

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА МЕДИЦИНСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

**В. А. МАНСУРОВ**

# **ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**

Учебно-методическое пособие



Минск БГМУ 2010

УДК 577.3 (075.8)  
ББК 28.071 я 73  
М 23

Рекомендовано Научно-методическим советом университета  
в качестве учебно-методического пособия 17.02.2010 г., протокол № 6

Р е ц е н з е н т ы: зав. каф. энергетики Белорусского аграрно-технического университета канд. техн. наук, доц. В. А. Коротинский, вед. науч. сотр. Государственного научного учреждения «Институт тепло- и массообмена НАН Беларуси», канд. физ.-мат. наук Л. К. Глеб

**Мансуров, В. А.**

М 23 Основы энергосбережения : учеб.-метод. пособие / В. А. Мансуров. – Минск : БГМУ, 2010. – 62 с.

ISBN 978-985-528-183-3.

Рассматриваются основные разделы дисциплины «Основы энергосбережения»: топливно-энергетический комплекс и потребление топливно-энергетических ресурсов в Республике Беларусь; традиционные и альтернативные источники энергии; производство, распределение и потребление энергии; основы энергосбережения в зданиях; принципы энергетического менеджмента и энергетического аудита. Особое внимание уделено техническим и правовым проблемам энергосбережения в Республике Беларусь.

Предназначается для студентов 2–3-го курса лечебного, стоматологического, педиатрического и медико-профилактического факультетов.

УДК 577.3(075.8)  
ББК 54.13 я 73

ISBN 978-985-528-183-3

© Оформление. Белорусский государственный  
медицинский университет, 2010

## **ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ (ТЭР). ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Тепловая и электрическая энергия — необходимое условие жизнедеятельности человека и создания благоприятных условий его быта. Для получения энергии необходимо топливо: нефть, газ, уголь, энергия атомного ядра, дрова и другие первичные источники (солнечная, ветряная и гидроэнергия). Энергия, заключенная в этих источниках, бесполезна до тех пор, пока она не преобразуется в необходимые энергетические услуги для конечного потребителя.

Во многих случаях большое количество первичной энергии пропадает впустую ввиду неэффективной конструкции или неправильной эксплуатации оборудования. Повышение цен на топливо требует пересмотра подходов к рациональному энергосбережению — применению энергосберегающих технологий при эксплуатации оборудования. В экономике Беларуси энергосбережение и энергосберегающие технологии являются приоритетными при внедрении их в производство.

Курс «Основы энергосбережения» посвящен развитию образа мышления, мировоззрения, знаний и навыков, наличие которых позволяет направить развитие человеческой цивилизации по пути сотрудничества с природой, а не ее покорения.

Энергосбережение является приоритетом государственной политики, важным направлением в деятельности всех без исключения субъектов хозяйствования и самым дешевым, но не бесплатным, источником энергии. Мероприятия по внедрению энергосберегающих технологий не требуют больших финансовых затрат, так как расходы на производство единицы первичной энергии в 3–4 раза больше, чем на ее сбережение.

Существуют три основных направления энергосбережения:

1. Малозатратные мероприятия по рационализации использования топлива и энергии, позволяющие сократить их потребность на 10–12 %.
2. Внедрение капиталоемких мероприятий: энергосберегающих технологий, процессов, аппаратов, оборудования, счетчиков. Это способствует снижению потребности в энергии на 25–30 %.
3. Структурная перестройка экономики, связанная с увеличением доли неэнергоемких отраслей в производстве.

## Энергосбережение и экология<sup>1</sup>

Расходование энергии стало фактором, влияющим на экологию земли, что уже привело к состоявшимся экологическим катастрофам (опустынивание, эрозия почв, уничтожение видов растений и животных, «озоновые дыры», парниковый эффект<sup>2</sup>, концентрация CO<sub>2</sub> в атмосфере, отравление рек, водных бассейнов), которые заметно ухудшили среду обитания человека, и в обозримом будущем это может привести к ее полной деградации. В XX в. человечество израсходовало больше ресурсов, чем за весь период своего существования.

Все виды ископаемого топлива выделяют используемое нами тепло и вредные продукты сгорания: газообразные (CO, CO<sub>2</sub>, окислы серы, азота и др.) и твердые (пылевидные и компактные). Процесс получения энергии из топлива негативно влияет на экологию атмосферы. Так, возрастание содержания CO<sub>2</sub> вызывает климатические изменения — парниковый эффект<sup>2</sup>, а уменьшение содержания O<sub>2</sub> — одна из причин образования «озоновых дыр» — окон, через которые опасные для всего живого ультрафиолетовые излучения достигают земли.

Парниковый эффект повышает среднюю температуру планеты, смягчает различия между дневными и ночными температурами. В результате антропогенных воздействий содержание CO<sub>2</sub> (и других газов, поглощающих тепловое излучение) в атмосфере Земли постепенно возрастает. Это неблагоприятно влияет на климат и вызывает глобальное потепление. Не исключено, что усиление парникового эффекта в результате этого процесса может привести к глобальным изменениям климата Земли.

Кроме глобального экологического воздействия, энергетика оказывает местное влияние на окружающую среду. К обеспечению работы тепловой электростанции (ТЭС) привлекаются значительные природные ресурсы: топливо, вода, реагенты, строительные материалы. При этом изменяются сток рек, воздушные течения, подземная фильтрация. Выброс больших масс теплоты и влаги вызывает снижение солнечной освещенности, образование низкой облачности и туманов, морозящих дождей, инея, гололеда, обледенения дорог и конструкций.

Отрицательное влияние на природные условия оказывают золоотвалы — земля исключается из сельскохозяйственного оборота. Пыление золоотвалов приводит к гибели растений. Газопылевые выбросы ТЭС за-

---

<sup>1</sup> Экология (от греч. oikos — дом, жилище, местопребывание и -логия) — наука, изучающая взаимосвязи организмов с окружающей средой, т. е. совокупностью внешних факторов, влияющих на их рост, развитие, размножение и выживаемость

<sup>2</sup> Парниковый эффект (оранжерейный эффект) — нагрев внутренних слоев атмосферы, обусловленный прозрачностью атмосферы для основной части излучения Солнца (в оптическом диапазоне) и поглощением атмосферой основной (инфракрасной) части теплового излучения поверхности планеты, нагретой Солнцем.

грязнят атмосферу углекислотой, золой, оксидами азота, сернистой и серной кислотой, что вызывает коррозию сооружений и оборудования, уменьшает солнечное облучение территории.

Продукты распада расщепляющихся (радиоактивных) веществ являются особыми видами загрязняющих окружающую среду веществ. На первый взгляд, ядерное топливо — это очень привлекательный источник энергии, поскольку выделение энергии тепла происходит без вовлечения в этот процесс расходуемых элементов атмосферы, и в идеале атомная электростанция — экологически чистый источник энергии. Практика показала, что экологическая безопасность атомных электростанций (АЭС) относительна, зависит не только от соблюдения технологических режимов, но и от надежности элементов оборудования. Срок службы оборудования АЭС оказался по этой причине в 2–3 раза меньше расчетного, а демонтаж, замена элементов этого оборудования более дороги, чем сооружение новых станций. Практически не решена проблема захоронения радиоактивных отходов и изношенного оборудования.

### **Энергия и экономика**

Энергия<sup>3</sup> как товар обладает особенностями, обусловленными её физическими свойствами:

- совпадение во времени процессов производства и потребления энергии и равенство объема выработанной и потреблённой электроэнергии в каждый момент времени;
- невозможность запасания энергии в достаточных в масштабе энергосистемы количествах;
- невозможность заранее точно оговорить объемы генерации и потребления энергии;
- невозможность с физической точки зрения определить, кто произвел энергию, использованную тем или иным потребителем.

На рынках товарной продукции кратковременный дисбаланс между производством и потреблением не приводит к потере устойчивости рынка, поскольку может быть устранен за счет складских запасов или товаров-заменителей. Энергетический рынок может нормально функционировать только при условии, что в каждый момент времени обеспечивается баланс производства и потребления. Невозможность создания запасов готовой продукции приводит к необходимости создания резервов генерирующих мощностей и запасов топлива на электростанциях. Величина резервов

---

<sup>3</sup> Энергия (от греч. *energeia* — действие, деятельность) — общая количественная мера различных форм движения материи. В физике различным физическим процессам соответствует тот или иной вид энергии: механическая, тепловая, электромагнитная, гравитационная, ядерная и т. д.

нормируется, а затраты на их поддержание включаются в стоимость электроэнергии.

На практике производители и потребители электроэнергии допускают отклонения от своих обязательств по производству и потреблению энергии. Необходимость оперативного балансирования энергосистемы в условиях переменной нагрузки требует наличия определенного числа маневренных производств, способных быстро и в широких пределах менять величину выработки энергии.

Присутствие не только краткосрочных (в пределах часа, суток и т. п.), но и сезонных (в течение года) колебаний нагрузки в сочетании с тем обстоятельством, что располагаемая мощность генерирующих станций должна превышать с требуемым резервом величину годового максимума нагрузки, приводит к тому, что в течение года некоторый объем генерирующей мощности недогружен. Диспетчер, управляющий работой энергосистемы, не в состоянии регулировать в режиме реального времени отпуск энергии потребителям в соответствии с договорами на поставку, и потребитель может получать энергию с существенными отклонениями от договорных обязательств.

### **Энергия и ее виды**

Энергию, используемую в народном хозяйстве и в быту, можно разделить на несколько видов: 1) тепловая энергия, используемая для обогрева зданий и сооружений, приведения в действие теплотехнических машин и других целей; 2) электрическая энергия, широко используемая в бытовых и промышленных установках; 3) энергия сжатого воздуха (пневматическая энергия), используемая для приведения в действие различных исполнительных устройств в промышленности и транспорте.

Одним из наиболее совершенных видов энергии является *электроэнергия*. Ее широкое использование обусловлено следующими факторами:

- возможностью выработки электроэнергии в больших количествах при близости к месторождениям и водным источникам;
- возможностью транспортировки на дальние расстояния с относительно небольшими потерями;
- возможностью трансформации электроэнергии в другие виды энергии: механическую, химическую, тепловую, световую;
- отсутствием загрязнения окружающей среды;
- возможностью применения на основе электроэнергии принципиально новых прогрессивных технологических процессов с высокой степенью автоматизации.

## **Энергетика, энергосбережение и энергетические ресурсы (основные понятия)**

*Энергетика* — область человеческой деятельности, связанная с производством, передачей потребителям и использованием энергии.

*Энергосистема* представляет собой совокупность энергетических ресурсов всех видов, методов их получения (добычи), преобразования, распределения и использования, а также технических средств и организационных комплексов, обеспечивающих снабжение потребителей всеми видами энергии.

*Энергосбережение* — организационная, научная, практическая, информационная деятельность государственных органов, юридических и физических лиц, направленная на снижение расхода (потерь) в процессе добычи, переработки, транспортировки, хранения, производства, использования и утилизации топливно-энергетических ресурсов

*Топливо-энергетические ресурсы (ТЭР)* — совокупность всех природных и преобразованных видов топлива и энергии, используемых в республике.

*Эффективное использование топливно-энергетических ресурсов* — использование всех видов энергии экономически оправданными, прогрессивными способами при существующем уровне развития техники и технологий и соблюдении законодательства.

*Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии* — источники электрической и тепловой энергии, использующие энергетические ресурсы рек, водохранилищ и промышленных водостоков, энергию ветра, солнца, редуцируемого природного газа, биомассы (включая древесные отходы), сточных вод и твердых бытовых отходов.

*Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР)* — энергия, получаемая в ходе любого технологического процесса в результате недоиспользования первичной энергии или в виде побочного продукта основного производства и не применяемая в этом энергетическом процессе.

### **Топливо-энергетические ресурсы**

*Топливо-энергетические ресурсы (ТЭР)* — совокупность природных и производственных энергоносителей, запасенная энергия которых при существующем уровне развития техники и технологий доступна для использования в хозяйственной деятельности предприятий, транспорта, в жилищно-коммунальном комплексе.

Топливо-энергетические ресурсы характеризуются следующими показателями: 1) *первичной энергией* — энергией, заключенной в ТЭР; 2) *полезной энергией* — энергией, теоретически необходимой (в идеализированных условиях) для осуществления заданных технологических процессов или выполнения работы и оказания услуг.

Топливо-энергетические ресурсы подразделяются на истощаемые, возобновляемые и вторичные.

*Истощаемыми топливно-энергетическими ресурсами* являются запасы природных ископаемых, использующиеся в качестве сырья для производства энергии (уголь, нефть, расщепляющиеся материалы и др.)

По определению, даваемому Законом Республики Беларусь «Об энергосбережении», *нетрадиционные и возобновляемые топливно-энергетические ресурсы* — природные энергоносители, постоянно пополняемые в результате естественных (природных) процессов. Возобновляемые ТЭР основаны на использовании:

- источников энергии: солнечного излучения, энергии ветра, рек, морей и океанов, внутренней теплоты Земли, воды, воздуха;
- энергии естественного движения воздуха, водных потоков и существующих в природе градиентов температур и разности плотностей;
- энергии биомассы, получаемой в качестве отходов растениеводства и животноводства, искусственных лесонасаждений и водорослей;
- энергии от утилизации отходов промышленного производства, твердых бытовых отходов и осадков сточных вод;
- энергии от сжигания растительной биомассы, термической переработки отходов лесной и деревообрабатывающей промышленности.

Важность использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии обосновывается тем, что постоянный прирост ее производства практически невозможно обеспечить без использования новых источников. Кроме того, очень важным является то, что наращивание производства энергии такими темпами за счет сжигания топлив может привести к серьезным экологическим последствиям в силу загрязнения окружающей среды продуктами их сгорания (например, к парниковому эффекту). Поэтому одним из существенных преимуществ нетрадиционных и возобновляемых источников энергии является их экологическая безопасность.

### **Виды топлива, их состав, теплота сгорания и калорийность.**

#### **Условное топливо**

*Топливом* называют вещество, выделяющее при определенных условиях большое количество тепловой энергии, которую используют в различных отраслях народного хозяйства.

Энергия из топлива выделяется, как правило, в процессе горения. *Горение* — физико-химический процесс, при котором превращение вещества сопровождается интенсивным выделением энергии, а также тепло- и массообменом с окружающей средой. Наиболее обширный класс реакций горения — окисление углеводородов (горение природных топлив), водорода, металлов и других веществ.

Топливо по агрегатному состоянию делят на твердое, жидкое, газообразное, а по способу получения — на естественное: уголь, торф, сланцы, природный газ, и искусственное (синтетическое и композиционные): топ-



ливные брикеты, дизельное и соляровое топливо, мазут топочный и бытовой, топливные эмульсии и суспензии.

В состав твердого и жидкого топлива входят горючие элементы: углерод С, водород Н, сера S, а также негорючие элементы (внутренний и внешний балласт): кислород О, азот N, влага W и зола А. Топливо, которое используется для сжигания, называется рабочим.

*Ядерное топливо* — вещество, в котором протекают ядерные реакции с выделением полезной энергии. Различают делящиеся вещества и термоядерное горючее. Делящиеся вещества (делящиеся материалы) содержат нуклиды, способные к ядерной цепной реакции деления; чаще всего это  $^{235}\text{U}$  или  $^{239}\text{Pu}$ , также может быть использованы  $^{233}\text{U}$  или  $^{241}\text{Pu}$ . Кроме того, в делящихся веществах присутствуют  $^{238}\text{U}$  или  $^{232}\text{Th}$ , которые сами по себе не способны к самопроизвольной цепной реакции деления, однако в результате ядерных превращений под действием нейтронов могут быть превращены в нуклиды, способные к такому делению.

По химическому составу ядерное топливо может быть металлическим (в т. ч. из сплавов), оксидным, карбидным, нитридным и другим. В промышленных масштабах в качестве делящегося вещества в ядерном топливном цикле применяют  $^{235}\text{U}$  и  $^{239}\text{Pu}$ . Теплотворная способность делящихся материалов почти в  $2 \cdot 10^6$  раз выше, чем у бензина, энергетические ресурсы разведанных запасов делящихся материалов составляют, по оценке, до  $10^{19}$  МДж.

Количество теплоты<sup>4</sup>, выделяемое при полном сгорании единицы топлива, называется его теплотворностью, или *теплотой сгорания*, и измеряется в кДж/кг или кДж/м<sup>3</sup>. Теплота сгорания — основной параметр органического топлива, характеризующий его энергетическую ценность.

Различают *высшую и низшую теплоту сгорания*. *Высшей теплотой сгорания топлива*  $Q_v$  называют количество теплоты в кДж, выделяемое 1 кг (или 1 м<sup>3</sup>) рабочего топлива при условии, что все водяные пары, образующиеся от окисления водорода и испарения влаги топлива, конденсируются. В реальных условиях все водяные пары уходят в атмосферу не сконденсировавшись, и поэтому для расчетов используют низшую теплоту сгорания топлива. *Низшей теплотой сгорания* топлива  $Q_n$  называют количество теплоты в кДж, выделенное 1 кг (или 1 м<sup>3</sup>) рабочего топлива, без учета конденсации водяных паров. Теплота  $Q_v$  меньше  $Q_n$  на теплоту парообразования водяных паров (2460 кДж/кг).

*Зольность* — отношение массы негорючего остатка (зола), полученной после выжигания горючей части топлива, к массе исходного топлива. Обозначается символом *A* (лат.) и выражается в процентах. Для всех

---

<sup>4</sup> Теплота (количество теплоты) — количество энергии, которое физическая система (тело) получает или отдает при теплообмене при неизменных внешних параметрах (объеме). Наряду с работой количество теплоты является мерой изменения внутренней энергии системы.

типов твёрдых топлив зольность — один из основных нормируемых показателей характеристики и оценки их качества. Повышение зольности снижает тепловой эффект сжигания топлив, удорожает (как балласт) стоимость их транспортировки, отрицательно отражается на технологии процессов переработки и качестве получаемых продуктов (кокса, полукокса и др.).

*Теплота сгорания* твердого и жидкого топлива определяется сжиганием 1 г топлива в калориметрической бомбе, заполненной кислородом, которая помещается в сосуд (калориметр) с водой, а приращение температуры воды измеряется термометром. Теплота сгорания газообразного топлива определяется в калориметре путем сжигания исследуемого газа в воздушной среде. Теплота сгорания некоторых видов топлив указана в табл. 1.

Учет запасов разных видов топлива ведут в пересчете на *условное топливо* — гипотетическое топливо, теплота сгорания которого принимается равным 29 308 кДж/кг (7000 ккал/кг). Условное топливо — это принятая при технико-экономических расчетах единица, служащая для сопоставления тепловой ценности различных видов органического топлива. Для численного перевода реального (натурального) топлива  $B_n$  в условное —  $B_y$ , используют *тепловой эквивалент (калорийный коэффициент)*  $\mathcal{E} = Q_n / 29308$ , и тогда  $B_y = B_n \mathcal{E}$  (табл. 2).

Таблица 1

**Теплота сгорания некоторых видов топлива**

Топливо	Теплота сгорания, Дж/кг	Топливо	Теплота сгорания, Дж/кг
Порох	$0,38 \cdot 10^7$	Древесный уголь	$3,4 \cdot 10^7$
Дрова сухие	$1,0 \cdot 10^7$	Природный газ	$4,4 \cdot 10^7$
Торф	$1,4 \cdot 10^7$	Нефть	$4,4 \cdot 10^7$
Каменный уголь	$2,7 \cdot 10^7$	Бензин	$4,6 \cdot 10^7$
Этиловый спирт	$2,7 \cdot 10^7$	Керосин	$4,6 \cdot 10^7$
Антрацит	$3,1 \cdot 10^7$	Водород	$12 \cdot 10^7$

Таблица 2

**Тепловой эквивалент некоторых топлив**

Топливо	Тепловой эквивалент
Нефть	1,43
Природный газ	1,15
Торф	0,34–0,41 в зависимости от влажности
Торфобрикет	0,45 –0,6 в зависимости от влажности
Дизтопливо	1,45
Мазут	1,37

## Топливо-энергетический комплекс Республики Беларусь

Энергетика и, в частности, промышленная теплоэнергетика играют решающую роль в развитии материального производства. Для Республики Беларусь *топливно-энергетический комплекс* (ТЭК) имеет особое значение, во-первых, потому, что создает необходимые условия для обеспечения жизнедеятельности во всех антропологических сферах. Во-вторых, ТЭК составляет значительную часть богатства страны: удельный вес производственных фондов ТЭК нашей республики оценивается в 25 % основных фондов промышленности. Это вызвано, в том числе, и тем, что на энергообеспечение своей деятельности и сам комплекс, и вся республика в целом расходует недопустимо большую долю зарабатываемых средств вообще и валютных, прежде всего. Эти затраты принято оценивать в долях от стоимости всего произведенного в стране, получившего название валового внутреннего продукта (ВВП). Ежегодные затраты на энергообеспечение республики превышают 30 % ВВП. Топливо-энергетический комплекс Республики Беларусь включает:

- систему снабжения природным газом;
- энергосистему, производящую электро- и тепловую энергию;
- нефтедобычу и нефтепереработку с системой нефтепродуктопроводов;
- добычу торфа и производства торфобрикета;
- другие отрасли.

Управление отраслями ТЭК Республики Беларусь осуществляют Минэкономики, концерны «Белэнерго», «Белтопгаз», «Белнефтехим», «Белтрансгаз».

Энергосистема Беларуси является основным производителем электро- и тепловой энергии. Установленная суммарная мощность энергосистемы составляет 7,8 ГВт, в том числе: две конденсационные тепловые электростанции (КЭС) общей мощностью 3,33 ГВт; 11 гидроэлектростанций, суммарной мощностью 8,0 МВт; 12 промышленных электростанций общей мощностью 99,5 МВт; 20 теплоэлектроцентралей (ТЭЦ). Суммарная электрическая мощность последних — 3,96 ГВт. Установленная мощность<sup>5</sup> достаточна для самообеспечения страны электроэнергией. Установленная мощность наиболее крупных источников энергии Республики Беларусь показана в табл. 3.

---

<sup>5</sup> Установленная мощность, сумма номинальных мощностей электрических машин одного вида (напр., генераторов), входящих в состав промышленного предприятия или электрической установки. Под установленной мощностью энергетической системы понимают суммарную номинальную активную мощность генераторов электростанций, входящих в состав системы.

### Наиболее крупные энергоисточники Республики Беларусь

Энергоисточник	Установленная мощность
Лукомльская ГРЭС	2,4 ГВт
Минская ТЭЦ-4	1,03 ГВт
Березовская ГРЭС	0,93 ГВт
Гомельская ТЭЦ-2	0,54 ГВт
Новополоцкая ТЭЦ	0,5 ГВт

За счет собственных электрогенерирующих мощностей покрывается

около 70 % потребности в электроэнергии. На выработку 1 кВт·ч электро-

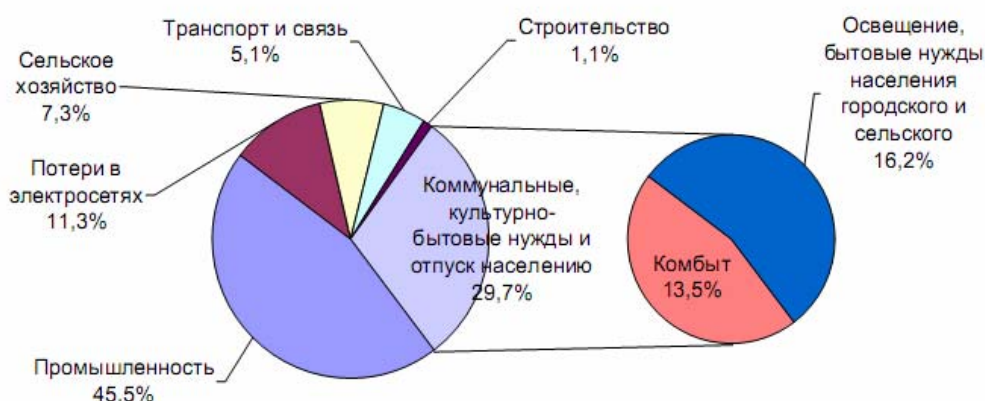
энергии в среднем по энергосистеме республики затрачивается около 270 грамм условного топлива, что соответствует КПД равному 45 %. Технологический расход на транспортировку электроэнергии (так называемые

потери) равен 11,9 %. Столь высокие показатели выработки одного кВт·ч

электроэнергии объясняются двумя причинами: большим удельным весом ТЭЦ в структуре электрогенерирующих мощностей, равным 54 %; возможностью импортировать электроэнергию в количествах, позволяющих отключать устаревшие генерирующие установки, характеризующиеся повышенным расходом топлива на выработку единицы электроэнергии.

### Анализ потребления ТЭР и потенциал энергосбережения по различным отраслям хозяйства Республики Беларусь

Анализ ситуации наличия топлива и энергопотребления Беларуси показывает, что основное промышленное производство в недостаточной мере ориентировано на удовлетворение потребностей человека и перенасыщено энергозатратными отраслями и технологиями. При этом энергетика республики базируется на импорте энергоносителей: ввозится 90 % нефти, 95 % угля, 25 % электроэнергии. Местные энергоресурсы (торф, дрова) занимают незначительную часть, а некоторые (горючие сланцы) вообще не используются. Потребление энергоносителей по отраслям экономики показано на рис 1.



*Рис. 1.* Структура потребления ТЭР различными отраслями народного хозяйства Беларуси

Потенциал энергосбережения оценивается на уровне 50 % от суммарного энергопотребления страны. На 2001–2005 гг. потенциал энергосбережения оценивается до 6–7 млн т условного топлива. Показательно распределение указанной величины по отраслям:

- коммунально-бытовой сектор — 3 млн т;
- энергетика — 0,9 млн т;
- химия и нефтехимия — 0,6 млн т;
- сельское хозяйство — 0,5 млн т;
- строительных материалов — 0,4 млн т;
- машиностроение — 0,5 млн т;
- топливная промышленность — 0,1 млн т;
- пищевая — 0,1 млн т;
- прочие отрасли промышленности — 0,2 млн т;
- прочие потребители — 0,2 млн т.

Наибольшие возможности для снижения потребления первичных энергоресурсов сегодня находятся в коммунально-бытовом секторе, что объясняется наиболее сильными экстенсивным и интенсивным факторами, имеющими здесь место.

### **Закон Республики Беларусь «Об энергосбережении». Энергетическая безопасность Республики Беларусь**

На государственном уровне проблемы энергосбережения регулируются восьмью постановлениями Совета министров Республики Беларусь, законом об энергосбережении и директивой Президента Республики Беларусь об энергетической безопасности.

Закон «Об энергосбережении» утверждает энергосбережение как приоритет государственной политики в решении энергетической проблемы в Республике Беларусь, а также регулирует отношения, возникающие в процессе деятельности юридических и физических лиц в сфере энергосбережения в целях повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов, и устанавливает правовые основы этих отношений.

В первой главе определяются основные понятия данного закона и субъекты отношений в сфере энергосбережения. К последним относятся юридические и физические лица (пользователи и производители топливно-энергетических ресурсов), осуществляющие следующие виды деятельности:

- добычу, переработку, транспортировку, хранение, производство, использование и утилизацию всех видов топливно-энергетических ресурсов;

- производство и поставку энергогенерирующего и энергопотребляющего оборудования, машин, механизмов, материалов, а также приборов учета, контроля и регулирования расхода топливно-энергетических ресурсов;

- проведение научно-исследовательских, опытно-конструкторских, опытно-технологических, экспертных, специализированных, монтажных, наладочных, ремонтных и других видов работ (услуг), связанных с повышением эффективности использования и экономии топливно-энергетических ресурсов.

Во второй главе закона устанавливаются основы государственного управления энергосбережением, основными принципами которого являются:

- осуществление государственного надзора за рациональным использованием топливно-энергетических ресурсов;

- разработка государственных и межгосударственных научно-технических, республиканских, отраслевых и региональных программ энергосбережения и их финансирование;

- приведение технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации в соответствие с требованием снижения энергоемкости материального производства, сферы услуг и быта;

- создание системы финансово-экономических механизмов, обеспечивающих экономическую заинтересованность производителей и потребителей в эффективном использовании топливно-энергетических ресурсов.

Весь объем добываемых, производимых, перерабатываемых, транспортируемых и потребляемых топливно-энергетических ресурсов подлежит обязательному учету. Порядок и условия оснащения пользователей и производителей топливно-энергетических ресурсов приборами учета их расхода, а также порядок разработки и утверждения правил пользования электрической и тепловой энергией, природным и сжиженным газом, продуктами нефтепереработки устанавливаются Правительством Республики Беларусь.

Нормирование расхода топлива и энергии обязано обеспечить установление технически и экономически прогрессивных норм расхода топлива и энергии. Система прогрессивных норм расхода топлива и энергии включает соответствующие текущие и перспективные нормы для технологических процессов, установок, оборудования, продукции, электробытовых приборов, некоторых видов работ и услуг.

Энергетическое обследование предприятий, учреждений, организаций, расположенных на территории Республики Беларусь, проводится в целях оценки эффективности использования топливно-энергетических ре-

сурсов и обеспечения их экономии. Обязательному энергетическому обследованию подлежат предприятия, учреждения, организации, если годовое потребление ими топливно-энергетических ресурсов составляет более 1,5 тыс. т условного топлива.

В третьей главе закона устанавливаются экономические и финансовые механизмы энергосбережения. Финансирование мероприятий по энергосбережению осуществляется за счет средств республиканского и местных бюджетов, республиканского фонда «Энергосбережение», средств юридических и физических лиц, направляемых добровольно на эти цели, а также других источников в порядке, установленном законодательством Республики Беларусь.

Ответственности за нарушение законодательства об энергосбережении посвящается четвертая глава закона. Юридические и физические лица, виновные в нарушении законодательства об энергосбережении, несут ответственность в соответствии с законодательством Республики Беларусь.

В Директиве № 3 («Экономия и бережливость — главные факторы экономической безопасности государства») от 14 июня 2007 г. отмечается, что в стране не создана система экономии материальных ресурсов, снижающая конкурентоспособность экономики, эффективность использования всех видов топлива, энергии, сырья, материалов и оборудования. Экономное расходование тепла, электроэнергии, природного газа, воды и других ресурсов не стало нормой жизни для каждой белорусской семьи, каждого человека.

Для достижения экономической безопасности государства даются поручения Совету Министров Республики Беларусь и Национальной академии наук Беларуси и предлагаются следующие меры:

1. Обеспечить энергетическую безопасность и энергетическую независимость страны.
2. Принять кардинальные меры по экономии и бережливому использованию топливно-энергетических и материальных ресурсов во всех сферах производства и в жилищно-коммунальном хозяйстве.
3. Совету Министров Республики Беларусь определить и довести государственным органам и иным государственным организациям показатели по экономии ресурсов на текущий год и доводить им такие показатели ежегодно.
4. Ускорить техническое переоснащение и модернизацию производства на основе внедрения энерго- и ресурсосберегающих технологий и техники.
5. Повысить эффективность научно-технической и инновационной деятельности.
6. Обеспечить стимулирование экономии топливно-энергетических и материальных ресурсов.

7. Широко пропагандировать среди населения необходимость соблюдения режима повсеместной экономии и бережливости.

8. Установить эффективный контроль за рациональным использованием топливно-энергетических и материальных ресурсов.

9. Повысить ответственность руководителей государственных органов и иных организаций, граждан за неэффективное использование топливно-энергетических и материальных ресурсов, имущества.

## **ВИДЫ, СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ, ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ. НЕТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ**

### **Тепловые, атомные и гидравлические электрические станции**

#### **Тепловая электростанция**

*Тепловая электростанция (ТЭС)* вырабатывает электрическую энергию в результате преобразования тепловой энергии, выделяющейся при сжигании органического топлива (рис. 2). Основные типы ТЭС: паротурбинные (преобладают), газотурбинные и дизельные. К ТЭС условно относят атомные и геотермальные электростанции.

Основным показателем энергетической эффективности электростанции является коэффициент полезного действия (КПД) по отпуску электрической энергии, называемый *абсолютным электрическим коэффициентом полезного действия электростанции*. Он определяется отношением отпущенной (выработанной) электроэнергии к затраченной энергии (теплоте сожженного топлива). Он составляет 35–40 %

Топливо сгорает в топочной камере парового котла с выделением теплоты. Эта теплота передается рабочему телу — воде, превращая ее сначала в насыщенный пар, а затем — в перегретый и обладающий большой энергией.

Паровой котел представляет собой систему теплообменников (поверхностей нагрева), в которых производится в требуемом количестве пар заданных параметров из непрерывно поступающей воды за счет теплоты, получаемой при сжигании органического топлива.

Энергия пара приводит во вращение ротор паровой турбины. Расширяясь в ступенях турбины, пар совершает работу. Механическая энергия вращения вала турбины передается электрогенератору, вырабатывающему электроэнергию, которая после повышения напряжения в трансформаторе направляется по линиям электропередачи к потребителю.

Продукты сгорания, пройдя через газовый тракт котла и отдав свою теплоту поверхностям нагрева котла, поступают в систему очистки дымо-



вых газов, а затем дымососом подаются в дымовую трубу и далее рассеиваются в атмосфере. Зола, уловленная в системе очистки, вместе со шлаком, образующимся в топочной камере, направляются на золоотвал.

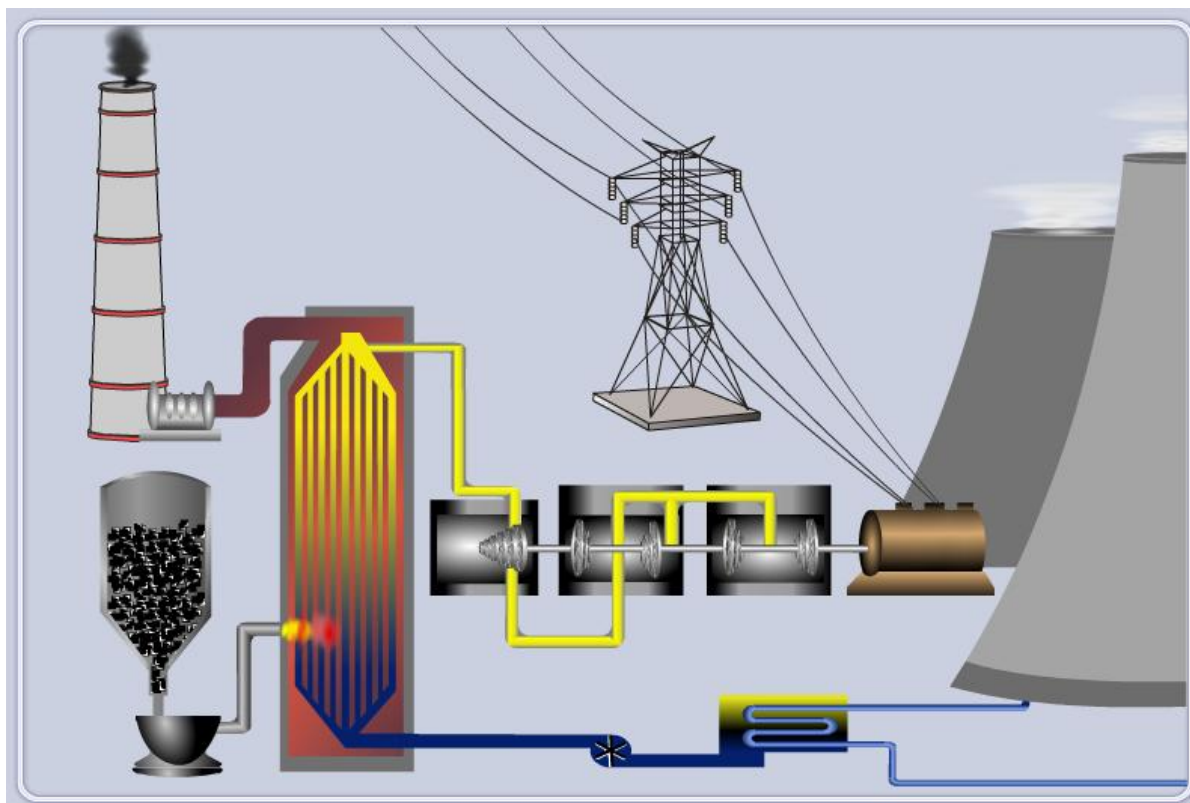


Рис. 2. Схема тепловой станции

Отработавший в турбине пар подается в *конденсатор*, где конденсируется, отдавая тепло охлаждающей воде, перекачиваемой циркуляционным насосом из охладителей, в качестве которых служат градирни, пруды-охладители или естественные водоемы — озера, реки, водохранилища.

*Конденсатор* — теплообменный аппарат, предназначенный для превращения отработавшего в турбине пара в жидкое состояние. Конденсация<sup>6</sup> пара сопровождается выделением теплоты, затраченной ранее на испарение жидкости, которая отводится с охлаждающей водой.

За счет резкого уменьшения удельного объема пара создается низкое давление отработавшего пара (вакуум). Чем ниже температура охлаждающей воды и чем больше ее расход, тем более глубокий вакуум можно получить в конденсаторе. Образующийся конденсат откачивается из конденсатора конденсатным насосом и поступает в котел. В результате цикл замыкается.

<sup>6</sup> Конденсация (от позднелат. *condensatio* — уплотнение, сгущение) — переход вещества из газообразного состояния в жидкое или твердое. Конденсация возможна только при температурах ниже критической.

## Атомная электростанция

*Атомная электростанция (АЭС)* — электростанция, на которой атомная (ядерная) энергия преобразуется в электрическую (рис. 3).

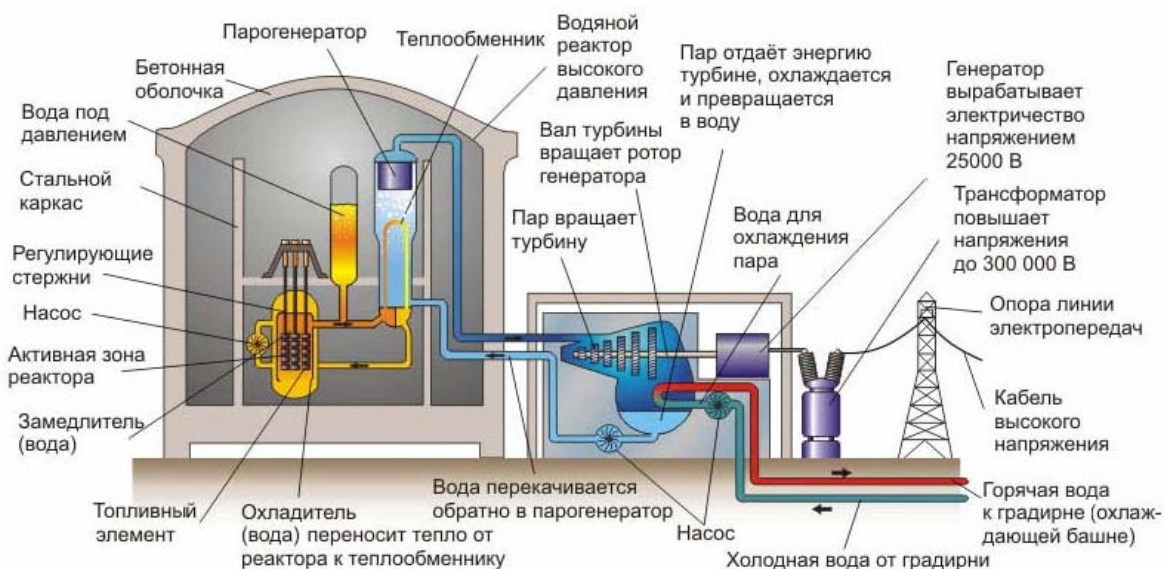


Рис. 3. Схема атомной электростанции

На АЭС теплота, выделяющаяся в ядерном реакторе в результате цепной реакции деления ядер некоторых тяжёлых элементов, в основном  $^{233}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ , преобразуется в электрическую энергию так же, как и на обычных тепловых электростанциях. При делении 1 г изотопов урана или плутония высвобождается около 22,5 МВт·ч энергии, что эквивалентно энергии, получающейся при сжигании 2,8 т условного топлива. АЭС составляет основу ядерной энергетики. Тепловые схемы атомных электростанций зависят от типа реактора, вида теплоносителя, состава оборудования. Тепловые схемы могут быть одно-, двух- и трехконтурными.

## Гидроэлектростанция

*Гидроэлектростанция (ГЭС)* — электростанция, преобразующая механическую энергию потока воды в электрическую энергию посредством гидравлических турбин, приводящих во вращение электрические генераторы (рис. 4). Мощность крупнейших гидроэлектростанций — до нескольких ГВт. В состав гидроэлектростанции входят водохранилище, подводящий водовод, регулятор расхода воды, гидротурбина, электрогенера-

тор, система контроля и управления параметрами генератора, электрораспределительная система.

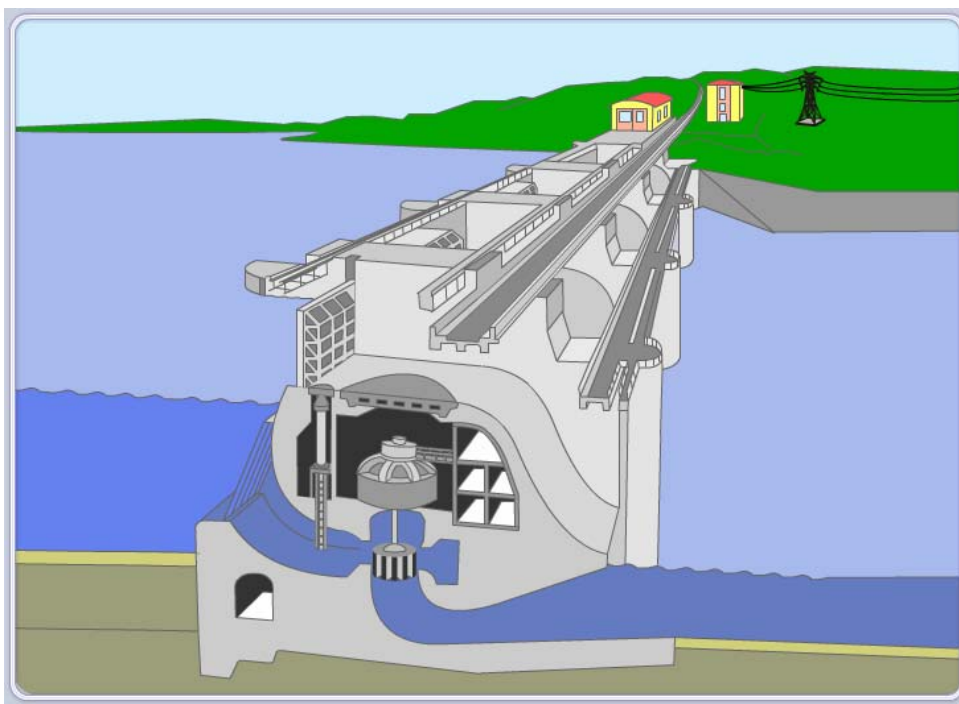


Рис. 4. Схема гидроэлектростанции

Мощность водного потока может быть оценена следующими образом: пусть  $Q$  — объем воды, поступающей в рабочий орган гидроэнергетической установки в единицу времени (расход, измеряемый в  $\text{м}^3/\text{с}$ ),  $H$  — высота падения жидкости (напор, измеряемый в метрах),  $\rho$  — плотность воды ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ),  $g$  — ускорение силы тяжести ( $9,8 \text{ м}/\text{с}^2$ ). Тогда мощность водного потока  $P$  определяется по формуле

$$P = Q\rho gH.$$

Основным рабочим звеном гидроэнергетической установки, непосредственно преобразующим энергию движущейся воды в кинетическую энергию своего вращения, является *гидротурбина*<sup>7</sup>. Коэффициент полезного действия гидротурбины составляет до 90 %. Гидротурбины бывают двух типов: 1) *активные*, рабочее колесо которых вращается в воздухе натекающим на его лопасти потоком воды; 2) *реактивные*, рабочее колесо которых полностью погружено в воду и вращается в основном за счет разности давлений перед и за колесом. Величина КПД реальных турбин ко-

<sup>7</sup> Турбина (франц. turbine, от лат. turbo — вихрь, вращение с большой скоростью), — первичный двигатель с вращательным движением рабочего органа — ротора, преобразующий в механическую работу кинетическую энергию подводимого рабочего тела — пара, газа, воды.

леблется от 50 % для небольших агрегатов до 90 % для больших энергоустановок.

### **Конденсационные электростанции и теплоэлектроцентрали**

Тепловые электрические станции (ТЭС) можно разделить на конденсационные электрические станции (КЭС), производящие только электроэнергию (они называются также ГРЭС — государственные районные электростанции), и теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) — электрические станции с комбинированной выработкой электрической и тепловой энергии.

Отличие ТЭЦ от КЭС состоит в том, что ТЭЦ отдаёт потребителю не только электроэнергию, но и теплоту с сетевой<sup>8</sup> водой, нагретой в бойлерах до 150–170 °С. Сетевая вода по магистральным теплопроводам подаётся в жилые массивы и далее либо непосредственно, либо через промежуточные теплообменники направляется на отопление и горячее водоснабжение.

Отопление от ТЭЦ экономичнее, чем от индивидуальных и даже центральных котельных, так как на ТЭЦ сетевая вода подогревается отработавшим паром, температура которого лишь немногим выше температуры сетевой воды. В котельных для повышения экономичности используется теплота при максимальной температуре горения топлива. При комбинированной выработке тепловой и электрической энергии в тепловую сеть отдается главным образом теплота отработавшего в турбинах пара (или газа), что приводит к снижению расхода топлива на 25–30 % по сравнению с отдельной выработкой электроэнергии на КЭС и теплоты в районных котельных.

### **Пиковые и аварийные электростанции.**

#### **Промышленные электростанции**

#### **с газотурбинными и парогазовыми установками. Когенерация.**

*Пиковая электростанция* — электростанция, часть или все агрегаты которой работают тогда, когда потребление электроэнергии в энергосистеме резко возрастает на короткое время — при так называемом пике нагрузки. Агрегаты пиковой электростанции должны обладать высокой эксплуатационной манёвренностью, способностью в короткий срок, иногда за 2–3 мин, развивать полную мощность и так же быстро останавливаться. Пиковыми электростанциями в энергосистемах могут служить обычные гидроэлектрические станции и газотурбинные электростанции, а также тепловые паротурбинные электростанции, приспособленные для такого режима работы.

Целесообразно применение пиковых электростанций аккумулярующего типа, которые способны в ночные часы, когда потребление элек-

---

<sup>8</sup> Сетевая вода — теплоноситель, циркулирующий в тепловой сети

троэнергии незначительно, запастись энергией, создавая нагрузку базисным паротурбинным электростанциям, а в дневные часы использовать запасённую энергию для покрытия пиков нагрузки. К таким станциям относятся гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС), а также газотурбинные установки, работающие с использованием воздуха, нагнетаемого в ночные часы и сохраняемого под давлением в емкостях с непроницаемой оболочкой, например в подземных выемках.

Современные пиковые электростанции одновременно выполняют функции резервных установок; они автоматизированы и управляются на расстоянии из диспетчерского пункта.

### **Когенерационные установки, мини-ТЭЦ**

*Когенерация* — совместное (комбинированное) производство нескольких видов энергии. Основным элементом комбинированного источника электроэнергии и тепла, в дальнейшем когенератора (*конгенерационной установки, мини-ТЭЦ*), является первичный газовый двигатель внутреннего сгорания с электрогенератором на валу. При работе двигатель-генератора используется тепло газов выхлопа, масляного холодильника и охлаждающей жидкости двигателя. При этом в среднем на 100 кВт электрической мощности потребитель получает 150–160 кВт тепловой мощности в виде горячей воды с температурой 90 °С для отопления и горячего водоснабжения. Таким образом, когенерация удовлетворяет потребности объекта в электроэнергии и низкопотенциальном тепле. Главное ее преимущество перед обычными системами состоит в том, что преобразование энергии здесь происходит с большей эффективностью, чем достигается существенное сокращение расходов на производство единицы энергии.

Наибольший эффект применения конгенерационной установки (мини-ТЭЦ) достигается при работе последней параллельно с внешней сетью. При этом возможна продажа излишков электроэнергии, например, в ночное время, а также при прохождении часов утреннего и вечернего максимумов электрической нагрузки. По такому принципу работают 90 % когенераторов в странах Запада. Максимальный эффект применения когенераторов достигается на следующих городских объектах:

1. *Собственные нужды котельных* (от 50 до 600 кВт). Применение газового когенератора (газопоршневого агрегата) оправдано здесь тем, что он является надежным независимым источником электроэнергии, а сброс тепловой энергии когенератора обеспечен в нагрузку теплоисточника.

2. *Больничные комплексы* (от 600 до 5000 кВт). Эти комплексы являются потребителями электроэнергии и тепла. Наличие в составе больничного комплекса когенератора дает двойной эффект: снижение расходов на энергообеспечение и повышение надежности электроснабжения от-

ветственных потребителей больницы — операционного блока и блока реанимации за счет ввода независимого источника электроэнергии.

3. *Спортивные сооружения* (от 1000 до 9000 кВт). Это, прежде всего, бассейны и аквапарки, где востребованы и электроэнергия, и тепло. В этом случае конгенерационная установка (мини-ТЭЦ) покрывает потребности в электроэнергии, а тепло сбрасывает на поддержание температуры воды.

### **Районные котельные. Индивидуальный теплоузел**

#### **Районные котельные**

*Районные котельные*<sup>9</sup> предназначены для централизованного теплоснабжения промышленности и жилищно-коммунального хозяйства, а также для покрытия пиковых тепловых нагрузок в теплофикационных системах. В районных котельных устанавливают водогрейные или паровые котлы низкого давления (1,2–2,4 МПа). При работе на газе предпочтительны водогрейные котлы, при работе на мазуте или на твердом топливе — паровые котлы низкого давления. При небольшом отпуске теплоты в виде пара производству и на собственные нужды котельной возможна установка комбинированных пароводогрейных котлов для покрытия преобладающей теплофикационной нагрузки.

#### **Индивидуальный теплоузел**

Последнее время широко применяются газовые отопительные приборы для квартир, особняков, офисов, магазинов, мастерских, коммунальных сооружений. Приборы монтируются на стену и подключаются к дымоходу, благодаря чему производится нагрев воды и отопление зданий. Преимущества таких приборов — энергоэкономичность, рентабельность, равномерное отопление, чистота и удобство эксплуатации, простота в обращении. Тепловая энергия сожженного на горелке газа передается воде, циркулирующей от насоса через теплообменник и через радиаторы, подключенные к нему, а затем передается воздуху в помещение.

На ЗАО «Амкодор» (Республика Беларусь) производят эффективные системы отопления, основанные на отоплении мягким инфракрасным излучением, которые, в отличие от конвективного способа обогрева, позволяют снизить на 90 % потребление энергоресурсов. Работа систем основана на принципе преобразования теплоты сгорания газа в тепловые лучи без промежуточных теплоносителей (вода, пар). Источниками инфракрасного излучения служат специальные теплоизлучающие трубы, внутри которых циркулируют высокотемпературные газы низкого давления.

---

<sup>9</sup> Котельная установка — совокупность устройств и механизмов для получения водяного пара или горячей воды за счет теплоты сжигаемого топлива. Состоит из котла и вспомогательного оборудования (тягодутьевые машины, дымовая труба и т. п.).



В последние годы в Республике Беларусь различными фирмами производится большое количество энергоэкономичных газогенераторных установок, котлоагрегатов, которые предназначены для теплоснабжения зданий и сооружений, получения горячей воды и пара в различных технологических процессах и для бытовых нужд. Основным топливом для них служат отходы деревообработки, мелочь торфяных брикетов, щепа, кора, лигнин и другие твердые горючие материалы.

### Вторичные энергетические ресурсы.

#### Источники вторичных энергетических ресурсов и их использование

*Вторичные топливно-энергетические ресурсы (ВЭР)* — топливно-энергетические ресурсы, полученные как отходы или побочные продукты (выбросы) производственного технологического процесса.

Необходимость использования ВЭР объясняется тем, что *коэффициент полезного использования* (КПИ) энергоресурсов в Республике Беларусь — главный показатель эффективности производства — не достигает 40 %. Утилизация (использование) ВЭР позволяет получить большую экономию топлива и снизить затраты на создание энергосберегающих установок.

Вторичные энергетические ресурсы разделяют на горючие, тепловые, и избыточного давления (табл. 4).

1. *Горючие ВЭР* — это горючие газы и отходы одного производства, которые могут быть применены непосредственно в виде топлива в других производствах.

2. *ВЭР избыточного давления* — это потенциальная энергия покидающих установку газов, воды, пара с повышенным давлением, которая может быть еще использована перед выбросом в атмосферу.

3. *Тепловые ВЭР* — это физическая теплота отходящих газов, отработанных в технологических установках; теплота рабочих тел систем охлаждения технологических установок.

Таблица 4

Виды и способы утилизации ВЭР

Вид ВЭР	Носители ВЭР	Энергетический потенциал	Способ утилизации
Горючие	Твердые, жидкие, газообразные отходы	Низшая теплота сгорания	Сжигание в топливо-использующих установках
Избыточного давления	Отходящие газы, охлаждающая вода, отходы производств, промежуточные продукты, готовая продукция	Энтальпия <sup>10</sup>	Выработка в теплоутилизационных установках водяного пара, горячей воды, использование для покрытия потребности в тепле

<sup>10</sup> Энтальпия (от греч. enthalpo — нагреваю) — функция состояния термодинамической системы. При постоянном давлении изменение энтальпии равно количеству теплоты,

Тепловые	Отработанный и попутный пар	То же	Покрытие теплопотребности, выработка электроэнергии в конденсационном или теплофикационном турбоагрегате
----------	-----------------------------	-------	--

### **Использование солнечной энергии. Преобразование солнечной энергии в тепловую и электрическую энергию**

Вся поверхность Земли получает от Солнца мощность около  $1,2 \cdot 10^{17}$  Вт. Максимальная плотность потока солнечного излучения, приходящего на Землю, составляет примерно  $1 \text{ кВт/м}^2$ . В зависимости от места, времени суток и погоды потоки солнечной энергии меняются от 3 до  $30 \text{ МДж/м}^2$  в день. Плотность потока излучения от Солнца, падающего на перпендикулярную ему площадку вне земной атмосферы, называется *солнечной константой*  $S$ , которая равна  $1367 \text{ Вт/м}^2$ . Для комфортных условий жизни человеку требуется примерно  $170 \text{ МДж}$  энергии в день. Менее одного часа получения этой энергии достаточно, чтобы удовлетворить энергетические нужды всего населения земного шара в течение года.

В связи с большим потенциалом солнечной энергии чрезвычайно заманчивым является максимально возможное непосредственное использование ее для нужд людей. Практически используется два основных способа преобразования солнечной энергии: 1) прямое преобразование солнечной энергии в тепловую (*солнечные водоподогреватели, подогреватели воздуха, солнечные коллекторы*); 2) прямое преобразование солнечной энергии в электрическую (*фотоэлектрические преобразователи*).

#### **Прямое преобразование солнечной энергии в тепловую**

Для энергетических целей наиболее распространенным является использование солнечного излучения для нагрева воды в системах отопления и горячего водоснабжения.

Основным элементом солнечной нагревательной системы является приемник, в котором происходит поглощение солнечного излучения и передача энергии циркулирующей жидкости. Наиболее распространенными являются плоские (нефокусирующие) приемники, позволяющие собирать как прямое, так и рассеянное излучение и в силу этого способные работать также и в облачную погоду. С учетом также их относительно невысокой стоимости они являются предпочтительными при нагревании жидкостей до температур ниже  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Для достижения более высоких температур применяют концентрирующий коллектор, который включает в себя приемник, поглощающий излучение и преобразующий его в какой-либо другой вид энергии, и кон-

---

подведенной к системе, поэтому энтальпию называют часто тепловой функцией или теплосодержанием.



центратор, представляющий собой оптическую систему, собирающую солнечное излучение с большой поверхности. Концентрация солнечной энергии позволяет получать температуры до 700 °С, достаточно большие для работы теплового двигателя с приемлемым коэффициентом полезного действия.

### **Прямое преобразование солнечной энергии в электрическую**

Самым оптимальным представляется прямое преобразование солнечной энергии в электрическую. Это становится возможным при использовании такого физического явления, как *вентильный фотоэффект*. При освещении границы раздела полупроводников с различными типами проводимости (*p-n*) между ними устанавливается разность потенциалов (*фотоЭДС*). Наиболее распространенным полупроводником, используемым для создания солнечных элементов, является кремний.

Солнечные элементы характеризуются *коэффициентом преобразования солнечной энергии* в электрическую, который представляет собой отношение падающего на элемент потока излучения к максимальной мощности вырабатываемой им электрической энергии. Кремниевые солнечные элементы имеют коэффициент преобразования 10–15 % (то есть при освещенности, равной 1 кВт/м<sup>2</sup>, они вырабатывают электрическую мощность 1–1,5 Вт с каждого квадратного дециметра) при создаваемой разности потенциалов около 1В. Характерный продольный размер солнечного элемента обычно составляет 10 × 10 см.

### **Ветроэнергетика**

Ветер представляет собой движение воздушных масс земной атмосферы, вызванное перепадом температуры в атмосфере из-за неравномерного нагрева ее Солнцем. Таким образом, используемая энергия ветра является преобразованной в механическую энергию Солнца. Устройства, преобразующие энергию ветра в полезную механическую, электрическую или тепловую виды энергии, называются ветроэнергетическими установками (ВЭУ) или ветроустановками.

Ветроустановки могут быть предназначены для непосредственного выполнения механической работы (например, привода водяного насоса) или для производства электроэнергии. В последнем случае они приводят в действие электрогенератор и в совокупности с ним называются ветроэлектрогенераторами.

Основными элементами ветроэлектрогенераторов являются: 1) ветроколесо; 2) электрогенератор; 3) система управления параметрами генерируемой электроэнергии в зависимости от изменения силы ветра и скорости вращения ветроколеса; 4) так как периоды безветрия неизбежны, то для исключения перебоев в электроснабжении ВЭУ должны иметь аккумуляторы.

муляторы электрической энергии или быть соединены с электроэнергетическими установками других типов.

Каждое ветроколесо характеризуется:

- *ометаемой площадью*  $S$ , то есть площадью, покрываемой его лопастями при вращении и равной  $S = \pi D^2/4$ , где  $D$  — диаметр ветроколеса;
- *коэффициентом мощности*  $C_p$ , характеризующим эффективность использования ветроколесом энергии ветрового потока и зависящим от конструкции ветроколеса;
- *коэффициентом быстроходности*  $Z$ , представляющим собой отношение скорости конца лопасти к скорости ветра.

При скорости ветра  $U$ , м/с и плотности воздуха  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup> ветроколесо с ометаемой площадью  $S$ , м<sup>2</sup> развивает мощность  $P$ , Вт:

$$P = 0,38S\rho \frac{U^3}{2}.$$

Белорусская энергетическая программа до 2010 г. основными направлениями использования ветроэнергетических ресурсов на ближайший период предусматривает их применение для привода насосных установок и в качестве источников энергии для электродвигателей. Особенно перспективным считается их использование в сочетании с малыми гидроэлектростанциями для перекачки воды. Применение ветроэнергетических установок для водоподъема, электроподогрева воды и электроснабжения автономных потребителей к 2010 г. предполагается довести до 15 МВт установленной мощности, что обеспечит экономию 9 тыс. т условного топлива в год.

Беларусь располагает значительными ресурсами энергии ветра. По данным Государственного комитета по гидрометеорологии Республики Беларусь и НП «Ветромаш», среднегодовая скорость ветра на территории республики составляет 4,3 м/с. На четверти территории, пригодной для внедрения ветроэнергетических установок, среднегодовая скорость ветра превышает 5 м/с. Такая скорость ветра соответствует требованиям мировой практики по показателям коммерческой целесообразности внедрения ветротехники. Наиболее эффективно можно применять ВЭУ на возвышенностях большей части севера и северо-запада Беларуси и в центральной части Минской области, включая прилегающие к ней районы с запада.

Максимальный прогнозируемый ветроэнергетический ресурс территории республики составляет более 280 млрд кВт·ч в год. Использование только 1 % территории под ветроэнергетику уже в 2010 г. позволило бы выработать около 3 млрд кВт·ч энергии.

## Энергия биомассы. Источники биомассы и производство биотоплива

### Энергия фотосинтеза

Фотосинтез — это процесс образования органических веществ и аккумуляции химической энергии под действием солнечного излучения. При фотосинтезе происходят химические реакции, в которых в основном участвуют углерод С, водород Н, кислород О и солнечное излучение. В результате фотосинтеза получаются химические соединения этих элементов, энергия которых больше, чем энергия исходных материалов на величину поглощенной солнечной энергии. При последующем взаимодействии полученных веществ с кислородом эта энергия высвобождается в виде тепла. Если синтезированное вещество (в обезвоженном состоянии) сжигать в кислороде, то выход тепла составит примерно 16 МДж/кг. Схема планетарного кругооборота биомассы показана на рис. 5.

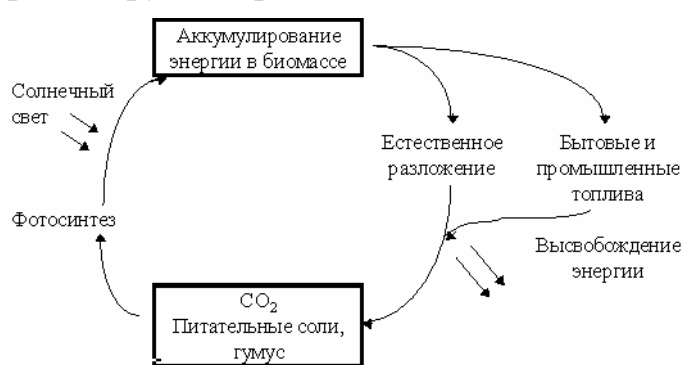


Рис. 5. Схема планетарного кругооборота биомассы

Таким образом, использование полученных органических соединений, будучи хорошо увязанным с природными экологическими циклами, может не давать загрязнений и обеспечивать непрерывный процесс получения энергии. Подобные системы называются агропромышленными. Для них наибольшие

успехи достигнуты в отраслях, перерабатывающих сахарный тростник и древесину.

### Источники биомассы и производство биотоплива

Биомасса — органическое вещество, генерируемое растениями в процессе фотосинтеза, при подводе солнечной (световой) энергии. Биомасса является как бы аккумулятором солнечной энергии. Энергия биомассы используется двумя способами: путем непосредственного сжигания отходов сельскохозяйственной продукции и путем глубокой переработки исходной биомассы с целью получения из нее более ценных сортов топлива: твердого, жидкого или газообразного, которое сжигается с высоким КПД при минимальном загрязнении окружающей среды. Второй способ перспективен и позволяет использовать в качестве первичных энергоносителей такие биомассы, которые не поддаются утилизации путем прямого сжигания в топочных устройствах. Эти биомассы представляют собой бы-

товые и промышленные отходы, ухудшающие состояние среды обитания человека. Поэтому их переработка, проводимая в целях получения энергии, позволяет одновременно решить и экологическую задачу.

Основными источниками биомассы служат городские и промышленные отходы, отходы животноводства, сельского и лесного хозяйства и водоросли. Твердые городские отходы представляют собой домашние отходы, отходы легкой промышленности и строительства. В зависимости от времени года и района сбора отходы в среднем состоят на 80 % из горючих материалов, из которых 65 % имеют биологическое происхождение: бумага, пищевые и животные отходы, тряпье, пластмасса. Горючими компонентами являются углерод (~ 25 %), водород (~ 3 %) и сера (~ 0,2 %), поэтому теплота сгорания городских отходов составляет 9.–15 МДж/кг. Небольшое содержание азота (~ 0,3 %) и невысокие температуры горения сводят к минимуму образование вредных окислов азота и обеспечивают экологическую чистоту отходов как топлива, ввиду образования незначительного количества оксидов серы.

Промышленные отходы, используемые как биоэнергоресурсы, присущи пищевой промышленности, которая специализируется на переработке плодов и овощей, а для выработки энергии используют отходы семян, плодов, шелуху семечек подсолнечника и другие подобные отходы, непригодные для применения в качестве корма. Отходы животноводства заслуживают внимания как энергоресурсы только при содержании скота и птиц в закрытых помещениях, таких как откормочные хозяйства промышленного типа.

Классификацию основных типов энергетических процессов, связанных с переработкой биомассы, можно представить следующим образом:

**1. Термохимические:**

а) *прямое сжигание для получения теплоты;*

б) *пиролиз.* Биомассу нагревают либо в отсутствие воздуха, либо за счет сгорания некоторой ее части при ограниченном доступе воздуха или кислорода. Состав получающихся при этом продуктов чрезвычайно разнообразен: газы, жидкости, масла, и древесный уголь. Если основным продуктом пиролиза является горючий газ, то процесс называется *газификацией*, а устройства для его получения называются *газогенераторами*. Коэффициент полезного действия (КПД) пиролиза определяется, как отношение теплоты сгорания производного топлива к теплоте сгорания исходной биомассы и составляет 80–90 %;

в) *гидрогенизация.* Измельченную, разложившуюся или переваренную биомассу, например, навоз, нагревают в атмосфере водорода до температуры около 600 °С при давлении около 5 МПа (50 атм). Получаемые при этом горючие газы, преимущественно метан и этан, при сжигании дают около 6 МДж на 1 кг сухого сырья.

## **2. Биохимические:**

а) *анаэробная переработка*. В отсутствие кислорода некоторые микроорганизмы способны получать энергию, непосредственно перерабатывая углеродосодержащие составляющие, производя при этом углекислый газ  $\text{CO}_2$  и метан  $\text{CH}_4$ . Получаемая смесь  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  и попутных газов называется биогазом;

б) *Спиртовая ферментация*. Этиловый спирт — летучее жидкое топливо, которое можно использовать вместо бензина. Он вырабатывается микроорганизмами в процессе ферментации. Обычно для ферментации в качестве сырья используют сахара.

**3. Агрехимические, например, экстракция топлив.** В некоторых случаях жидкие или твердые разновидности топлив могут быть получены прямо от животных или растений. Например, сок живых растений собирают, надрезая кожуру стеблей или стволов, из свежесрезанных растений его выдавливают под прессом. Хорошо известный подобный процесс — получение каучука. Родственное каучуконосам растение герея производит углеводороды с более низкой, чем у каучука, молекулярной массой, которые могут быть использованы в качестве заменителей бензина.

## **ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

### **Электрические сети. Линии электропередачи.**

#### **Потери энергии при транспортировке электроэнергии**

*Энергетическая система (энергосистема)* состоит из электрических станций, электрических сетей и потребителей электроэнергии, соединенных между собой и связанных общностью режима в непрерывном процессе производства, распределения и потребления электрической и тепловой энергии при общем управлении этим режимом.

*Электроэнергетическая (электрическая) система* — это совокупность электрических частей электростанций, электрических сетей и потребителей электроэнергии, связанных общностью режима и непрерывностью процесса производства, распределения и потребления электроэнергии. Электрическая система — это часть энергосистемы, за исключением тепловых сетей и тепловых потребителей.

*Электрическая сеть* — это совокупность электроустановок для распределения электрической энергии, состоящая из подстанций, распределительных устройств, воздушных и кабельных линий электропередачи (рис. 6). По электрической сети осуществляется распределение электроэнергии от электростанций к потребителям. *Линия электропередачи* (воздушная или кабельная) — электроустановка, предназначенная для передачи электроэнергии.

*Электрическая подстанция* — это электроустановка, предназначенная для преобразования и распределения электрической энергии. Электрические подстанции применяются для преобразования электроэнергии одного напряжения в электроэнергию другого напряжения. Подстанции предназначены для связи генераторов и потребителей с линиями электропередачи.

*Классификация электрических сетей* может осуществляться по роду тока, номинальному напряжению, выполняемым функциям, характеру потребителя, конфигурации схемы сети и т. д.

По роду тока различаются *сети переменного и постоянного тока*; по напряжению: *сверхвысокого напряжения* ( $U_{\text{ном}} \leq 330 \text{ кВ}$ ), *высокого напряжения* ( $U_{\text{ном}} = 3\text{--}220 \text{ кВ}$ ), *низкого напряжения* ( $U_{\text{ном}} < 1 \text{ кВ}$ ). По конфигурации схемы сети делятся на *замкнутые и разомкнутые*.

По выполняемым функциям различаются *системообразующие, питающие и распределительные* сети. Системообразующие сети напряжением 330–1150 кВ осуществляют функции формирования объединенных энергосистем, объединяя мощные электростанции и обеспечивая их функционирование как единого объекта управления, и одновременно обеспечивают передачу электроэнергии от мощных электростанций.

*Питающие сети* предназначены для передачи электроэнергии от подстанций системообразующей сети и частично от электростанций к центрам питания (ЦП) распределительных сетей — районным подстанциям. Питающие сети обычно замкнутые, как правило, напряжение этих сетей ранее было 110–220 кВ, по мере роста плотности нагрузок, мощности станций и протяженности электрических сетей напряжение иногда бывает 330–500 кВ.

*Районная подстанция* обычно имеет высшее напряжение 110–220 кВ и низшее напряжение 6–35 кВ. На этой подстанции устанавливают трансформаторы, позволяющие регулировать под нагрузкой напряжение на шинах низшего напряжения.

*Распределительная сеть* предназначена для передачи электроэнергии на небольшие расстояния от районных подстанций к промышленным, городским, сельским потребителям. Такие распределительные сети обычно разомкнутые. Различают распределительные сети *высокого* ( $U_{\text{ном}} > 1 \text{ кВ}$ )

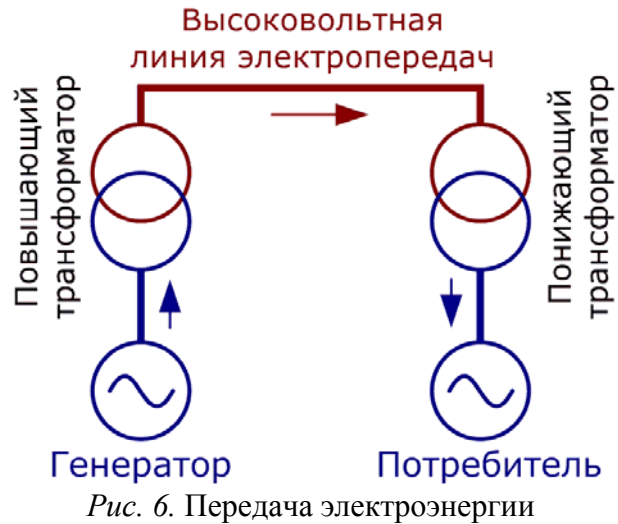


Рис. 6. Передача электроэнергии

и *низкого* ( $U_{\text{ном}} < 1$  кВ) напряжения. В свою очередь по характеру потребителя распределительные сети подразделяются на сети *промышленного, городского и сельскохозяйственного назначения*. Преимущественное распространение в распределительных сетях имеет напряжение 10 кВ. Напряжение 35 кВ широко используется для создания центров питания в основном в сельской местности. Сети сельскохозяйственного назначения в настоящее время рассчитаны на напряжение 0,4–110 кВ.

*Потери электроэнергии* в электрических сетях — важнейший показатель экономичности их работы, наглядный индикатор состояния системы учета электроэнергии, эффективности энергосбытовой деятельности энергоснабжающих организаций. Потери электроэнергии при ее передаче и распределении в электрических сетях можно считать удовлетворительными, если они не превышают 4–5 %. Потери электроэнергии на уровне 10 % считаются максимально допустимыми.

Потери электроэнергии можно разделить:

– *на абсолютные* — разность электроэнергии, отпущенной в электрическую сеть и полезно отпущенной потребителям;

– *технические* — потери, обусловленные физическими процессами передачи, распределения и трансформации электроэнергии (холостой ход трансформаторов, коронирование, электроэнергии на собственные нужды), определяются расчетным путем. Технические потери делятся на *условно-постоянные* и *переменные* (зависящие от нагрузки);

– *коммерческие* — потери, определяемые как разность абсолютных и технических потерь.

Наибольшая доля потерь (27,6 %) имеет место в сетях напряжением 110 кВ, что свидетельствует об их значительной загруженности и протяженности. В сетях 220 и 0,4 кВ потери составляют 18,8 и 18,6 % соответственно, в сетях 35 и 10 кВ примерно по 15 % в каждой. В сетях 500 и 330 кВ потери незначительны.

Соотношение между нагрузочными и условно-постоянными потерями следующее. В целом по всем сетям нагрузочные потери составляют 75,2 %, условно-постоянные — 24,8 %. В составе последних 65 % — это потери на холостой ход трансформаторов, 13,5 % — на коронирование, 11 % — расход электроэнергии на собственные нужды подстанций и 10,5 % — прочие потери.

### **Качество электроэнергии**

Согласно ГОСТ существует 11 показателей качества электроэнергии. Наиболее часто встречаются следующие проблемы:

1. *Перепады напряжения* — кратковременное уменьшение амплитуды питающего напряжения, вызывающее сбой в чувствительном оборудовании таком, как частотно регулируемые приводы, реле и роботы.

2. *Пропадание напряжения* — кратковременное снижение напряжения в сети до нуля. Пропадание напряжения может быть на 1 или нескольких фазах, имеет короткую продолжительность (менее 30 с).

3. *Фликер напряжения* — субъективное восприятие человеком колебаний светового потока искусственных источников освещения, вызванных колебаниями напряжения в электрической сети, питающей эти источники.

### Тепловые сети. Потери энергии при транспортировке тепла

Снабжение теплотой потребителей состоит из трех взаимосвязанных процессов: сообщения теплоты теплоносителю, транспорта теплоносителя и использования теплового потенциала теплоносителя.

*Системой теплоснабжения* называется комплекс устройств по выработке, транспорту и использованию теплоты. Транспорт тепловой энергии осуществляется через систему трубопроводов. Систему трубопроводов часто называют *тепловой сетью* (рис. 7).

*Системы теплоснабжения* классифицируются по следующим основным признакам: мощности, виду источника теплоты и по виду теплоносителя. По мощности системы теплоснабжения характеризуются дальностью передачи теплоты и числом потребителей. Они могут быть местными и централизованными. *Местные* — системы теплоснабжения, в которых три основных звена объединены и находятся в одном или смежных помещениях. При этом получение теплоты и передача ее воздуху помещений объединены в одном устройстве и расположены в отапливаемых помещениях (печи). *Централизованные* — системы теплоснабжения, в которых от одного источника подается теплота для многих помещений.

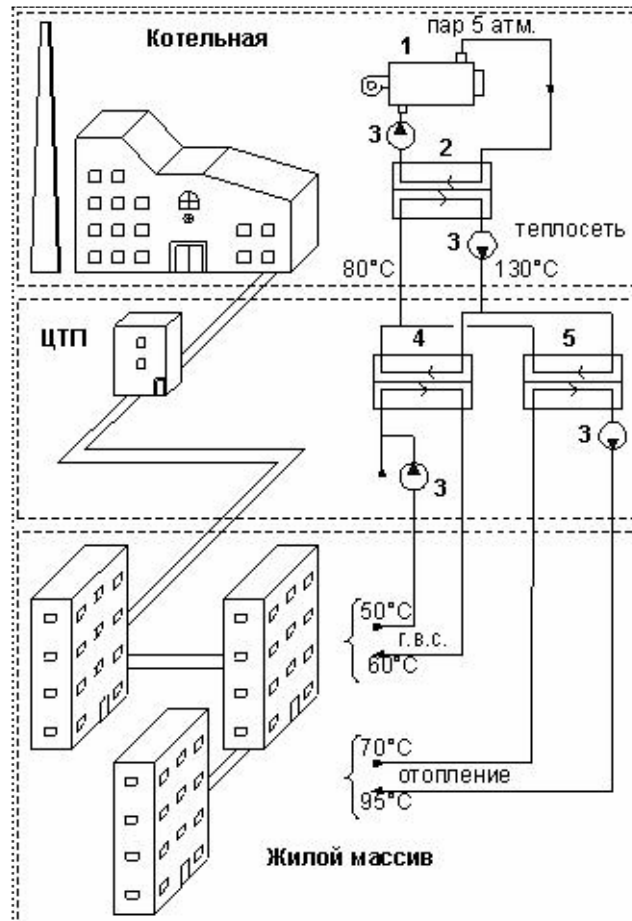


Рис. 7. Тепловая сеть



По виду источника теплоты системы централизованного теплоснабжения разделяют на *районное теплоснабжение* и *теплофикацию*. При районном теплоснабжении источником теплоты служит районная котельная, при теплофикации — ТЭЦ.

*Теплоноситель* — среда, которая передает теплоту от источника теплоты к нагревательным приборам систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. По виду теплоносителя системы теплоснабжения делятся на 2 группы — *водяные* и *паровые*. В водяных системах теплоснабжения теплоносителем служит вода, в паровых — пар. В Беларуси для городов и жилых районов используются водяные системы теплоснабжения. Пар применяется на промышленных площадках для технологических целей.

Системы водяных теплопроводов могут быть однотрубными и двухтрубными (в отдельных случаях многотрубными). Наиболее распространенной является двухтрубная система теплоснабжения (по одной трубе подается горячая вода потребителю, по другой, обратной, охлажденная вода возвращается на ТЭЦ или котельную).

Различают *открытую и закрытую системы теплоснабжения*. В открытой системе осуществляется «непосредственный водоразбор», то есть горячая вода из подающей сети разбирается потребителями для хозяйственных, санитарно-гигиенических нужд. При полном использовании горячей воды может быть применена однотрубная система. Место присоединения потребителей тепла к теплопроводной сети называется *абонентским вводом*.

Параметры теплоносителей — температура и давление. Вместо давления в практике эксплуатации используется *напор*<sup>11</sup>  $H$ . Напор и давление связаны зависимостью

$$H = P / \rho g,$$

где  $H$  — напор,  $m$ ;  $P$  — давление,  $Pa$ ;  $\rho$  — плотность теплоносителя,  $kg/m^3$ ;  $g$  — ускорение свободного падения,  $m/c^2$ .

Мощность теплового потока  $Q$  (кВт), отдаваемого водой, характеризуется формулой

$$Q = Gc_p(t_1 - t_2),$$

где  $G$  — массовый расход воды через систему теплоснабжения,  $kg/c$ ;  $c_p$  — удельная теплоемкость воды  $c_p = 4,19 \text{ кДж}/kg \times K$ ;  $t_1$  — температура воды после источника теплоты до системы потребления;  $t_2$  — температура воды после системы потребления до источника теплоты.

В современных системах теплоснабжения применяют следующие значения температур воды: 1)  $t_1 = 105 \text{ }^\circ C$ ,  $t_2 = 70 \text{ }^\circ C$  в системах отопления

---

<sup>11</sup> Напор — величина, выражающая удельную (отнесенную к единице веса) энергию потока жидкости в данной точке. Определяется уравнением Бернулли.

жилых и общественных зданий; 2)  $t_1 = 150 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = 70 \text{ }^\circ\text{C}$  в системах централизованного теплоснабжения от котельной или ТЭЦ, а также в системах отопления промышленных зданий.

*Основными элементами тепловых сетей* являются трубопровод, состоящий из стальных труб, соединенных между собой с помощью сварки, изоляционная конструкция, предназначенная для защиты трубопровода от наружной коррозии и тепловых потерь, и несущая конструкция, воспринимающая вес трубопровода и усилия, возникающие при его эксплуатации.

*Тепловая изоляция*<sup>12</sup> накладывается на трубопроводы для снижения потерь теплоты при транспортировке теплоносителя. Потери теплоты снижаются при надземной прокладке в 10–15 раз, а при подземной — в 3–5 раз по сравнению с неизолированными трубопроводами. Тепловая изоляция должна обладать достаточной механической прочностью, долговечностью, стойкостью против увлажнения (гидрофобностью), не создавать условий для возникновения коррозии и при всем этом быть дешевой.

При транспорте тепла по трубам возникают *линейные*  $Q_l$  и *местные*  $Q_m$  *тепловые потери*. Линейные потери тепла по длине прямых или криволинейных (повороты, отводы, колена П-образных компенсаторов) участков труб определяют по формуле

$$Q_l = lq,$$

где  $l$  — длина трубопровода в м,  $q$  — удельные теплотопотери, Дж/м. Местные тепловые потери возникают в результате стока тепла через опорные конструкции, соединения и др. Эти потери приближенно определяются различными способами. Потери тепла вызывают падение температуры теплоносителя, вследствие этого удельные теплотопотери по длине возрастают.

Коэффициенты эффективности изоляционных конструкций определяются как:

$$\eta_i = 1 - Q_1/Q_2,$$

где потери  $Q_1$  — неизолированной,  $Q_2$  — изолированной трубах. Значения коэффициентов эффективности изоляционных конструкций должны быть в пределах  $\eta_i = 0,85\text{--}0,95$ .

### **Качество тепловой энергии**

*Качество тепловой энергии* — совокупность теплофизических параметров теплоносителя, обеспечивающих пригодность тепловой энергии для удовлетворения энергетических потребностей потребителя. Оно определяется следующими параметрами:

- температура в подающем трубопроводе;

---

<sup>12</sup> Теплоизоляция (тепловая изоляция, термоизоляция) — защита зданий, тепловых промышленных установок и отдельных узлов, холодильных камер, трубопроводов от нежелательного теплового обмена с окружающей средой.

- давление в прямом и обратном трубопроводах;
- перепад давлений.

Качество тепловой энергии детально определяется правилами пользования тепловой энергией, утвержденными постановлением Министерства экономики Республики Беларусь.

### Графики электрических и тепловых нагрузок

Изменение электрической и тепловой нагрузок в течение времени называется *графиком этих нагрузок*. По форме графиков нагрузок различают пять групп: *промышленная нагрузка, коммунально-бытовое потребление, электрический транспорт, уличное освещение, сельскохозяйственные нужды*. Промышленная нагрузка за счет одно- и двухсменных предприятий снижается в ночное и вечернее время. Коммунально-бытовое потребление значительно в утреннее и вечернее время, вечерний пик более продолжителен (рис. 8). Транспортные перевозки имеют пики в утренние и вечерние часы. Уличное освещение имеет максимум в ночные часы. Сельскохозяйственные графики потребления достаточно равномерны с сезонным изменением его величины.

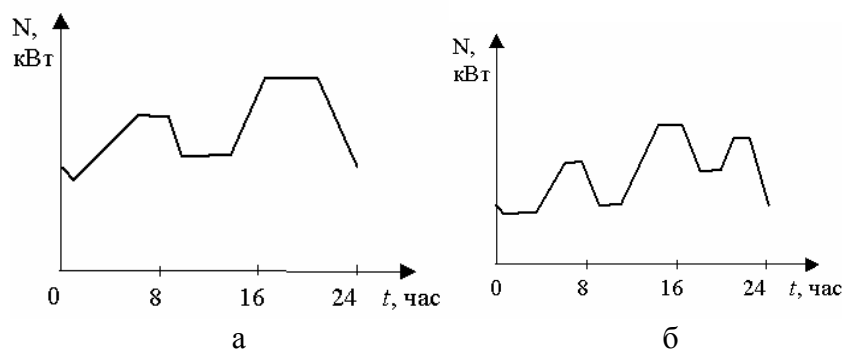


Рис. 8. Суммарный график нагрузок:  
а — в зимние сутки; б — в летние сутки

Для определения годовой потребности в электроэнергии используются годовой график продолжительности нагрузок и годовой график месячных максимумов. Продолжительность нагрузки определяют суммированием ее за 210 зимних суток и 155 летних суток. Площадь под кривой годовой продолжительности нагрузок определяет суммарную годовую потребность в электроэнергии.

Зимний график имеет 2 пика (рис. 8, а), летний — 3 (рис. 8, б), что объясняется более длинным световым днем (освещение включается после окончания работы на односменных предприятиях и снижения транспортных перевозок). Летние нагрузки меньше по абсолютной величине.

Годовой график нагрузок строится путем сложения годовых нагрузок отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, технологического производства, а суточная неравномерность потребления теплоты при этом не учи-

тывается. В этом случае для каждого конкретного города выстраивается температурный график регулирования температуры воды в подающей и обратной магистралях теплосети в зависимости от наружной температуры воздуха.

Для облегчения прохождения пиков электрической нагрузки можно использовать выравнивание графиков нагрузки, под которым понимают активное воздействие на режим потребления, приводящее к уменьшению максимумов нагрузки. Для достижения этих целей служат увеличение сменности работы предприятий при использовании поощрительных ночных тарифов на электроэнергию, создание объединенных энергосистем за счет разновременности максимума нагрузки в районах с различной географической долготой, наличие потребителей-регуляторов, часы работы которых определяет энергосистема.

### **Особенности снабжения энергией учреждения здравоохранения**

Учреждения здравоохранения — сложное производство, требующее надежного снабжения тепловой и электрической энергией. В учреждении здравоохранения, как правило, функционируют следующие инженерные и сантехнические системы:

- лечебного газоснабжения;
- теплоснабжения;
- водоснабжения и канализации;
- отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха;
- холодоснабжения.

По надежности теплоснабжения учреждения здравоохранения разделяются на две категории:

- первая категория: больницы, корпуса с постоянным пребыванием больных, родильные дома, диспансеры со стационаром, детские молочные кухни;
- вторая категория — остальные учреждения.

Системы теплоснабжения потребителей тепла I категории предусматривают два ввода тепла от независимых источников. При этом учитывается резервирование подачи тепла тепловыми сетями. При наличии только одного ввода тепла предусматриваться резервная котельная.

Тепловая мощность резервной котельной определяется из расчета 100 % покрытия нагрузок на отопление, кондиционирование воздуха и горячее водоснабжение для помещений, в которых размещены палатные отделения, операционные, реанимационные, палаты интенсивной терапии. Для остальных потребителей необходимо обеспечить подвод тепла только на дежурное отопление.

Для потребителей тепла II категории предусматривается один ввод от внешних тепловых сетей.

Автоматизированные *пункты учета тепла* предусматриваются при теплоснабжении от источников тепла сторонних организаций при суммарной тепловой мощности более 0,5 Гкал·ч, а также при обеспечении горячим водоснабжением по «открытой» схеме. При «закрытых» схемах присоединения допускается установка водомеров.

По степени обеспечения надежности электроснабжения учреждения здравоохранения к первой категории относятся электроприемники:

- операционного блока, родильного отделения, отделения анестезиологии и реанимации, интенсивной терапии, кабинетов лапароскопии, бронхоскопии и ангиографии;
- оперативной части, помещения хранения ящиков выездных бригад и аптечной комнаты станции (отделения) скорой и неотложной медицинской помощи;
- противопожарные устройства.

Остальные электроприемники относятся ко второй и, частично, к третьей категории.

### **Структура теплоэлектропотребления в Республике Беларусь**

Основным потребителем природного газа является государственный концерн «Белэнерго» (58 %). Промышленность и транспорт потребляют 18 % газа, причем несколько предприятий нефтехимической отрасли расходуют более половины этого объема. 90 городов из 104 и 60 поселков городского типа из 110 отапливаются газом.

Газовая энергетика Беларуси является крайне неэффективной. КПД в среднем по газовым ТЭС составляет примерно 27 % (39 % по ГРЭС и 19 % по ТЭЦ), при том, что нынешние технологии позволяют достигать КПД 60 % (для конденсационных станций). Даже с учетом значительной доли ТЭЦ (более половины установленной электрической мощности) эффективность использования голубого топлива является низкой. *Коэффициент использования топлива* (КИТ), учитывающий полезный отпуск тепла и электроэнергии составляет по ТЭЦ только 76 %, при том, что при оптимальной когенерации КИТ может достигать 90 %.

Оборудование сильно изношено, поэтому около 1 ГВт мощностей (1/7 установленной мощности всей энергосистемы) постоянно находится в ремонте. С учетом зимних тепловых нагрузок, горячего и холодного резерва по 330 МВт это приводит к тому, что энергосистема не имеет резерва мощностей. Импорт мощности в отопительный сезон составляет 500–870 МВт в зависимости от времени суток.

Ремонты и неравномерность потребления приводят к низкому коэффициенту использования установленной мощности. Среднее время работы энергоблоков составляет около 3900 часов в год (около 45 %).

Республика Беларусь — единственное государство бывшего СССР, в котором создана система управления энергосбережением. Предприятия ежегодно получают планы по энергосбережению. Снижение энергоёмкости ВВП составляет около 6 % в год. В 2000–2005 гг. ВВП Беларуси вырос на 42 %, в то время как потребление топлива за этот же период увеличилось на 6 %. В эти годы стояла задача снизить общую энергоёмкость ВВП на 20–25 %. По факту снижение составило 25,3 %. На 2006–2010 гг. поставлена задача уменьшить эти показатели еще на 26–30 %. По предварительным данным, в 2007 г. энергоёмкость ВВП в Беларуси снижена на 7,5 %, в 2008 г. — на 8 %. В соответствии с постановлением Совета Министров республики № 1339, планируется в 2009 г. снизить энергоёмкость промышленной продукции на 9 %, ЖКХ — на 3 %.

Прогноз, сделанный в 2005 г., предусматривал, что в 2010 г. энергопотребление составит 36,9 млрд кВт·ч, в 2020 г. — 41 млрд кВт·ч., что потребует увеличения установленной мощности примерно на 650 МВт, до 8500 МВт.

По данным Белкомстата в январе–феврале 2009 г. производство электроэнергии в республике снизилось относительно того же периода предыдущего года 2009 г. на 11,2 %. Следует ожидать снижение роста ВВП в 2009–2012 гг. нулевым, что с учетом мер по энергосбережению приведет к снижению энергопотребления примерно на 8 % в год.

## ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ

### Теплопередача. Коэффициент теплопередачи.

#### Термическое сопротивление

*Теплообменом* называется самопроизвольный необратимый процесс переноса теплоты, обусловленный неоднородным температурным полем. В общем случае перенос теплоты может вызываться неоднородностью полей других физических величин, например, разностью концентраций. Различают три вида теплообмена: *теплопроводность*, *конвекция*<sup>13</sup> и *радиационный теплообмен*<sup>14</sup>. На практике теплообмен обычно осуществляется всеми тремя видами сразу.

*Теплопроводность* — процесс распространения (переноса) теплоты путем непосредственного соприкосновения микрочастиц, имеющих различную

<sup>13</sup> Конвекция (от лат. convectio — принесение, доставка) — перемещение макроскопических частей среды (газа, жидкости), приводящее к переносу массы, теплоты и др. физических величин. Различают естественную (свободную) конвекцию, вызванную неоднородностью среды (градиентами температуры и плотности), и вынужденную конвекцию, вызванную внешним механическим воздействием на среду.

<sup>14</sup> Радиационный теплообмен (лучистый теплообмен, теплообмен излучением) — превращение внутренней энергии вещества в энергию излучения, перенос этого излучения в пространстве и его поглощение другим веществом.

температуру, или путем соприкосновения тел (или их частей), когда тело не перемещается в пространстве. Интенсивность теплообмена характеризуется плотностью теплового потока. *Плотностью теплового потока  $q$*  (или удельным тепловым потоком) называется количество теплоты  $\Delta Q$  (Дж), проходящее через единицу поверхности  $S$  ( $\text{м}^2$ ) в единицу времени  $\Delta t$  (с):

$$q = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \frac{1}{S}, \text{ Дж}/(\text{м}^2 \text{ с}) \text{ или } \text{Вт}/\text{м}^2.$$

Если относительное изменение температуры на расстоянии средней длины свободного пробега частиц мало, то выполняется основной закон теплопроводности (закон Фурье): плотность теплового потока пропорциональна градиенту температуры:

$$Q = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x} S \text{ или } q = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x}.$$

Коэффициент пропорциональности  $\lambda$  называют коэффициентом теплопроводности. Коэффициент теплопроводности — тепловой поток, проходящий через один квадратный метр изотермической поверхности при температурном градиенте, равном единице. Единицы измерения коэффициента теплопроводности —  $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$  и  $[\text{ккал}/\text{м}\cdot^\circ\text{C}]$ . Коэффициент теплопроводности некоторых материалов указан в табл. 5.

Таблица 5

**Коэффициент теплопроводности некоторых материалов**

Материал	$\lambda$ , Вт/(м·К)
Деревянная стена	0,15
Кирпич красный	0,6
Кирпич силикатный	0,55
Пенопласт ПСБ 25	0,038
Стекловата ISOVER OL-E	0,041

*Теплопередача* — теплообмен между двумя теплоносителями через разделяющую их твердую стенку или через поверхность раздела между ними. Она включает в себя теплоотдачу от более горячей жидкости к стенке, теплопроводность в стенке, теплоотдачу от стенки к более холодной подвижной среде. Интенсивность передачи теплоты при теплопередаче характеризуется *коэффициентом теплопередачи*, численно равным количеству теплоты, которое передается через единицу поверхности стенки в единицу времени при разности температур между жидкостями в 1 К. Единицы измерения коэффициента теплопередачи  $k$  —  $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$  и  $[\text{ккал}/\text{м}^2\cdot^\circ\text{C}]$ . Коэффициент теплопередачи некоторых элементов жилого дома указан в табл. 6.

Таблица 6

## Коэффициент теплопередачи для элементов конструкции жилого дома

Элемент	$k$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)
Потолок (12 см изоляции)	0,35
Стены пенобетон 30–36 см или легкий кирпич	0,66
Пол (5 см теплоизоляции)	0,68
Теплоизолированные окна	0,3

Величина, обратная коэффициенту теплопередачи, называется *полным термическим сопротивлением* теплопередачи  $R = 1/k$ . В большинстве встречающихся на практике случаев коэффициент теплопередачи определяется опытным путем (табл. 7).

Таблица 7

### Термическое сопротивление некоторых материалов при толщине 12 см и строительных деталей при толщине 25 см

Материал	R, (м <sup>2</sup> ·К)/Вт	Материал	R, (м <sup>2</sup> ·К)/Вт
Бетон с гравием	0,3	Шлаковый кирпич	0,37
Деревянная стена	0,6	Окно одинарное	0,13
Кирпич красный	0,34	Окно двойное	0,3
Кирпич силикатный	0,32	Наружная дверь	0,24
Пенопласт ПСБ 25	4,2	Стекловата	4

## Тепловые потери в деталях строений.

### Наружные стены, окна и теплозащитные стекла

В настоящее время расходы на отопление становятся очень высокими, а это приводит к увеличению теплового загрязнения окружающей среды, атмосферы, перерасходу драгоценного топлива. Те, кто сэкономил на теплоизоляции дома, несут в последующем неизмеримо большие расходы на отопление. Если учесть ситуацию с энергоресурсами и ценами на нефть, то ситуация для Беларуси представляется очень сложной. Здания всех типов являются крупнейшими потребителями энергии (около 30–40 % потребления в Республике Беларусь).

По оценкам как отечественных, так и зарубежных экспертов, потенциал экономии электроэнергии в зданиях равен 30–40 %, а тепловой энергии — около 50 %. Типовая структура расхода тепловой энергии зданием, а также потенциал энергосбережения показан на рис. 9.

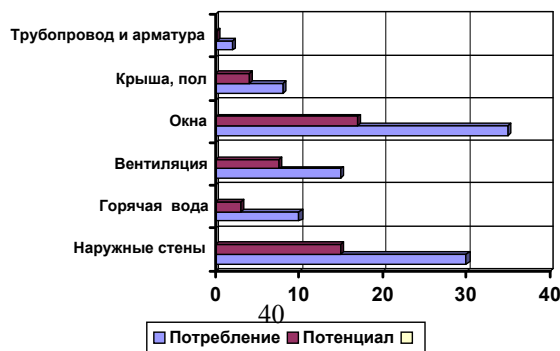




Рис. 9. Типовая структура расхода тепловой энергии зданием и потенциал энергосбережения

Как видим, основное потребление связано с отоплением здания для компенсации тепловых потерь через окна, стены, крышу, пол, за счет вентиляции.

Частные домовладельцы в Западной Европе используют почти 30 % всей получаемой энергии, что составляет почти столько же, сколько и промышленность, и больше, чем весь вместе взятый транспорт. Большая часть расходуемой энергии (70 %) идет на отопление помещений (рис. 10).

В Беларуси в настоящее время строится огромное количество зданий и сооружений, поэтому необходимо уделять огромное внимание теплоизоляции и энергосбережению. Например, затраты на отопление  $1 \text{ м}^2$  в Германии и Беларуси соотносятся как 1:1,25.

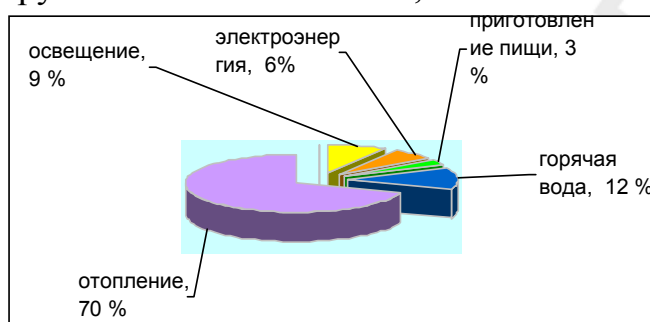


Рис. 10. Распределение энергетических потребностей зданий

Как правило, теплоизоляция наших жилых домов и производственных помещений не соответствует стандартам по тепловой изоляции. Жилое помещение в соответствии, например, с немецкими стандартами теплоизоляции отвечает следующим параметрам:

- средний коэффициент теплопередачи стен —  $0,66 \text{ Вт/м}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- норма воздухообмена —  $0,8 \text{ раз/ч}$ ;
- КПД приборов отопления —  $80 \%$ ;
- годовая потребность тепла —  $26 \text{ 200 кВт}\cdot\text{ч}$ ;
- годовое потребление тепла на  $1 \text{ м}^2$  —  $140 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ .

Теплотехнические характеристики ограждающих конструкций зданий<sup>15</sup> существенно влияют на работу систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, потребляющих в настоящее время значительное количество тепловой энергии.

Оценка энергоэффективности зданий и сооружений проводится на основании их энергетического паспорта. Типовой энергетический паспорт здания или сооружения должен включать:

<sup>15</sup> Ограждающие конструкции — строительные конструкции (стены, перекрытия, перегородки), которые образуют наружную оболочку здания, защищающую его от воздействия холода, тепла, влаги, ветра, а также разделяют здание на отдельные помещения. Ограждающие конструкции разделяют на внешние (или наружные) и внутренние.

- климатологические характеристики города (района) объекта, длительность отопительного периода, расчетную температуру внутреннего и наружного воздуха помещений;
- геометрические размеры здания или сооружения и его ориентацию по сторонам света, этажность и объем, площадь наружных ограждающих конструкций, внутренних помещений, а также пола первого и потолка последнего этажа отапливаемых помещений;
- сведения о теплотехнических свойствах ограждающих конструкций здания или сооружения, термическом сопротивлении теплопередачи отдельных элементов многослойной системы ограждений и здания в целом;
- сведения о системах водоснабжения, отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, кондиционирования воздуха — системах обеспечения микроклимата помещений и способах их регулирования;
- данные о системах электроснабжения и освещения здания;
- нормативные характеристики удельных расходов энергии.

**Воздухо- и ветрозащитные оболочки.  
Вентиляция и кондиционирование воздуха  
в учреждениях здравоохранения  
Воздухо- и ветрозащитные оболочки**

Воздухопроницаемость конструкции здания зависит от ее сопротивления воздухопроницанию. Чтобы инфильтрация не привела к значительным теплотерям, воздухопроницаемость ограждающих конструкций нормируется. Значение воздухопроницаемости наружной стены не должно превышать  $0,5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \text{ ч})$ . Исходя из этого рассчитывается требуемое сопротивление воздухопроницанию. Например, сопротивление воздухопроницанию слоя бетона толщиной 100 мм составляет почти  $20\,000 \text{ (м}^2 \text{ ч Па)/кг}$ , кирпичной кладки толщиной 1 кирпич и более —  $18 \text{ (м}^2 \text{ ч Па)/кг}$ , кладки из легкобетонных камней —  $13 \text{ (м}^2 \text{ ч Па)/кг}$ , минераловатных плит толщиной 15 мм —  $2 \text{ (м}^2 \text{ ч Па)/кг}$ , обшивки из сухой гипсовой штукатурки —  $20 \text{ (м}^2 \text{ ч Па)/кг}$ , штукатурки на основе цементно-песчаного раствора толщиной 15 мм —  $373 \text{ (м}^2 \text{ ч Па)/кг}$ .

Критерии оценки теплозащитных свойств конструкции при решении вопроса о необходимости установки ветрозащиты:

1. Приведенное сопротивление теплопередаче участка фасада, при средних значениях температуры и скорости движения наружного воздуха за отопительный период, должно быть не менее 0,63 от величины требуемого сопротивления теплопередаче.

2. Значение приведенного сопротивления теплопередаче участка фасада, при температуре наружного воздуха, равной температуре наиболее холод-

ных суток, и при скорости ветра, равной наибольшей среднесуточной в январе, должно быть не менее требуемого по санитарно-гигиеническим условиям.

3. Сохранность утеплителя в период перерыва монтажных работ. На любом здании имеются участки, подверженные воздействию ветра, завихрениям и т. д. На таких участках ветрозащитные покрытия не столько обеспечивают сохранность утеплителя, сколько сами нуждаются в защите, особенно если стоят незакрытыми облицовкой продолжительное время.

### **Вентиляция<sup>16</sup> и кондиционирование воздуха**

Обеспечение дома свежим воздухом, безусловно, хорошо влияет на здоровье и самочувствие жильца. При проветривании выводятся вредные вещества из жилых комнат, кухни и ванной комнаты. Вместе с тем незаметный и неконтролируемый воздухообмен из-за небрежности в «оболочке» дома, например, через щели в окнах, приводит к серьезным потерям энергии.

Благодаря применению добротных рам эти потери энергии могут быть значительно снижены. Но одновременно повышается риск появления затхлости в квартире. Причиной этого во многих случаях является неправильное использование системы вентиляции. Чтобы сохранить энергию, нужно сократить проветривание и в то же время меньше отапливать квартиру. Это приводит к повышению относительной влажности воздуха. В домах с плохой теплоизоляцией это ведет к появлению влаги на внутренних поверхностях внешних строительных элементов, что приводит к появлению плесени.

Эта проблема может быть решена через достаточное и, прежде всего, правильное проветривание, добиваясь приемлемого соотношения между длительным проветриванием, чтобы получить чистый воздух в помещениях и нерациональными потерями энергии. Долговременное проветривание зимой, например, через открытые окна при включенном отоплении влечет за собой не только увеличение потери тепла, но и приводит к излишней сухости воздуха в квартире.

Созданные для современных вентиляционных систем технические средства являются инструментом так называемой контролируемой вентиляции. Это оборудование решает задачу достаточной и экономичной вентиляции. Оно состоит из маленького вентилятора на крыше, вентиляционного канала, а также нескольких вентилялей. Функциональный принцип является очень простым. Освежающий вентилятор ликвидирует, прежде всего, влажность и запахи (ванная комната, туалет, кухня). Это приводит к тому, что в доме понижается давление, благодаря чему свежий воздух стремится снаружи внутрь

---

<sup>16</sup> Вентиляция (от лат. ventilatio — проветривание) — 1) необходимый и регулируемый воздухообмен в помещениях, благоприятный для человека, определенного технологического процесса в различных помещениях, а также сохранения нужной температуры для хранения материалов, продуктов, книг и т. п. По типам вентиляция может быть механическая и естественная, местная и общеобменная, канальная и бесканальная; 2) совокупность технических средств, обеспечивающих воздухообмен, т. е. вентиляцию.

через специальные вентиляционные отверстия. Регулируемые вентиляционные отверстия установлены в комнатах, в которых необходима вентиляция (жилые, спальня) в стенах или оконных рамах. Если эти отверстия установлены над радиаторами, тогда поступающий свежий воздух смешивается с теплым, идущим от радиатора. Мощность вентилятора и воздухообмен являются настолько малыми, что движение воздуха совсем не ощущается, а шум от работы практически не слышен. Кроме того, как было ранее сказано, можно дополнительно открывать окна. Таким образом, расход энергии вентилятора, расход тепла может быть значительно уменьшен без ущерба качеству

В зданиях лечебно-профилактических учреждений, как правило, предусматривается приточно-вытяжная вентиляция с механическим побуждением. Температура и кратность воздухообменов в учреждении здравоохранения указаны в табл. 8.

Таблица 8

**Температура и кратность воздухообменов в учреждении здравоохранения**

Наименование помещений	Т, °С	Кратность воздухообмена		Кратность вытяжки при естественном воздухообмене
		приток	вытяжка	
Кабинеты врачей, комнаты персонала, комнаты отдыха для больных, пользующихся процедурами водо- и грязелечения, кабинеты иглотерапии, помещения выписки, кабинеты аудиометрии, антропометрии, диспетчерские приёма вызовов и направления бригад, комната заполнения документов, комната отдыха диспетчеров, врачей, фельдшеров, санитаров, шоферов, выездных бригад, медицинской статистики	20	приток из коридора	1 1	1
Кабинеты ангиографии, процедурные рентгенодиагностических кабинетов, процедурные и раздевальные флюорографических кабинетов кабинеты электросветолечения, массажная	20	3	4	не допускается
Кабинеты для раздевания при рентгенодиагностических кабинетах	20	3	-	»

**Повышение эффективности систем отопления**

Основной особенностью существующих систем отопления является то, что они рассчитаны на постоянный расход теплоносителя. Регулирование поступления теплоносителя в нагревательные приборы потребителей может привести к нарушению гидравлического режима системы отопления. Для предотвращения перегрева помещений в переходные периоды

отопительного сезона (весной и осенью), а также разрегулирования системы отопления необходимо провести изменения схемы теплового узла, прежде чем устанавливать индивидуальные средства регулирования (автоматические или ручные) в зданиях (у жильцов).

Мероприятия по совершенствованию систем отопления представлены в табл. 9. Из таблицы видно, что наиболее эффективными являются автоматизация теплового узла и установка ручных регуляторов на каждом отопительном приборе, которые обеспечивают наименьший срок окупаемости затрат.

Таблица 9

**Мероприятия по совершенствованию систем отопления**

Мероприятия	Затраты, у.е./ м <sup>2</sup>	Сбережение, %	Окупаемость, лет
Автоматизация теплового узла	4000	15–20	1,5
Установка надежных ручных регулировочных кранов на каждом нагревательном приборе	10	5–7	1,5
Установка автоматических термостатических кранов	40	10	9,3

**Основные методы достижения низкого энергопотребления**

Мероприятия с целью достижения минимизации энергопотребления в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха сводятся к следующему:

1. Применение экономически целесообразного сопротивления теплопередачи наружных ограждений при строительстве и дополнительного утепления наружных стен при реконструкции зданий. Мероприятие предназначено для увеличения сопротивления теплопередачи наружных стен и снижения тепловых потерь здания за счет улучшения его теплозащитных свойств и применения эффективных теплоизоляционных материалов.

Наиболее эффективна теплозащита стен с наружной стороны. Применяют, как правило, напыление какого-либо утеплителя (раствора пенопласта, пенополиуретана) либо наклейку плиточного утеплителя (пенополистирола), либо обивку теплоизоляционным материалом.

2. Устройство вентилируемых наружных стен. Мероприятие предназначено для повышения уровня тепловой защиты наружных стен. В стенах вблизи наружной поверхности устраивают вертикальные щелевые каналы шириной 2–3 см, через которые под воздействием естественной тяги проходит наружный воздух. В холодный период воздух нагревается от внутренней стены и подается в помещение. В теплый период каналы перекрываются заслонками и превращаются в замкнутые воздушные прослойки, которые увеличивают термическое сопротивление стены и препятст-

вуют нагреву ограждения. Энергосбережение достигается за счет возврата в помещение части теряемой теплоты от наружных ограждений в зимнее время и за счет увеличения сопротивления теплопередачи наружного ограждения при устройстве замкнутых воздушных прослоек летом.

3. Тепловая защита наружной стены в месте установки отопительного прибора. Мероприятие предназначено для снижения тепловых потерь от наружных ограждений (стены), к которым прилегают отопительные приборы. Отопительные приборы обычно устанавливаются у наружных ограждающих стен. При этом температура внутренней поверхности стены за прибором выше, чем в остальной части, что приводит к увеличению теплового потока и является причиной повышенных тепловых потерь через ограждения. При установке отопительных приборов в нише стенка за прибором тоньше, а ее сопротивление теплопередаче меньше, чем у стены без ниш, что еще больше увеличивает потери теплоты через ограждающие конструкции.

4. Устройство вентилируемых окон. Мероприятие предназначено для сокращения воздухопроницаемости и увеличения сопротивления теплопередачи оконных блоков. Снижение потерь теплоты осуществляется при использовании тройных вентилируемых окон. Возможно два варианта таких окон: принудительное удаление воздуха, прошедшего через окна, в воздухопроводы вытяжной естественной вентиляции и удаление нагретого воздуха в атмосферу. Между стеклами могут располагаться солнцезащитные жалюзи. Воздухопроницаемость окна так же сокращается.

В теплый период движущийся воздух охлаждает нагретые стекла и переплеты, уменьшая теплопоступления снаружи внутрь помещения. В холодный период года через вентилируемое окно проходит удаляемый воздух из помещения, а окно служит теплоизолятором от холодного наружного воздуха. Температура стекла, обращенного в помещение, повышается, а тепловые потери через остекление снижаются. Энергосбережение достигается за счет увеличения сопротивления теплопередачи, которое прямо пропорционально зависит от удельного расхода воздуха, проходящего через вентилируемое окно.

5. Установка дополнительного (тройного) остекления. Мероприятие предназначено для сокращения воздухопроницаемости и увеличения сопротивления теплопередачи оконных блоков. Между стеклами возможно расположение солнцезащитных жалюзи, а на стеклах теплопоглощающих и теплоотражающих пленок. Двойные окна в спаренных и отдельных переплетах, которые устанавливают до сих пор в массовом строительстве, имеют малое сопротивление теплопередачи, что приводит к дискомфорту в помещении и большим тепловым потерям.

6. Применение теплопоглощающего и теплоотражающего остекления. Мероприятие предназначено для сокращения теплопоступлений от

солнечной радиации в помещение, что приводит к комфорту в них. Теплопоглощающие стекла в структуре имеют металлическую основу, которая поглощает лучи в инфракрасном диапазоне излучения (тепловые лучи). Коэффициент пропуска оконным стеклом тепловых лучей 0,3–0,75. Тепловая активность остекления во многом зависит от угла падения солнечных лучей и толщины стекла. Для отвода теплоты в летнее время целесообразно обдувать остекленные поверхности воздухом. Теплопоглощающее стекло следует устанавливать снаружи оконного блока.

Теплоотражающие стекла покрывают селективными или полимерными пленками на металлической основе, которые отражают лучи в инфракрасном диапазоне излучения (тепловые лучи). Коэффициент пропуска тепловых лучей у таких стекол составляет 0,2–0,6. Стекло монтируют в одном пакете с простым стеклом так, чтобы отражающая пленка находилась внутри пакета. Теплоотражающее стекло следует устанавливать всегда снаружи, при этом внутреннее простое стекло (без пленки) нагревается меньше.

Наилучшие результаты получаются при покрытии стекла золотом, наносимым распылением при глубоком вакууме. Толщина слоя золота 0,1–0,2 мкм. Такое остекление дорого, но только золоту свойственно селективное отражение инфракрасных лучей и хорошая проводимость видимых световых лучей.

7. Устройство застекленных лоджий. Мероприятие предназначено для сокращения объема проникающего в помещение наружного холодного воздуха в зимний период и повышения температуры в лоджии (за наружной стеной помещения). Лоджии выполняют с однослойным остеклением и реже двухслойным в спаренных переплетах. Энергосбережение достигается за счет сокращения воздухопроницаемости окон, уменьшения потребности в теплоте на нагревание воздуха за счет инфильтрации (притока), а также за счет увеличения температуры за наружной стеной и окном помещения, что приводит к снижению тепловых потерь от наружных ограждений зданий.

### **Экономичные источники света**

Электрическими источниками света являются лампы накаливания и газоразрядные (люминесцентные, низкого и высокого давления). Важнейшие характеристики ламп: номинальное напряжение, мощность, *световой поток*<sup>17</sup> (мощность видимого излучения, измеряемая в люменах — лм) и средний срок службы. Экономичность лампы оценивают *световой отда-*

---

<sup>17</sup> Световой поток — мощность лучистой энергии, оцениваемая по производимому ею зрительному ощущению или по ее действию на селективный приемник света. В СИ измеряется в люменах (лм).

чей<sup>18</sup> — значением светового потока, приходящегося на единицу мощности лампы (лм/Вт). Для ламп накаливания световая отдача составляет 7–19 лм/Вт, для люминесцентных — 40–80 лм/Вт.

Лампа накаливания была изобретена А. Н. Лодыгиным в 1873 г. До сих пор нет дешевого устройства с подобным спектром излучения. По этой причине наблюдается широкое применение ламп накаливания. В то же время у них имеется существенный недостаток — очень низкий КПД (в пределах 1 %). Большой популярностью в настоящее время пользуются галогенные лампы, срок службы которых достигает примерно 2000 ч и которые характеризуются высоким значением светоотдачи. Это достигается за счет того, что в состав газового заполнения колбы галогенной лампы накаливания добавляется йод, который при определенных условиях обеспечивает обратный перенос испарившихся частиц вольфрама спирали со стенок колбы лампы на тело накала.

Газоразрядные лампы отличаются более высокой светоотдачей, так как в них электрическая энергия преобразуется в энергию оптического излучения за счет электрического разряда в газах или парах металлов. Газоразрядные лампы работают со специальными пускорегулирующими аппаратами и подразделяются на люминесцентные лампы низкого и высокого давления. Люминесцентные лампы меньше расходуют электроэнергию, срок их службы в 5 раз больше по сравнению с лампами накаливания. Однако лампы дневного света не вытеснили лампы накаливания, имеющие существенные недостатки. Создаваемый холодным свечением дискомфорт усугубляется стробоскопическим эффектом (мерцание ламп). Кроме того, пусковое устройство оборудования светильников производит шумы различной частоты, которые вызывают повышенную утомляемость организма.

Одно из решений, устраняющих недостатки как ламп накаливания, так и люминесцентных ламп, — применение электронных пускорегулирующих устройств (ЭПРУ), обеспечивающее работу лампы дневного света со свечением частотой 20 кГц, что позволяет создавать более экономичные системы освещения. Сокращение расхода электроэнергии происходит в результате значительного повышения напряжения питания люминесцентных ламп при помощи ЭПРУ. Так, ЭПРУ обеспечивает частоту 30–40 кГц, что обуславливает потребление лампой всего 9 Вт электрической мощности вместо 60 Вт, нужных для развития равной по величине светоотдачи ламп накаливания. Срок службы лампы возрастает до 8000 ч.

---

<sup>18</sup> Световая отдача источника света — световой поток, получаемый на единицу затраченной мощности. В СИ измеряется в лм/Вт.



## УЧЕТ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ. ОСНОВЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО АУДИТА И МЕНЕДЖМЕНТА

### Учет электрической энергии, системы учета

Основной целью учета электроэнергии является получение достоверной информации о количестве произведенной электрической энергии и мощности, о ее передаче, распределении и потреблении на оптовом и розничном рынке для решения технико-экономических задач:

- финансовых расчетов за электроэнергию и мощность;
- управления режимами электропотребления;
- определения и прогнозирования всех составляющих баланса электроэнергии;
- определения стоимости и себестоимости электроэнергии и мощности;
- контроля технического состояния.

Учет электрической энергии производится специальными измерительными приборами — *электросчетчиками*. *Счётчик электрический* — электроизмерительный прибор для учёта расхода (потребления) электроэнергии в сетях переменного или постоянного тока за определенный промежуток времени. Эти счетчики имеют две разновидности:

- *механический (индукционный)*;
- *электронный*.

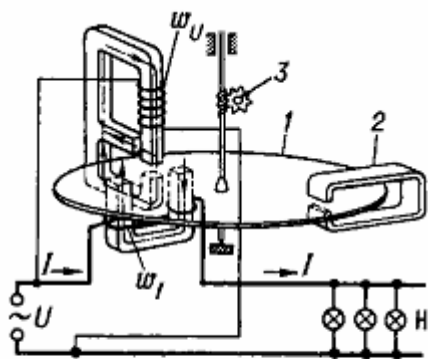


Рис. 11. Схема индукционного счетчика:  
1 — диск; 2 — постоянный магнит; 3 — передача к указателю счётчика;  $U$  — напряжение в сети;  $I$  — ток в нагрузке  $H$ ;  $W_u$  — обмотка напряжения;  $W_l$  — токовая обмотка

В индукционных электрических счетчиках (рис. 11) подвижная часть вращается во время потребления электроэнергии, расход которой (обычно в кВт·ч) определяется по показаниям счётного механизма. В сетях переменного тока преимущественно индукционные (одно- и трёхфазные).

*Электронный счётчик* представляет собой преобразователь аналогового сигнала в частоту следования импульсов, подсчёт которых дает

количество потребляемой энергии. Главными преимуществами электронных счётчиков по сравнению с индукционными являются:

- отсутствие вращающихся элементов;

- срок службы электронного счетчика составляет в среднем 30 лет;
- они позволяют легко организовать *многотарифные системы учёта*;
- возможность перепрограммирования;
- имеют режим ретроспективы, т. е. позволяют посмотреть количество потреблённой энергии за определённый период;
- измеряют потребляемую мощность.

Электронный счетчик легко вписывается в конфигурацию систем АСКУЭ (автоматизированная система контроля и учета энергоресурсов) обладают ещё многими дополнительными сервисными функциями.

### **Учет тепловой энергии и типы приборов учета**

Учет тепловой энергии в Беларуси осуществляется согласно правилам учета тепловой энергии и теплоносителей, принятых Советом Министров. *Системы теплоснабжения* подразделяются на *закрытые и открытые водяные системы теплоснабжения*. Закрытой водяной системой теплоснабжения является система теплоснабжения, в которой вода, циркулирующая в тепловой сети, из нее не отбирается. Открытой водяной системой теплоснабжения считается водяная система теплоснабжения, в которой вода частично или полностью отбирается из системы потребителями теплоты.

Энергия может поставляться потребителю по независимой и зависимой схемам. *Независимая схема* подключения системы теплоснабжения — это схема присоединения системы теплоснабжения к тепловой сети, при которой теплоноситель, поступающий из тепловой сети, проходит через теплообменник, установленный на тепловом пункте потребителя, где нагревает вторичный теплоноситель, используемый в дальнейшем в системе теплоснабжения. *Зависимая схема* подключения системы теплоснабжения — это схема присоединения системы теплоснабжения к тепловой сети, при которой теплоноситель (вода) из тепловой сети поступает непосредственно в систему теплоснабжения.

Учет и регистрация отпуска и потребления тепловой энергии организуются с целью:

- осуществления взаимных финансовых расчетов между энерго-снабжающими организациями и потребителями тепловой энергии;
- контроля за тепловыми и гидравлическими режимами работы систем теплоснабжения и теплоснабжения;
- контроля за рациональным использованием тепловой энергии и теплоносителя;
- документирования параметров теплоносителя: массы (объема), температуры и давления.

Расчеты потребителей тепловой энергии с энергоснабжающими организациями за полученное ими тепло осуществляются на основании показаний приборов учета и контроля параметров теплоносителя, установленных у потребителя и *допущенных в эксплуатацию в качестве коммерческих*.

Учет тепловой энергии производится на основе данных *теплофизических измерений*, которые предназначены для измерения и регистрации переданной источником или полученной потребителем тепловой энергии, количества теплоносителя и других параметров теплоносителя в открытых и закрытых водяных системах теплоснабжения при учетно-расчетных операциях.

*Приборами учета* являются приборы, которые выполняют одну или несколько функций: измерение, накопление, хранение, отображение информации о количестве тепловой энергии, массе (или объеме), температуре, давлении теплоносителя и времени работы самих приборов. Регистрируемые величины, измеренные приборами учета, отображаются в цифровой или графической форме на твердом носителе — бумаге. Приборы учета подразделяются на водосчетчики, счетчики пара, теплосчетчики и тепловычислители.

Приборы учета могут объединяться в *узел учета* — комплект приборов и устройств, обеспечивающий учет тепловой энергии, массы (или объема) теплоносителя, а также контроль и регистрацию его параметров. Схема теплоузла показана на рис. 12. Допуск в эксплуатацию узла учета осуществляется после проведения процедуры, определяющей готовность узла учета тепловой энергии к эксплуатации, и завершённой подписанием акта установленного образца.

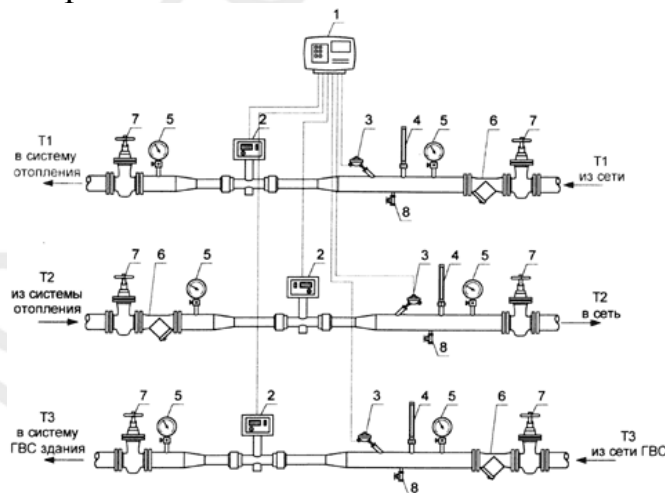


Рис. 12. Стандартная схема узла учета тепла:

1 — теплосчетчик; 2 — первичный преобразователь расхода; 3 — датчики температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах; 4 — термометр в защитной оправе; 5 — манометр; 6 — задвижка

### **Учет расхода холодной и горячей воды, учет расхода газа**

*Расход вещества* — это его количество, протекающее через сечение трубопровода в единицу времени. Количество измеряют в единицах объема ( $\text{м}^3$ ,  $\text{см}^3$ ) или массы (т, кг, г). Соответственно может измеряться объемный ( $\text{м}^3/\text{с}$ ,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ,  $\text{см}^3/\text{с}$ ) или массовый (кг/с, кг/ч, г/с) расход.

Для измерения расхода веществ применяют *расходомеры*<sup>19</sup>, основанные на различных принципах действия: расходомеры переменного и постоянного перепада давлений, переменного уровня, электромагнитные, ультразвуковые, вихревые, тепловые и турбинные.

Для измерения количества вещества применяют расходомеры с *интеграторами*<sup>20</sup> или счетчики. Интегратор непрерывно суммирует показания прибора, а количество вещества определяют по разности его показаний за требуемый промежуток времени.

Если условия эксплуатации расходомера отличаются от условий, при которых производилась его градуировка, то ошибка в показаниях прибора может значительно превысить допустимое значение. Поэтому для серийно выпускаемых приборов установлены ограничения области их применения: по свойствам измеряемого потока, максимальной температуре и давлению, содержанию твердых частиц или газов в жидкости и т. п.

### **Понятие об энергетическом тарифе**

*Тариф* — система ставок, по которым взимается плата за услуги. *Тарифная ставка* — размер оплаты за полученную услугу (устанавливается государственными органами или производителем). Чтобы заинтересовать потребителей в снижении максимума нагрузки установлены различные тарифные сетки.

Виды тарифов:

- *одноставочный*
- *двухставочные;*
- *тарифы, дифференцированные по зонам суток, модификации* — двухзонные и трехзонные и больше.

При *одноставочном тарифе* плата за электроэнергию производится по цене за 1 кВт·ч пропорционально количеству потребленной энергии. По одноставочным тарифам обычно производится расчет с бытовыми потребителями, с электрифицированным транспортом, государственными учреждениями и маломощными промышленными потребителями. Одноставочные тарифы дифференцируются по категориям потребителей.

---

<sup>19</sup> Расходомер — прибор для определения расхода газа, жидкости или сыпучих материалов.

<sup>20</sup> Интегратор (от лат. *integrare* — восполняю, восстанавливаю) — устройство для нахождения суммы измеряемой величины.

*Двухставочные* тарифы состоят из основной ставки за 1 кВт мощности, участвующей в максимальной нагрузке энергосистемы, и дополнительной ставки за 1 кВт·ч потребленной энергии. Двухставочный тариф стимулирует потребителей к снижению своей нагрузки, участвующей в максимуме энергосистемы, и смещению ее на другие часы суток. Этот тариф создает наиболее благоприятные условия для учета интересов потребителей и производителей энергии.

Тепловая энергия продается по одноставочному тарифу. Тариф дифференцируется по энергосистемам и параметрам отпускаемой тепловой энергии. При понижении параметров отпускаемой тепловой энергии уменьшается ее потребительская ценность. Это ведет к снижению тарифа.

Стимулирование рационального использования топливно-энергетических ресурсов осуществляется установлением сезонных цен на природный газ и сезонных тарифов на электрическую и тепловую энергию. Тарифы дифференцируются в зависимости от времени суток и дней недели. Например, с целью снижения пиковых нагрузок в дневное время устанавливаются более низкие ночные тарифы на электроэнергию.

В табл. 10 указаны тарифы, установленные в Беларуси с 1 января 2009 г, на жилищно-коммунальные услуги для населения и организаций здравоохранения или их структурных подразделений.

Таблица 10

**Тарифы, установленные в Беларуси с 1 января 2009 г., на жилищно-коммунальные услуги для населения и организаций здравоохранения или их структурных подразделений**

<b>Тариф</b>	<b>Ставка</b>
Тарифы на электрическую энергию для населения, дифференцированные по временным периодам (газ. плита)	Br173,3 /1 кВт·ч
с 22.00 до 17.00	Br121,1 /1 кВт·ч
с 17.00 до 22.00	Br346 /1 кВт·ч
Тарифы на электрическую энергию для населения, дифференцированные по временным периодам (электроплита)	Br125,3 /1 кВт·ч
с 22.00 до 17.00	Br87,7 /1 кВт·ч
с 17.00 до 22.00	Br250,6 /1 кВт·ч
Стоимость электроэнергии для нужд отопления и горячего водоснабжения	
с 23.00 до 6.00	Br173 /1 кВт·ч
6.00 до 23	Br865 /1 кВт·ч
Тарифы на тепловую энергию для нужд отопления и горячего водоснабжения	Br43458,3/ 1 Гкал
Тарифы на холодное водоснабжение	Br385,7 /1 м <sup>3</sup>

Тарифы на водоснабжение канализации	Вт242 / 1 м <sup>3</sup>
Тарифы на холодное водоснабжение сверх норм	Вт860 / 1 м <sup>3</sup>
Тарифы на водоснабжение канализации сверх норм	Вт684,3 / 1 м <sup>3</sup>

### **Основные методы регулирования потребления тепловой и электрической энергии**

При достаточно высокой оснащенности приборами учета энергии систем энергоснабжения и энергопотребления существует ряд проблем. К ним можно отнести недостаточность технологического учета и низкий уровень оснащенности существующих систем учета.

Недостаточность технологического учета приводит к искажению значений коммерческих потерь, балансов электроэнергии и отсутствию контроля за рациональным ее использованием. В настоящее время эффективным методом учета, контроля и оптимизации использования энергоресурсов у крупных потребителей является внедрение автоматизированных систем контроля и учета энергоносителей (АСКУЭ).

Внедрение современных АСКУЭ, имеющих более высокий класс точности, в системах энергоснабжения позволит снизить заявленную мощность в часы пик до 30 %, потребление электрической энергии — до 20 %. Целесообразность применения таких автоматизированных систем контроля и учета энергоносителей очевидна, при массовом применении в масштабах страны использование АСКУЭ позволит снизить: потребление электроэнергии и электрической мощности; себестоимость (повысив конкурентоспособность); загрузку оборудования и сетей (высвободив необходимые резервы для возможности их использования).

Современные АСКУЭ необходимо использовать на всех энерговырабатывающих и транспортирующих предприятиях страны (заменять АСКУЭ имеющиеся устаревшие узлы учета), а также возможно их применение и в коммунальной инфраструктуре, что позволит повысить точность взаиморасчетов и упростит учет и контроль энергоресурсов.

На сегодняшний день единственным стимулом установки АСКУЭ является снижение тарифа на электроэнергию сбытовыми компаниями при наличии такой автоматизированной системы. В настоящее время обеспеченность приборами учета тепловой энергии и теплоносителя в коммунальной инфраструктуре оценивается 15–20 % от требуемой. В некоторых крупных городах оснащенность узлами учета систем теплоснабжения и теплопотребления доходит до 90 %. Узлами учета тепловой энергии и теплоносителя оснащаются крупные и средние источники теплоснабжения, тепловые пункты, многоквартирные жилые дома, здания и сооружения коммунальной инфраструктуры, промышленные предприятия.

## Цели, задачи и организация энергоменеджмента и энергоаудита на предприятии

*Энергетический менеджмент* — это совокупность технических и организационных мероприятий, направленных на повышение эффективности использования энергоресурсов. Энергетический менеджмент является неотъемлемой частью общей структуры управления предприятием.

*Основная задача энергетического менеджмента* — это проведение комплексного анализа энергопотребления и его изменения в зависимости от проводимых энергосберегающих мероприятий на предприятии.

*Функции энергетического менеджмента* включают в себя:

- взаимодействие с предприятиями — потребителями энергии;
- взаимодействие с энергоснабжающими организациями;
- обработка информации об энергопотреблении по отдельным подразделениям;
- подготовка предложений по энергосбережению;
- запуск и управление энергосберегающими проектами;
- работа с работниками и руководством по вопросам энергопотребления.

Энергосберегающие мероприятия выполняются по следующим направлениям:

- энергетический баланс;
- энергетическое обследование (аудит);
- мониторинг и планирование.

Порядок проведения энергосберегающих мероприятий определяется законом Республики Беларусь «Об энергосбережении», а также устанавливается правительством Республики Беларусь.

Государство осуществляет научно-техническое обеспечение предприятий и учреждений в сфере энергосбережения в рамках государственных и межгосударственных научно-технических программ, а также инновационных проектов. Важное значение имеет введение учебных курсов по энергосбережению в программы высших, средних и профессионально-технических учебных заведений.

*Энергетический аудит* — это обследование предприятия с целью сбора информации об источниках энергии и ее удельном потреблении на единицу выпускаемой продукции. Энергетический аудит является основным инструментом энергетического менеджмента.

Энергетический аудит имеет обычно следующие уровни:

- *предварительный аудит;*
- *подробный аудит.*

Предварительный аудит заключается в записи и анализе потребления энергии определенным участком производства за установленный временной период.

Подробный аудит заключается в сборе и записи полной информации о потребляемой энергии на каждом участке производства за каждый временной период и в расчетах энергетических балансов и эффективностей. Для этой цели могут понадобиться резервные портативные контрольно-измерительные приборы.

Цели энергетического аудита:

- определение форм используемой энергии;
- изучение потребления энергии, сбор данных по затратам энергии;
- проверка текущей информации по энергетике и исследование рабочих процессов и операций;
- определение структуры тарифов на электроэнергию;
- разработка и совершенствование методики выполнения записи расхода энергии;
- определение потребления энергии на единицу продукции (удельное потребление энергии);
- определение потенциальных зон производства, в которых имеются наиболее существенные потери энергии;
- разработка мероприятий по сокращению потребления энергии.

В соответствии с законом Республики Беларусь «Об энергосбережении» обязательному энергетическому обследованию подлежат предприятия с годовым потреблением топливно-энергетических ресурсов более 1,5 тыс. тонн условного топлива.

### **Энергетический баланс учреждений здравоохранения**

В зависимости от вида и параметров энергоносителей *баланс* может быть *частным* (составленным для данного энергоносителя) либо *сводным* по суммарному потреблению тепловых энергоресурсов. При составлении частных энергетических балансов количественное измерение энергоносителей производится в джоулях (мегаджоулях, гигаджоулях), киловатт-часах, тоннах условного топлива. При составлении сводного энергетического баланса измерение различных энергоресурсов и энергоносителей производится в тоннах условного топлива.

В зависимости от назначения энергетические балансы могут характеризоваться следующими признаками:

- расчетным периодом (отчетные балансы по фактическим данным за прошлый период, плановые на ближайший планируемый период с учетом заданий по снижению затрат энергии, проектные, составляемые при проектировании объекта и т. п.);



– видом энергоносителя (например, частные энергобалансы по отдельным видам потребляемых энергоносителей, сводные энергобалансы по суммарному потреблению энергии).

Для составления и анализа энергетического баланса предприятия исходная информация может быть представлена в виде следующих данных:

- общей производственной и энергетической характеристики;
- описания схемы материальных и энергетических потоков;
- перечня и характеристик основного энергоиспользующего оборудования;
- данных о расходах энергоносителей;
- данных о работах по рациональному использованию энергии на предприятии.

Схема материальных и энергетических потоков сопровождается описанием видов и параметров энергоносителей, состояния использования вторичных энергетических ресурсов, системы учета и контроля расхода энергии и энергоносителей.

Анализ использования энергоносителей может быть проведен путем сравнения фактических показателей с нормативными, фактическими за прошлый период, перспективными, аналогичными на других предприятиях. При этом сравнение показателей должно проводиться с учетом условий сопоставимости (при одинаковых объемах, составе и качестве продукции и т.п.).

*Эффективность использования энергии* можно характеризовать коэффициентом полезного действия (КПД). КПД определяется по формуле

$$\eta = \frac{\text{Э}_{\text{пол}}}{\text{Э}_{\text{подв}}},$$

где  $\text{Э}_{\text{пол}}$  — количество полезно использованной энергии,  $\text{Э}_{\text{подв}}$  — количество подведенной энергии.

### **Обследование объектов**

#### **для проведения энергосберегающих мероприятий**

Процесс *энергетического обследования* должен включать в себя следующие этапы:

1. Разработка технической программы.
2. Проведение энергетического обследования в рамках технической программы.
3. Обработка и анализ результатов обследования.
4. Разработка мероприятий по сбережению топливно-энергетических ресурсов.
5. Составление энергетического паспорта.

При проведении энергетических обследований следует учитывать самые различные условия и факторы:

- отраслевую принадлежность предприятия;
- функциональные особенности предприятия (как потребителя энергоресурсов или как производителя отдельных видов энергии);
- возможности по использованию энергоресурсов только для собственных нужд или для оказания услуг по передаче тепла и электроэнергии другим потребителям.

Вся информация, полученная в результате энергетического обследования предприятия, является исходным материалом для анализа эффективности использования энергии. Методы анализа подразделяются на *физические и финансово-экономические*.

При *физическом анализе* рассматриваются физические величины. Цель такого анализа — определение характеристик энергоиспользования. Физический анализ включает следующие стадии:

1. Определение состава объектов энергоиспользования. Объектами могут быть отдельные потребители, системы, технологические линии, подразделения и предприятия.

2. Определение распределения всей потребляемой энергии по отдельным видам энергоресурсов и энергоносителей. При этом все данные по потреблению энергии приводятся к единой системе измерения.

3. Определение факторов, влияющих на потребление энергии каждым объектом. Например, для системы отопления фактором является наружная температура.

4. Расчет удельного потребления энергии по отдельным видам энергоресурсов и объектам.

5. Сравнение величины удельного потребления энергии с базовыми цифрами.

6. Определение потерь энергии за счет утечек энергоносителей, нарушения изоляции, неправильной эксплуатации и т. п.

Цель *финансово-экономического анализа* — экономическое обоснование результатов физического анализа. При финансово-экономическом анализе определяется распределение затрат энергии на энергоресурсы по всем объектам энергопотребления. В результате проводится оценка потерь в денежном выражении.

После завершения энергетического обследования оформляются отчет о проведенном энергетическом обследовании, топливно-энергетический баланс, энергетический паспорт предприятия, а также возможные рекомендации.

## Литература

### Основная

1. *Андрижиевский, А. А.* Энергосбережение и энергетический менеджмент : учеб. / А. А. Андрижиевский, В. И. Володин. Минск : БГТУ, 2003. 113 с.
2. *Кирвель, И. И.* Энергосбережение в процессах теплообмена : метод. пособие для практ. занятий / И. И. Кирвель, М. М. Бражников, Е. Н. Зацепин. Минск : БГУИР, 2007. 28 с.
3. *Навоша, А. И.* Оценка способов передачи электроэнергии : метод. пособие / А. И. Навоша, Е. В. Гончарик, И. Ф. Лисименко, А. С. Рылов. Минск : БГУИР, 2007. 18 с.
4. *Основы энергосбережения : курс лекций / под ред. Н. Г. Хутской.* Минск : Тэхналогія, 1999. 100 с.

### Дополнительная

1. *Фокин В. М.* Основы энергосбережения и энергоаудита. / В. М. Фокин М. : «Издательство Машиностроение-1», 2006. 256 с.
2. *Гуринович, А. Д.* Регулирование режимов работы систем теплоснабжения зданий / А. Д. Гуринович // Энергоэффективность. 2005. № 11. С. 7.

## Оглавление

Топливо-энергетические ресурсы (ТЭР).	
Топливо-энергетический комплекс Республики Беларусь .....	3
Энергосбережение и экология .....	4
Энергия и экономика .....	5
Энергия и ее виды.....	6
Энергетика, энергосбережение и энергетические ресурсы (основные понятия) .....	7
Топливо-энергетические ресурсы.....	7
Виды топлива, их состав, теплота сгорания и калорийность. Условное топливо .....	8
Топливо-энергетический комплекс Республики Беларусь .....	11
Анализ потребления ТЭР и потенциал энергосбережения по различным отраслям хозяйства Республики Беларусь.....	12
Закон Республики Беларусь «Об энергосбережении». Энергетическая безопасность Республики Беларусь.....	13
Виды, способы получения, преобразования и использования энергии.	
Нетрадиционные источники энергии .....	16
Тепловые, атомные и гидравлические электрические станции.....	16
Конденсационные электростанции и теплоэлектроцентрали.....	20
Пиковые и аварийные электростанции. Промышленные электростанции с газотурбинными и парогазовыми установками. Когенерация .....	20
Районные котельные. Индивидуальный теплоузел .....	22
Вторичные энергетические ресурсы. Источники вторичных энергетических ресурсов и их использование.....	23
Использование солнечной энергии. Преобразование солнечной энер- гии в тепловую и электрическую энергию .....	24
Ветроэнергетика .....	25
Энергия биомассы. Источники биомассы и производство биотоплива .....	26
Транспортирование тепловой и электрической энергии.....	29
Электрические сети. Линии электропередачи. Потери энергии при транспортировке электроэнергии.....	29

Качество электроэнергии.....	31
Тепловые сети. Потери энергии при транспортировке тепла.....	32
Качество тепловой энергии .....	34
Графики электрических и тепловых нагрузок.....	35
Особенности снабжения энергией учреждений здравоохранения...	36
Структура теплоэлектропотребления в Республике Беларусь .....	37
Энергосбережение в зданиях и сооружениях.....	38
Теплопередача. Коэффициент теплопередачи. Термическое сопротивление .....	38
Тепловые потери в деталях строений. Наружные стены, окна и теплозащитные стекла .....	40
Воздухо- и ветрозащитные оболочки. Вентиляция и кондиционирование воздуха в учреждениях здраво- охранения .....	42
Повышение эффективности систем отопления.....	44
Основные методы достижения низкого энергопотребления .....	45
Экономичные источники света.....	47
Учет и регулирование потребления энергоресурсов. Основы энергетиче- ского аудита и менеджмента .....	48
Учет электрической энергии, системы учета .....	48
Учет тепловой энергии и типы приборов учета.....	50
Учет расхода холодной и горячей воды, учет расхода газа.....	51
Понятие об энергетическом тарифе .....	52
Основные методы регулирования потребления тепловой и электрической энергии.....	53
Цели, задачи и организация энергоменеджмента и энергоаудита на предприятии .....	54
Энергетический баланс учреждений здравоохранения.....	56
Обследование объектов для проведения энергосберегающих мероприятий.....	57
Литература.....	59

Учебное издание

**Мансуров Валерий Анатольевич**

# **ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск В. Г. Лещенко  
В авторской редакции  
Компьютерная верстка В. С. Римошевского  
Корректор Ю. В. Киселёва

Подписано в печать 18.02.10. Формат 60×84/16. Бумага писчая «Снегурочка».  
Печать офсетная. Гарнитура «Times».  
Усл. печ. л. 3,72. Уч.-изд. л. 3,3. Тираж 300 экз. Заказ 329.  
Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет».  
ЛИ № 02330/0494330 от 16.03.2009.  
ЛП № 02330/0150484 от 25.02.2009.  
Ул. Ленинградская 6 220006, Минск.