для теплоты и старые единицы измерения – калории (особенно – Гигакалории).

Электрический счетчик – прибор для учета расхода электроэнергии переменного или постоянного тока за определенный промежуток времени. В счетчике подвижная часть вращается во время потребления энергии, расход которой в кВт-часах считывается при помощи счетного механизма. На обмотки рамок счетчика подается сила тока и напряжение и таким образом эти параметры перемножаются. Существует много различных конструкций.

Качество электроэнергии, кроме силы потребляемого тока и подведенного напряжения, характеризуется еще двумя очень важными параметрами: **частота** (должна быть 50 герц, отклонения даже на 0,1 гц ухудшает работу многих приборов и аппаратов) и "**косинус фи**" – косинус угла между векторами напряжения и силы тока; этот параметр называют еще коэффициентом мощности, т. к. он равен отношению активной мощности к полной.

Таким образом, для контроля электроэнергии, отпускаемой потребителю, необходимо иметь следующие приборы: амперметр, вольтметр, частотомер, измеритель $\cos j$, электросчетчик. Конструкции и правила применения их изучаются в соответствующих инженерных дисциплинах, и любой технически грамотный специалист по инструкции прибора обязан правильно снять показания.

Особенность электроэнергии как товара – непосредственное потребление произведенного, т. к. в электроснабжении пока нет аккумуляторов соответствующей мощности. Поэтому необходимо согласовывать выход энергии у производителя, расходование у потребителя, потери при транспортировке. Естественно, мероприятия по энергосбережению немислимы без правильного учета потоков энергии. При ухудшении качества электроэнергии потребитель вправе требовать уменьшения цены ее.

Качество тепловой энергии должно быть таким, чтобы у потребителя при потреблении ее реализовывались требуемые условия: при отоплении – необходимая температура нагревательных приборов, вентиляции – температура воздуха, на паровых машинах – требуемая механическая мощность, в технологических процессах – выход соответствующей продукции (например, количество и качество бетонных или керамических изделий). Поэтому с точки зрения потребителя тепловая энергия должна иметь показания по следующим параметрам: **температура** теплоносителя (обычно воды или пара); **давление** (особенно пара); **расход теплоты** и общее количество теплоты.

Работоспособность (**эксергия**) характеризуется превышением температуры теплоносителя над температурой окружающей среды; для ее определения нужно знать исходные и конечные величины энтальпии и энтропии, которые определяются по температуре и давлению. Тепловая энергия от теплоносителя передается потребителю через теплообменник, его эффективность тем выше, чем больше исходная температура.

Однако при теплообмене работоспособность теряется. Поэтому необходим оптимум, выражающийся в максимальном суммарном эффекте. Такой оптимум в настоящее время практически не определяется, и это одно из направлений энергосбережения при производстве и потреблении теплоты.

Температура измеряется различными **термометрами**, давление – **манометрами**. Основной прибор для теплоснабжения – **тепломер** (счетчик тепловой энергии). Его действие основано на уравнении теплового баланса: потребленная энергия равна подведенной в прямом трубопроводе минус возвращенная в обратный трубопровод (если не возвращается, то минус состояние при температуре окружающей среды). Следовательно, расход теплоты равен произведению расхода теплоносителя, его теплоемкости, разности температур теплоносителя на входе и выходе у потребителя. Поэтому тепломер представляет собой расходомер воды (пара), в котором учитывается указанная разность температур. Конструкции тепломера различны, сейчас употребительны электронные счетчики, т. е. когда выход показаний расходомера количества жидкости умножается на разность температур, которые определяются термометрами.

Обычно приборы учета потребления теплоты потребителем находятся в тепловых пунктах, их обслуживает жилищно-коммунальная служба.

Необходимо также учитывать расходы топлива. Если расход газа и нефти определяется достаточно точно известными типами расходомеров, то данные по расходу твердого топлива (уголь, торф, дрова) менее точны.

11. Энергосбережение и экология

Ни одно из производств нельзя считать чистым. Самый существенный "отброс" энергетики – низкопотенциальное тепло; большие электростанции приводят к так называемому "тепловому" отравлению окружающей среды. Кроме этой субстанции, производство энергии связано со многими другими отрицательными факторами. Экономия энергии снижает вредное действие энергетики; энергосберегающие технологии, связанные с защитой окружающей среды, являются результатом превышения эффекта над затратами. Поэтому следует сопоставлять экономию или перерасход энергоресурсов с поставленной целью.

При сжигании органического топлива загрязнителями атмосферы являются мелкие твердые частицы **зола**, выбросы с уходящими газами **окислов серы и азота**. Частицы улавливаются на электростанциях различными способами (мокрыми скрубберами, электрофильтрами и т. д.) однако из-за неудовлетворительного уровня эксплуатации и наличия существенных затрат, КПД этих способов намного ниже расчетного.

Еще хуже ситуация с окислами серы и азота. До настоящего времени не создано эффективно действующих и дешевых очистителей. Для предупреждения предельных концентраций окислов серы и азота в местах расположения электростанций строятся высокие трубы (до 200 ... 300 м), являющиеся очень дорогим сооружением.

Окись углерода (угарный газ) в продуктах сгорания на ТЭС практически отсутствует.

Выбросы **углекислого газа** являются вторым после сбросной теплоты фактором по воздействию на окружающую среду. Это связано с возникновением так называемого "парникового" эффекта", физическая суть которого состоит в задержании атмосферой отраженного длинноволнового излучения (коротковолновая часть спектра солнца доходит до поверхности свободно) трехатомными молекулами газа.

Что касается гидросферы, то ТЭС сколько-нибудь существенно ее не загрязняет. При авариях в реки, озера могут попадать мазут, радиоактивные выбросы, угольная пыль и др. При использовании градирен большое загрязнение территорий исключено.

Промышленные предприятия (особенно целлюлозно-бумажной, химической, нефтеперерабатывающей промышленности, черной и цветной металлургии и др.) дают сильные загрязнения как воздушной атмосферы, так и водных объектов. Поэтому особое внимание должно уделяться очистным сооружениям. Кардинальное решение проблемы – создание предприятий с использованием воды в замкнутом контуре, что является примером энергоресурсосбережения.

Гидроэлектростанции так же имеют отрицательное воздействие на окружающую среду. Большим бедствием могут быть водохранилища, большую часть которых составляют мелководья. Возникают они тогда, когда плотины ГЭС сооружаются в равнинной местности, характерной для Беларуси. Вода мелководий интенсивно прогревается солнцем, это создает благоприятные условия для развития синезеленых водорослей; они не используются и, разрастаясь, гниют, заражая воду и атмосферу. Важен так же учет интересов судоходства. Так как в верхнем бьефе уровень повышается,

необходимо сооружать шлюзы, что требует дополнительных капиталовложений. Плотины так же неблагоприятно влияют на рыбное хозяйство.

Яркий пример воздействия на окружающую среду атомной энергетики дает катастрофа на Чернобыльской АЭС. Общеизвестны губительные факторы выделения радионуклидов из разорвавшегося ядерного реактора.

Очевидно, что **производство энергии с учетом защиты окружающей среды энергоагрегатами становится дороже.** Поэтому относительный эффект энергосбережений будет меньшим.

Следовательно, нужно сравнить затраты на энергосберегающие технологии при реконструкции старого энергетического предприятия, загрязняющей среду, и на создание нового экологически чистого, но более дорогого производителя энергии.

Очень важной поэтому становится проблема поисков и использования новых принципов получения энергии, при которых полезный эффект получается с минимальным загрязнением окружающей среды.

Можно привести ряд примеров совершенно новых энергетических технологий. Одно из решений, защищенное патентом, состоит в следующем. Уголь сжигается в пласту, без подъема на-гора; горячие продукты сгорания поднимаются вверх и работают как в обычной ТЭС; уходящие газы направляются снова вниз, в отработанные угольные забои, в которых произрастает на гидропонике биомасса (быстрорастущие растения), освещаемая соответствующими светильниками. Биомасса поглощает углекислый газ и выделяет кислород. Таким образом, такая электростанция: 1) вырабатывает электроэнергию; 2) выделяет в атмосферу кислород (во всяком случае, поток газов, обогащенный кислородом; 3) нарабатывает новое органическое горючее.

12. Роль инженера в организации энергосбережения

Научно-технический прогресс в энергосбережении требует, наряду с расширением использования уже применяющихся и внедрением новых энергоэкономичных технологий, оборудования, машин и материалов, выявления и постоянного пополнения связанных с этим научных идей, проведения фундаментальных исследований в целях обеспечения научного задела в этой важной области деятельности.

Фундаментальные исследования необходимы в области перспективного развития экономики для определения путей ее оптимизации с точки зрения снижения удельной энергоемкости продукции, роста производительности труда, улучшения условий для персонала на базе увеличения электровооруженности, повышения качества продукции, охраны среды обитания.

Решение фундаментальных научных проблем будет содействовать снижению непроизводительных тепловых потерь, повышению энергетического КПД энергогенерирующего и энергопотребляющего оборудования, создаст предпосылки для эффективного полезного использования больших количеств не находящей в настоящее время применения низкопотенциальной сбросной теплоты, позволит создать тепловые циклы и двигатели с повышенным КПД, т. е. существенно снизить расход топлива и выход вторичных тепловых ресурсов, увеличить степень их полезного использования, повысить надежность и удлинить срок службы машин и механизмов, увеличить продолжительность межремонтной работы, сократить эксплуатационные расходы. Для повышения уровня автоматизации технологических процессов и оборудования необходимо создать новые тип датчиков, автоматизированные системы управления на базе современной компьютерной техники.

Большие возможности экономии энергии имеются в области обработки материалов и создания новых их видов (порошковая металлургия, радиационное облучение, ускорение затвердевания, синтез, специальные цементы, жаростойкая керамика, сверхпроводниковые материалы).

Научно-технический прогресс является крупным резервом энергосбережения.

Каждый инженер должен, исходя из сказанного выше, принимать все возможные меры, способствующие решению проблем энергосбережения. Важным видом деятельности является изобретательство и рационализация. Необходимо знать законы об изобретательстве, уметь обращаться в Патентное ведомство республики, оформлять патентную документацию, помогать подчиненному персоналу в рационализаторской деятельности, всячески поощрять техническое творчество сотрудников.

Необходимо помнить о должностной ответственности инженера за энергосбережение. Это подразумевает соответствующую научно-техническую подготовку в ВУЗе, умение применять знания на практике, требовательность к персоналу относительно технологической дисциплины и выполнения инструкций, умение делать выводы из существующего технического состояния производства, видеть перспективы своей отрасли и предприятия, стремиться к реализации планов и решений.

Необходимо активно участвовать в информации населения о методах энергосбережения, выявлять проблемы на месте, помогать их разрешать своими знаниями. Очень много проблем по освещению, состоянию ограждающих конструкций, окон, дверей, газоснабжению, горячему водоснабжению, на которые нужно указывать окружающим людям.

13. Заключение

Потребление энергии – основа жизни цивилизованного общества. Энергия – результат цепи промышленного преобразования исходных энергоресурсов, поэтому это дорогой продукт. Для достижения максимального эффекта следует рационально вырабатывать, распределять и использовать требуемые виды энергии. Наиболее употребительны электрическая и тепловая энергии. Основные пути энергосбережения – всемерная экономия, разработка новых технологий, совершенствование существующих, организационные мероприятия.

Если брать энергосбережение в общем плане, то следует не переоценивать, не фетишизировать его, нельзя считать его единственным путем решения энергетических проблем. Как показывает опыт развитых стран, которые в результате энергетического кризиса 70-х годов серьезно взялись за проблему энергосбережения, экономия энергии – это далеко не только тривиальные лозунги типа "Уходя, гасите свет"; это – в основном революционная перестройка всей промышленности, сельского хозяйства, коммунальных служб, создание новых технологий, производство новых видов продукции, усовершенствование существующего оборудования. На такое перевооружение идут многомиллиардные средства и многие годы и десятилетия, а энергия необходима сейчас! Поэтому инженер должен знать основы энергосбережения и с максимальным напряжением и темпом, последовательно и неотступно применять методы энергосбережения в своей деятельности.

Нельзя заблуждаться так же относительно нетрадиционных источников энергии. Используя энергию солнца, ветра, малых рек, отходов животноводства, невозможно полностью решить все проблемы энергообеспечения республики. Анализ показывает, что не более 15 ... 20% от общей потребности могут быть покрыты за счет таких источников.

Сегодняшняя ситуация характеризуется критическим состоянием энергетики, объясняемым не только социально-политическими причинами, но и техническими затруднениями. Именно сейчас необходимы мероприятия по экономии энергии, чтобы в ближайшем будущем выйти на оптимальное энергоснабжение Республики.

II ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИИ

1. Закон Республики Беларусь по энергосбережению. Основные организации и предприятия РБ по производству и транспорту энергоносителей.

Белэнерго. Белтрансгаз.

Факторы, влияющие на потребление энергии.

2. Республиканская программа энергосбережения:

- потенциал энергосбережения;
- концептуальные задачи;
- прогнозы потребностей;
- местные, нетрадиционные, возобновляющиеся ресурсы РБ;
- основные проекты;
- международное сотрудничество;
- подготовка кадров.

3. Республиканская программа энергосбережения:

- развитие отраслей топливно-энергетического комплекса;
- основные энергосберегающие мероприятия;
- инвестиционная политика;
- научно-техническое сопровождение;
- реализация программы в конкретной отрасли (строительство, машиностроение и т.п.).

4. Способы производства и распределения тепловой и электрической энергии:

- способы сжигания топлив;
- котельно-топочное оборудование;
- тепловые электрические станции;
- районные котельные;
- атомная энергетика;
- гидроэнергетика;
- альтернативная энергетика.

Оценка их использования в РБ.

5. Энергосбережение в различных отраслях:

- методы энергосбережения в конкретных отраслях (по специальности студентов);
- энергосбережение в быту;
- роль специалиста в организации мероприятий по энергосбережению.

6. Приборы учета и контроля количества и качества тепловой и электрической энергии:

- принципы организации информации о потоках энергии;
- приборы и аппараты (электросчетчики, амперметры, вольтметры, ваттметры, частотомеры, измерители $\cos \varphi$, термометры, манометры, тепломеры, теплосчетчики), особенности их установки и пользования;
- автоматизация тепло - и электроснабжения.

7. Себестоимость энергии, тарифная политика, цены:

- затраты-при производстве, транспорте, реализации тепловой и электрической энергии;
- одно - и двухставочные тарифы;
- ценовая политика;
- штрафы, поощрения, коррекции;
- расчеты с населением. Перекрестное субсидирование.

8. Проведение коллоквиума "Мои предложения по энергосбережению":

- подготовка вопросника;
- работа с литературой;
- выступления.

9. Перспективные новые методы энергосбережения. Научно-технические прогнозы, планы, разработки в области энергосбережения. Подготовка к зачету по дисциплине (вопросы, консультации, информация по организации зачета).

III ВОПРОСНИК ДЛЯ ЗАЧЕТА

1. Энергия. Формы ее использования.
2. Энергоресурсы. Классификация.
3. Эффективность использования энергоресурсов.
4. Вторичные энергоресурсы.
5. Энергосбережение. Определение. Физический смысл.
6. Влияние величины потерь и затрат на эффективность энергосбережения.
7. Проблемы энергетики Республики Беларусь.
8. Топливо. Классификация. Основные характеристики.
9. Основные месторождения топлива. Добыча, транспорт.
10. Методы сжигания топлива.
11. Тепловые электрические станции.
12. Теплофикация.
13. Атомная энергетика.
14. Солнечные, ветровые, биогазовые и другие энергоустановки.
15. Сравнение различных типов электростанций.
16. Мероприятия по энергосбережению при производстве энергии.
17. Тепловые сети. Линии электропередачи.
18. Принципы потребления тепловой и электрической энергии.
19. Энергосбережение в электроэнергетике.
20. Энергосбережение в газовой, угольной, нефтедобывающей промышленности.
21. Энергосбережение в машиностроении.
22. Энергосбережение в черной и другой металлургии.
23. Энергосбережение при производстве строительных материалов.
24. Энергосбережение на транспорте.
25. Энергосбережение в легкой, лесной, деревообрабатывающей промышленности.
26. Энергосбережение в сельском хозяйстве.
27. Энергосбережение в коммунально-бытовом хозяйстве.
28. Мероприятия по энергосбережению при проектировании и эксплуатации систем отопления и вентиляции.
29. Топливо-энергетический баланс промышленных предприятий.
30. Себестоимость-энергии.
31. Тарифы на энергию.
32. Приборы для измерения количества и качества произведенной и потребленной тепловой и электрической энергии.
33. Приборы для измерения параметров теплоносителей.
34. Влияние энергетики на экологию.
35. Роль инженера в организации энергосбережения.
36. Энергетический аудит.
37. Энергетический менеджмент.
38. Основные положения Республиканской Программы энергосбережения на 2001-2005 гг.
39. Управление топливно-энергетическим комплексом РБ.
40. Социальные, политические и другие особенности реализации мероприятий по энергосбережению.

IV БИБЛИОГРАФИЯ

1. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника. Справочник под ред. В.А. Григорьева. М., ЭАИ, 1991.
2. Теплогенерирующие установки. Г. Н. Делягин и др. М., Стройиздат, 1993.
3. А. А. Михалевич. Энергетика Беларуси: состояние, и пути выхода из кризиса. Известия БИА, № 1, 1996.
4. К. Д. Асвадуров. Перспективы использования нетрадиционных источников энергии. Аналитический обзор. ВНТЦ, М., 1991.
5. СНиП 2.04.07-86: "Тепловые сети". М., 1989.
6. Теплотехнический справочник. Том 1, 2. Под редакцией В. Н. Юренева М., Энергия, 1976.
7. А. М. Михалевич, Ф. И. Молочко, А. И. Ставров. И окунется Беларусь во тьму. Народная газета, 31. 03. 93.
8. В.С. Беляев, Л. П. Хохлова. Проектирование энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий. М. Высшая школа, 1991.
9. Республиканская Программа энергосбережения на 2001-2005 гг.
10. Закон Республики Беларусь об энергосбережении // Энергоэффективность. - 1998. - № 7. - С. 2-5.
11. Энергосберегающие технологии в СССР и за рубежом / Под общ. ред. С.Н. Ятрова. М., 1999.
12. Энергосбережение. Курс лекций / В.Г. Баштовой, Н.И. Березовский, Ю.А. Волков и др. - Мн.: Технология, 1999. - 146 с.
13. Лабораторный практикум по курсу "Основы энергосбережения" / В.Г. Баштовой, Н.И. Березовский, Ю.А. Волков и др. - Мн.: БГПА, 1999. - 57 с.
14. Теплотехника / Под ред. А.П. Баскакова. М., 1991.
15. Гвайдел Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии. М., 1990.
16. Основные методические положения по планированию использования вторичных энергетических ресурсов. М., 1987.
17. Харитонов В.В. и др. Вторичные теплоэнергетические ресурсы и охрана окружающей среды. Минск, 1988.
18. Менеджмент организации. Учебное пособие. М., 1997.
19. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха / Под ред. Л.Г. Богуславского. М., 1990.
20. Аракелов А.Е., Крамер А.И. Методические вопросы экономии энергоресурсов. М., 1990.
21. Валеваха Н.М. и др. Нетрадиционные источники энергии. Киев, 1988.
22. Баранников Н.М., Аронов Е.В. Расчет установок и теплообменников для утилизации вторичных энергоресурсов. Красноярск, 1992.
23. Соколов Е.Я., Бродянский В.М. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения. М., 1981.
24. Кузьмич В.В., Шибалова А.М. Совершенствование управления энергосбережением. Минск, 1990.

25. Методические рекомендации для преподавателей средних технических учебных заведений по энергосбережению. Минск: Комитет по энергосбережению и энергетическому надзору, 1996.
26. Янтовский Е.И., Левин Л.И. Промышленные тепловые насосы. М., 1989.
27. Мартынов А.В. Установки для трансформации тепла и охлаждения. М., 1989.
28. Драгун В.Л., Конев С.В. Тепловые насосы. В мире тепла. Минск, 1991.
29. Системы солнечного тепло - и холодоснабжения. М., 1990.
30. Энергоэффективность и транспортный менеджмент. Учебный курс. Комиссия Европейских сообществ. Программа ТАСИС. Энергоцентр ЕЭС в Минске. 1995.
31. Энергетический менеджмент в зданиях. Комиссия Европейских сообществ. Программа ТАСИС. Энергоцентр ЕЭС в Минске. 1995.
32. Энергетический менеджмент в промышленности. Учебный курс. Комиссия Европейских сообществ. Программа ТАСИС. Энергоцентр ЕЭС в Минске. 1995.
33. Консалтинг в области энергоэффективности. Учебный курс. Комиссия Европейских сообществ. Программа ТАСИС. Энергоцентр ЕЭС в Минске. 1995.
34. В.С. Северянин. Основы энергосбережения. Курс лекций. Изд. БГТУ, Брест, 1998, 61 с.
35. И.А. Черников. Предлагаемая схема котла с топкой нового типа. Вестник БГТУ, № 2, 2003, серия ВСТЭ.
36. М.Г. Горбачева. Методические указания для курсовой работы "Инженерное оборудование и сети зданий и сооружений", БГТУ.
37. В.С. Северянин. Основа энергосбережения - новые технологии. Вестник БПИ, серия ВСТЭ, № 2 (2), 2000.
38. Бубнов В.П. Энергоисточники и окружающая среда // Энергетика...(Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). - 1999. - № 6. - С. 68.
39. Северянин В.С. Установки пульсирующего горения // Вестник МГТУ им. Баумана, серия «Машиностроение». - 1999. - № 1. - 32-40 с.
40. Северянин В.С., Федоров В.Г. Пульсирующее горение – новая технология топливоиспользования // Известия Белорусской инженерной академии. - 1966. - № 2. - 48-53 с.
41. Северянин В.С. Централизованное теплоснабжение с доводчиками // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). - 1998.-№4.-39-43 с.
42. Патент РФ 2023170, F 01 K 13/00. Тепловая электрическая станция / В.С. Северянин // Бюл. изобр. - 1994. - № 21.
43. Беляев В.С., Хохлова Л.П. Проектирование энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий // М.: Изд. высшая школа. - 1991. - С. 139.
44. Основы энергосбережения. Учебная программа для высших учебных заведений. МО РБ, № ТД-63/тип, Минск, 2000.
45. Н.И. Данилов, Я.М. Щелоков, В.Ю. Балдин. Энергосбережение. Методические указания. Изд. ГОУ В ПО УГТУ - УПИ, 2003. 48 с.

Интернет ресурсы

<http://www.cenef.ru>
<http://www.mte.gov.ru/official/strategj5energy.doc>
<http://www.innov.ru/nice>
<http://www.energoaudit.ru>
http://www.rao-ees.ru/ru/energo_sber/
http://www.midural-new/page_oblast4.htm
<http://www.po.pssr.ru>
<http://home.ural.ru/~ucee/>
<http://teplopunkt.ur.ru>
<http://www.uraltech.ru>
<http://www.abok.ru/>
<http://www.aces.ru/>
<http://www.pea.ru/>
<http://www.energy-exhibition.com/>
<http://www.ivcnti.ru/>
<http://www.enport.com.ua/>
<http://www.energocentre.com/>
<http://www.engineery.ru/>
<http://aja2.narod.ru/stal.htm>
<http://www.sky-net.ru/~ppc>
<http://www.elecom.da.ru/>
<http://www.munee.org/int/rus/index.htm>
<http://www.spb.org.ru/SPARE/rus/enrgysave>
<http://www.gosstroy.gov.ru/>

СОДЕРЖАНИЕ

I Курс лекций	
1. Введение	3
1.1. Значение дисциплины	3
1.2. Основные термины и определения	3
2. Энергия. Энергоресурсы. Энергосбережение	4
2.1. Классификация энергоресурсов	4
2.2. Физический и экономический смысл энергосбережения	6
2.3. Основа энергосбережения - новые технологии	9
2.4. Факторы, влияющие на энергопотребление	12
3. Проблемы энергетики Республики Беларусь	13
3.1. Материальная база энергетики	13
3.2. Обеспеченность топливом	14
4. Топливо	15
5. Производство энергии	19
5.1. Метод сжигания органического топлива	19
5.2. Метод расщепления ядерного топлива	22
5.3. Использование солнечной энергии и энергии геотермальных вод	22
5.4. Использование сельскохозяйственных и городских отходов	23
5.5. Ветроэнергетика и гидроэнергетика	24
5.6. Другие энергетические установки	24
5.7. Экономическое сравнение электростанций разного типа	25
5.8. Мероприятия по энергосбережению при производстве энергии	25
6. Распределение энергии	26
7. Потребление энергии	28
8. Энергосбережение в различных отраслях	30
8.1. Электроэнергетика	30
8.2. Газовая промышленность	30
8.3. Угольная промышленность	31
8.4. Нефтедобывающая и нефтеперерабатывающая промышленность	31
8.5. Машиностроение	31
8.6. Черная металлургия	32
8.7. Цветная металлургия	32
8.8. Химия и нефтехимия	32
8.9. Производство строительных материалов	32
8.10. Лесная и деревообрабатывающая промышленность	33
8.11. Легкая промышленность	33
8.12. Транспорт	33
8.13. Сельское хозяйство	34
8.14. Пищевая промышленность	34
8.15. Коммунально-бытовое хозяйство	34
8.16. Системы отопления	35
8.17. Топливо-энергетический баланс промышленных предприятий, менеджмент, аудит	37
9. Себестоимость энергии. Тарифы	38
10. Учет производства и потребления энергии	42
11. Энергосбережение и экология	44
12. Роль специалиста в организации энергосбережения	46
13. Заключение	47
II Темы практических занятий	48
III Вопросник для зачета	50
IV Библиография	51

Учебное издание

Северянин Виталий Степанович
Черников Игорь Анатольевич
Горбачева Мария Григорьевна

ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

*Курс лекций,
темы практических занятий,
вопросник для зачета,
библиография*
для студентов всех специальностей

Ответственный за выпуск: В. С. Северянин
Редактор Т. В. Строкач
Корректор: Е. В. Никитчик

Подписано в печать 26.05.2003 г. Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 3,3. Уч. изд. л. 3,5
Заказ № 674. Тираж 120 экз. Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Брестский государственный технический университет». 224017, г Брест ул.
Московская, 267.