

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования «Витебский государственный  
университет имени П.М. Машерова»

**И.Н. Потапов**

# **ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**

*Учебное пособие*

*Витебск*

*Издательство УО «ВГУ им. П.М. Машерова»*

*2005*

УДК 620.9(075.8)  
ББК 31.19я73  
П64

Печатается по решению научно-методического совета учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова»

Автор: доцент кафедры методики преподавания физики и астрономии УО «ВГУ им. П.М. Машерова»  
**И.Н. Потапов**

Рецензент: доцент кафедры физики УО «ВГТУ» кандидат физико-математических наук **А.Д. Шилин**

**Потапов И.Н.**

**П64** Основы энергосбережения: Учебное пособие / И.Н. Потапов. – Витебск: Издательство УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2005. – 103 с.

ISBN 985-425-566-2

Учебное пособие предназначено студентам, изучающим дисциплину «Основы энергосбережения». В пособии рассматривается роль энергетики в развитии общества. Приведены мировые запасы основных невозобновляемых топливно-энергетических ресурсов. Описаны виды, способы получения, преобразования и использования электрической и тепловой энергии. Показаны основные направления экономии энергии в жилищно-бытовом секторе, взаимосвязь экологии и энергоснабжения. Изложены специфические экологические проблемы ядерной энергетики. Дана характеристика топливно-энергетического комплекса Республики Беларусь и указаны перспективы его развития. Рассмотрена законодательная база и приведена структура управления энергосбережением в Республике Беларусь.

УДК 620.9(075.8)  
ББК 31.19я73

ISBN 985-425-566-2

© Потапов И.Н., 2005  
© УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2005

**СО Д Е Р Ж А Н И Е**

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	4
<b>ЧАСТЬ 1. Введение. Роль энергетики в развитии человеческого общества .....</b>	<b>5</b>
<b>ЧАСТЬ 2. Энергия .....</b>	<b>9</b>
<b>ЧАСТЬ 3. Топливо-энергетический комплекс .....</b>	<b>16</b>
<b>ЧАСТЬ 4. Топливо-энергетический комплекс Республики Беларусь и Витебской области .....</b>	<b>44</b>
<b>ЧАСТЬ 5. Законодательная база государственной политики в области энергосбережения Республики Беларусь .....</b>	<b>59</b>
<b>ЧАСТЬ 6. Государственная система управления энергосбережением в Республике Беларусь .....</b>	<b>69</b>
<b>ЧАСТЬ 7. Основные направления энергосбережения в промышленности, в сельском хозяйстве, в жилищно-коммунальном хозяйстве и в быту .....</b>	<b>79</b>
<b>ЧАСТЬ 8. Экологические аспекты энергетики и энергосбережения .....</b>	<b>92</b>
РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ТЕМЫ ДЛЯ РЕФЕРАТОВ .....	100
ЛИТЕРАТУРА ПО КУРСУ «ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ» ....	102

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В современном мире условием сохранения человеческой цивилизации стало предоставление достаточного количества топлива и энергии для систем жизнеобеспечения людей при всё возрастающих материальных потребностях, сложности экологических проблем. Ограниченность запасов традиционных топливно-энергетических ресурсов, их неравномерное распределение на Земле, тревожные процессы глобализации, всё это заставляет обратиться к энергосбережению как одному из основных элементов современной концепции развития как мировой, так и региональной энергетики.

Энергосбережение означает переход от идеологии неограниченности природных ресурсов, на которой вырос современный индустриальный Запад, к выработке ресурсосберегающей политики во всех сферах человеческой деятельности, в первую очередь, в сфере энергопотребления.

Именно формированию такого мировоззрения, образа мышления, знаний и навыков, которые позволят направить развитие человеческой цивилизации по пути сотрудничества с природой посвящен курс «Основы энергосбережения».

Проблемы энергосбережения актуальны для всех стран, но при общем содержании конкретные способы и пути решения диктуются национальными, природно-геологическими и социально-экономическими особенностями и условиями каждой страны.

## ЧАСТЬ 1

### ВВЕДЕНИЕ. РОЛЬ ЭНЕРГЕТИКИ В РАЗВИТИИ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

*Источники энергии как основной фактор, определяющий развитие материальной культуры людей. Энергетические и экологические проблемы роста современной цивилизации. Энергетическая проблема в Республике Беларусь. Задачи изучения курса «Основы энергосбережения».*

Источником энергии, без которой невозможно было возникновение и существование жизни на Земле, является Солнце. Еще в глубокой древности человек научился перерабатывать энергию Солнца путем сжигания древесины. И в настоящее время миллионы людей используют эти важные источники энергии для приготовления пищи или обогрева жилища – первых жизненных потребностей человека.

Пользование даровыми природными энергоресурсами (энергии Солнца и ветра) и мускульной силы животных способствовало зарождению и становлению цивилизации.

Основным фактором, определяющим развитие материальной культуры людей, является использование и открытие новых источников энергии.

Еще 200 лет назад 98 % потребляемой на Земле энергии приходилось на мускульную силу животных.

В настоящее время в результате научно-технической революции почти всю тяжелую работу выполняют машины, а на мускульную силу животных приходится меньше 1% выполняемой работы. Последовательное открытие возможности использования все более калорийных энергоносителей – торф, уголь, нефть, газ и, наконец, ядерное топливо – это исторические этапы процесса развития материальной культуры человечества.

Уровень развития современного общества зависит от его энергообеспечения. В настоящее время существует прямая зависимость величины производимого в стране валового внутреннего продукта (ВВП) на душу населения от количества энергии используемой в народном хозяйстве. Поэтому, если люди будут лишаться энергетических ресурсов, то, несомненно, их материальное благосостояние будет ухудшаться.

Сейчас в качестве основных энергетических ресурсов используются торф, уголь, нефть, природный газ. Запасенная в них химическая энергия была накоплена в продолжение тысячелетий под действием солнечного излучения благодаря биологическим процессам.

В XX веке человечество израсходовало больше ресурсов, чем за весь период своего существования и с каждым годом их потребление возрастало, эти источники казались неистощимыми.

Однако исследования, проведённые в семидесятых годах XX века по использованию энергетических ресурсов, показали, что при существовавших темпах добычи энергетических ресурсов (без учёта фактического нарастания темпов потребления энергоресурсов в новых индустриальных центрах Азиатско-Тихоокеанского экономического региона) запасы их таковы, что в ближайшие столетия они будут исчерпаны (таблица 1.1). При этом в мире существует резко выраженное социальное неравенство в потреблении энергоресурсов. Так промышленно развитые страны, в которых живет лишь 1/4 часть населения планеты расходуют примерно 4/5 энергоносителей, а на всё остальное население Земли, приходится около 1/5 мирового потребления энергии. Применительно к США это неравенство становится особенно тревожным. Если бы всё население Земли начало потреблять топливно-энергетические ресурсы так же, как население США – 11 тонн у.т./год/чел., то всех имеющихся запасов этих ресурсов не хватило бы и на несколько лет.

Поэтому уже в недалёком будущем, когда начнётся снижение добычи ископаемого топлива по причине его истощения, люди будут поставлены перед необходимостью либо ограничить потребление энергии, что приведёт к снижению уровня материального благосостояния человечества, либо, для сохранения избранной части населения привычного уровня комфорта, достигнутого в странах Запада, к сокращению численности населения в остальном мире.

Таблица 1.1

### Энергетические ресурсы мира

<b>Истощаемые</b>	<b>Год истощения</b>
уголь – 6 600 000 млн. т	2300–2500
нефть – 140 000 млн. т	2050–2100
природный газ – 164 000 млрд. м <sup>3</sup>	2075–2150
уран – 760 000 т	до 2500 г., если применять реакторы-бридеры значительно позже
ядерный синтез с использованием дейтерия	нет ограничений
<b>Неистощаемые</b>	
Солнечная энергия Гидроэнергия Энергия ветра Биомасса Геотермальная энергия	

Неизбежность глобального энергетического и экологического кризиса, связанного с деятельностью мирового топливно-энергетического комплекса, сейчас полностью осознана, и поэтому проблема пределов роста, которые природа ставит современной цивилизации в силу исчерпаемости природных топливно-энергетических ресурсов, для техники и науки стала одной из важнейших проблем. В настоящее время в ведущих странах отпускаются большие средства как на научно-технические исследования, так и на общеобразовательные программы в этой области.

Впервые тревожный энергетический сигнал прозвучал в 1973–1974 гг., когда разразившейся нефтяной кризис заставил многие страны задуматься над использованием альтернативных источников энергии и экономным использованием топливно-энергетических ресурсов, что и обусловило повышение многими странами уровня самообеспечения энергоресурсами (таблица 1.2). Однако энергетическая проблема остается актуальной и в настоящее время практически для всех стран Европы, поскольку степень обеспеченности собственными ресурсами составляет в отдельных странах Европы 40–50%.

Таблица 1.2

**Степень самообеспечения энергоресурсами  
в некоторых странах по годам**

Страна, %	1974	1980	1990	1992	1999
Бельгия	8	14	23	20	22
Дания	0	1	50	59	57
Франция	14	21	44	45	44
Германия	53	49	55	45	44
Великобритания	48	94	97	96	95
Финляндия	16	27	37,2	44,1	41,6
Швеция	21	33	61,8	62,6	64,4
Швейцария	21	32	39	40	39

Остро ощутима энергетическая проблема и в Республике Беларусь, способной обеспечить себя примерно на 16% собственными топливными ресурсами, остальное количество их приходится завозить из-за рубежа. Республика импортирует из России каменный уголь, более 80% нефти, весь потребляемый природный газ.

Проблема исчерпания существующих топливно-энергетических ресурсов не единственная, связанная с производством и потреблением энергии, другой не менее значимой является экологическая проблема.

Расходование ресурсов 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, 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.

Именно формированию такого образа мышления, мировоззрения, знаний и навыков, которые позволят направить развитие человеческой цивилизации по пути сотрудничества с природой посвящен курс основы энергосбережения.

**Энергосбережение – это система законодательных, организационных, научно-практических и информационных мероприятий, направленная на снижение расхода и потерь топливно-энергетических ресурсов в процессе их добычи, производства, переработки, транспортировки, хранения, использования и утилизации отходов.**

Задачи изучения курса «Основы энергосбережения» – сформировать представления:

- о традиционных источниках, производстве, распределении и потреблении энергии, о роли человека в процессах преобразования энергии экологическом аспекте современной энергетики;
- о приоритетных направлениях энергосбережения; экономике и организации энергетики и принципах управления ею;
- об энергосберегающей государственной политике Республики Беларусь.

#### ВОПРОСЫ

1. Роль солнечной энергии в возникновении и развитии жизни на Земле.
2. Исторические этапы в использовании источников энергии человеческим обществом.
3. Энергетические и экологические проблемы роста современной цивилизации.
4. Энергетическая проблема в Республике Беларусь.
5. Определение понятия энергосбережение.
6. Задачи изучения курса «Основы энергосбережения».



## ЧАСТЬ 2

### ЭНЕРГИЯ

*Энергия и мощность, единицы измерения. Виды и качество энергии. Первый и второй законы термодинамики. Плотность потока разных видов энергии. Энергетика больших мощностей.*

**Энергия – это способность тела или системы тел совершать работу.** Существуют различные виды энергии: **гравитационная, механическая, электромагнитная, тепловая, химическая, атомная.**

Количество энергии и её качество определены физическими законами, законами термодинамики.

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

Частным случаем закона сохранения энергии является **I закон (начало) термодинамики. Количество теплоты Q, сообщенное системе, расходуется на увеличение ее внутренней энергии ΔU и совершение ею работы A против внешних сил:**

$$Q = \Delta U + A.$$

Работа, совершаемая в единицу времени, называется мощностью.

При производстве и потреблении электроэнергии под мощностью источника энергии, например, электромагнитного генератора, понимают количество выработанной электроэнергии в единицу времени (обычно за час), а под мощностью потребителя энергии, например, ЭВМ, понимают количество потреблённой электроэнергии в единицу времени (обычно за час).

Единицы, в которых измеряется работа (энергия) и мощность.

Единица энергии (работы) 1 джоуль (Дж).

$$1 \text{ Дж} = 10^7 \text{ эрг};$$

$$1 \text{ калория (кал)} = 4,19 \text{ Дж};$$

Единица мощности 1 ватт (Вт). 1 Вт – это работа в 1 Дж, совершаемая за 1 секунду.

$$1 \text{ Вт} = 10^7 \text{ эрг/с};$$

$$1000 \text{ Вт} = 10^3 \text{ Вт} = 1 \text{ кВт (киловатт)};$$

$$1000 \text{ 000 Вт} = 10^6 \text{ Вт} = 1 \text{ МВт (мегаватт)};$$

$$1000 \text{ 000 000 Вт} = 10^9 \text{ Вт} = 1 \text{ ГВт (гигаватт)};$$

$$1000 \text{ 000 000 000 Вт} = 10^{12} \text{ Вт} = 1 \text{ ТВт (тераватт)}.$$

Электростанция мощностью в 1 Вт за 1 час работы (3600 секунд) вырабатывает 3600 Дж энергии.

$$1 \text{ Вт-ч} = 3600 \text{ Дж} = 3,6 \cdot 10^3 \text{ Дж}.$$

$$1 \text{ кВт-ч} = 3,6 \cdot 10^3 \text{ кДж}.$$

В топливной промышленности в качестве энергетических единиц используют также Британские топливные единицы (Btu).

1 баррель нефти соответствует 5,8 млн. Btu, 1 тонна нефтяного эквивалента соответствует 39,68 млн. Btu.

Баррель (англ. barrel – бочка) – мера объема в английской системе мер. Нефтяной баррель равен  $158,988 \text{ дм}^3$ .

**С понятием «качество энергии» непосредственно связана сущность понятия «энергосбережение». С точки зрения I закона термодинамики, «энергосбережение» внутренне противоречиво. Сохранять количество энергии нет необходимости, это делает природа в соответствии с законом сохранения энергии. Сохранять нужно работоспособность энергии, которая является качественной характеристикой каждого вида энергии.**

Основные различия имеются в этом отношении между тепловой энергией и другими видами энергии, например, электрической и механической. Электрическая и механическая энергия в ходе технологических процессов совершают превращения, составляющие основу этих процессов, практически без потерь, а превращение тепловой энергии в механическую, электрическую или другой вид энергии всегда сопровождаются большими потерями энергии.

В чем причина таких отличий?

Тепловая энергия есть не что иное, как сумма энергий атомов, молекул, находящихся в состоянии неупорядоченного движения. Порядок просто превратить в хаос, что и происходит при превращении электрической или механической энергии в тепловую. Упорядочить хаос гораздо труднее, на это нужно затратить энергию. Вот почему тепловая энергия не полностью превращается в другие виды энергии. Так, для получения, например, 1 кДж тепла достаточно иметь 1 кДж механической или электрической энергии, но для получения 1 кДж механической или электрической энергии потребуется более 1 кДж тепла.

Эта особенность тепловой энергии, связанная с условием её превращения в другие виды энергии, определяется **II законом (началом) термодинамики.**

**Согласно этому закону:**

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

Процесс преобразования упорядоченного движения в неупорядоченное движение является необратимым. Упорядоченное движение может переходить в неупорядоченное без каких-либо дополнительных процессов, например, механическая энергия движения в тепловую при трении. В то же время, обратный переход неупорядоченного движения в упорядоченное –

«переход тепла в работу» – не может являться единственным результатом термодинамического процесса и всегда сопровождается каким-либо дополнительным энергозатратным процессом.

**Невозможен процесс, единственным результатом которого является передача энергии в форме тепла от холодного тела к горячему.** В таком виде закон был установлен французским ученым С. Карно (1824 г.). Тепло может само переходить только от более нагретого тела к менее нагретому. Если же нужно передать тепло от менее нагретого тела к более нагретому, то при этом не только не может быть получена механическая энергия, но, наоборот, ее необходимо израсходовать. В настоящее время такой процесс используется в холодильных машинах

Процессы, связанные с теплообменом, необратимы, т.е. самопроизвольно могут протекать только в одном направлении – от горячих к холодным телам с установлением равновесия в системе.

**Принцип необратимости или закон возрастания энтропии состоит в том, что если в изолированной системе есть разница температур и система предоставлена сама себе, то с течением времени температура все более выравнивается и работоспособность замкнутой системы падает до нуля.**

Категория качества энергии далеко не исчерпывается понятием ее работоспособности. Разные виды энергии различаются максимально возможными плотностями потоков энергии.

**Чем выше плотность потока энергии, тем выше её работоспособность.**

Плотность поступающей энергии ограничена физическими свойствами той среды, через которую она течет. В материальной среде плотность потока энергии  $U$  ограничивается следующим выражением, которое носит название – вектор Умова – Пойнтинга.

$$U < vF, \quad (1)$$

где  $v$  – скорость распространения деформации, обычно равная скорости звука,  $F$  – плотность энергии.

Если выражение (1) применить для газовой среды, то оно приобретает следующий вид:

$$U = AT^{1/2} p, \quad (2)$$

где  $A$  – коэффициент, зависящий от молекулярного состава газа,  $T$  – температура и  $p$  – давление газа,

Выражение такого вида определяет, например, ту предельную мощность, которую может передать горячая среда на единицу поверхности поршня мотора или лопаток турбины.

Определим, согласно выражению (1), плотность потока энергии, которая в зазоре между ротором и статором электрогенератора преобразуется

из механической в электрическую (или обратно – в электродвигателе). Тогда  $v$  будет равна линейной скорости на внешней поверхности ротора генератора. Эта скорость обычно около 100 м/с. Силы взаимодействия между статором и ротором в электромагнитном генераторе определяются энергией магнитного поля, поэтому мы имеем для плотности потока энергии:

$$U = \alpha H^2 v / 4\pi. \quad (3)$$

Коэффициент  $\alpha$  определяется конструкцией генератора и характеризуется косинусом угла, образованного тангенциальной составляющей силы  $F$  и скоростью  $v$ . Обычно  $\alpha$  имеет величину, равную нескольким десятым долей единицы. Напряжённость магнитного поля  $H$  определяется насыщением железа и не превышает  $2 \cdot 10^4$  эрстед. При этом плотность потока электроэнергии (которая трансформируется в механическую или обратно) получается около 1 киловатта на квадратный сантиметр. Таким образом, для генератора мощностью 100 мегаватт ротор будет иметь рабочую поверхность примерно около 10 квадратных метров.

В Беларуси в настоящее время максимальная мощность энергоблоков составляет 300 МВт.

Анализ показывает, что ограничение плотности потока энергии выражением (1) приводит к тому, что для энергетики больших мощностей приходится отказываться от ряда процессов трансформирования энергии.

Сейчас главный интерес привлекают те способы генерирования энергии, которые не зависят от количества энергии, запасенной в прошлом в топливе различного вида.

Здесь главным из них считается прямое превращение солнечной энергии в электрическую в больших масштабах. Опять же осуществление на практике этого процесса для энергетики больших мощностей связано с ограниченной величиной плотности потока энергии.

Источником солнечной энергии являются реакции ядерного синтеза в активном ядре Солнца, где достигаются температуры до  $10^7$  К. При этом поверхность Солнца имеет температуру около 6000 К. Электромагнитным излучением солнечная энергия передается в космическом пространстве и достигает поверхности Земли. За время менее одного часа вся Земля получает от Солнца количество энергии, равное современному потреблению всего населения земного шара в течение года. На площадку в  $1 \text{ м}^2$ , расположенную за пределами атмосферы Земли перпендикулярно падающим солнечным лучам, за 1 секунду поступает 1,35 кДж солнечной энергии. Такова мощность солнечного излучения на орбите Земли.

На поверхности Земли эта мощность значительно меньше. Во-первых, не менее 50% солнечного излучения задерживается атмосферой, во-вторых солнечное излучение отсутствует в ночное время суток, зависит также мощность солнечного излучения от высоты солнца над горизонтом,

от времени года, от географической широты места и состояния атмосферы и погодных условий.

Кроме этого существующие преобразователи солнечной энергии в электрическую не приблизились даже к 30% КПД.

Оптимальный расчет сейчас показывает, что снимаемая с одного квадратного метра освещенной Солнцем поверхности мощность в среднем не будет превышать 100 ватт. Поэтому, чтобы генерировать 100 мегаватт, нужно снимать электроэнергию с площади в один квадратный километр. Ни один из предложенных до сих пор методов преобразования солнечной энергии не может этого осуществить так, чтобы капитальные затраты могли оправдаться полученной энергией. Чтобы это было рентабельно, надо понизить затраты на несколько порядков, и пока даже не видно пути, как это можно осуществить. Поэтому следует считать, что в настоящее время планировать на ближайшее будущее возможность практического прямого использования солнечной энергии в больших масштабах нереально. Но по-прежнему это остается возможным через ее превращение в химическую энергию, как это испокон веков делается при содействии растительного мира. Конечно, не исключено, что со временем будет найден фотохимический процесс, который откроет возможность более эффективно и проще превращать солнечную энергию в химическую, чем это происходит сейчас в природе.

Сейчас также идет обсуждение вопроса использования геотермальной энергии. Как известно, в некоторых местах мира на земной поверхности, где имеется вулканическая деятельность, это успешно осуществляется, правда, в небольших масштабах. Преимущество геотермальной энергии в отличие от солнечной энергии, которая имеет колебания не только суточные, но и в зависимости от времен года и от погоды, состоит в том, что геотермальная энергия может генерироваться непрерывно.

Современный подход к этой проблеме основывается на том, что в любом месте земной коры на глубине в 10–15 километров достигается температура в несколько сот градусов, достаточная для получения пара и генерирования энергии. При осуществлении этого проекта на практике мы опять наталкиваемся на ограничения, связанные с низкой плотностью потока геотермальной энергии по причине низкой теплопроводности горных пород. Поэтому при существующих внутри Земли градиентах температур для подвода необходимого количества тепла нужны очень большие площади, что весьма трудно выполнимо на глубине в 10–15 километров. Вот почему в настоящее время выработка необходимого количества пара в геотермальных парогенераторах для работы паровых турбин большой мощности не может быть реализована на практике.

Кроме солнечной и геотермальной энергий, не истощающих запасы, есть еще гидроэнергия, получаемая при запруживании рек и при использо-

вании морских приливов. Накопленную таким образом гравитационную энергию воды можно весьма эффективно превращать в механическую. Сейчас в энергетическом балансе использование гидроэнергии составляет не более 7%, и, к сожалению, дальнейшего увеличения не приходится ждать. Это связано с тем, что запруживание рек оказывается высокоэффективным только в горных местах, где на единицу площади водохранилища приходится большая потенциальная энергия. Запруживание рек с подъемом воды на небольшую высоту может экономически не оправдать себя, в особенности когда это связано с затоплением плодородной земли, так как приносимый ею урожай может оказаться значительно более ценным, чем получаемая энергия.

Использование ветра также из-за недостаточной плотности энергетического потока оказывается экономически неоправданным для энергетики больших мощностей. Конечно, использование солнечной энергии, малых водных потоков, ветряков часто может быть полезным для бытовых нужд в небольших масштабах.

Из приведенного анализа следует, что нужно искать новые источники энергии для энергетики больших мощностей взамен истощающихся в природе запасов химической энергии. Очевидно, можно и следует более бережно относиться к использованию энергетических ресурсов. Конечно, желательно, например, не тратить их на военные нужды. Однако все это только отсрочит истощение топливных ресурсов, но не предотвратит кризиса.

Вероятнее всего, исходя из современных представлений, решение глобального энергетического кризиса лежит в области ядерной энергетики. Физика дает полное основание считать, что эта надежда обоснованна.

Как известно, ядерная физика дает два направления для решения энергетической проблемы. Первое направление – это получение энергии при использовании реакций ядерного распада и второе направление, не получившее ещё решения в области мирного применения – это получение энергии при использовании ядерных реакций синтеза. Первое уже хорошо разработано и основывается на получении цепной реакции в уране, происходящей при распаде его ядер с выделением нейтронов. Это тот же процесс, который происходит в атомной бомбе, но замедленный в реакторах АЭС до стационарного состояния. При правильном использовании урана его запасы достаточны, чтобы не бояться их истощения в ближайшие тысячелетия. Электростанции на уране уже сейчас функционируют и дают рентабельную электроэнергию. Но также хорошо известно, что на пути их дальнейшего широкого развития и перевода всей энергетики на атомную энергию лежит необходимость преодоления трех основных трудностей.

1. Шлаки от распада урана являются сильно радиоактивными, и их надежное захоронение представляет большие технические трудности, ко-

торые еще не имеют общепризнанного решения.

2. В случае аварии крупная атомная станция на миллионы киловатт представляет большую опасность для окружающей природы и в особенности для человека. После аварии на ЧАЭС во многих странах атомная энергетика переживает кризис.

3. Широкое использование атомной электроэнергии приведет также к широкому распространению плутония, являющегося необходимым участником ядерной реакции. Такое распространение плутония по всем странам земного шара сделает более трудным контроль над распространением атомного оружия.

### ВОПРОСЫ

1. Что такое энергия и мощность? В каких единицах измеряются энергия и мощность?
2. Объясните качественное отличие тепловой энергии от других видов энергии.
3. Назовите и сформулируйте термодинамические законы.
4. Запишите выражения для плотности потока энергии в газовой среде и электромагнитном генераторе.
5. В чём преимущество выработки электроэнергии с помощью электромагнитного генератора по сравнению с солнечными батареями и электролитическим генератором?
6. Что является источником солнечной энергии?
7. Чему равна максимальная мощность солнечного излучения и назовите причины, снижающие мощность солнечного излучения на поверхности Земли.
8. Возможно ли решение проблем промышленной энергетики (энергетики больших мощностей) при замене химических видов топлива энергоресурсами на основе солнечной, ветровой, геотермальной и гидроэнергии.

## ЧАСТЬ 3

### ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

*Топливо-энергетический комплекс, типы электростанций, виды тепловых электростанций, виды органического топлива, теплота сгорания, абсолютный электрический коэффициент полезного действия электростанции, графики нагрузки, главные задачи энергетического менеджмента.*

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

На современных производствах и в быту в настоящее время наиболее широкое применение получили электрическая и тепловая энергии.

**Тепловая энергия** широко используется на современных производствах, на транспорте и в быту в виде энергии пара, горячей воды, продуктов сгорания топлива. Большая часть получаемой тепловой энергии тратится на производство механической и электрической энергии. К недостаткам тепловой энергии относится её пониженная работоспособность по сравнению с другими видами энергии, трудности хранения.

**Электрическая энергия** получила в настоящее время широкое распространение во всём мире, что обусловлено совершенством и сравнительной простотой преобразователей этой энергии в механическую, тепловую и другие виды энергии, управляющей её мощностью аппаратуры, возможностью транспортировки и дробления для использования многими разнородными потребителями, а также экологической чистотой использования электроэнергии в подавляющем большинстве производств.

К недостаткам электроэнергии следует отнести несовершенство и громоздкость устройств для хранения и накопления электроэнергии, а также серьезную опасность для человека, обусловленную тем, что человек не имеет органолептического восприятия электрического напряжения.

### ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

Поскольку большая часть электроэнергии в мире вырабатывается на тепловых электростанциях (в Республике Беларусь более 95% энергии вырабатывается на ТЭС), то к энергетике относят и топливодобывающие предприятия, относя к энергетической системе весь топливно-энергетический комплекс страны.

**Топливо-энергетический комплекс** – это народнохозяйственное объединение, включающее в себя энергогенерирующие и топливодобывающие предприятия.

Топливо-энергетический комплекс (**ТЭК**) – сложная межотраслевая система предприятий и организаций, включающая добычу, переработку



разных видов топлива и производство энергии (тепло- и электроэнергии), их межотраслевая система, включающая добычу, переработку разных видов топлива и производство энергии (тепло- и электроэнергии), их транспортировку, распределение и потребление. Эта система включает предприятия основного (топливной и электроэнергетической отраслей), вспомогательного (специализированного машиностроения и транспорта) обслуживающего производства (специализированные строительные-монтажные и ремонтные, материально-технического обеспечения и сбыта) и систему управления. Все объекты работают по единой программе и стремятся достигнуть единой цели, – надежно обеспечить топливом и электроэнергией потребителей. ТЭК тесно связан с другими межотраслевыми комплексами. Они используют продукцию металлурго-машиностроительного комплекса, производят значительную часть сырья для химического комплекса, в свою очередь транспортный комплекс обеспечивает перевозку его грузов и т.д. Формируют ТЭК как функциональные, так и синергические (по взаимозаменяемости) связи. К функциональным относятся технологические связи между добычей угля и производством электроэнергии, добычей нефти и производством топлива и т.д.; к синергическим – по взаимозаменяемости угля, нефтепродуктов, газа, гидроэнергии и ядерной энергии. Кроме того, большую роль играют связи по комплексному использованию первичных энергоресурсов, по использованию единых ресурсов (природных, трудовых, капитальных). Межкомплексные связи ТЭК осуществляются в направлении использования его продукции.

С точки зрения пространственной территориальной организации ТЭК представляет систему пространственного сочетания отраслевых (угле-, нефте-, газо-, электро-, теплообеспечивающих) и территориальных (пункты, центры, узлы, районы, базы, бассейны, провинция) подсистем. Главными факторами, влияющими на размещение предприятий комплекса, являются следующие: экономический, сырьевой, потребительский, а также к научно-технический прогресс.

ТЭК обладает районообразующей особенностью вблизи источников энергии складывается мощная промышленность, растут города, поселения. От его развития зависят темпы, масштабы и технико-экономические показатели общественного производства.

## **ТОПЛИВНО-ЭНЕГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ**

**Топливо-энергетические ресурсы** – совокупность всех природных и преобразованных видов топлива и энергии, используемых в республике.

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

**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.

## **ОРГАНИЧЕСКОЕ ТОПЛИВО, ЕГО ВИДЫ И ОСНОВНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Органическое топливо состоит из горючих веществ, негорючих минеральных примесей и влаги.

*Древесное топливо* представляет собой в основном клетчатку ( $C_6H_{10}O_5$ ), образующую стенки клеток, и межклеточное вещество со сложной молекулярной структурой – лигнин. Содержание в древесине клетчатки достигает 50–70%, лигнина – 20–30%, остальное – воски, смолы, жирные кислоты.

*Ископаемые твердые топлива* характеризуются общностью происхождения горючей части. Они произошли в основном из растительной массы, но содержат также большее или меньшее количество белковых и жировых веществ животного происхождения.

Начальные стадии разложения в толще отмершей многоклеточной растительности, происходящие в заболоченных местах, где слой воды препятствует свободному доступу воздуха, называются **оторфенением**.

Процесс оторфенения приводит к образованию темно-бурой массы – **торфа**, в котором встречаются остатки неразложившихся частей растений (листьев, стеблей).

Дальнейшие процессы преобразования торфяной массы приводят к образованию **бурых углей**. Продуктами последующих процессов преобразования бурых углей являются **каменные угли и антрацит**.

К твердым ископаемым топливам относятся и **горючие сланцы**. Они представляют собой минеральные породы, пропитанные органическими веществами.

*Естественным жидким топливом* является нефть – смесь жидких углеводородов различных молекулярных весов и групп. Кроме того, в ней содержится некоторое количество жидких кислородных, сернистых и азотистых соединений.

*Природный газ* чисто газовых месторождений состоит в основном из метана (95–98%  $CH_4$ ).

Горючая часть топлива содержит углерод С, водород Н, кислород О, азот N и серу S.

Основным элементом горючей части всех видов топлива является углерод С и водород Н. Однако чем больше углерода в топливе, тем труднее оно воспламеняется.

Кислород и азот в топливе – органический балласт.

Вредная примесь топлива – сера. В твердых топливах она встречается в трех видах – органическая  $S_{OP}$  (входит в состав сложных высокомолекулярных соединений), колчеданная  $S_K$  (железный колчедан  $FeS_2$ ), сульфатная  $S_C$  (сульфаты  $CaSO_4$ ,  $MgSO_4$ ). При горении серы теплоты выделяется примерно в 3,5 раза меньше, чем при горении углерода. Содержание серы в топливе приводит к сильной коррозии низкотемпературных поверхностей нагрева.

**Негорючие минеральные примеси** – балласт топлива.

В газообразных топливах это углекислый газ  $CO_2$ , азот  $N_2$  и водяные пары  $H_2O$ .

В твердых топливах (кроме сланцев) примеси состоят в основном из глины  $Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2 \cdot 2 H_2O$ , свободного кремнезема  $SiO_2$  и железного колчедана  $FeS_2$ .

В нефти негорючие примеси – это различные соли и окислы железа.

Второй составляющей балласта топлива является влага. Влага может попадать в топливо при его добыче и при транспортировке. Разновидностью влаги является капиллярная влага – она заполняет капилляры и поры твердого топлива. В твердых топливах содержится также коллоидная и гидратная влага. Последняя химически связана с минеральными примесями топлива ( $CaSO_4 \cdot 2 H_2O$ ) и глиной.

Различают высшую и низшую теплоту сгорания топлива.

**Высшей теплотой сгорания топлива**  $Q_B^P$  называется количество тепла, выделяющееся при полном сгорании 1 кг твердого (жидкого) или  $1 м^3$  нормального газообразного топлива. В высшую теплоту сгорания входит тепло, выделяющееся при конденсации водяных паров, которые содержатся в продуктах сгорания топлива.

При температуре уходящих газов котельных агрегатов влага в продуктах сгорания находится в парообразном состоянии. Поэтому при тепловом расчете котельных агрегатов обычно пользуются **низшей теплотой сгорания топлива**  $Q_H^P$ , которая не учитывает скрытую теплоту парообразования водяного пара, содержащегося в продуктах сгорания топлива.

Теплоту сгорания топлива определяют экспериментально. Для этого служат специальные приборы – калориметры.

**Теплота сгорания основных видов органического топлива изменяется в следующих пределах:**

- от 6200–7500 кДж/кг (горючие сланцы, торф, бурый уголь)
- до 25000–29000 кДж/кг (каменный уголь)
- и 33000–42000 кДж/кг (нефтепродукты и газ).

В расчетах широко используется понятие условного топлива с теплотой сгорания 29309 кДж/кг (7000 ккал/кг).

**УГОЛЬ.** Предприятия угольной промышленности добывают и перерабатывают бурый и каменный уголь, антрацит.

**Бурый уголь** имеет малую твердость и низкую теплотворную способность. Его невыгодно перевозить на большие расстояния. Чаще всего он используется как топливо в местах добычи.

**Каменный уголь** бывает черного или буровато-черного цвета, как правило, с блеском. Он отличается твердостью и хрупкостью, большей теплотворной способностью.

Одно из важнейших свойств многих видов каменного угля – спекаемость, или способность при соответствующих условиях превращаться в прочный кокс. Кокс применяется в черной металлургии при выплавке чугуна из железной руды.

**Антрацит** – ископаемый уголь черного цвета с металлическим блеском. При сгорании дает больше всего тепла, не подвержен самовозгоранию и может длительное время храниться в штабелях.

Уголь, как и многие твердые полезные ископаемые, добывают двумя способами – открытым и подземным.

Когда мощные пласты угля залегают близко к поверхности Земли, уголь добывают открытым способом. Для этого срезают верхние слои породы, закрывающие пласты угля. В результате образуется карьер (глубиной 150 м и более), или, как его еще называют, разрез. Открытый способ добычи имеет большие преимущества. Производительность труда намного выше, а себестоимость угля, соответственно, ниже (добытый открытым способом уголь в 4–5 раз дешевле угля, добытого в шахте). Кроме того, при открытом способе добычи условия труда лучше, чем в шахтах: чистый воздух, естественное освещение в дневное время работы, отсутствуют вредные газы.

При подземном способе добычи угля строят шахты. Подземный способ добычи более трудоемкий. Для нормальной работы шахты нужны хороший подземный транспорт, бесперебойная вентиляция и освещение. При строительстве и работе шахты приходится укреплять своды тоннелей, откачивать воду, проникающую в подземные выработки.

Уголь добывают в шахтах разных глубин. Самая глубокая в мире угольная шахта находится в Рурском бассейне в Германии, ее глубина составляет 1,5 км.

На Земле насчитывается более трех тысяч угольных бассейнов. Они расположены в 75 странах на всех материках, даже в Антарктиде под мощным слоем льда.

Крупнейшие каменноугольные бассейны: в Азии – Тунгусский, Ленский, Кузнецкий (Россия), Карагандинский (Казахстан), на Великой Китайской равнине, в Индии; в Северной Америке – Аппалачский (США); в Австралии; в Африке (Южно-Африканская Республика); в Европе – Донецкий (Украина), Рурский (ФРГ).

Основными поставщиками угля являются Австралия, США, Россия, Китай, Канада.

Основными потребителями каменного угля являются на металлургические заводы и тепловые электростанции. Кроме того, из угля получают бензин, смолу, пластмассы, лекарства, удобрения.

**НЕФТЬ.** Нефтяная промышленность одна из важнейших и наиболее быстро развивающихся отраслей топливно-энергетического комплекса. Основная часть ее продукции используется в энергетике и химической промышленности. **Нефть – главный энергоноситель современного мира.**

Чаще всего нефть залегает вместе с природным газом, образуя нефтегазовые бассейны. На земном шаре разведано более 600 таких бассейнов.

Современной добыче нефти предшествовали примитивные способы. Сначала ее собирали с поверхности открытых водоемов. Затем стали добывать из специальных колодцев, глубина которых достигала иногда 27 м.

Со второй половины XIX в. нефть добывают, пробуравив скважины в земле. Иногда нефть бьет фонтаном, но чаще всего ее выкачивают из скважин. Самая глубокая нефтяная скважина (9,6 км) пробурена в США.

Около половины всех запасов нефти на Земле находится под морским дном. Поиски морской нефти начались в середине 1940-х гг. Разведочное бурение сначала велось на глубине не более 8 м, а к началу 1990-х гг. достигло 3 тыс. м. Первая плавучая буровая установка появилась в 1950 г., а к середине 1980-х гг. их было более 700.

В настоящее время нефть в море добывают с огромных платформ, высота которых достигает 470 м, как, например, в Северном море. В таких странах, как Норвегия, Великобритания, Ангола, почти вся нефть добывается на морских промыслах.

Нефть добывает примерно половина стран мира, однако не во всех из них нефтяная промышленность является главной отраслью хозяйства. Ведущее место по добыче нефти занимают страны, расположенные на побережье Персидского залива, Россия, США, Мексика, Венесуэла, Нигерия.

Из районов добычи в районы потребления нефть перекачивается по нефтепроводам или доставляется танкерами по водным путям. Например, из крупнейших нефтяных портов Персидского залива в Западную Европу ее перевозят танкерами. Много нефти идет в Японию. В страны Восточной Европы нефть поступает из России по нефтепроводу. США получают нефть из Латинской Америки, из Канады, частично из стран Персидского залива и Нигерии.

В сыром виде нефть почти не используется, но трудно найти такую отрасль хозяйства, где бы не применялись продукты ее переработки. Нефть – это «хлеб» химической промышленности. Из нее вырабатывают бензин, керосин, дизельное топливо, мазут (остаточный продукт переработки нефти, который применяют как топливо для электростанций), различные смазочные масла, синтетический каучук, спирт, пластмассы, моющие средст-

ва. Нефтепродукты являются топливом для двигателей внутреннего сгорания, а также широко применяются в машиностроении и других отраслях.

**ПРИРОДНЫЙ ГАЗ.** Одной из молодых отраслей топливной промышленности является газовая. Природный газ – самый дешевый вид топлива, «голубое золото» планеты. Преимущество природного газа как топлива состоит в том, что при сжигании он дает много тепла и не требует специальной переработки, как нефть. Природный газ легко добывать, насосы для этого не нужны. В отличие от других видов топлива он меньше загрязняет атмосферу.

Для хранения природного газа самыми удобными являются подземные хранилища. В качестве таких хранилищ можно использовать подземные выработки. В них под большим давлением закачивают газ.

Удобнее всего хранить природный газ в сжиженном состоянии. При низкой температуре и большом давлении природный газ переходит в жидкое состояние. В таком состоянии его объем в 600 раз меньше, чем в газообразном. Сжиженный газ удобно транспортировать в специальных цистернах и баллонах. Это позволяет снабжать «голубым топливом» города и села, к которым еще не проложены газопроводы. Природный газ – важный источник сырья для производства азотных удобрений, пластмасс, синтетических тканей (капрона, нитрона). Его используют в промышленности и для бытовых нужд населения.

Из мест добычи в районы потребления природный газ поставляется чаще всего по газопроводам. Например, из России его перекачивают в страны Восточной и Западной Европы. Некоторые из газопроводов проложены по дну морей. По газопроводам проложенным по дну Северного моря газ поступает в Великобританию и Германию. Начато строительство газопровода по дну Балтийского моря, по которому газ из России будет поставляться в европейские страны.

### **Структура мирового энергопотребления**

В настоящее время **нефть** является основным энергоресурсом в мировой энергетической системе, ее доля в суммарном энергопотреблении составляет **около 39%**, а в некоторых странах этот показатель превышает 60%. Нефть и нефтепродукты традиционно используются как сырье для производства электро- и теплоэнергии, в качестве моторного топлива, а также как полуфабрикат для химической промышленности

Мировые разведанные запасы нефти на 2001 год составляли около 140 млрд. тонн. В последнее время в связи с развитием технологий нефте-разведки и нефтедобычи величина запасов постоянно корректируется в сторону увеличения.

**Доля газа** в мировом энергопотреблении составляет на данный момент **около 23%**. Газ используется в топливно-энергетической, металлургической, химической, пищевой и целлюлозной промышленности. При

этом природный газ является более экологически чистым видом топлива, чем нефть или уголь. Для получения одинакового количества энергии объем образующейся двуокиси углерода при сжигании газа на 50% меньше, чем при сжигании угля и на 30% меньше, чем при сжигании мазута.

На начало 2001 года мировые доказанные запасы природного газа составляли около 164 трлн. куб. м.

По оценкам экспертов, доля угля в структуре мирового топливно-энергетического баланса на 1 января 2001 года составляла около **24%**. Основными отраслями, потребляющими уголь, являются металлургия и электроэнергетика. При этом на долю «энергетических углей» приходится около 75% от общего объема добываемых запасов, на долю «металлургических» – 25%. Несмотря на значительные объемы разведанных запасов, уголь значительно уступает природному газу и нефти по затратным и экологическим показателям его использования, в результате чего спрос на этот вид сырья неуклонно падает.

В настоящее время доказанные мировые запасы угля составляют свыше 6 триллионов тонн.

На долю **атомной энергии** приходится около 7% от общемирового производства энергии, причем в некоторых странах, например во Франции, почти вся энергия вырабатывается на АЭС. Довольно долгое время считалось, что уран сможет со временем заменить органическое топливо, т.к. себестоимость атомной энергии значительно ниже, чем энергии, полученной при сжигании нефти, газа или угля. Однако после серии аварий на АЭС, самые крупные из которых случились в мае 1979 года в Три-Майл-Айленде (США) и в апреле 1986 года в Чернобыле (СССР), во всем мире начались движения «зеленых» против строительства атомных электростанций. **Гидроэнергетика** дает около **7%** энергии, используемой во всем мире.

### **Возобновляемые (нетрадиционные) источники энергии**

В 70-х гг. прошлого века нефть была основой энергопотребления большинства стран. Однако после нефтяного кризиса 1973 года стало очевидно, что ориентация на импортную нефть представляет реальную угрозу энергетической безопасности многих государств. Большинству экономически развитых стран пришлось разрабатывать новую энергетическую стратегию, направленную на энергосбережение, а также на изучение возможностей применения нетрадиционной энергетики.

К нетрадиционным источникам энергии (НИЭ) относятся энергия ветра, солнечная, приливная и геотермальная виды энергии, а также энергия, получаемая при сжигании биомассы. На начало 2001 года на долю НИЭ приходилось 1,3% от общемирового энергопотребления.

Достоинством НИЭ является их возобновляемость, а недостатком – нестабильность во времени и низкая плотность потока энергии, которая вынуждает производителей использовать большие площади энергоустановок.

Тем не менее в связи с ростом цен на топливо в последние годы во многих странах наблюдается пост потребления НИЭ. Например, в последние 5 лет рост производства фотоэлектрических установок составляет порядка 30% в год. В связи с этим следует упомянуть проект «Тысяча крыш», реализованный в начале 1990-х гг. в Германии. Основную часть издержек (до 70%) при реализации этого проекта взяло на себя государство. В Германии на крышах 2250 домов были установлены фотоэлектрические установки. При этом роль резервного источника энергии играла электросеть, которая покрывала недостаток электроэнергии, а в случае ее избытка забирала излишек. Вскоре после этого, в США была начата еще более глобальная по масштабам программа «Миллион крыш», рассчитанная на период до 2010 года. На ее реализацию из федерального бюджета выделено около \$6 млрд. Логично предположить, что в ближайшие годы количество подобных проектов будет только увеличиваться.

В мире также наблюдается интерес к альтернативным источникам питания для автомашин, позволяющим сократить выброс углекислого газа в атмосферу. Около года назад Министерство энергетики США совместно с ведущими нефтяными и автомобилестроительными компаниями начало реализацию программы по разработке и производству автомобильных двигателей, использующих в качестве топлива водород. При этом выхлоп автомобиля полностью состоит из водяного пара. Данная программа призвана снизить зависимость экономики страны от импортной нефти, а также решить проблему парниковых газов. В соответствии с этой программой в начале ноября 2002 года между администрацией города Лос-Анджелес и компанией Honda был подписан договор на поставку первой партии автомобилей на топливных батареях, по своим характеристикам не уступающих современным аналогам, работающим на бензине.

В то же время в связи с внедрением массового использования данной технологии существует ряд нерешенных проблем. В частности, это проблема безопасного хранения водорода в автомобиле (как известно, при встряске, которая может стать результатом столкновения машины с чем-либо, водород взрывается). Другая нерешенная проблема – как наладить сеть заправочных станций, действующих наподобие АЗС. И, наконец, третий вопрос – промышленное производство водорода.

### **Прогноз мирового энергопотребления**

В последнее время во всем мире наблюдается тенденция к росту энергопотребления, что обусловлено стремительными темпами развития экономик развивающихся стран, ростом народонаселения, а также увеличением энергопотребления в быту.

Очевидно, что структура энергопотребления в развитых и развивающихся странах будет существенно отличаться друг от друга. Индустриально развитые страны, такие, как США, Канада, Англия, Германия,



Япония и другие намерены повышать долю возобновляемых источников энергии и газа в общем энергопотреблении в целях снижения зависимости своей экономики от импортной нефти.

В то же время в развивающихся странах, таких, как Китай, Индия, страны Африки и Южной Америки, доля нефти будет оставаться существенной. Прежде всего, это связано с тем, что внедрение в производство НИЭ, а также использование газа на этих территориях потребует создания соответствующей инфраструктуры, для чего необходимы крупные инвестиции.

### **Прогноз структуры мирового энергопотребления**

Согласно прогнозам экспертов, при высоком уровне инвестиций в развитие НИЭ. Солнечная энергетика могла бы обеспечить 10% от общемировой энергии к 2020 году, ветроэнергетика – 15%, гидроэнергия – порядка 9%. Приливная и геотермальная в совокупности около 1%. Предполагается, что производство ядерной энергии не увеличится и останется на том же уровне, как в настоящее время, т.е. порядка 7%, а доля энергии, получаемой при сжигании биомассы и промышленных отходов, составит примерно 4%. Кроме того, прогнозируется, что доля природного газа в мировом энергобалансе возрастет до 30% в течение ближайших десятилетий. Таким образом на долю нефти и угля придется около 24%.

Учитывая, что основным потребителем угля к 2020 г. останется металлургическая промышленность, а объем используемого ею угля будет только снижаться, суммарное потребление угля уменьшится к указанному сроку примерно в 4 раза, а его доля в мировом энергопотреблении – до 4%. С учетом данных предположений на долю нефти останется около 20%.

Достаточно сравнить полученные цифры с текущим уровнем потребления угля и нефти, чтобы понять всю масштабность грозящих перемен. Согласно прогнозам, совокупный объем энергопотребления к 2020 году составит 14,6 млрд. т нефтяного эквивалента (н.э.). В абсолютных величинах потребление нефти составит 2,02 млрд. т н.э., а угля – 570 млн. т н.э. Для сравнения – в 2000 году для производства энергии из нефти и угля было переработано 3,7 млрд. т н.э. и 2,4 млрд. т н.э. соответственно. Таким образом, если предположить, что данные прогнозы сбудутся в полном объеме, спрос на нефть и уголь упадет весьма значительно.

И если столь значительное сокращение потребления угля является давно ожидаемым, то в отношении нефти подобные изменения пока трудно представимы. Для того чтобы оценить масштабы последствий сокращения доли нефти в мировом энергопотреблении, достаточно рассмотреть следующие факты. В мире в нефтяной промышленности занято несколько миллионов человек, доходы стран ОПЕК от экспорта нефти в 2001 году составили около \$200 млрд., России – \$.50 млрд., Мексики – \$11 млрд.

## ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

*Электроэнергетика* – одна из составляющих топливно-энергетического комплекса, отрасль тяжелой промышленности, которая объединяет производство электроэнергии на электростанциях разных типов и передачу ее потребителям. Самый крупный потребитель электроэнергии в хозяйстве – это промышленность.

В зависимости от видов природных ресурсов, используемых для получения электроэнергии, выделяют разные типы электростанций. Электростанции различных типов объединяются линиями электропередач и образуют энергетическую систему страны или региона.

**Тепловые электростанции.** Большую часть электроэнергии дают тепловые электростанции – ТЭС, преобразующие тепловую энергию в электрическую, работающие на органическом топливе с использованием в турбинах в качестве рабочего тела водяного пара (паротурбинные установки – ПТУ), продуктов сгорания (газотурбинные установки – ГТУ), их комбинаций (парогазовые установки – ПГТУ). Этот вид электростанций отличается надежностью, постоянством производства энергии, не зависящим от времени года. Тепло, выделяемое при сжигании горючих ископаемых, преобразуется на ТЭС в электроэнергию, поэтому их строят в районах добычи топлива, вблизи транспортных магистралей (железнодорожных линий) или портов. Кроме того, ТЭС для охлаждения необходимо большое количество воды, поэтому их строят рядом с крупными реками, озерами или морями.

Тепловые электрические станции (ТЭС) делятся также 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, производят пар и горячую воду для нужд предприятий и населения. Они размещаются в непосредственной близости от потребителей пара и горячей воды, поскольку тепло и горячую воду можно передавать на небольшое расстояние (10–15 км).

**Гидроэлектростанции.** Значительно более высоким КПД обладают гидроэлектростанции (ГЭС) ввиду отсутствия на них термодинамического цикла (преобразования тепловой энергии в механическую). На ГЭС используется энергия рек. Путем сооружения плотины создается разность уровней воды. Вода, перетекая с верхнего уровня (бьефа) на нижний либо по специальным трубам – турбинным трубопроводам, либо по выполненным в теле плотины каналам, приобретает большую скорость. Струя воды поступает далее на лопасти гидротурбины. Ротор гидротурбины приводится во вращение под воздействием центробежной силы струи воды. Таким образом, на ГЭС осуществляется преобразование: *механическая энергия – электрическая энергия.*

Поэтому теоретически их КПД может достигать 90%. Кроме того, ГЭС являются маневренными станциями, время пуска их агрегатов исчисляется минутами.

Заметим, что в энергосистеме желательно иметь сочетание различных типов станций. Комбинируя их характеристики, можно добиться наилучших характеристик энергосистемы в целом, в том числе наибольшей энергоэффективности.

Первая ГЭС была построена в 1882 г. В настоящее время ГЭС вырабатывают около 7% потребляемой в мире электроэнергии. Они являются весьма эффективными источниками энергии, поскольку используют возобновляемые ресурсы. Однако получать большую долю энергии таким способом могут лишь страны, обладающие огромными гидроресурсами (многоводными горными реками), например в Норвегии, почти вся электроэнергия вырабатывается на гидроэлектростанциях.

Самыми крупными ГЭС являются бразильско-парагвайская «Итайпу» на реке Парана, венесуэльская «Гури» на реке Карони, «Гранд-кули» в США на реке Колумбия.

**Атомные электростанции.** Атомная электростанция (АЭС) по своей сути также является тепловой электростанцией и имеет ту же принципиальную схему. Однако вместо котла, где сжигается органическое топливо, используется ядерный реактор. Внутриядерная энергия превращается в тепловую энергию пара, которая затем – в механическую энергию вращения турбогенератора и в электрическую энергию. Наличие термодинамического цикла на АЭС ограничивает КПД этой станции, как и обычных тепловых станций.

Преимущество АЭС по сравнению с тепловыми состоит в том, что их можно строить там, где нужна энергия, но недостаточно топливных ресурсов (из 1 кг ядерного горючего можно получить столько же энергии, сколько при сжигании 3000 т угля или 1500 т нефти). При нормальной работе АЭС не дают выбросов в атмосферу в отличие от обычных тепловых электростанций. Атомные электростанции во Франции дают около 86% всей электроэнергии, в Японии – более 30%.

Недостаток АЭС заключается в отсутствии маневренности: пуск и останов блоков и агрегатов этих станций требует значительных затрат времени и труда.

**Другие типы электростанций.** К ним относятся солнечные, геотермальные, ветровые и приливные электростанции.

**Солнечные (гелиотермальные) электростанции (СЭС)** служат для преобразования энергии Солнца в электроэнергию с помощью солнечных батарей. Кроме выработки электроэнергии, энергия Солнца используется для нагрева воды.

Первые солнечные электростанции уже построены в США и Франции. Ведутся работы по их строительству в Японии, Италии, России, Ин-

дии. Использование солнечной энергии помогло бы освоить пустынные территории, расположенные в странах тропических широт, где бывает около 300 солнечных дней в году.

**Геотермальные электростанции (ГеоТЭС)** используют энергию земных недр. Современная техника пока позволяет строить их лишь там, где есть естественные выходы на поверхность горячей воды и пара. Это прежде всего гейзеры Исландии и Камчатки, США и Новой Зеландии. Здесь горячие подземные воды люди используют для обогрева жилых домов, служебных помещений, теплиц, а также для производства электрической энергии. Электростанции такого типа работают в России (на Камчатке), в США, Исландии, Новой Зеландии.

**Ветровые электростанции (ВЭС)** используют энергию ветра для производства электроэнергии.

Во многих странах с помощью ветровых двигателей получают электрический ток для небольших населенных пунктов. В США, Франции, Великобритании и других странах ведутся работы по выпуску более совершенных ветровых установок. Такие электростанции лучше всего строить в местах, где дуют постоянные или сезонные ветры: пассаты, муссоны.

Ветровые двигатели не загрязняют окружающую среду, но они очень громоздкие и шумные. Чтобы производить с их помощью много электроэнергии, необходимы огромные территории.

**Приливными (ПЭС).** Энергия морских приливов и отливов также может быть использована для получения электричества. Для этого на морских побережьях строят приливные электростанции. Вода прилива удерживается дамбами, а затем через турбины направляется обратно. Приливные электростанции действуют во Франции, США, Канаде, России и в Китае.

## ВЫРАБОТКА ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ТЭС

### Тепловая схема ТЭС

**Тепловая машина.** Термодинамикой установлено, что для непрерывного получения механической энергии из тепловой необходимо иметь **три основных элемента, в совокупности образующих тепловую машину:**

- **резервуар тепла с относительно высокой температурой** (горячий источник, или нагреватель);
- **резервуар тепла с более низкой температурой** (холодный источник, или холодильник);
- **рабочее тело** (воздух, водяной пар, газы и т.п.), **непрерывно совершающее цикл, с помощью которого тепловая энергия превращается в механическую.**

**КПД – коэффициент полезного действия тепловой машины.** Экономичность процесса преобразования энергии теоретически не зависит от

выбора рабочего тела. Практически же свойства рабочего тела весьма существенно влияют на КПД цикла. Наибольшее применение в качестве рабочего тела имеют продукты сгорания топлива – в двигателях внутреннего сгорания (автомобиле, самолете, тепловозе и др.) и водяной пар – в энергетических паросиловых установках. Реже используются углекислота и гелий (АЭС), фреон и аммиак (холодильные установки). Однако главным производителем механической энергии из тепловой является не рабочее тело, а резервуары тепла, или, как их обычно называют в термодинамике, источники тепла.

Из второго закона термодинамики следует, что источники тепла обязательно должны иметь различную температуру: один из них – более высокую (горячий источник), а второй – более низкую (холодный источник).

В каждом цикле от горячего источника передается рабочему телу определенное количество тепла  $Q$ , а от рабочего тела переходит в холодный источник определенное, но всегда меньшее количество тепла  $Q^*$ . Так как рабочее тело после завершения цикла возвращается в исходное состояние, то произведенная за один цикл механическая энергия обязательно должна быть равна разности двух количеств тепла: полученного от горячего источника и переданного холодному источнику. Так было бы, если бы отсутствовали потери на трение и др. Но на самом деле потери всегда имеются. Поэтому реально получаемая механическая энергия меньше разности двух количеств тепла на величину потерь.

Максимальное значение КПД описанного процесса – цикла Карно зависит в первую очередь от разности температур источников тепла и не зависит от конструкции тепловой машины.

Для повышения КПД температура горячего источника  $T$  должна быть как можно выше, а холодного  $T^*$  – как можно ниже. Что касается холодного источника тепла, то здесь выбирать не приходится. Этим источником всегда является окружающая среда – вода и воздух. Иначе обстоит дело с горячим источником. Он может быть избран из числа созданных природой: энергии Солнца или тепла глубинных слоев Земли. Но в настоящее время в подавляющем большинстве случаев используются искусственные источники тепла, создаваемые в результате сжигания органического топлива или проведения управляемой ядерной реакции в атомном реакторе. В первом случае может быть достигнута температура около  $3000^\circ\text{C}$ , а во втором – практически неограниченно высокая.

### Структура ТЭС

Современные тепловые электрические станции имеют преимущественно блочную структуру. ТЭС с блочной структурой составляется из отдельных энергоблоков. В состав каждого энергоблока входят основные агрегаты – турбинный и котельный и связанное с ними непосредственно

вспомогательное оборудование. Турбина вместе с котлом, питающим ее паром, образует моноблок.

Основное оборудование моноблока ТЭС состоит из котла-парогенератора, турбины и генератора.

В котле при сжигании топлива выделяется тепловая энергия, которая преобразуется в энергию водяного пара. В турбине водяной пар превращается в механическую энергию вращения. Генератор превращает энергию вращения в электрическую. Тепловая энергия для нужд потребления может быть взята в виде пара из турбины либо котла.

Кроме основного оборудования в состав моноблока ТЭС входят – конденсатор пара. Чем ниже давление пара при выпуске, тем большую работу совершает пар. Поэтому в паровых машинах часто выпуск отработавшего пара совершается не в воздух, а в конденсатор. Конденсатором называется устройство, в котором отработавший пар охлаждается, превращается в воду, вследствие этого в конденсаторе поддерживается пониженное давление. Вода из конденсатора откачивается насосом и вновь подается в котел-парогенератор.

Схема ТЭЦ отличается от схемы ТЭС тем, что взамен конденсатора устанавливается теплообменник, где пар нагревает воду, подаваемую в главные тепловые магистрали.

Топливо и окислитель, которым обычно служит кислород воздуха, непрерывно поступает в топку котла. В качестве топлива чаще всего используются природный газ, мазут (продукт переработки нефти – остаток после отгонки из нефти бензина, керосина и других легких фракций), уголь, сланцы. За счет тепла, образующегося в результате сжигания топлива, в паровом котле вода превращается в пар с температурой около 550°С. Можно было бы получить пар и с более высокой температурой, но по техническим причинам в настоящее время это не выгодно, хотя КПД ТЭС растет при повышении начальной температуры пара. Но при этом для наиболее ответственных деталей установки, испытывающих большие механические нагрузки в сочетании с высокой температурой, приходится применять высококачественные, дорогие стали. Выигрыш в КПД не компенсирует повышенных затрат на металл.

### **Основные особенности работы ТЭС**

Если в качестве топлива используется уголь, то поступающий со склада уголь направляется в систему подготовки топлива, в которой дробится, подсушивается и размалывается, превращаясь в угольную пыль. В таком виде топливо поступает в горелки, в которых смешивается с подогретым воздухом, подаваемым дутьевым вентилятором из атмосферы. Если используется жидкое топливо (мазут), то оно подогревается до 100 – 140°С и распыляется в форсунках.

Устройства для предварительного подогрева воздуха называются калориферами. Здесь температура воздуха достигает 70–80°C. Воздух, необходимый для поддержания процесса горения, подогревается далее в воздухоподогревателе за счет теплоты дымовых газов, образующихся при сгорании топлива, до 250–400°C в зависимости от вида топлива и режима горения.

Топливо сгорает в топочной камере парового котла с выделением теплоты. Эта теплота передается рабочему телу – воде, превращая ее сначала в насыщенный пар (пар, имеющий температуру кипящей жидкости, из которой он получен), а затем в перегретый (имеющий температуру более высокую, чем температура кипения жидкости при данном давлении), 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. Поступающая в котел вода называется питательной водой. Подогрев питательной воды до температуры кипения происходит в экономайзере, процесс парообразования – в парообразующей части парогенератора, перегрев пара – в пароперегревателе.

Температура в зоне активного горения в топочной камере может достигать 1500–1800°C в зависимости от вида сжигаемого топлива и режима горения. Средняя температура продуктов сгорания в топочной камере составляет 1300–1400°C. Покидают топочную камеру газы с температурой 900–1200°C. Пройдя через пароперегреватели, газы охлаждаются до 500–600°C.

Современные энергетические котлы высокого давления производят пар давлением 10 и 14 МПа с температурой 540°C и 560°C, а котлы сверхкритического давления – пар с давлением 25,5 МПа с температурой 545°C. Паропроизводительность котла определяется количеством пара, вырабатываемого паровым котлом в единицу времени (т/ч). Современные паровые котлы имеют широкий диапазон паропроизводительности от 120 до 3950 т/ч. Так, для энергоблоков мощностью 300, 500, 800 МВт применяются котлы паропроизводительностью 950, 1650, 2650 т/ч соответственно. В блоке мощностью 1200 МВт работает котел паропроизводительностью 3950 т/ч. В Беларуси в настоящее время максимальная мощность энергоблоков составляет 300 МВт при габаритах котлов (950 т/ч): ширина 19–24 м, длина 24–36 м, высота 42–63 м.

Энергия пара приводит во вращение ротор паровой турбины. Струя рабочего тела поступает через направляющие аппараты – сопла на криволинейные лопатки, закрепленные на окружности рабочего колеса, и, поворачиваясь, выходит из них. В процессе расширения рабочего тела (пара) в соплах потенциальная энергия переходит в кинетическую, что сопровождается увеличением скорости потока. Расширяясь в ступенях турбины, пар совершает работу. Современные паровые турбины для ТЭС – весьма совершенные, быстроходные, высокоэкономичные машины. Они многосту-

пенчаты, т.е. имеют обычно несколько десятков дисков с рабочими лопатками и такое же количество перед каждым диском групп сопел, через которые протекает струя пара. Вал, диск и рабочие лопатки вращаются совместно с большой скоростью (3000 об./мин). Давление и температура пара постепенно снижаются.

Механическая энергия вращения вала турбины передается электрогенератору, вырабатывающему электроэнергию, которая после повышения напряжения в трансформаторе направляется по линиям электропередачи к потребителю.

После паровой турбины водяной пар, имея уже низкое давление – около 0,04 бара ( $0,04 \cdot 10^7$  МПа) и температуру 25–23°C, поступает 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. Образующийся конденсат стекает в нижнюю часть конденсатора и откачивается из конденсатора конденсатным насосом, поступающая в систему подогревателей низкого давления, где подогревается паром, отбираемым из турбины, затем в деаэрактор, в котором освобождается от содержащихся газов – кислорода, углекислого и некоторых других, и дополнительно подогревается отборным паром; наконец, деаэрированная вода питательным насосом подается в систему подогревателей высокого давления, где после подогрева паром высокого давления из отборов турбины, поступает в котел.

Цикл замыкается. Потери рабочего тела компенсируются очищенной в системе водоподготовки добавочной водой. Количество охлаждающей воды должно быть в несколько десятков раз больше, чем количество конденсируемого пара. Поэтому ТЭС строят поблизости от крупных водных источников.

Продукты сгорания топлива, пройдя через газовый тракт котла (перед экономайзером температура газов составляет 500–600°C, перед воздухоподогревателем – 300–450°C) и отдав свою теплоту поверхностям нагрева котла (за воздухоподогревателем газы имеют температуру 110–160°C), поступают в систему очистки дымовых газов (золоуловители), а затем дымососом подаются в дымовую трубу и далее рассеиваются в атмосфере. Зола, уловленная в системе очистки, вместе со шлаком, образующимся в топочной камере, направляется на золоотвал.

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

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



Основным показателем энергетической эффективности электростанции является к.п.д. по отпуску электрической энергии, называемый *абсолютным электрическим коэффициентом полезного действия электростанции*.

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

Коэффициенты полезного действия химического и электрического циклов составляют около 0,9 или 90%. Коэффициент полезного действия идеального механического цикла определяется закономерностями цикла Карно и при имеющихся место в настоящее время на практике разнице температур горячего и холодного источников тепла равен 63% или 0,63. Общий коэффициент полезного действия ТЭС равен произведению коэффициентов полезного действия всех названных циклов.

Следовательно, КПД конденсационной тепловой электростанции теоретически равен:

$$\text{КПД} = 0,9 \cdot 0,63 \cdot 0,9 = 0,5.$$

Практически с учетом потерь КПД КЭС имеет меньшее значение и находится в пределах 36–39%.

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

Многим отраслям промышленности – химической, металлургической, текстильной, пищевой и др. – тепло необходимо для технологических целей. Примерно 50% добываемого топлива расходуется на тепловые нужды предприятий. Отработанный в турбинах КЭС пар имеет температуру 25–30°C и давление около 0,04 бара ( $0,04 \cdot 10^7$  МПа) и непригоден для использования в технологических целях на предприятиях. Во многих производствах требуется пар давлением 0,5–0,9 МПа, а иногда и до 2 МПа для приведения в движение прессов, паровых молотов, турбин. Иногда требуется горячая вода, нагретая до 70–150°C. Требуется горячая вода и для отопления жилых зданий.

Тепловая энергия в виде пара указанных параметров и горячей воды может производиться централизованно на ТЭЦ и в крупных котельных или децентрализованно на заводских мини-ТЭЦ и в индивидуальных котельных.

На ТЭЦ для получения пара с необходимыми потребителю параметрами используют специальные турбины с промежуточными отборами пара. В них, после того как часть энергии пара израсходуется на приведение в движение турбины и параметры его понизятся, производится отбор некоторой доли пара для потребителей. Оставшаяся доля пара обычным способом используется в турбине для приведения ее во вращение и затем поступает в конденсатор. Поскольку для части пара перепад давления оказывается меньшим, то несколько возрастает расход топлива на выработку элек-

троэнергии. Однако это увеличение в конечном счете меньше по сравнению с расходом топлива в случае отдельной выработки электрической энергии и тепла на небольших котельных. При сжигании топлива только для получения тепла, например для отопления, весь «температурный напор» примерно от  $1500^{\circ}\text{C}$  до  $100^{\circ}\text{C}$ , т.е. от температуры, получаемой при сжигании топлива, до температуры, нужной для отопления, никак не используется. Выгоднее использовать этот температурный интервал больше  $1000^{\circ}\text{C}$  для получения из тепловой энергии механической, а тепло (около  $100^{\circ}\text{C}$ ) направить на отопление. Конечно, в этом случае механической энергии при том же количестве сжигаемого топлива получится меньше за счет повышения конечной температуры примерно на  $70^{\circ}\text{C}$  (с  $30$  до  $100^{\circ}\text{C}$ ). Такое повышение необходимо для обеспечения температуры воды на нужды отопления. Горячая вода и пар под давлением до 3 МПа доставляются потребителям по трубопроводам. Совокупность трубопроводов для передачи тепла называется тепловой сетью. Передача тепла в виде пара неэкономична на расстояние более 7 км.

Централизованное теплоснабжение на базе комплексной выработки тепловой и электрической энергии обеспечивает в настоящее время основную долю потребности в тепле промышленного и жилищно-коммунального хозяйства, уменьшает расход топливно-энергетических ресурсов, а также материальных и трудовых затрат в системах теплоснабжения, имеет экологические преимущества.

Однако при максимальной централизации теплоснабжения на ТЭЦ можно выработать только 25–30% требуемой электрической энергии. Работа же конденсационных станций определяется условиями выработки электроэнергии, которую технологически и экономически возможно передавать на значительные расстояния. Это делает благоприятным концентрацию больших электрических мощностей и позволяет быстро наращивать электроэнергетический потенциал страны. Поэтому в национальной энергетической системе необходимо и целесообразно сочетание КЭС и ТЭЦ.

Нельзя не отметить, что в связи с главенствующей ролью энергосбережения в энергетической политике нашей республики весьма актуальна определенная степень децентрализации энергообеспечения экономики, в том числе промышленности. В качестве весьма энергоэффективного решения снабжения крупных производств электроэнергией и теплом рассматриваются мини-ТЭЦ.

#### **Особенности работы газотурбинных и парогазовых установок**

Широкое распространение газовые турбины получили на транспорте в качестве основных элементов авиационных двигателей, на железнодорожном транспорте – газотурболокомотивы.

**В ГТУ в качестве рабочего тела служит смесь продуктов сгорания топлива с воздухом или нагретый воздух при большом давлении и высокой температуре.**

В ГТУ осуществляются следующие преобразования:

**Тепловая энергия газов – механическая энергия вращения ротора турбины – электрическая энергия.**

По конструктивному исполнению и принципу преобразования энергии газовые турбины не отличаются от паровых. Экономичность работы газовых турбин примерно такая же, как и двигателей внутреннего сгорания, а при очень высоких температурах рабочего тела их экономичность выше. Газовые турбины более компактны, чем паровые турбины и двигатели внутреннего сгорания аналогичной мощности. При мощности 25–100 тыс. кВт КПД ГТУ составляет 27–28%, КПД зарубежных конструкций ГТУ мощностью 100 МВт достигает 31–32%. Важнейшим преимуществом газовой турбины является ее высокая маневренность: время запуска составляет 1–1,5 мин. ТЭС с газотурбинными установками более маневренна, чем паротурбинная, легко пускается, останавливается, регулируется. Это очень ценно, как мы увидим ниже, для экономичного и надежного функционирования энергетических систем. Пока мощности имеющихся газовых турбин в 5–8 раз меньше, чем паровых. Недостаток ГТУ заключается в том, что газовые турбины работают, в основном, на жидком высококалорийном топливе или на газообразном (природный газ; искусственный газ, получаемый при особом сжигании твердых топлив). Тем не менее, аналитические исследования перспективных направлений развития мировой энергетики называют ГТУ в числе наиболее прогрессивных преобразователей энергии XXI века.

Для повышения экономической эффективности использования ГТУ на ТЭС применяют **парогазовые установки – совмещение газотурбинных и паротурбинных агрегатов**. Они являются высокоманевренными и служат для покрытия пиковых нагрузок в энергосистеме.

Дело в том, что отработанные в ГТУ газы имеют высокую температуру, что неблагоприятно сказывается на КПД термодинамического цикла. Совмещение газо- и паротурбинных агрегатов так, что в них происходит совместное использование тепловой энергии, получаемой при сжигании топлива, позволяет на 8–10% повысить в целом экономичность установки, получившей название парогазовой, и снизить ее стоимость на 25%.

Парогазовая установка является бинарной, так как в ней используются два рабочих тела: пар и газ.

Возможна и схема ТЭС с парогазовой установкой – с выбросом отработанных газов в паровой котел.

## МАГНИТОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРЯМОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ

**МГД-метод и МГД-генератор.** Магнитогидродинамический метод прямого преобразования тепловой энергии в электрическую лежит в основе МГД-генератора.

Сущность МГД-метода заключается в следующем.

В результате сжигания органического топлива, например природного газа, образуются продукты сгорания. Их температура около  $2200^{\circ}\text{C}$ . При этой температуре газ становится электропроводным, переходит в плазменное состояние. Это означает, что происходит его ионизация. Плазма при такой относительно низкой температуре (низкотемпературная плазма) ионизирована лишь частично. Она состоит не только из продуктов ионизации – электрически заряженных свободных электронов и положительно заряженных ионов, но и из сохранившихся целыми, еще не подвергшихся ионизации молекул. Для того чтобы низкотемпературная плазма продуктов сгорания имела достаточную электропроводность при температуре около  $2500^{\circ}\text{C}$ , к ней добавляют присадку – легкоионизирующееся вещество (натрий, калий или цезий). Ее пары ионизируются при более низкой температуре.

В основе работы МГД-генератора лежит закон Фарадея об электромагнитной индукции: в проводнике, движущемся в магнитном поле, индуцируется электродвижущая сила (ЭДС). В МГД-генераторе роль движущегося проводника выполняет движущийся поток низкотемпературной плазмы, т.е. поток ионизированного токопроводящего газа.

**Принципиальная схема МГД-генератора:** между полюсами постоянного магнита расположен расширяющийся канал, на противоположных стенках которого размещены электроды, замкнутые на внешнюю цепь.

Плазма с небольшой добавкой легко ионизирующегося вещества при температуре около  $2200^{\circ}\text{C}$  поступает в канал МГД-генератора и за счет уменьшения ее тепловой энергии при расширении разгоняется там до скорости, близкой к звуковой и даже более высокой (до  $2000\text{ м/с}$  и более). Протекая по каналу, электропроводная плазма пересекает силовые линии специально созданного магнитного поля. Взаимодействие электрического тока текущей плазмы с магнитным потоком создает электродвижущую силу (ЭДС), тормозящую движение плазмы по каналу. Таким образом, кинетическая энергия потока плазмы превращается в электрическую энергию. На выходе температура плазмы равна примерно  $2000^{\circ}\text{C}$ . В МГД-генераторе осуществляется следующая цепь преобразований энергии:

- **тепловая энергия плазмы;**
- **кинетическая энергия потока плазмы;**
- **электрическая энергия.**

В чем же преимущества МГД-генератора?

Как известно, для увеличения КПД теплового двигателя необходимо повышать начальную температуру рабочего тела  $T$ . Но в тепловых двигателях ТЭС – паровых турбинах начальную температуру водяного пара не поднимают выше  $540^{\circ}\text{C}$ . Это объясняется тем, что наиболее ответственные элементы турбины, прежде всего рабочие лопатки, испытывают одновременно воздействие высокой температуры и большой механической нагрузки. В канале МГД-генератора вообще отсутствуют движущиеся части, поэтому материал, из которого сделаны элементы его конструкции, не испытывает сколько-нибудь значительных механических усилий. В этом состоит одно из важных преимуществ МГД-генератора. Теоретически КПД может достигать 90%, реально он составляет 50–60%.

Итак, в классическом паросиловом цикле имеют место следующие преобразования энергии: тепловая энергия, полученная при сжигании топлива, превращается во внутреннюю энергию пара в котле ( $550^{\circ}\text{C}$ ), затем в механическую энергию турбины и в электрическую энергию генератора. В магнетогидродинамическом цикле: тепловая энергия, полученная при сжигании топлива ( $2200^{\circ}\text{C}$ ), превращается в канале МГД-генератора в механическую энергию низкотемпературной плазмы и затем за счет работы против сил внешнего магнитного поля – в электрическую энергию генератора. Таким образом, цепочка преобразований энергии в МГД-методе значительно короче. Меньшее количество преобразований приводит к меньшим потерям и повышению эффективности всего цикла в целом. Экономия топлива может составить 20–25% по сравнению с традиционным циклом. КПД идеального теплового цикла Карно зависит от значений максимальной и минимальной температур рабочего тела. Максимальная температура рабочего тела в МГД-методе несравнимо выше.

На выходе из канала МГД-генератора продукты сгорания все еще имеют высокую температуру – около  $2000^{\circ}\text{C}$ . При этой температуре плазма уже недостаточно электропроводка, поэтому продолжение процесса в МГД-генераторе невыгодно. В то же время продукты сгорания на выходе из канала обладают температурой более высокой, чем в топке котла паросилового цикла. Их тепловую энергию целесообразно использовать. Эта идея реализуется в двухступенчатой установке – комбинации МГД-генератора с паросиловым циклом с парогенератором. Здесь за счет тепла, отдаваемого уходящими газами, происходит нагревание воды, образование и перегрев водяного пара. Главное преимущество МГД-электростанции – возможность получения высокого КПД – до 50–60% против 40% для лучших ТЭС.

Существует ряд технических проблем реализации эффективных МГД-электростанций:

– создание материалов для стенок и электродов МГД-каналов, которые

могли бы длительно и надежно работать при высоких температурах;  
– создание сверхпроводящей магнитной системы, охлаждаемой жидким гелием,

В перспективе рассматривается возможность использования мощных МГД-установок на АЭС. В этом случае место камеры сгорания займет атомный реактор, а рабочим телом МГД-генератора будут служить не продукты сгорания, а более легко ионизирующийся газ, например, гелий.

## **ГРАФИКИ НАГРУЗКИ И АККУМУЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГИИ**

Производство электрической и тепловой энергии на электростанциях и их потребление различными пользователями – процессы взаимосвязанные. В силу физических закономерностей **мощность потребления энергии в какой-либо момент времени должна быть равна генерируемой мощности**. В этом заключается особенность энергетического производства. К сожалению, отсутствуют возможности складирования электрической и тепловой энергии. Практическое применение известных способов аккумуляции (накопления) различных видов энергии весьма затруднительно.

В то же время работа отдельных приемников электрической и тепловой энергии неравномерна и суммарное потребление энергии также неравномерно.

Потребителю требуется электроэнергия днем больше, чем ночью, в рабочий день недели больше, чем в субботу и воскресенье, зимой больше, чем летом. **Режим потребления электрической или тепловой энергии потребителем: предприятием, районом, городом, страной – в течение определенного отрезка времени: суток, месяца, года – отражается с помощью графика нагрузки**. Соответственно, различают суточный, месячный, годовой графики нагрузки.

Итак, график нагрузки – это зависимость потребляемой мощности от времени суток, месяца, года. Графики нагрузки существенно отличаются для воскресных и рабочих дней, для зимних и летних месяцев и т.п. Графики нагрузки отдельных потребителей и в целом энергосистемы имеют неравномерный характер.

Суточный график нагрузки района или города складывается из графиков нагрузки множества отдельных потребителей и отражает изменение во времени суммарной мощности всех потребителей района или города, имеет минимумы – провалы и максимумы – пики. Значит, в одни часы суток требуется большая суммарная мощность генераторов, а в другие часть генераторов или электростанций должна быть отключена или работать с меньшей нагрузкой.

### **Примерный график потребления электроэнергии в течение зимних суток в большом городе**

Два характерных пика: утром, в 8–9 часов (подъем людей и начало рабочего дня) и вечером, в 18–19 часов (наступление темноты и возвращение с работы) – и характерный ночной провал нагрузки.

Из графиков нагрузки отдельных потребителей складывается суммарный график потребления для энергосистемы (ЭС) страны, так называемая национальная кривая нагрузки. Задача ЭС состоит в обеспечении этого графика. Количество электростанций в энергосистеме страны, их установленная мощность определяются относительно непродолжительным максимумом национальной кривой нагрузки. Это приводит к недоиспользованию оборудования при понижении нагрузки после прохождения максимума, удорожанию энергосистем, росту себестоимости вырабатываемой электроэнергии.

Кардинально изменить характер потребления электрической и тепловой энергии весьма сложно. Более того, объективно существует тенденция роста неравномерности энергопотребления в силу перспективы увеличения доли коммунально-бытовой нагрузки.

Отсюда выявляются важнейшие цели энергетического менеджмента:

- **обеспечение графиков нагрузки;**
- **выравнивание национальной кривой нагрузки.**

Более ровная форма национальной кривой нагрузки означает более эффективное использование энергетических ресурсов в масштабах всей страны, и, следовательно, более успешную реализацию энергосберегающего потенциала.

Рассмотрим возможности и пути достижения указанных целей.

Обеспечить график нагрузки означает организовать бесперебойную подачу электроэнергии в часы максимального потребления при дефиците мощности в энергосистеме, а в часы минимума потребления энергии не допускать разгрузки той части генерирующего оборудования, для которой это приводит к существенному сокращению сроков работы, иметь в энергосистеме оборудование, обладающее высокой маневренностью (газотурбинные установки, гидроаккумулирующие станции и т.п.), и энергоаккумулирующие установки.

Итак, чтобы обеспечить неравномерные графики нагрузки, электроэнергетические системы должны быть достаточно маневренными, т.е. способными быстро изменять мощность электростанций.

В промышленно развитых странах большая часть электроэнергии, около 80%, вырабатывается на ТЭС, для которых наиболее желателен равномерный график нагрузки. На агрегатах этих станций невыгодно производить регулирование мощности. Обычные паровые котлы и турбины теп-

ловых станций допускают изменение нагрузки на 10–15%. Периодические включения и отключения ТЭС не позволяют решить задачу регулирования мощности из-за большой продолжительности (часы) этих процессов. Работа крупных ТЭС в резко переменном режиме нежелательна, так как приводит к повышенному расходу топлива, износу теплосилового оборудования и снижению его надежности. Еще более нежелательны переменные режимы для АЭС. Поэтому ТЭС и АЭС работают в режиме так называемых базовых электростанций, покрывая неизменяющуюся постоянную нагрузку энергосистемы, т.е. базовую часть графика нагрузки.

Дефицит в маневренных мощностях, т.е. пиковые и полупиковые нагрузки энергосистемы покрываются ГТУ или парогазовыми установками на ТЭС, ГАЭС, ГЭС, у которых набор полной мощности от нуля можно произвести за 1–2 минуты. Регулирование мощности ГЭС производится следующим образом: когда в системе – провалы нагрузки, ГЭС работают с незначительной мощностью и вода заполняет водохранилище, при этом запасается энергия; с наступлением пиков нагрузки включаются агрегаты станции и вырабатывается энергия. Накопление энергии в водохранилищах на равнинных реках приводит к затоплению обширных территорий, что является отрицательным экологическим фактором. Целесообразно строительство ГЭС на быстрых горных реках.

В Беларуси в настоящее время осуществляется программа восстановления построенных в довоенные годы малых ГЭС, которые являются экологически чистыми возобновляемыми источниками энергии и будут способствовать обеспечению маневренности Белорусской ЭС.

**Решение задачи выравнивания национальной кривой нагрузки связано с разработкой и реализацией политики управления спросом на энергию, т.е. управления энергопотреблением. Управление спросом на энергию может осуществляться как социально-экономическими, так и техническими мероприятиями и средствами.**

Весьма действенным экономическим инструментом являются **дифференцированные тарифы (цены) на электрическую и тепловую энергию:** в периоды максимумов нагрузки тарифы выше, что стимулирует потребителей к перестройке работы с целью уменьшения потребления в часы максимума нагрузки энергосистемы. В дальнейшем будут рассмотрены и другие экономические механизмы обеспечения эффективности энергопотребления.

**Эффективной технической мерой выравнивания графиков нагрузок служит аккумулярование различных видов энергии.** Идея заключается в том, что в часы провала нагрузки следует запастись электроэнергией, а в часы максимума – использовать ее. Представляет значительный интерес идея так называемого встречного регулирования режима потребления и



способы ее практического осуществления. Суть ее состоит в том, чтобы стимулировать потребителя к максимальному потреблению в часы минимума в ЭС и к минимальному потреблению в часы максимума в ЭС.

Таким образом, можно определить 3 основных пути решения проблемы несоответствия режимов энергопроизводства и энергопотребления и, следовательно, 3 конкретных задачи энергетического менеджмента:

**1. Оптимизация структуры генерирующих мощностей, т.е. рациональный выбор числа, видов, установленной мощности электрических станций;**

**2. Разработка и использование системы социально-экономических мероприятий, стимулирующих потребителя к уменьшению потребления в часы максимумов нагрузки энергосистемы;**

**3. Разработка и внедрение способов и устройств аккумулирования энергии.**

Рассмотрим технические возможности аккумулирования различных видов энергии.

**Механические системы аккумулирования энергии:** гидро- и газоаккумулирующие станции, маховые колеса.

Небольшие реки, каких много в Беларуси, малопригодны для регулирования мощности в энергосистеме, так как они не успевают заполнить водой водохранилище. Задачу снятия пиков нагрузки могут помочь решить гидроаккумулирующие станции (ГАЭС).

Когда электрическая нагрузка в ЭС минимальна, вода из нижнего водохранилища перекачивается в верхнее, при этом потребляется электроэнергия из системы, т.е. ГАЭС работает в двигательном режиме. В режиме непродолжительных пиков – максимумов нагрузки ГАЭС работает в генераторном режиме и, расходуя запасенную в верхнем водохранилище воду, выдает электроэнергию в ЭС. Рельеф Беларуси отличается наличием естественных перепадов местности, что позволяет сооружать станции с небольшим напором 80–110 м. Для белорусской энергосистемы характерен значительный дефицит маневренной мощности, поэтому сооружение ГАЭС было бы весьма полезно.

Первые ГАЭС в начале XX в имели КПД не выше 40%, у современных его значение достигает 70–75%. На первых ГАЭС для выработки электроэнергии использовали турбины и генераторы, а для перекачки воды в верхний бассейн – электрические двигатели и насосы. Такие станции называли 4-машинными. Сокращение числа машин существенно снижает стоимость ГАЭС и открывает перспективы для их применения. Объединение функций генератора и двигателя в одной машине привело к 3-машинной компоновке станций. ГАЭС стали особенно эффективными после появления обратимых гидротурбин, выполняющих функции и тур-

бин, и насосов. Количество машин на станции в этом случае сокращается до двух, однако при 2-машинной компоновке КПД более низкий в связи с определенными трудностями технического характера.

**Идея сохранять запасенную ранее энергию в виде механической энергии сжатых газов не нова и насчитывает уже около 40 лет.** Однако ее реальное воплощение требует решения многих технических проблем. Принцип работы воздухоаккумулирующей станции состоит в следующем: «внепиковая» электрическая энергия в ЭС используется для привода компрессора, нагнетающего под давлением воздух в подземную полость (естественная пещера, заброшенная шахта или специально созданная полость); когда требуется использовать запасенную энергию, воздух под давлением направляется на ГТУ, вырабатывающую электрическую энергию и отдающую ее в сеть ЭС в период пика нагрузки. В Германии имеется опыт эксплуатации подобной электростанции, КПД воздухоаккумулирующей станции при сегодняшнем уровне техники может составлять 70%.

Идея аккумуляирования энергии в виде механической энергии сжатых газов, в частности водорода, весьма перспективна для реализации в транспортных системах. Водород – наиболее экологически чистое топливо. Во многих странах ведутся интенсивные научно-исследовательские работы по его использованию на автомобильном транспорте. Водород (H) может храниться не только в газообразной форме, но и в жидкой, а также как составная часть какого-либо химического соединения.

**Супермаховик** – это маховое колесо, которое можно разгонять до очень высокой скорости вращения, не боясь его разрыва. Запасаемая им энергия – это кинетическая энергия вращения самого колеса. Маховик соединен с валом генератора и помещен в герметичный корпус, где для уменьшения потерь от трения поддерживается вакуум. Устройство работает как генератор, когда возрастает потребление энергии в ЭС, и как электродвигатель, когда энергию целесообразно аккумулировать. К преимуществам маховиков как аккумуляторов можно отнести высокий КПД (80–90%), бесшумность работы, отсутствие загрязнения окружающей среды, быстроту зарядки и возможность размещения непосредственно вблизи потребителя. Недостатками являются трудность обеспечения высокой степени концентрации энергии, необходимость разгона маховика, значительная стоимость устройства и жесткие требования к материалу махового колеса по прочностным характеристикам из-за опасности разрушения при высоких скоростях. Разрабатываются механические системы аккумуляирования энергии на базе маховых колес для транспортных систем. В частности, созданы образцы городских автобусов.

**Электрические системы аккумуляирования:** электростатические и индуктивные системы.

Электростатическая система – емкостный накопитель принципиально представляет собой электрический конденсатор, помещенный в вакуум. При подключении его к внешнему источнику тока осуществляется зарядка конденсатора благодаря ориентации, смещению диполей диэлектрика и созданию разности потенциалов между пластинами конденсатора. Энергия аккумулируется в форме энергии однородного электрического поля конденсатора. После отключения внешнего источника конденсатор остается заряженным в течение значительного времени. Скорость утечки заряда определяется состоянием изоляции. При замыкании конденсатора на потребителя запасенная энергия выдается во внешнюю электрическую цепь.

### ВОПРОСЫ

1. Что такое энергетика?
2. Что такое топливно-энергетические ресурсы, вторичные энергетические ресурсы, нетрадиционные и возобновляемые энергетические ресурсы?
3. Что такое топливно-энергетический комплекс страны?
4. Назовите основных элемента, в совокупности образующих тепловую машину.
5. Назовите типы электростанций.
6. Опишите схему строения тепловой электростанции.
7. Дайте определение высшей теплотой сгорания топлива и низшей теплотой сгорания топлива?
8. Дайте определение условного топлива.
9. Из каких энергетических циклов состоит процесс производства электроэнергии на ТЭС?
10. Что такое абсолютный электрический коэффициент полезного действия электростанции?
11. КПД гидроэлектростанции
12. В чём отличие АЭС от ТЭС, работающей на органическом топливе.
13. Опишите основные особенности работы газотурбинных и парогазовых установок.
14. Принцип работы электростанции с МГД-генератором.
15. Что называется графиком нагрузки?
16. Основные мероприятия, направленные на выравнивание кривой нагрузки.
17. Способы аккумулирования различных видов энергии.
18. Три главные задачи энергетического менеджмента.

## ЧАСТЬ 4

### ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ

*Этапы становления белорусской электроэнергетики. Основные составляющие топливно-энергетического комплекса Республики Беларусь. ТЭК Витебской области и его роль в энергосистеме республики. Роль торфодобычи в становлении белорусской энергетики. Лукомльская ГРЭС. Белорусские гидроэлектростанции. Добыча нефти в Белоруссии. Нефтеперерабатывающая промышленность Республики Беларусь. МиниТЭЦ на местных видах топлива.*

Энергогенерирующие и топливодобывающие предприятия образуют топливно-энергетический комплекс Республики Беларусь

Энергогенерирующими предприятиями в Республике Беларусь являются тепловые ГРЭС, ТЭЦ и котельные, а также гидроэлектростанции.

#### ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**Первая электростанция.** До первой мировой войны промышленность Белоруссии представляла собой мелкие кустарные и полукустарные предприятия по переработке местного сырья. Более крупные промышленные предприятия были расположены в губернских городах. На предприятиях в качестве движущей силы применялись мелкие локомобильные и дизельные установки с механическим приводом станочного оборудования.

Первые небольшие коммунальные электростанции постоянного тока появились в конце прошлого столетия в губернских городах и использовались главным образом для электрического освещения и только в отдельных случаях – для питания силовой нагрузки промышленных предприятий и городского транспорта.

11 ноября 1897 года в Витебске, на улице Задуновской (ныне проспект им. Фрунзе), была введена электростанция мощностью 425 кВт. По центральным улицам была проложена трамвайная линия общей протяженностью 5 км. Решение о строительстве первенца энергетики, называлась станция – «машинное и котельное здание», было принято городской управой 20 мая 1897 года. Идею и финансирование осуществил француз Фернан Гильон. Технически исполнил замысел инженер Розенталь. Из-за границы привезли паровые котлы и машины – и электростанция дала ток. 18 июня 1898 года в городе Витебске был пушен в то время первый в Белоруссии трамвай. По улицам города начали своё движение 33 трамвая. Была освещена часть Николаевской соборной площади, Запсковая, Театральная улицы, некоторые здания общественного значения. Этим было по-

ложено начало энергетики города Витебска и области. На некоторых крупных предприятиях были построены свои фабрично-заводские электростанции. Первая электростанция 33 года служила Витебску и вошла в историю стартовой площадкой большой энергетики республики. Спустя годы ее преемницей стала Витебская теплоэлектростанция.

В ноябре 2005 года в Витебске на здании Литературного музея по проспекту Фрунзе появилась мемориальная доска с надписью: «В 1897 году в этом здании находилась первая электростанция мощностью 425 кВт».

**Создание единой энергосистемы.** В 1927 году решением Совета труда и обороны по плану ГОЭЛРО началось сооружение первой в Белоруссии районной электростанции (БелГРЭС) на базе торфомассива «Осинторф».

5 сентября 1928 г. техническая комиссия Виткомтреста по подготовке потребителей для приема электроэнергии от Осинстроя приняла решение о строительстве электрических сетей в городе Витебске. 28–29 ноября этого же года был утвержден проект электрификации города.

8 ноября 1930 г. была введена первая очередь БелГРЭС мощностью 10 тыс. кВт. Ко времени пуска БелГРЭС была построена линия электропередачи напряжением 110 кВ БелГРЭС – Витебск. В городе Витебске была сооружена подстанция 110/6кВ «Восточная» (ныне «Северная»), проложено 31 км кабельных линий 6кВ, построено 48 кирпичных понизительных трансформаторных подстанций, к которым были подключены городской трамвай, фабрики, заводы и бытовые потребители.

Сооружение БелГРЭС имело огромное значение для развития народного хозяйства Белоруссии. В Витебске, в течение первой пятилетки, используя мощную энергетическую базу БелГРЭС, были построены: швейная фабрика «Знамя индустриализации» (одна из 518 крупнейших в первой пятилетке новостроек СССР), чулочно-трикотажная фабрика имени КИМ, картонная фабрика, щетинно-щеточный комбинат, элеватор; заводы: маслобойный, два кирпичных, изразцовый, известковый.

**Электроэнергетика Республики Беларусь: современное состояние.** Основную часть электроэнергии в Республике Беларусь вырабатывают крупные электростанции, самая мощная из них Лукомльская ГРЭС. Среди ТЭЦ самыми мощными является Минская ТЭЦ-4 и Новополоцкая ТЭЦ. Одной из характерных особенностей энергетики Беларуси является высокая степень концентрации энергогенерирующих мощностей. Так 11 крупнейших тепловых электростанций нашей республики (табл. 4.1) вырабатывают 95% общего объема электроэнергии. Другой характерной особенностью является примерно равная доля электроэнергии вырабатываемой на ТЭЦ и ГРЭС. Электростанции, трансформаторные подстанции объединены между собой линиями электропередач в единую энергосистему, сформированную в 1960-х гг. В эти годы белорусская энергосистема была соединена с энергосистемами России, Украины, Литвы, а через Польшу – с единой энергосистемой стран Восточной Европы «Мир», кото-

рая через линии электропередач связана с энергосистемами соседних стран.

Таблица 4.1

### Крупнейшие ТЭС Республики Беларусь

№ п/п	ТЭС	Мощность (МВт)
1.	Лукомльская ГРЭС	2500
2.	Берёзовская ГРЭС	950
3.	Минская ТЭЦ-4	900
4.	Новополоцкая ТЭЦ	505
5.	Минская ТЭЦ -3	395
6.	Гомельская ТЭЦ -2	360
7.	Могилёвская ТЭЦ -2	345
8.	Светлогорская ТЭЦ	270
9.	Мозырьская ТЭЦ	200
10.	Бобруйская ТЭЦ -2	180
11.	Гродненская ТЭЦ -2	170

#### Лукомльская ГРЭС: история создания и современное состояние

Флагманом электроэнергетики республики называют ордена «Знак почета» Лукомльскую ГРЭС имени 50-летия СССР.

Лукомльская ГРЭС – самая крупная тепловая электростанция в составе Белорусской энергетической системы. Расположена на берегу Лукомльского озера, около г. Новолукомля Чашникского района Витебской области.

Одной из первых знаменательных дат в истории стройки было 15 декабря 1966 года. В торжественной обстановке состоялась закладка фундамента здания главного корпуса ГРЭС, под которой была заложена памятная плита с надписью: «БССР. Лукомльская ГРЭС, 15 декабря 1966 года, г. Новолукомль».

Главный корпус выполнен из сборного железобетона, трехпролетный (пролет машинного зала – 45 метров). Работают химводоочистка производительностью 350 тонн воды в час, комплекс очистных сооружений предотвращает загрязнение окружающей среды сбросными водами.

Основным топливом является газ, резервным – мазут. В топливное хозяйство входят мазутные резервуары емкостью по 10 тыс. м<sup>3</sup>, приемосливные устройства и мазутонасосные станции.

Система технического водоснабжения оборотная, с использованием воды Лукомльского озера в качестве естественного охладителя с открытым земляным подводным каналом длиной около 3800 м.

Выдача электрической мощности производится с открытого распределительного устройства, с которым энергоблоки станции соединены через трансформаторы мощностью 400 МВА.

А окончательное сходство с могучим флагманским кораблем доверяют три дымовые трубы высотой по 250 м каждая.

### Основные даты в истории строительства Лукомльской ГРЭС

Дата	Событие
Февраль 1962 г.	Принято постановление ЦК КПБ и Совета Министров БССР о размещении строительства Новобелорусской ГРЭС на восточном берегу озера Лукомльское
Декабрь 1965 г.	Поселок энергетиков преобразован в городской поселок Новолукомль
Март 1966 г.	Началось строительство первого промышленного объекта – объединенного вспомогательного корпуса ГРЭС
Декабрь 1969 г.	Выведен на рабочий режим и дал ток в энергосистему первый энергоблок мощностью 300 тысяч киловатт
Апрель 1970 г.	Первый энергоблок вышел на проектную мощность
Декабрь 1970 г.	Введен в эксплуатацию третий блок
Сентябрь 1971 г.	Завершилось строительство первой очереди Лукомльской ГРЭС. Мощность станции достигла 1200 тысяч киловатт
Август 1974 г.	Полностью окончено сооружение ГРЭС мощностью 2400 тыс. кВт

В 1970–1980 годах Лукомльская ГРЭС была одной из самых современных электростанций Министерства энергетики и электрификации СССР с высокой культурой производства, неоднократно занимала первые места на ВДНХ, была отмечена многими правительственными наградами.

В настоящее время Лукомльская ГРЭС является крупнейшей электростанцией Беларуси потребляющей более 3 миллионов тонн условного топлива ежегодно. Раньше Лукомльская ГРЭС работала на топочном мазуте Новополоцкого нефтеперерабатывающего завода, сейчас котлы станции переведены на сжигание более дешевого и экологически чистого топлива – природного газа.

Установленная проектная мощность станции составляет около 32% от мощности всей Белорусской энергосистемы, а фактически ГРЭС дает в

летнее время около 60% электроэнергии, производимой в Беларуси. На станции установлено 8 энергоблоков мощностью 300 МВт каждый.

Без значимых капитальных вложений, за счет проведения работ по техническому перевооружению мощность каждого энергоблока увеличивается на 10%, и, таким образом, располагаемая мощность электростанции фактически составляет 2640 МВт. Образно говоря, почти бесплатно получен новый, девятый энергоблок мощностью 240 тыс. кВт.

Одно из достижений Лукомльской ГРЭС – введение в строй в мае нынешнего года первой в республике детандер – генераторной установки мощностью 5 МВт. Тем самым положено начало развитию нового направления в рациональном использовании природного газа – за счет энергии, которая высвобождается от преобразования газа высокого давления на газ пониженного давления.

Проведена большая работа по увеличению экономичности оборудования. Это позволило снизить удельный расход топлива на отпуск энергии ниже расчетной величины.

В настоящее время среди станций СНГ с аналогичным оборудованием Лукомльская ГРЭС занимает по экономичности одно из первых мест.

**Лукомльская ГРЭС – основа энергетической безопасности Беларуси.** С момента пуска станции прошло более 30 лет, оборудование неизбежно стареет, и в настоящее время износ большинства узлов составил 100%. Настало время решать, что делать с крупнейшим производителем энергии. Лучшим вариантом была бы полная модернизация с применением более экономичного парогазового оборудования, образцом которой является энергоблок Оршанской ТЭЦ. Однако такая модернизация потребует весьма значительных средств, а в республике имеются станции с более старым и неэкономичным оборудованием, модернизация которых должна быть проведена в первую очередь.

Было также мнение, что можно вообще остановить Лукомльскую ГРЭС и покупать более дешевую энергию от атомных станций Литвы и России, что якобы при существующем уровне цен на экспортную энергию несколько выгоднее. Однако при этом не надо забывать, что республика попадет в полную зависимость от экспортеров энергии, которые в дальнейшем могут диктовать свои, более высокие цены. Остановка Лукомльской ГРЭС неизбежно приведет к увольнению части высококвалифицированного персонала, на подготовку которого потребуются многие годы. Все эти факторы входят в понятие энергетической безопасности государства.

Вопросы энергетической безопасности Республики Беларусь обсуждались на проведенном в 2001 году на Лукомльской ГРЭС совещании под руководством Президента Республики Беларусь А.Г. Лукашенко. Была принята программа модернизации на перспективу до 2010 года. Основное внимание уделено замене изношенных узлов оборудования блоков на новые, более экономичные.



В 2004 году произведена модернизация турбины № 3, что позволило сэкономить в целом по станции 11408 тонн условного топлива. Мощность станции была увеличена на 12 МВт. Возросла максимальная производительность котлов, надежность и экономичность оборудования.

На очереди – модернизация блоков №№ 1, 2, 4. До 2010 года будут модернизированы и оставшиеся энергоблоки. В дальнейшем основным направлением реконструкции станции будет являться внедрение парогазовых надстроек к действующему оборудованию.

**Экологическая лаборатория ГРЭС.** Еще один важный момент в работе станции – экологический мониторинг, охрана окружающей среды. Экологическая лаборатория ГРЭС в марте 2002 года получила аккредитацию на техническую компетентность проведения испытаний по поверхностным и сточным водам, а в ноябре 2004 – аккредитацию в соответствии с требованиями европейских стандартов СТБ ИСО/МЭК 17025. Она зарегистрирована Министерством природных ресурсов РБ на право проведения испытаний в области охраны окружающей среды. Лукомльская ГРЭС включена в Перечень юридических лиц, осуществляющих проведение локального мониторинга в составе Национальной системы локального мониторинга окружающей среды Республики Беларусь.

Европейскую аккредитацию на техническую компетентность имеет и структурное подразделение химического цеха – лаборатория по анализу топлива, масел и газов. Это позволило расширить объем, испытательную базу, внедрить новые методы контроля, достигнуть высокого уровня лабораторных испытаний, повысить квалификацию работников, получать объективную, достоверную информацию как залог обеспечения безопасности, надежности, безаварийности и экономичности работы оборудования станции. Сегодня можно с уверенностью говорить о том, что Лукомльская ГРЭС – основа не только энергетической, но и экологической безопасности региона.

**Мини-ТЭЦ в Верхнедвинске.** В конце 2005 года вступила в строй первая очередь мини-ТЭЦ на местных видах топлива в Верхнедвинске с электрической мощностью 0,5 МВт.

Вторую очередь мини-ТЭЦ предполагается сдать в 2006 году. Ее электрическая мощность составит 1,5 МВт. Для этого будут закуплены 2 котла производительностью 10 т пара в час каждый и турбогенератор.

После запуска мощность теплоэлектроцентрали в Верхнедвинске составит 2 МВт, что позволит отапливать весь город. В качестве топлива для нее предполагается использовать в основном щепу. Специально для этого построен цех топливоподготовки, где уже установлено оборудование по переработке древесины. На сегодняшний день уже заготовлено 600 куб. м. Как резервный вид топлива планируется использовать мазут.

Реализация этого проекта общей стоимостью порядка 7 млрд. белорусских рублей позволит заменить импортируемый мазут местными ресурсами в объеме порядка 9,5 тыс. т условного топлива в год. Экономия средств при этом превысит \$ 900 тыс.

**Планы строительства АЭС.** Решить энергетическую проблему возможно и путем развития атомной энергетики в Беларуси.

Роль источника тепла на атомных электростанциях (АЭС) играет ядерный реактор, теплота в котором выделяется в результате деления ядерного топлива. Однако использование атомной энергии имеет свои преимущества и недостатки.

***Преимущества:***

- ядерное топливо обладает высокой теплотворной способностью. При делении одного грамма урана выделяется энергия равная 2000 кВт-ч. Для получения такого количества энергии нужно сжечь более 2000 кг угля. В связи с этим при эксплуатации АЭС расходы по доставке и транспортировке топлива сведены к минимуму;
- для АЭС основным фактором радиационной опасности является внешнее ионизирующее излучение. Однако с точки зрения радиационного загрязнения окружающей среды АЭС – более чистые по сравнению с угольными электростанциями: в угле содержатся естественные радиоактивные элементы – радий, торий, уран, полоний и др., которые вместе с золой выбрасываются в атмосферу (пылеугольная ТЭС мощностью 1200 МВт. потребляя 3,4 млн. т угля в год, выбрасывает в атмосферу ежегодно 130 тыс. т золы). Их активность составляет 100 мбэр/год, для АЭС аналогичной мощности величина радиоактивных выбросов – 0,5–1 мбэр/год.

***Недостатки:***

- образуются жидкие, газообразные, аэрозольные и твердые радиоактивные отходы в процессе работы ядерного реактора. Присутствие в этих отходах долгоживущих изотопов продолжительное время сохраняет их активность на достаточно высоком уровне. Поэтому АЭС является потенциальным источником радиоактивной опасности для обслуживающего персонала, а также окружающего населения, что повышает требования к надежности и безопасности ее эксплуатации;
- при эксплуатации АЭС возникает необходимость контроля за образованием радиоактивных отходов, а перед поступлением их во внешнюю среду необходимо устанавливать многобарьерные системы фильтров и защитных устройств;
- захоронение образовавшихся твердых отходов необходимо осуществлять в специальных траншеях, где обеспечивается полный радиоактивный распад вне контакта с биосферой. Твердыми отходами являются детали загрязненного радиоактивными веществами демонтированного оборудования, отработанные фильтры для очистки воздуха, сорбенты, спецодежда, мусор;
- радиоактивные воды АЭС необходимо перерабатывать с помощью специальных водоочисток (принцип работы – испарение воды, осаждение твердой фазы и ионный обмен), и образующиеся концентраты и растворы реагентов направлять в специальное хранилище жидких отходов.
- газовые и аэрозольные отходы необходимо подвергать очистке на многоступенчатых фильтрах, выдержке в очистных устройствах;

– перед захоронением отходы необходимо подвергать отверждению (битумировать и остекловывать) для связывания радиоактивных веществ. Последующее хранение должно производиться в герметических железобетонных емкостях или металлических контейнерах.

Для оценки целесообразности развития атомной энергетики распоряжением Премьер-министра Республики Беларусь была создана комиссия, в выводах которой сказано, что в течение ближайших 10 лет нецелесообразно начинать строительство атомной станции, но необходимо продолжить работы по подготовке к развитию атомной энергетики в Республике Беларусь.

Сроки строительства АЭС будут определяться Правительством Республики Беларусь с учетом технических, экологических, социальных и экономических предпосылок.

**Белорусские гидроэлектростанции.** К концу 1960-х гг. в Беларуси эксплуатировалось около 180 малых ГЭС (МГЭС) общей мощностью 21 МВт. К концу 1960-х годов было завершено создание единой электросети, поэтому малые ГЭС потеряли свое значение и вследствие значительного износа оборудования практически все были выведены из работы, а затем законсервированы или демонтированы.

Однако в 1984–1985 гг. по указанию бывшего Минэнерго СССР эти гидроэлектростанции были обследованы специалистами института «Гидропроект» и даны рекомендации о целесообразности восстановления части этих ГЭС.

Работы по восстановлению МГЭС уже начаты. В 1992–2003 годах в республике восстановлены 15 МГЭС, крупнейшие из них:

- Добромыслянская (Витебская обл.) – 200 кВт;
- Гонолес (Минская обл.) – 250 кВт;
- Войтощизненская (Гродненская обл.) – 150 кВт;
- Жемыславльская (Гродненская обл.) – 160 кВт;
- 1-я очередь Вилейской ГЭС (Минская обл.) – 900 кВт;
- Богинская (Витебская обл.) – 300 кВт;
- Ольховка (Гродненская обл.) – 100 кВт;
- Тетеринская (Могилевская обл.) – 600 кВт.

Спустя почти полвека на реке Улла восстановлена Лепельская ГЭС, строительство которой было начато в 1953 году. На Лепельской ГЭС, шестой по счету реконструированной на Витебщине, капитально отремонтированы здание и гидротехнические сооружения, установлены две турбины мощностью 320 киловатт в час, другое современное оборудование, которое сможет обслуживать всего один человек. Вырабатываемой энергии достаточно, чтобы обеспечить две тысячи семей лепельчан на протяжении года.

До 2015 года в Беларуси необходимо построить каскад из 4 ГЭС на р. Западная Двина со строительством ГЭС в районе Витебска, Бешенковичей и Полоцка и еще одной ниже по течению с общей установленной мощностью 132 МВт и ежегодной выработкой электроэнергии 530 млн. кВт/ч. Требуемые капитальные вложения для реализации этого проекта состав-

ляют около 120 млн. долларов США. Аналогичный проект разработан и для р. Неман со строительством ГЭС в районе г. Гродно и д. Немново с общей установленной мощностью каскада 45 МВт и ежегодной выработкой электроэнергии 180 млн кВт-ч. Этот проект требует около 40 млн. долларов США капитальных вложений.

**Выработка тепловой энергии.** Потребителей тепла в Беларуси обеспечивают энергией кроме тепловых электростанций (ТЭС), районные котельные, вырабатывающие около 57% от её общего количества. Работают также несколько тысяч малых котельных, которые имеют низкие технико-экономические характеристики.

## ТОПЛИВНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ БЕЛАРУСИ

Топливная промышленность представляет собой совокупность отраслей промышленности по добыче и переработке разных видов топлива. В год Беларуси используется почти 35 млн. т условного топлива (т у. т.).

Топливная промышленность Беларуси включает добычу торфа, выработку торфобрикетов, добычу нефти и попутного газа, переработку нефти. Собственных ТЭС Беларуси не хватает, в настоящее время развитие топливной промышленности в Беларуси базируется на импортируемых ресурсах с использованием местных видов топлива.

Да 1970-х годов главным видом топлива на электростанциях Беларуси были торф и уголь. Свыше 100 лет ведётся в Беларуси промышленная добыча торфа, на 1960–1966 гг. приходится максимум торфодобычи. В это время практически вся энергетика Беларуси базировалась на торфе. Во всех областях работали торфобрикетные заводы, больше всех торфобрикетных заводов находились в Витебской и Минской областях, где имеются крупнейшие запасы торфа.

В настоящее время сформированная в республике в годы первых пятилеток торфяная промышленность утратила свое господствующее положение. Возникновение в начале 1960-х гг. нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, развитие газификации привели к значительному изменению структуры топливно-энергетического баланса Беларуси.

Основными видами топлива, используемого в республике, являются газ и мазут (таблицы: 4.2, 4.3). Они будут преобладать и в прогнозном периоде до 2020 года. Причем главным ресурсом будет природный газ. Природный газ Беларусь получает из России по газопроводу Таржок – Минск – Иванцевичи. Производимый в республике мазут из местной нефти или поставляемой из-за рубежа будет рассматриваться как резервное топливо для электроэнергетики. Добываемый торф перерабатывается в торфобрикеты или торфо-угольные брикеты и используется в качестве коммунально-бытового топлива.

**Потребление котельно-печного топлива  
в Республике Беларусь (млн. т у.т.)**

<b>Импортируемые виды топлива</b>	<b>1995 г.</b>	<b>1997 г.</b>	<b>1999 г.</b>	<b>2001 г.</b>
Газ природный	15,92	18,70	19,00	20,00
Мазут топочный	5,89	3,80	3,50	3,30
Топливо печное бытовое	0,26	0,24	0,18	0,15
Уголь (включая кокс)	0,90	0,65	0,45	0,30
Прочие	0,75	0,12	0,05	0,02
<b>ВСЕГО</b>	<b>23,72</b>	<b>23,51</b>	<b>23,18</b>	<b>23,77</b>
<b>Местные виды топлива и отходы</b>				
Мазут	1,20	1,27	1,27	1,21
Дрова топливные	0,56	0,88	1,48	2,10
Газ (нефтепереработка)	0,60	0,64	0,64	0,64
Торф и торфобрикеты	1,04	0,92	1,00	1,00
Отходы производства и ВЭР	0,80	0,68	1,02	1,28
<b>ВСЕГО</b>	<b>4,20</b>	<b>4,39</b>	<b>5,41</b>	<b>6,23</b>
<b>Доля импортируемых видов топлива в об- щем потреблении (в процентах)</b>	<b>85%</b>	<b>85%</b>	<b>81%</b>	<b>79%</b>

**Нефтеперерабатывающая промышленность.** В топливной промышленности Беларуси среди предприятий по добыче и переработке нефти и торфа доминируют нефтеперерабатывающие предприятия.

Нефтеперерабатывающая промышленность представлена Новополоцким производственным объединением «Нафтан» и акционерным обществом «Мозырский НПЗ». Они специализируются на выпуске моторного и котельного топлива, масел, продуктов для химической и нефтехимической промышленности, имеют довольно сложную топливно-масляную и химическую схему переработки нефти современными установками большой мощности, позволяющими ежегодно перегонять более 40 млн. т. нефти. Нефть для переработки поступает по ответвлению магистрального нефтепровода «Дружба» с Поволжья и Западной Сибири. Небольшую долю сырья составляет белорусская нефть.

**Потенциал местных ТЭР Республики Беларусь (млн. т у. т.)**

Вид источника энергии	Общий потенциал	Технически возможный потенциал
Нефть	525,00	94,0
Торф	1760,0	124,0
Древесно-растительная масса	4,0/год	3,0/год
Отходы гидролизного производства (лигнин)	1,0	0,6
Твердые бытовые отходы	0,52/год	0,2/год
Бурый уголь	1760,00	36,0
Горючие сланцы	2420,0	792,0
Гидроэнергия	1,8/год	1,2/год
Энергия ветра	0,03/год	0,02/год
Энергия Солнца	2,70 10 <sup>9</sup> /год	0,6/год
Энергия сжатого природного газа	0,1	0,085
Растительная масса (солома, костра)	1,52/год	0,5/год

Нефтеперерабатывающий завод «Нафтан» создан в 1958 году и преобразован в ОАО в конце 2002 года. Государству принадлежит 99,8% акций, коллективу предприятия – 0,2%. В 2004 году «Нафтан» переработал 8,818 млн. т нефти. Глубина ее переработки составляет 71,6% против 59% в 1997 году, общая рентабельность составила около 30%. В настоящее время предприятие экспортирует около 70% своей продукции (в основном дизельное топливо). До конца 2008 года ОАО «Нафтан» планирует освоить производство бензина, соответствующего стандарту Евро-4.

Перерабатывается нефти в Беларуси на душу населения вдвое больше, чем в среднем по СНГ. Мощности Новополоцкого и Мозырского нефтеперерабатывающих заводов дают возможность не только полностью удовлетворять потребности Беларуси в основных видах нефтепродуктов, но и значительную часть их поставлять в другие страны.

Источником получения энергии должно стать использование нетрадиционных видов топлива и энергии ветровой, биогаза, полученного в результате переработки отходов на крупных животноводческих комплексах.

Биомасса – наиболее перспективный и значительный возобновляемый источник энергии в республике.

Весьма многообещающе для Беларуси использование в качестве биомассы отходов животноводческих ферм и комплексов. Получение из них биогаза может составить около 890 млн.м<sup>3</sup> в год, что эквивалентно 160 тыс. т у. т. Энергосодержание 1 м<sup>3</sup> биогаза (60–75% метана, 30–40%

углекислого газа, 1,5% сероводорода) составляет 22,3 МДж, что эквивалентно 0,5 м<sup>3</sup> очищенного природного газа, 0,5 кг дизельного топлива, 0,76 кг условного топлива. Сдерживающим фактором развития биогазовых установок в республике являются продолжительные зимы, большая металлоемкость установок, неполная обеззараженность органических удобрений. Важным условием реализации потенциала биомассы является создание соответствующей инфраструктуры – от заготовки, сбора сырья до доставки конечной продукции потребителю. Биоэнергоустановку рассматривают, в первую очередь, как установку для производства органических удобрений и, попутно, – для получения биотоплива, позволяющего получить тепловую и электрическую энергию.

**Добыча нефти в Республике Беларусь.** Добычу нефти в Беларуси начали в 1965 году. За прошедшее время открыто 64 месторождения. Основные месторождения нефти в Беларуси находятся в Гомельской области.

В настоящее время запасы нефти в разведанных залежах насчитывают около 80 миллионов тонн нефти. По некоторым оценкам это примерно половина изначальных белорусских запасов.

Промышленная разработка крупнейшего Речицкого месторождения нефти началась через 7 месяцев после его открытия, а через три года нефтяники получили первый миллион тонн белорусской нефти. И уже в 1972 г. добыча ее в Беларуси составила около 6 млн. т, в 1975 г. – 8 млн. т (превзойдя добычу в таких странах, как Индия, Германия, Турция и др.). С 1997 г. и по сегодняшний день в республике добывается в среднем 1,8 млн. т. в год, что покрывает внутренние потребности в нефтепродуктах на 12%. Эксплуатационный фонд ПО «Беларуснефть» включает 544 скважины, ежегодные объемы бурения порядка 65 тыс. м обеспечивают прирост промышленных запасов нефти в объеме 500–510 тыс. т, что компенсирует добычу менее, чем наполовину.

Горячая «Южно-Стасьевская» нефть фонтанирует из глубины 4300 метров, под давлением 490 атмосфер, а ее температура составляет 98° С. Постепенно давление будет падать, придется спускать насосы. Когда перестанут справляться и они, для создания давления внутрь будут нагнетать воду. Ожидается, что запасов нефти в Беларуси хватит на 20–25 лет.

Крупные месторождения, открытые первыми, большей частью исчерпаны. Речицкое, Осташковичское, Южно-Осташковичское имели запасы около 30 миллионов тонн. Сейчас они выработаны на 80%. По былой отдаче одно старое месторождение соответствует десятку новых. Бурить приходится все глубже, а средств затрачивать все больше. Усложнение горно-геологических условий нефтедобычи (увеличение глубин залегания, сложное построение, незначительные размеры месторождения нефти) потребовало от нефтяников применение нового высокопроизводительного нефтедобывающего оборудования, новых технологий воздействия на нефтяные пласты, автоматизации производственных процессов, что позволило сохранить себестоимость добычи одной тонны нефти, а также снизить

стоимость одного метра проходки при бурении на 13%. Пока белорусская нефть рентабельна – при мировых ценах на нефть 110–140 долларов ее себестоимость составляла в среднем около 30 долларов за тонну.

В будущем с учетом разведанных промышленных запасов нефти, технико-экономических показателей в ее добыче произойдет снижение объемов до 1,1 млн. т в год. Такие объемы добычи нефти позволяют обеспечить потребности хозяйства Беларуси не более чем на 10%.

## ТЭК ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ. ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕСТНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Таблица 4.4

### Показатели работы ТЭК Витебской области

	1990	1995	2000	2002	2003	2004
Электроэнергия, млн. кВт.ч	17510	11578	13012	12171	11591	13490
Торф топливный, тыс.т	385	395	208	275	131	174
Первичная переработка нефти, млн. т	23,5	7,4	7,2	7,7	8,2	8,8
Бензин, тыс.т	2913	980	1021	1051	1158	1235
Керосин осветительный, тыс.т	243,2	14,5	35,0	6,7	4,7	2,5
Дизельное топливо, млн. т	4,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,0
Нефтебитум, тыс. т	1132	287	248	187	206	124
Вывозка древесины, тыс. м <sup>3</sup>	1323	1219	1427	1556	1660	1803

**Топливный баланс ЖКХ Витебской области.** Опыт многих развитых стран по использованию древесного топлива, в том числе Швеции, Финляндии, показывает, что этот вид энергоресурсов ни по каким параметрам не уступает традиционным видам ископаемого топлива, а по ряду важных характеристик (в первую очередь экологических) превосходит их. Наибольшим потенциалом применения древесного топлива в Витебской области обладают структуры жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ).

В 2003 году доля местных видов топлива (МВТ) в топливном балансе ЖКХ составила 12,4%. В 2004 году решением Президиума Совета Министров Республики Беларусь от 24 февраля 2004 года поставлена задача довести использование МВТ до 25% от суммарного потребления топлива на цели теплоснабжения, а в 2005 году – до 35%.

Для выполнения этой задачи областным управлением ЖКХ разработана и утверждена распоряжением облисполкома «Программа по использованию в организациях жилищно-коммунальных хозяйств Витебской области местных видов топлива в 2004–2005 гг.». В программе предусмотре-



но в 2004 г. заменить 22 неэкономичных, физически изношенных котла с одновременным их переводом на местный вид топлива, дополнительно установить 50 котлов на МВт в котельных, работающих на мазуте и газе, а также строительство мини-ТЭЦ на древесном топливе в г. Верхнедвинске.

**Мини-ТЭЦ на древесном топливе в г. Верхнедвинске.** Верхнедвинск расположен в районе впадения реки Дрисса в Западную Двину. В городе проживает около 8 тыс. человек. Теплоснабжение города осуществляется в основном от двух котельных ЖКХ – «Центральной» и «Гейженово», выработавших в отопительный период 2002–2003 гг. тепловой энергии 25,5 тыс. Гкал и 5,7 тыс. Гкал соответственно. На выработку этого количества тепловой энергии было затрачено 4055 т мазута (5555 у. т). Себестоимость 1 Гкал в этот период составила от 44170 рублей в январе месяце (минимум) до 68057 рублей в апреле (максимум).

Стоимость 1 Гкал отпускаемой тепловой энергии в апреле 2003 г. составляла:

- для населения (без НДС) – 19201 рубль;
- для бюджетных организаций – 125678 рублей;
- для хозяйственных организаций – 139127 рублей.

Использование местных видов топлива в топливно-энергетическом балансе ЖКХ района составляет всего 10–11%, что делает строительство мини-ТЭЦ на древесном топливе актуальной задачей.

В первоначальном варианте предполагалось осуществить теплоснабжение от мини-ТЭЦ только части г. Верхнедвинска – поселка Гейженово, с установленной электрической мощностью 0,3 МВт. Однако это проект имел недостаток – большой срок окупаемости, в результате чего был принят вариант строительства мини-ТЭЦ для обеспечения теплоснабжения всего г. Верхнедвинска от единого теплоисточника с установленной электрической мощностью 2 МВт.

Календарным графиком предусматривается два этапа реализации этого проекта.

На первом этапе планируется приобретение лесозаготовительного оборудования, строительства цеха подготовки топлива в полном объеме, приобретение и монтаж котлоагрегатов и турбогенератора мощностью 0,5 МВт. На втором этапе – приобретение и установка дополнительно двух котлоагрегатов, турбогенератора мощностью 1,5 МВт, вспомогательного и лесозаготовительного оборудования.

Необходимо также смонтировать теплотрассу значительной протяженности для закольцовки всей схемы теплоснабжения города.

Отличительной особенностью проекта является комплексное решение проблемы заготовки, доставки, хранения и подготовки к сжиганию древесного топлива. С этой целью предусмотрено создание механизированного отряда, имеющего в своем распоряжении автомобиль МАЗ, тракторы МТЗ-82, рубительные машины, лесовозные полуприцепы ПАВ-9М с гидроманипуляторами ГМ-44Т, прицепы ПС-30 и 2ПИС-9, бензопилы «Хускварна» и другое оборудование.

На самой мини-ТЭЦ предусмотрены навесы для накопления и хранения дров, комплекс оборудования для подготовки щепы, механизированная подача щепы в топку котлоагрегатов.

В 2005 году планируется начать строительство мини-ТЭЦ в г.п. Россоны, по завершению которого Россонский район полностью исключит потребление импортируемого топлива для целей теплоснабжения.

В рамках реализации программы по использованию местного вида топлива в системе ЖКХ в Витебской области на 10 сентября 2004 года было внедрено 57 котлов для работы на МВТ.

**Опыт работы СП ЗАО «Интерфорест» г. Новополоцк.** В этом контексте интересен опыт СП ЗАО «Интерфорест», расположенного в г. Новополоцке. Предприятие специализируется на изготовлении высококачественной, соответствующей европейским стандартам продукции из дерева.

На производственные и бытовые нужды предприятию требуется тепловой энергии порядка 9000 Гкал в год, и эта потребность будет значительно расти. Проблема обеспечения тепловой энергией была решена на предприятии путем строительства собственной котельной с двумя котлами KIV-1500 производства Словении. Котлы работают на собственных отходах деревообработки, которые пневмотранспортом подаются в два накопителя (вне помещения), где отделяются от транспортирующего теплого воздуха, который снова подается в цех. Из накопителей отходы попадают в расходные бункеры, расположенные в котельной, откуда шнековыми механизмами подаются в котлы, оборудованные автоматикой и управляемые компьютером.

Отходящие газы проходят через мультициклоны, которые очищают их от твердых частиц. В результате на выходе из дымовой трубы газы соответствуют санитарным нормам. В накопителе мультициклона за месяц работы собрался минимальный объем сажи. В золоудалителе – минимальный объем золы, что свидетельствует о высоком качестве работы котла.

Технически обоснованные нормы расхода ТЭР на котельной, выполненные расчетно-аналитическим путем специалистами БелТЭИ, составляют:

- по топливу – 182, 2 кг у т. /Гкал,
- по электроэнергии- 12,87 кВт-ч/Гкал.

Котельная работает полностью в автоматическом режиме без присутствия операторов. В цехе имеется оборудование для брикетирования древесных отходов. Предприятие намерено брикетировать излишки отходов собственного производства и отходы других предприятий и поставлять брикеты на продажу.

## ВОПРОСЫ

1. История белорусской электроэнергетики.
2. Лукомльская ГРЭС.
3. ТЭК Республики Беларусь.
4. Основные виды ТЭР, используемых в народном хозяйстве Беларуси.
5. Добыча нефти в Республике Беларусь.
6. Белорусская нефтеперерабатывающая промышленность.
7. Значение ТЭК Витебской области в энергосистеме Республики Беларусь.

## ЧАСТЬ 5

# ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ БАЗА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

*Нормативно-правовая база энергосбережения. Закон Республики Беларусь «Об энергосбережении» – основные понятия. Субъекты отношений в сфере энергосбережения. Основные принципы государственного управления в сфере энергосбережения. Программы энергосбережения. Государственный надзор за рациональным использованием топливно-энергетических ресурсов. Образование и подготовка кадров для сферы энергосбережения. Экономическое стимулирование энергосбережения.*

### ВВЕДЕНИЕ

В решении концептуальных задач энергосбережения важная роль отводится государственному управлению, основным механизмом которого является регулирование потребления ТЭР посредством создания нормативно-правовой базы рационального использования ТЭР.

Нормативно-правовая база энергосбережения является одним из основных механизмов повышения эффективности использования ТЭР, и в Республике Беларусь она создана. В её основе лежит Конституция Республики Беларусь и Принятый 15 июля 1998 г. (№ 190-3) Закон Республики Беларусь «Об энергосбережении» («Ведомости Национального собрания Республики Беларусь», 1998, № 31–32. – С. 66; журнал «Энергоэффективность», 1998, № 7. – С. 2)

В развитие его правительством и другими республиканскими органами управления принято более 35 нормативно-технических документов, регулирующих деятельность юридических и физических лиц по эффективному использованию ТЭР и другим вопросам, связанным с реализацией государственной энергосберегающей политики.

Кодексом Республики Беларусь об административных правонарушениях предусмотрена административная ответственность за нерациональное использование ТЭР.

Законом Республики Беларусь «Об энергосбережении» регулируются отношения, возникающие в процессе деятельности юридических и физических лиц в сфере энергосбережения в целях повышения эффективности использования ТЭР, и установлены правовые основы этих отношений. В нём подчёркнуто, что энергосбережение является приоритетом государственной политики в решении энергетической проблемы в Республике Беларусь, и установлено, что объектами отношений в сфере энергосбережения являются физические и юридические лица (пользователи и производители ТЭР) осуществляющие следующие виды деятельности.

## ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ БАЗА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

### **Конституция Республики Беларусь. Статья 46, второй абзац.**

Государство осуществляет контроль за рациональным использованием природных ресурсов в целях защиты и улучшения условий жизни, а также охраны и восстановления окружающей среды.

### **Закон Республики Беларусь «Об энергосбережении»**

Основные понятия:

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

– **топливно-энергетические ресурсы** – совокупность всех природных и преобразованных видов топлива и энергии, используемых в республике;

– **вторичные энергетические ресурсы** – энергия, получаемая в ходе любого технологического процесса в результате недоиспользования первичной энергии или в виде побочного продукта основного производства и не применяемая в этом технологическом процессе;

– **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;

– **эффективное использование топливно-энергетических ресурсов** – использование всех видов энергии экономически оправданными, прогрессивными способами при существующем уровне развития техники и технологий и соблюдении законодательства;

– **рациональное использование топливно-энергетических ресурсов** – достижение максимальной эффективности использования топливно-энергетических ресурсов при существующем уровне развития техники и технологий и соблюдении законодательства;

– **показатель энергоэффективности** – научно обоснованная абсолютная или удельная величина потребления топливно-энергетических ресурсов (с учетом их нормативных потерь) на производство единицы продукции (работ, услуг) любого назначения, установленная нормативными документами;

– **пользователи топливно-энергетических ресурсов** – субъекты хозяйствования независимо от форм собственности, зарегистрированные на территории Республики Беларусь в качестве юридических лиц или предпринимателей без образования юридического лица, а также другие лица, которые в соответствии с законодательством Республики Беларусь

имеют право заключать хозяйственные договоры, и граждане, использующие топливно-энергетические ресурсы;

– **производители топливно-энергетических ресурсов** – субъекты хозяйствования независимо от форм собственности, зарегистрированные на территории Республики Беларусь в качестве юридических лиц, для которых любой из видов топливно-энергетических ресурсов, используемых в республике, является товарной продукцией.

*Субъекты отношений в сфере энергосбережений – субъектами отношений в сфере энергосбережения являются юридические и физические лица (пользователи, производители топливно-энергетических ресурсов), осуществляющие следующие виды деятельности:*

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

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

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

– реализацию мероприятий, связанных с развитием и применением нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, использованием вторичных энергетических ресурсов;

– информационное обеспечение юридических и физических лиц, подготовку кадров для сферы энергосбережения;

– разработку и внедрение эффективных систем управления энергосбережением и средств контроля за эффективным использованием топливно-энергетических ресурсов.

**Республика Беларусь принимает участие в международном сотрудничестве в сфере энергосбережения в соответствии с законодательством Республики Беларусь и международным правом.**

Основными направлениями международного сотрудничества в сфере энергосбережения являются:

– взаимовыгодный обмен с иностранными и международными организациями энергоэффективными технологиями;

– участие Республики Беларусь в реализации международных проектов в области энергосбережения;

– приведение показателей энергоэффективности, предусмотренных нормативными документами по стандартизации Республики Беларусь, в соответствие с требованиями международных стандартов.

**Основными принципами государственного управления в сфере энергосбережения 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 нормативных документов в соответствие с требованием снижения энергоемкости материального производства, сферы услуг и быта;
- создание системы финансово-экономических механизмов, обеспечивающих экономическую заинтересованность производителей и пользователей в эффективном использовании топливно-энергетических ресурсов, вовлечении в топливно-энергетический баланс нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, а также в инвестировании средств в энергосберегающие мероприятия;
- повышение уровня самообеспечения республики местными топливно-энергетическими ресурсами;
- осуществление государственной экспертизы энергетической эффективности проектных решений;
- создание и широкое распространение экологически чистых и безопасных энергетических технологий, обеспечение безопасного для населения состояния окружающей среды в процессе использования топливно-энергетических ресурсов;
- реализация демонстрационных проектов высокой энергетической эффективности;
- информационное обеспечение деятельности по энергосбережению и пропаганда передового отечественного и зарубежного опыта в этой области;
- обучение производственного персонала и населения методам экономии топлива и энергии;
- создание других экономических, информационных, организационных условий для реализации принципов энергосбережения.

**Государственное управление в сфере энергосбережения осуществляют:**

Правительство Республики Беларусь и уполномоченный им республиканский орган государственного управления.

Республиканский орган государственного управления в сфере энергосбережения проводит государственную политику в соответствующей области, регулирует деятельность, направленную на эффективное использование и экономию топливно-энергетических ресурсов в народном хозяйстве республики, осуществляет государственный надзор за рациональным использованием этих ресурсов, а также иные функции и задачи, предусмотренные законодательством Республики Беларусь.

**Учет 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.

**Программы энергосбережения.** Для проведения эффективной целенаправленной государственной политики и координации деятельности государственных органов в сфере энергосбережения разрабатываются и утверждаются соответствующие республиканские, отраслевые и региональные программы.

Научно-техническое обеспечение в сфере энергосбережения осуществляется в рамках государственных и межгосударственных научно-технических программ, а также инновационных проектов по важнейшим направлениям создания и внедрения новых энергосберегающих технологий, оборудования и материалов.

**Нормы расхода топлива и энергии.** 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.

Нормы расхода топлива и энергии в обязательном порядке включаются в технологические регламенты, технические паспорта, ремонтные карты, технологические инструкции по эксплуатации всех видов энергопотребляющей продукции.

Порядок разработки, утверждения и пересмотра норм расхода топлива и энергии устанавливается Правительством Республики Беларусь.

**Стандартизация, сертификация и метрология в сфере энергосбережения.** Энергосбережение является приоритетом государственной политики в решении энергетической проблемы в Республике Беларусь работ и услуг, должны основываться на современных достижениях науки и техники в сфере энергосбережения, учитывать нормы и правила, регламентирующие рациональное использование топливно-энергетических ресурсов и их экономию, и не должны нарушать положения, установленные актами законодательства Республики Беларусь.

Показатели эффективности добычи, переработки, транспортировки, хранения, производства, использования и утилизации топливно-энергетических ресурсов включаются в соответствующие нормативные документы.

В Национальной системе сертификации Республики Беларусь при обязательной сертификации продукции, работ и услуг обеспечивается контроль за соответствием энергопотребляющих продукции (в том числе энергосберегающей), работ и услуг, а также топливно-энергетических ресурсов требованиям эффективного энергопотребления, установленным нормативными актами.

Соответствие производимого бытового оборудования требованиям, установленным нормативными документами по стандартизации в части показателей энергоэффективности, подтверждается путем обязательной маркировки указанного оборудования.

Производители и пользователи топливно-энергетических ресурсов обеспечивают единство измерений при осуществлении мероприятий по энергосбережению.

Государственный метрологический надзор за средствами и методами измерений, работы по стандартизации и сертификации в сфере энергосбережения организует и проводит республиканский орган государственного управления по стандартизации, метрологии и сертификации в установленном законодательством порядке.

#### **Государственный надзор за рациональным использованием топливно-энергетических ресурсов**

Государственный надзор устанавливается за:

- рациональным использованием топлива, электрической и тепловой энергии;
- осуществлением пользователями и производителями топливно-энергетических ресурсов мер по экономии этих ресурсов;
- соблюдением норм расхода котельно-печного топлива, электрической и тепловой энергии. Государственный надзор за рациональным использованием топливно-энергетических ресурсов осуществляется республиканским органом государственного управления в сфере энергосбережения.

Порядок осуществления государственного надзора за рациональным использованием топливно-энергетических ресурсов устанавливается Правительством Республики Беларусь.

**Государственная экспертиза энергетической эффективности проектных решений.** Государственная экспертиза энергетической эффективности является обязательной при добыче, переработке, транспортировке, хранении, производстве, использовании и утилизации топливно-энергетических ресурсов.

Государственной экспертизе энергетической эффективности подлежат следующие проектные решения:

- проекты программ развития отраслей экономики, схемы энергоснабжения административно-территориальных единиц и населенных пунктов;



- энерготехнологическая часть технико-экономических обоснований и проектно-планировочной документации на строительство новых и расширение (реконструкцию, техническое перевооружение, модернизацию) существующих предприятий, зданий, сооружений;

- проекты нормативно-технических актов, строительных норм и правил, документация на создание и приобретение новых энергоемких техники, технологий и материалов.

Основными задачами государственной экспертизы энергетической эффективности являются оценка соответствия проектных решений требованиям нормативных документов по стандартизации в части показателей энергоэффективности, а также определение достаточности и обоснованности предусматриваемых мер по энергосбережению.

Порядок проведения государственной экспертизы энергетической эффективности устанавливается Правительством Республики Беларусь.

**Проведение энергетического обследования предприятий, учреждений, организаций.** Энергетическое обследование предприятий, учреждений, организаций, расположенных на территории Республики Беларусь, проводится в целях оценки эффективности использования топливно-энергетических ресурсов и обеспечения их экономии.

Обязательному энергетическому обследованию подлежат предприятия, учреждения, организации, если годовое потребление ими топливно-энергетических ресурсов составляет более 1,5 тысячи тонн условного топлива.

Порядок проведения энергетического обследования предприятий, учреждений, организаций определяется Правительством Республики Беларусь.

**Государственное статистическое наблюдение за эффективным использованием топливно-энергетических ресурсов.** Государственное статистическое наблюдение за объемами и структурой потребления топливно-энергетических ресурсов и их эффективным использованием организует и проводит республиканский орган государственного управления по статистике и анализу совместно с республиканским органом государственного управления в сфере энергосбережения.

**Образование и подготовка кадров для сферы энергосбережения.** Высшие, средние специальные и профессионально-технические учебные заведения, а также учреждения повышения квалификации и переподготовки кадров в программах по обучению и подготовке специалистов в области энергообеспечения должны предусматривать соответствующие курсы по энергосбережению.

**Информационное обеспечение деятельности по энергосбережению.** Информационное обеспечение деятельности по энергосбережению осуществляется путем:

- широкого обсуждения республиканских и региональных Программ энергосбережения;
- координации работ по созданию демонстрационных проектов высокой энергетической эффективности;
- создания на территории отдельных административно-территориальных единиц специальных энергоэффективных зон;
- организации выставок энергоэффективных технологий и оборудования;
- представления пользователям и производителям топливно-энергетических ресурсов информации по вопросам энергосбережения;
- пропаганды эффективного использования топливно-энергетических ресурсов через средства массовой информации.

**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.

#### Республиканский Фонд «Энергосбережение»

В целях финансирования мероприятий по энергосбережению в порядке, установленном законодательством Республики Беларусь, создается республиканский фонд «Энергосбережение».

Республиканский фонд «Энергосбережение» образуется за счет поступлений в виде:

- Платежей за перерасход топлива, электрической и тепловой энергии сверх установленных норм (предельных уровней) потребления топливно-энергетических ресурсов;
- экономических санкций за:
  - несвоевременную установку приборов учета расхода топливно-энергетических ресурсов;
  - использование топлива, электрической и тепловой энергии без утвержденных в установленном порядке норм их расхода на производство единицы продукции (работ, услуг);
  - нарушение правил пользования электрической и тепловой энергией;
- добровольных взносов юридических и физических лиц (в том числе в иностранной валюте);
- других платежей в соответствии с законодательством Республики Беларусь. Средства указанного фонда расходуются на:
  - осуществление мероприятий и реализацию программ по энергосбережению, включая научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы;

- долевое участие в разработке и внедрении энергосберегающих технологий, оборудования и материалов, включая приобретение лицензий на их внедрение;
- участие в организации международного сотрудничества в сфере энергосбережения;
- предоставление кредитных льгот и субсидий пользователям и производителям топливно-энергетических ресурсов при реализации ими мероприятий по энергосбережению;
- осуществление мероприятий, связанных с развитием малой и нетрадиционной энергетики, использованием возобновляемых источников энергии и вторичных энергетических ресурсов;
- проведение государственной экспертизы энергетической эффективности проектных решений;
- разработку нормативных документов по стандартизации и других нормативно-технических актов, регламентирующих использование топливно-энергетических ресурсов;
- проведение работ по энергетическому обследованию предприятий, учреждений и организаций;
- долевое участие в оснащении пользователей и производителей топливно-энергетических ресурсов средствами учета, контроля и регулирования энергопотребления;
- создание, совершенствование и приобретение эталонных установок для воспроизведения и передачи единиц физических величин топливно-энергетических ресурсов;
- подготовку и переподготовку кадров для сферы энергосбережения;
- организацию пропаганды и информационного обеспечения по вопросам эффективного использования топливно-энергетических ресурсов;
- осуществление других мероприятий по энергосбережению в порядке, установленном законодательством Республики Беларусь.

Порядок поступления и использования средств республиканского фонда «Энергосбережение», управления этим фондом определяется Правительством Республики Беларусь.

Расходование средств республиканского фонда «Энергосбережение» на цели, не связанные с энергосберегающей деятельностью, запрещается.

**Экономическое стимулирование энергосбережения.** Пользователям и производителям топливно-энергетических ресурсов, осуществляющим мероприятия по энергосбережению (в том числе путем производства и потребления продукции с лучшими показателями против предусмотренных государственными стандартами), могут предоставляться льготы в виде субсидий, дотаций в порядке, установленном законодательством Республики Беларусь.

Если объекты малой и нетрадиционной энергетики, принадлежащие субъектам хозяйствования независимо от форм собственности, подключаются в установленном порядке к сетям энергосистемы республики, то оплата поставляемой этими объектами энергии осуществляется по тарифам, стимулирующим создание таких объектов.

В целях стимулирования рационального использования топливно-энергетических ресурсов осуществляется установление сезонных цен на природный газ и сезонных тарифов на электрическую и тепловую энергию, дифференцированных по времени суток и дням недели тарифов на эти виды энергии, а также других форм стимулирования в порядке, определяемом Правительством Республики Беларусь.

### ВОПРОСЫ

1. Конституция Республики Беларусь об использовании природных ресурсов.
2. Закон Республики Беларусь «Об энергосбережении» – основные определения: топливно-энергетические ресурсы, вторичные энергетические ресурсы, нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, эффективное и рациональное использование топливно-энергетических ресурсов, субъекты отношений в сфере энергосбережения.
3. Основные принципы государственного управления в сфере энергосбережения.
4. Программы энергосбережения.
5. Государственный надзор за рациональным использованием топливно-энергетических ресурсов.
6. Проведение энергетического обследования предприятий, учреждений, организаций.
7. Информационное обеспечение деятельности по энергосбережению.
8. Республиканский Фонд «Энергосбережение».

## ЧАСТЬ 6

### ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕМ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

*Структура. Цели и задачи комитета по энергоэффективности. Республиканские, отраслевые и региональные программы энергосбережения. Государственная программа по энергосбережению на период 2001–2005 годы. Демонстрационные зоны высокой энергоэффективности. Государственная поддержка инвестиционной деятельности по энергосберегающим мероприятиям.*

#### СТРУКТУРА СИСТЕМЫ

Структура системы управления энергосбережением в Республике Беларусь включает:

- Комитет по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь;
- государственные предприятия «Белэнергосбережение» и «Белинвестэнергосбережение»;
- в облисполкомах, гор- и райисполкомах – штатные единицы ответственных за энергосбережение, в министерствах и ведомствах – отделы или ответственные за энергосбережение.

#### ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КОМИТЕТА ПО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

**Государственным органом**, осуществляющим межведомственный и независимый надзор за рациональным использованием ТЭР, является Комитет по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь.

В состав Комитета по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь входят:

- областные и Минское городское управления по надзору за рациональным использованием топливно-энергетических ресурсов;
- координационный межведомственный совет по энергосбережению и эффективному использованию местных топливных ресурсов;
- экспертный совет при Комитете по энергоэффективности Республики Беларусь.

Основными задачами Комитета по энергоэффективности Республики Беларусь являются:

- проведение государственной политики в сфере энергосбережения, регулирование деятельности, направленной на эффективное использование и экономию ТЭР в народном хозяйстве Республики Беларусь;
- осуществление государственного надзора за рациональным использованием топлива, электрической и тепловой энергии объединениями, предприятиями, учреждениями независимо от их форм собственности и ведомственной подчинённости.

В соответствии с этими задачами Комитет по энергоэффективности организует разработку и реализацию мер по энергосбережению, участвует в реализации инвестиционной политики, исходя из приоритетных направлений развития экономики Республики Беларусь. Разрабатывает критерии оценки эффективности использования ТЭР на территориальном и отраслевом уровне и в установленном порядке вносит предложения:

- по внедрению экономических механизмов стимулирования эффективного использования научно-технического, промышленного, энергетического и трудового потенциала для реализации государственной энергосберегающей политики;
- по определению основных целевых показателей по энергосбережению на основе важнейших параметров прогноза социально-экономического развития республики;
- по повышению энергоэффективности народного хозяйства республики.

Комитет по энергоэффективности принимает участие в разработке республиканских, отраслевых и территориальных топливно-энергетических балансов, выступает заказчиком НИОКР в сфере энергосбережения, организует разработку концепций и республиканских программ по энергосбережению, согласовывает соответствующие отраслевые, областные и Минскую городскую программы и контролирует их реализацию. Принимает участие в разработке проектов республиканских программ создания новых технологий техники в части энергосбережения, организует проведение работ по развитию и использованию нетрадиционных источников энергии, вторичных энергетических ресурсов, замещению импортируемых видов топлива, участвует в формировании программ производства и внедрения энергосберегающего оборудования, приборов учёта и регулирования потребления ТЭР, в разработке и рассмотрении проектов стандартов норм и правил, относящихся к сфере использования ТЭР. Комитет по энергоэффективности осуществляет и другие функции, предусмотренные законодательством.

Главному государственному инспектору Республики Беларусь в лице председателя Комитета по энергоэффективности, его заместителям, главным государственным инспекторам областей и г. Минска, их заместите-

лям, государственным инспекторам по надзору за рациональным использованием ТЭР предоставлено право:

- беспрепятственно посещать (при предъявлении документов) проверяемые объекты;
- привлекать специалистов и технические средства предприятий (по согласованию с руководителями предприятий) для выполнения своих служебных обязанностей;
- давать обязательные для всех потребителей предписания об устранении фактов нерационального расходования топлива, электрической и тепловой энергии, отсутствия необходимых приборов учёта и регулирования;
- составлять протоколы о фактах нерационального использования ТЭР для принятия решений о применении к их потребителям экономических санкций в соответствии с законодательством.

## **РЕСПУБЛИКАНСКИЕ, ОТРАСЛЕВЫЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**

### **Порядок разработки и выполнения республиканских отраслевых и региональных программ энергосбережения**

Основным инструментом проведения энергосберегающей политики в Республике Беларусь является разработка и реализация государственной научно-технической, республиканской, областных и отраслевых программ энергосбережения.

Программа – это документ, отражающий, комплекс организационных, технических, экономических мероприятий, взаимоувязанных по ресурсам, исполнителях, срокам реализации и направленных на решение задач энергосбережения в республике, отрасли, регионе. Она определяет приоритетные направления реализации государственной политики в области энергосбережения, а также пути максимального использования имеющихся резервов экономии ТЭР.

Республиканские программы разрабатываются на каждые предстоящие 5 лет, начиная с 2001 года.

Комитет по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь по согласованию с Министерством экономики в срок до 1 ноября года, предшествующего началу реализации разработанной республиканской программы, вносит ее на рассмотрение Совета Министров Республики Беларусь.

Отраслевые программы бывают как долгосрочные, так и краткосрочные сроком на 1 год. Концерны «Белэнерго», «Белнефтехим», «Белтопгаз», республиканское унитарное предприятие по транспортировке газа, «Бел-

трансгаз» свои программы представляют в Министерство энергетики до 15 сентября года, предшествующего их реализации.

Региональные программы разрабатываются на 1 год в срок до 1 декабря года, предшествующего их реализации и представляются на согласование Комитету по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь и Министерству экономики.

Республиканские и долгосрочные отраслевые программы должны включать:

- анализ состояния и определение перспектив развития ТЭК;
- прогноз потребления ТЭР на рассматриваемую перспективу;
- анализ мировых тенденций в решении задач энергосбережения, а также новейших достижений НТП в этой области;
- определение резервов экономии ТЭР;
- обоснование наиболее важных направлений энергосбережения с указанием исполнителей, сроков и этапов их выполнения;
- оценку финансовых, материально-технических, трудовых ресурсов, требующихся для реализации программ с определением источников их обеспечения;
- механизмы реализации программы и контроля за ходом их выполнения,
- ожидаемые конечные разработки и оценка эффективности.

**Краткосрочные отраслевые и региональные программы должны предусматривать:**

- основные направления энергосбережения, обеспечивающие выполнение установленных заданий по снижению потребления ТЭР;
- перечень мероприятий по реализации основных направлений энергосбережения с указанием ожидаемых конечных результатов и их экономической эффективности, в т.ч. сроков окупаемости, планируемых затрат и источников финансирования, исполнителей программы и сроков выполнения намеченных мероприятий;
- мероприятия по энергосбережению, актуальные для отрасли или региона на ближайший период, с указанием мер по их реализации.

**В республиканской программе энергосбережения** определяются имеющиеся резервы экономики ТЭР в отраслях экономики и намечаются меры по их реализации. Ежегодно разрабатываемые и реализуемые отраслевые и региональные программы энергосбережения обеспечивают достижение установленных в республиканской программе показателей по энергосбережению, в т.ч. в долгосрочной перспективе:

- развитие малой и нетрадиционной энергетики;
- внедрение паровых и газотрубных установок, малых ТЭЦ;



– использование древесного сырья для получения тепловой энергии. Для проведения политики энергосбережения в республике сложилась определенная система финансовой поддержки энергосбережения.

**Одной из форм поддержки инновационной деятельности по энергосбережению является получение как внутренних, так и внешних кредитов.** Внутренние кредиты предоставляются банками на льготных условиях. Погашение кредита и процентов по нему может производиться как в период осуществления мероприятий по энергосбережению, так и по завершению их. А вся прибыль в результате осуществления энергосберегающих мероприятий остается непосредственно у предприятия.

Инвестиции от зарубежных инвесторов могут быть получены на основе возврата заемных средств или путем создания совместных предприятий на условиях, оговоренных сторонами в соответствующих документах.

19 сентября 2000 г. на заседании правительства при рассмотрении «Основных направлений энергетической политики Беларуси на 2001–2005 годы и на период до 2010 года» было отмечено, что объем топливно-энергетических ресурсов, добываемых на территории Республики Беларусь, составляет 15% от общей потребности в Республике Беларусь. Такая зависимость от импортных энергоносителей требует от всех уровней управления активных усилий по развитию энергосберегающих проектов. И конкретные шаги в этом направлении уже есть. Прирост ВВП в стране обеспечен без увеличения потребления ТЭР, что показывает положительную тенденцию снижения энергоемкости ВВП.

Программа энергосбережения предполагает активное использование местных видов топлива – дров, торфа, а также нетрадиционных источников энергии – ветра, биогаза и др. Однако удельный вес их пока будет невелик. Главным источником снижения энергоемкости продукции пока остаётся промышленность, в которой должны внедряться передовые технологии, направленные на снижение затрат.

## **ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПРОГРАММА ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ НА ПЕРИОД 2001–2005 ГОДЫ**

**Государственной программой, принятой Советом Министров Республики Беларусь, определены две концептуальные задачи и экономические приоритеты:**

- 1) достижение к 2015 году энергоемкости ВВП уровня промышленно развитых стран;
- 2) обеспечение до 2005 года планируемого прироста ВВП без увеличения потребления ТЭР.

Программой предусмотрены следующие направления совершенствования управления энергосбережением.

1. Создание единой по вертикали системы управления энергосбережением, в том числе:

- *на государственном уровне* – создание нормативно-правовых документов прямого действия и соответствующих институциональных и финансово-экономических систем управления;
- *на региональном уровне* – создание целевых программ энергосбережения, формирование источников финансирования и создание местной нормативно-правовой базы;
- *на муниципальном уровне* – продуманные действия по организации рационального потребления ТЭР всей инфраструктуры городского (районного) хозяйства;
- *на уровне хозяйствующих субъектов* – выполнение мероприятий с учётом общеэкономической заинтересованности.

2. Регулирование цен на топливо и энергию как инструмент стратегии государства в области энергосбережения.

3. Приведение стандартов, норм и правил в соответствие с требованиями обеспечения снижения энергоёмкости продукции, работ и услуг, а также неукоснительного их соблюдения.

4. Переход от дотационного принципа финансирования энергосбережения к установлению налоговых льгот, стимулирующих инвестиционную активность использования энергосберегающего оборудования (снижение налогов на прибыль, дифференциация налоговых ставок, ускоренная амортизация).

5. Осуществление действенных мер по структурной перестройке экономики, предусматривающей снижение в ней доли энергоёмких производств и обеспечении условий для опережающего развития малоэнергоёмких и наукоёмких производств.

6. Создание национальной программы расширения использования на современной научно-технической базе местных ТЭР, включая нетрадиционные и возобновляемые источники энергии.

## **ДЕМОНСТРАЦИОННЫЕ ЗОНЫ ВЫСОКОЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ**

Одним из принципов государственного управления в сфере энергосбережения является реализация демонстрационных проектов высокой энергоэффективности. Государственный комитет по энергосбережению и энергетическому надзору Республики Беларусь утвердил Положение о демонстрационных зонах высокой энергоэффективности в Республике Беларусь.

Демонстрационные зоны высокой энергетической эффективности Республики Беларусь представляют собой проект (совокупность проектов), осуществляемых в масштабах организаций, района, города или ограниченной территории, в которых создаются благоприятные условия для демонстрации совокупного эффекта за счет повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов, решения организационных, технических, экономических, нормативно-правовых проблем по приоритетным направлениям энергосбережения, концентрации ресурсов научно-технического и производственного потенциала, накопленного зарубежного и отечественного опыта с целью дальнейшего развития экономики и социальной сферы республики. Они создаются на отраслевом, региональном и республиканском уровнях. Главной задачей демонстрационных зон является проведение широкомасштабной информационно-пропагандистской кампании среди специалистов и общественности по демонстрации на практике преимуществ внедрения энергосберегающих технологий, оборудования, изделий и материалов.

Объектами демонстрационной зоны могут быть:

- промышленные, транспортные, строительные и сельскохозяйственные объекты (как в целом организации, так и отдельные цеха и участки);
- жилые и общественные здания и сооружения; объекты коммунально-бытового назначения;
- организации топливно-энергетического комплекса, задействованные в производстве, преобразовании, передаче, хранении и распределении топлива, тепловой и электрической энергии;
- выделенный в соответствии с настоящим положением комплекс производителей и потребителей топливно-энергетических ресурсов в границах территориально-административной единицы. Демонстрационные проекты отражают:
  - использование прогрессивных технологий, направленных на минимизацию затрат ТЭР в производственных циклах;
  - внедрение энергосберегающего оборудования и бытовой техники,
  - эффективное производство, передачу и использование ТЭР;
  - утилизацию вторичных энергетических ресурсов;
  - использование местных видов топлива;
  - внедрение современных приборов и систем учета ТЭР;
  - снижение теплопотерь производственных, административно-бытовых зданий и объектов жилого фонда;
  - разработку и внедрение нормативно-правовой базы и финансово-экономического механизма реализации проводимых работ по энергосбережению;

- создание инфраструктуры по реализации программ энергосбережения, включая обучение специалистов из демонстрационных зон энергетическому аудиту, энергоменеджменту и финансовому инжинирингу;

- обобщение и тиражирование информации о положительном опыте, накопленном в демонстрационных зонах высокой энергоэффективности.

Демонстрационная зона создается по предложению республиканских органов управления. Инициаторами по их созданию могут выступать также администрация организации, индивидуальные предприниматели, райисполкомы, которые через соответствующие органы государственного управления, облисполкомы и Минский горисполком обращаются в Комэнергоэффективность с просьбой о создании демонстрационной зоны.

К письменному обращению прилагаются следующие документы:

- пояснительная записка с характеристикой объекта, описание условий для реализации демонстрационных проектов;

- технико-экономическое обоснование создания демонстрационной зоны по каждому из предлагаемых демонстрационных проектов;

- планы финансового обеспечения проектов демонстрационной зоны.

Комитет по энергоэффективности, являющийся координатором по созданию демонстрационных зон и их функционированию, рассматривает предложение по созданию демонстрационной зоны и принимает решение о присвоении статуса демонстрационной зоны на время реализации демонстрационных проектов, но не менее чем на два года.

Окончательное решение о создании демонстрационной зоны оформляется совместным решением Комитетом по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь, республиканских органов государственного управления, облисполкома или Мингорисполкома.

Организация работ по созданию демонстрационной зоны возлагается на администрацию организации, местные исполнительные и распорядительные органы при содействии областных и Минского городского управлений по надзору за рациональным использованием ТЭР.

Для управления и организации работ в демонстрационной зоне создается комиссия из представителей организации и привлеченных специалистов.

Местные исполнительные и распорядительные органы, на территории которых реализуются демонстрационные зоны, должны располагать возможностями проведения на своей территории национальных и международных конференций, семинаров, выставок и циклов обучения их проблемам энергосбережения.

## ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОДДЕРЖКА ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИМ МЕРОПРИЯТИЯМ

По уровню эффективности все энергосберегающие проекты в республике делятся на три группы:

1. Проекты, способные обеспечить заемщику (владельцу объекта) уровень дохода, достаточный для того, чтобы расплатиться с инвесторами и получить прибыль. Подобные проекты направлены, в первую очередь, на поддержание в надлежащем состоянии оборудования и доведение энергоэффективности объекта до уровня мировых стандартов. К данной группе относятся и проекты, связанные с заменой неэффективных котлов и установкой котлоагрегатов, работающих на отходах деревообрабатывающих цехов, мебельных производств и т.п. Основным источником финансирования – средства владельца объекта и банковские кредиты, которые предоставляются на возвратной основе.

2. Проекты, реализация которых имеет народнохозяйственное значение, но не дает достаточной прибыли владельцу объекта. В эту группу включены межотраслевые проекты, направленные на кардинальное совершенствование технологий и оборудования (замена неэкономических котлов, установка турбин для выработки электроэнергии в действующих котельных, освоение производства нового энергосберегающего оборудования, установка приборов учета энергоресурсов и регулирования их расхода). Источники финансирования (помимо перечисленных) – госбюджетные субсидии, а также кредит, выделенный Российской Федерацией, в том числе на закупку энергосберегающего оборудования, турбоагрегатов и тепловых насосов.

3. Проекты, не дающие прямой финансовой прибыли, но позитивно влияющие на энергорынок, окружающую среду и социальную сферу. Как правило, эти проекты связаны с созданием демонстрационных зон, организацией просветительских и рекламных компаний, научно-исследовательских работ и т.п. Источники финансирования проектов этой группы – бюджетные субсидии, республиканский фонд «Энергосбережение», инвестфонды министерств, ведомств и т.п.

Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 965 от 19.06.98 г. «О мерах по усилению работы по реализации энергосберегающей политики в Республике Беларусь» установлено, что средства инновационного фонда концерна «Белэнерго», предназначенные для долевого участия в финансировании работ по энергосбережению, используются на возвратной основе, кроме финансирования энергосберегающих мероприятий в организациях и учреждениях бюджетной сферы, на предприятиях, получающих дотации из бюджета, на объектах, определяемых решениями Правительства Республики Беларусь, а также финансирования создания демонстрационных объектов республиканского и областного значения.

Кроме того, постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 16.01.2001 г. № 56 «О республиканской программе энергосбережения на 2001–2005 годы» разрешено выделять дополнительно на безвозвратной основе предназначенные на цели энергосбережения средства инновационного фонда концерна «Белэнерго» на ряд приоритетных направлений:

- установка в действующих котельных паровых турбин, парогазовых и газотурбинных агрегатов;
- использование нетрадиционных, возобновляемых источников энергии и вторичных источников энергоресурсов;
- обучение и подготовка специалистов для сферы энергосбережения, информационное обеспечение по вопросам эффективного использования топливно-энергетических ресурсов, разработка соответствующих актов законодательства и нормативно-технической документации;
- организация международного сотрудничества в сфере энергосбережения;
- реализация по согласованию с Министерством экономики и Госкомэнергоэффективность других энергоэффективных мероприятий.

Этим же постановлением правительство обязало министерства, другие республиканские органы государственного управления, объединения (учреждения), подчиненные Правительству Республики Беларусь, облисполкомы и Минский горисполком ежегодно предусматривать в региональных и отраслевых программах энергосбережения меры по реализации Республиканской программы энергосбережения на 2001–2005 гг.

Средства на энергосберегающие мероприятия на безвозвратной основе выделяются при условии включения мероприятия в региональную (областную, г. Минска) или республиканскую программы энергосбережения организациям и учреждениям бюджетной сферы, предприятиям, осуществляющим внедрение энергосберегающих мероприятий на основе высоких наукоемких технологий с использованием новой техники, оборудования, приборов и материалов, а также предприятиям, производящим продукцию на экспорт.

## ВОПРОСЫ

1. Структура управления энергосбережением в Республике Беларусь.
2. Концептуальные задачи и экономические приоритеты «Республиканской программой по энергосбережению на период 2001–2005 гг.».
3. Краткосрочные отраслевые и региональные программы энергосбережения: цели и задачи.
4. Республиканские программы энергосбережения: цели и задачи.
5. Форм поддержки инновационной деятельности по энергосбережению.
6. Демонстрационные зоны высокой энергоэффективности.
7. Государственная поддержка инвестиционной деятельности по энергосберегающим мероприятиям.

## ЧАСТЬ 7

### **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ, В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ, В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ И В БЫТУ**

*Особенности производственного комплекса Министерства промышленности Республики Беларусь. Основные направления работы Минпрома по энергосбережению. Основные направления энергосбережения в АПК. Энергосбережение в системе централизованного отопления. Основные меры по энергосбережению в жилищно-коммунальном хозяйстве. «Термошуба» зданий. Энергосбережение при освещении.*

### **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Сложившийся производственный комплекс Министерства промышленности Республики Беларусь ориентирован на создание сложной материалоёмкой продукции с использованием сырьевой базы, материалов и комплектации, ввозимой из-за пределов республики. Это во многом определяет конкурентоспособность наших товаров на мировом рынке по ценовым и потребительским показателям. Исходя из сегодняшних реалий, одним из важнейших приоритетов научно-технической политики Минпрома стала политика энерго- и ресурсосбережения.

Работа Минпрома по энергосбережению спланирована и осуществляется по следующим направлениям:

- создание комплекса новых энергонасыщенных машин и оборудования с низким потреблением энергоресурсов;
- создание новых энергосберегающих и экологически чистых технологий;
- оптимизация производственных процессов энергоёмких производств;
- создание комплекса приборов учета потребляемых энергоносителей;
- внедрение автоматизированных систем управления (АСУ) «Энергия» для оперативного контроля и управления параметрами потребления энергоресурсов в масштабе реального времени по всем производственным участкам.

На этих ключевых моментах концентрируются усилия отраслевой, вузовской и академической науки.

В реализации этих программ и отдельных важнейших проектов, направленных на создание конкурентоспособной базовой продукции отраслей, задействованы конструкторско-технологические подразделения таких

предприятий и объединений, как МТЗ, МАЗ, БелАЗ, научно-исследовательские и проектно-конструкторские организации отраслевой науки а также коллективы институтов вузовской и академической науки.

Так, на Минском тракторном заводе создан новый класс энергонасыщенных тракторов типа МТЗ 1522 мощностью 150–180 лошадиных сил. Внедрение новых пахотных тракторов позволит снизить расход топлива на единицу обработанной площади на 25–30% .

Освоенные МАЗом магистральные седельные тягачи нового поколения МАЗ 54421 только за счет прогрессивной конструкции двигателя, шин и мостов экономят до 15% топлива.

Технические возможности последних моделей станков также обеспечивают энерго- и ресурсосбережение.

Подобная тенденция снижения энергопотребления наблюдается по всему перечню вновь осваиваемой продукции.

На заседаниях Технико-экономического совета Минпрома (ТЭС) рассматривались проблемы оптимизации использования энергоемких производств на литейных, окрасочных гальванических и термических переделах предприятий.

Одним из перспективных направлений энергосбережения является внедрение низкотемпературных красок в окрасочных производствах МТЗ, МАЗа, БелАЗа, ПО «Гомсельмаш» и др.

Однако без надлежащего кадрового обеспечения предприятий специалистами в области энергосбережения решение поставленных задач невозможно.

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В АПК**

АПК Республики Беларусь является крупным потребителем энергоресурсов и имеет большие резервы энергосбережения. В целом по АПК на производственные нужды расходуется 15 % ТЭР Беларуси, из них электроэнергия составляет 30% , тепловая – 15%, котельно-печное топливо – 55%.

**Основными направлениями энергосбережения в АПК на ближайшую перспективу являются:**

1. Разработка и реализация организационно-экономических и нормативно-правовых мероприятий по энергосбережению, соблюдению научно обоснованных норм расхода топлива и энергии.
2. Организация системы учета всех видов ТЭР.
3. Энергосбережение в котельных.
4. Энергосбережение в системах теплоснабжения зданий.
5. Использование ВЭР.
6. Совершенствование электроосвещения.
7. Использование отходов производства, разработка биоэнергетических установок.



8. Структурные изменения в перерабатывающей промышленности, стройиндустрии, применение эффективного топливно-энергопотребляющего оборудования и технологий переработки и хранения сельхозпродукции.

9. Реконструкция и модернизация теплиц с внедрением энергосберегающих, высокопроизводительных технологий, современных строительных конструкций и инженерного оборудования.

## **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

Существующая в нашей стране централизованная система отопления имеет некоторые особенности, усложняющие экономию тепла при его транспортировке. Протяженность трубопроводов, по которым теплоносители доходят до потребителя, в отдельных случаях составляет десятки километров. Как показывает практика, в стандартных теплосетях по пути от ТЭЦ к отапливаемому зданию теряется до 40% тепла, что значительно превышает современный мировой уровень.

Устранение потерь тепла при его транспортировке – главная задача организаций, эксплуатирующих теплосети. В настоящее время на первый план здесь выходит реконструкция существующих теплопроводов. Речь идет о замене старых труб на новые, эффективно утепленные – предварительно теплоизолированные трубы.

Они представляют собой цельную конструкцию, состоящую из стальной или пластиковой трубы, которая утеплена слоем пенополистирола и облачена в прочный и герметичный полиэтиленовый корпус. Предызолированные трубы рассчитаны на эксплуатацию в течение 30 и более лет. (Для сравнения: в отечественных теплосетях замена трубопроводов производится в среднем раз в 17 лет). Дело в том, что трубопровод, уложенный обычным способом в бетонный короб, не защищен от попадания влаги. А ведь 70% разрушений подземных трубопроводов обусловлены именно наружной коррозией. Предызолированные трубы надежно защищены от влаги полиэтиленовой оболочкой. На всем протяжении такого трубопровода проходят специальные датчики, которые в случае нарушения целостности системы посылают сигнал на диспетчерский пункт. Это позволяет оперативно определять места повреждения с точностью до 1 м.

В Беларуси налажено производство предызолированных труб, однако пока отечественная продукция в основном состоит из импортных комплектующих. Это обусловлено тем, что в нашей стране не выпускаются качественный пенополистирол и стальные трубы. Тем не менее отечественные трубы с пластмассовой изоляцией дешевле импортных на 20–25%.

Так, в Хотимске предызолированными трубами были заменены практически все городские теплосети (около 400 км). Вскоре пришлось за-

крыть три из четырех существовавших в городе котельных. Производимого одной из них тепла стало хватать на весь город.

Приведем основные меры по энергосбережению в жилищно-коммунальном хозяйстве.

1. Осуществление энергосберегающих мероприятий, обеспечивающих выполнение требований стандартов, строительных норм и правил по достижению удельных показателей расхода энергоресурсов.

2. Организация учета расхода энергоресурсов и управление энергопотреблением в зданиях и системах инженерного оборудования.

3. Диспетчеризация управления системами инженерного оборудования на уровне микрорайона, района, города, включая создание автоматизированных систем управления техпроцессами электро-, тепло-, водо-, газо-снабжения.

4. Применение при строительстве, реконструкции или капремонте жилых и общественных зданий проектных решений, конструкции и изоляционных материалов с повышенной тепловой защитой и с учетом климатических зон и технологических требований.

5. Использование теплоутилизационного оборудования в составе зданий и сооружений.

6. Вовлечение в топливно-энергетический баланс нетрадиционных источников энергии, местных видов топлива, твердых бытовых отходов, теплоты городских стоков.

Перспективным направлением развития белорусского рынка отопительного оборудования является распространение индивидуальных автоматизированных отопительных систем средней и большой мощности для многоквартирного жилья. Экономия теплоты на отопление жилого дома может быть достигнута (табл. 7.1, 7.2) за счет: утепления входных дверей в подъезды, квартиры, уплотнения притворов, устранения неплотностей по периметру оконных и дверных коробок, утепления наружных стен; утепления чердаков или переустройства бесчердачных кровель в чердачные, повышения технической эксплуатации систем отопления; автоматического регулирования отпуска теплоты на отопление; учета тепловой энергии с установкой теплосчетчиков (оплата за фактический расход теплоты).

Таблица 7.1

### Распределение тепловых потерь в зданиях

Элементы конструкции здания	Кол-во тепловых потерь, %
Окна	36
Вентиляция	28
Стены	26
Прочее (перекрытия, подвал)	10

Были проведены исследования, в результате которых выяснилось, что стены, окна, крыши теряют слишком много тепла – до 80 %. Таким образом, наряду с отказом от централизованного отопления и заменой его на автономные котельные логичным решением стало утепление зданий – фасадов, окон, кровли.

Таблица 7.2

### Потенциал энергосбережения зданий

Основные энергосберегающие мероприятия	Возможность снижения потерь, %	Окупаемость, лет
Автоматическое регулирование расхода тепла в отопительных системах	14	1
Уплотнение окон	10	1,6
Ручные регуляторы расхода тепла в квартирах	5	1,5
Теплоизоляция пола	4	24
Наружная теплоизоляция стен	20	18
Внутренняя теплоизоляция стен	18	11
Теплоизоляция крыши	7	13

Так, в 1994 году в республике были введены новые нормы термического сопротивления ограждающих конструкций зданий.

Новые нормы практически в 2 раза превышают показатели, использовавшиеся ранее. К примеру, теперь, чтобы построить дом, отвечающий новым нормам, но старым методом, пришлось бы сделать его стены вдвое толще, чем ранее.

Для соблюдения современных требований, предъявляемых к термическому сопротивлению ограждающих конструкций, теперь используют различные системы утепления – фасадов, кровель, подвалов, применяя высокоэффективные теплоизоляционные материалы.

В мире существует множество таких систем – как правило, производители утеплителей создают под свои материалы сбалансированную, прошедшую все необходимые испытания, систему, где компоненты подходят друг к другу, и долговечность такой системы гарантирована.

Кроме прямой экономии энергоресурсов, термореновация зданий позволила значительно улучшить их внешний вид, а в ряде случаев защитить разрушающиеся фасады, устранить промерзания стен, улучшить микроклимат помещений.

В 1996 году специалистами СКТБ «Сармат» разработана система утепления фасадов легким теплоизоляционным материалом с защитой

тонкослойной армированной штукатуркой, получившая название «Термошуба», которая прошла необходимые испытания и выдержала расчетные требования. «Термошуба» позволяет выполнять работы при отрицательных температурах – до  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Это несомненное достоинство системы позволяет значительно увеличить строительный сезон, а в условиях Беларуси – выполнять их практически круглогодично.

В 1998 году Комитет по энергосбережению и энергонадзору остановил свой выбор на системе «Термошуба» и решением своего Экспертного совета рекомендовал ее к массовому применению.

В системе «Термошуба» применяется жесткая специальная фасадная полностью гидрофобизированная минераловатная плита марки Fasrock концерна «Rockwool». Все материалы системы «Термошуба» сертифицированы.

Комплексные натурные обследования и испытания «Термошубы», выполненные на трех объектах в 1995, 1996 и 1998 годах, подтвердили ее высокое качество и эксплуатационную надежность. «Термошуба» имеет высокую ударопрочность, долговечность – более 35 условных лет, низкую эксплуатационную влажность – менее 1% , предел прочности на разрыв утеплителя – более 0,02 МПа, а защитного и отделочного слоев – более 1,1 МПа.

Фактическая экономия энергоресурсов по исследованным зданиям составила в среднем 97,7 т у.т./год. Окупаемость затрат на утепление зданий методом «Термошуба» составляет в зависимости от толщины утеплителя и конструктивных особенностей зданий 4–12 лет.

Сам метод устройства системы «Термошуба» и все необходимые материалы детально описаны в Пособии 1-99 к СНиП 3.03.01-87 «Проектирование и устройство тепловой изоляции наружных стен зданий методом «Термошуба», которое введено в действие с 1999 года.

Здания, которые были построены после принятия новых норм термического сопротивления для ограждающих конструкций, составляют всего 1,5–2 % от существующего жилого фонда, который в большинстве своем остается холодным и потому подлежит термореновации.

По всей республике объем жилья, нуждающегося в утеплении, превышает 200 млн  $\text{м}^2$ . Невысокая же стоимость утепления по системе «Термошуба» наряду с ее качеством и долговечностью свидетельствует о целесообразности ее использования.

Экономия расхода теплоты на горячее водоснабжение жилого дома может быть достигнута за счет повышения качества технической эксплуатации систем горячего водоснабжения, выполнения правил планово-предупредительного ремонта (5%), автоматизации работы насосов, увеличивающих напор воды в зданиях, и циркуляционных насосов горячей воды в жилых зданиях до 50% в ночное время (3%); установки квартирных водосчетчиков и оплаты за фактический расход воды (4%).

Для отопления и горячего водоснабжения квартиры в Минске площадью 51  $\text{м}^2$  надо сжечь 2 тонны нефти, на 40–50% больше, чем в про-

мышленно развитых странах. Кроме того, каждая семья потребляет 100–150 кВт·ч электроэнергии в месяц или 1200–1800 кВт·ч в год.

Время отопительного периода – 200 дней. В это время через окна теряется 36%, стены – 26%, а за счет нагрева свежего приточного воздуха – 28% всей теплоты, поступающей из системы отопления (см. табл. 7.2).

При реконструкции с использованием эффективных материалов можно сократить потери тепла в 2–3 раза, но это дорого. В то же время каждый имеет много возможностей для утепления своей квартиры:

- остекление лоджий и балконов. Стекла и притворы створок должны быть уплотнены. При этом потери через окна и стены, расположенные со стороны лоджии, будут снижены на 15–18%. Снижение потерь на 7–9% позволяет увеличить температуру в помещении на 1°C. Таким образом, остекление увеличит температуру в примыкающей к ней комнате на 2°C;
- установка между рамами прозрачной полиэтиленовой пленки таким образом, чтобы расстояние от нее до стекол было одинаковым. Это равноценно окну с тройным остеклением и снижает теплопотери на 20%;
- тепловая защита того участка наружной стены, где расположен радиатор. На стене за радиатором с зазором между стенкой и радиатором ставят отражающую поверхность (алюминиевая фольга, зеркальная алюминизированная пленка).

Чем ниже температура воздуха на улице, тем лучше работает естественная вытяжная вентиляция, часто лучше, чем надо. Поэтому зимой надо прикрыть вытяжные вентиляционные отверстия (неполностью) бумагой, картоном. В ванной вообще закрыть, чтобы увлажнять воздух в квартире, т.к. зимой он излишне сухой. Это хорошо скажется на микроклимате квартиры, потому что влажный воздух дает ощущение теплоты, а сухой – холода. Это позволит сберечь до 20% тепла.

Работа по внедрению энергосберегающих мероприятий в жилищно-коммунальном секторе и тем самым снижению себестоимости оказываемых услуг ведется по таким основным направлениям: снижение норм потребления ТЭР на эксплуатируемых энергопотребляющих установках и технологических процессах; замена дорогостоящего топлива на дешевые виды; максимальное использование местных видов топлива; внедрение приборов учета и регулирования энергопотребления.

Из-за износа тепловых сетей в ряде городов и населенных пунктах имеются большие потери тепловой энергии при транспортировке. Для решения этой проблемы необходимо наращивать объемы замены изношенных тепловых сетей предварительно изолированными трубами.

Энергосберегающие мероприятия напрямую связаны и влияют на себестоимость коммунальных услуг.

Положительным примером успешной реализации энергосберегающих мероприятий является республиканский детский санаторий «Солнышко», который расположен в Слуцком районе, в котором ГП «Белэнер-

госбережение» и объединение «Белмежколхозздравница» разработали и осуществляют программу по энерго- и ресурсосбережению.

Среди энергосберегающих мероприятий проведена реконструкция системы теплоснабжения, для чего был закуплен и установлен котел, работающий на древесной щепе и опилках. В котельной заложен теплообменник, установлен бак-аккумулятор, установлена аппаратура автоматики системы теплоснабжения и котельной.

В результате в санатории годовая структура потребления первичного топлива стала выглядеть следующим образом: доля местного топлива составляет 79%, дизтоплива – 21%. Удельный расход топлива на отпуск тепла котельной уменьшился с 227 кг у.т. на 1 Гкал (до реконструкции) до 171 кг у.т. на 1 Гкал (после реконструкции). Реконструкция котельной обошлась санаторию в 6,8 млрд. руб. В итоге сделанные работы позволяют экономить 85000 т у.т. в год.

Автоматизация теплового пункта, нового учебно-спортивного корпуса позволяет поддерживать комфортную температуру в помещениях при нахождении там людей, снижать температуру воздуха в ночное время при отсутствии персонала согласно заданной программе.

Для подогрева воды в летнее время в санатории установлена гелиоустановка отечественного производства, позволяющая иметь теплую воду без расхода топлива.

Для экономии электроэнергии в учебных классах нового корпуса санатория установлено энергоэффективное освещение с применением светильников ГП ММЗ им. В.И. Вавилова («БелОМО», г. Минск), использование которых позволяет снизить потребление электроэнергии в 1,5 раза, что по сравнению с первоначальным проектом обеспечивает более высокую освещенность учебных мест и классной доски при практически бесшумной работе аппаратуры.

Кроме того, в санатории установлено энергоэффективное наружное освещение, производимое на минском предприятии «Электрет», что не только обеспечивает снижение энергопотребления, но и повышает срок службы светильников.

В новых зданиях санатория установлены стеклопакеты с тройным остеклением производства «Барановичидрев». В старых зданиях внутренние стекла оконных рам заменены на стеклопакеты с двойным остеклением, что позволило в сумме получить тройное остекление.

## **ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В БЫТУ**

Результатами проверок, проведенных работниками энергонадзора, установлено, что по халатности и нерадивости потребителей перерасход используемой на бытовые нужды электроэнергии составляет примерно 15–20%.

Где же наиболее ощутимо экономить электрическую энергию в быту?

**При пользовании электроплитой.** Конфорки электроплит имеют несколько нагревательных элементов (диапазонов включения). При включении электроплиты вначале необходимо включать все нагревательные элементы (всю мощность конфорки), а затем, после разогрева, когда вода вскипит, уменьшить мощность, так как лишнее тепло не ускорит приготовление пищи и температура воды больше чем на 100 градусов не повысится. Экономия достигается, если в разогретой духовке готовить несколько блюд. Посуда для приготовления или подогрева пищи должна быть из алюминия или эмалированная с ровным толстым дном и закрываться крышкой.

Продукты, для тепловой обработки которых требуется длительное время, лучше готовить в скороварках. Количество воды для приготовления пищи должно быть минимальным, чтобы после вскипания не сливать ее в канализацию. Включенную духовку не надо открывать без надобности, это снижает температуру внутри камеры.

Отключать электроплиту целесообразно до закипания чайника: за счет тепловой инерции чайник все равно закипит, а это сэкономит до 20% энергии.

Пользование электрочайником предпочтительнее (КПД 90%), чем конфорками плиты (КПД 50–60%). Рекордсмен по эффективности – обычный кипятильник – КПД до 92%.

Использование остывающих электроконфорок для подогрева воды перед ее кипячением в чайнике позволяет экономить 10–30 % электроэнергии. Кроме того, вода отстоится и из нее уйдут элементы, используемые для обеззараживания (хлор), что важно для здоровья.

Замочив крупу на ночь водой, можно сварить из нее кашу в 2–4 раза быстрее в зависимости от температуры воды.

**При пользовании холодильником** 30–40 % потребляемой в доме электроэнергии приходится на холодильник. Поскольку холодильник включен в электросеть круглосуточно, то, несмотря на небольшую мощность, он потребляет электроэнергии не меньше, чем электрическая плита. Население пользуется электрическими холодильниками двух видов: компрессорными (с электродвигателем и компрессором) и абсорбционными (с нагревателем). Компрессорные холодильники в 3–4 раза экономнее абсорбционных. В последнее время промышленность выпускает электрохолодильники глубокого замораживания. В сравнении с компрессорными они потребляют электроэнергии в 2 раза больше. Место установки холодильника и температура окружающей среды имеют большое значение для нормального режима его работы и экономного расхода электроэнергии. Холодильник нельзя устанавливать вблизи плиты и батарей отопления, на солнечной стороне комнаты. Вокруг холодильника должно быть воздушное пространство для циркуляции воздуха. В холодильник помещается пища, охлажденная до комнатной температуры и в закрытой посуде. Про-

дукты в холодильнике размещаются таким образом, чтобы к ним имелся доступ холодного воздуха. Терморегулятор нужно установить с расчетом, чтобы в охлаждающей камере поддерживалась температура, необходимая для сохранения продуктов, а не слишком низкая. При образовании льда на стенках холодильной камеры толщиной 5–10 мм холодильник необходимо размораживать. Охлаждение камеры ниже температуры, необходимой для сохранения продуктов, так же как и повышение температуры окружающего холодильника воздуха, приводит к перерасходу электроэнергии.

Регулярное размораживание дает 3–5% экономии. Нельзя устанавливать холодильник в нишу, это перекрывает вентиляцию нижних соседей и ухудшает условия охлаждения змеевика конденсатора, который охлаждается комнатным воздухом, а в закрытом пространстве он охлаждается гораздо хуже, потребление энергии увеличивается на 20% (частое включение).

**При пользовании телевизором, радиоприемником, магнитофоном, швейной и стиральной машинами, пылесосом, утюгом и другими бытовыми приборами.**

За счет правильного использования перечисленных приборов можно получить существенную экономию электроэнергии. Нельзя допускать холостой работы бытовых приборов, необходимо отключить их, если перестали пользоваться ими. Многие бытовые электроприборы оснащены автоматическими регуляторами температуры или реле времени. Это позволяет поддерживать автоматически заданную температуру или включить прибор через заданное время работы. Так, например, при пользовании электрическим утюгом с регулятором температуры расход электроэнергии сокращается на 10–15% .

**При освещении.** При электрическом освещении в первую очередь необходимо обратить внимание на правильный выбор мощности электрических ламп. Электролампы большой мощности не только излишне перерасходуют электроэнергию, но и вредят зрению.

При включении в электрическую сеть лампочка одинаково ярко светит во все стороны и не обеспечивает нужного освещения, а нам при работе нужен свет, сосредоточенный на определенной поверхности или детали. Для этого электрическую лампочку помещают в светильник.

От правильно выбранного светильника в значительной степени зависит освещенность комнаты или рабочего места, а также экономичность осветительных приборов.

Рациональное освещение комнаты достигается с помощью полукрашеного или прямого освещения. Необходимо учесть, что прямое освещение экономичнее полукрашеного, так как в первом случае светильник имеет отражатель, расположенный снизу лампы.

Экономии электроэнергии способствует применение местного освещения: настольные лампы при работах за столом. Рабочий стол должен быть установлен у окна, это позволит сократить время горения электро-



ламп при достаточном дневном свете. Потолки и стены, а также обои светлых тонов позволяют снизить мощность ламп в полтора раза.

Наиболее распространенными и основными источниками света в наших квартирах продолжают оставаться лампы накаливания. Причиной этому служит простота конструкции, компактность, удобство в эксплуатации, дешевизна, большой выбор их по мощности. Вместе с тем лампы накаливания имеют ряд недостатков. У них низкий коэффициент полезного действия (1,8–2,2%); при повышении напряжения в сети на 2% срок службы сокращается на 15%, частые включения, отключения и сотрясения также влияют на срок службы, который составляет 1000 ч.

Более экономичными источниками света являются люминесцентные лампы. Они обладают благоприятным светом излучения. Люминесцентное освещение создает благоприятные условия для отдыха, снижает утомляемость, способствует увеличению производительности труда.

По цветности излучения люминесцентные лампы делятся на:

- 1) лампы белого света (ЛБ);
- 2) лампы дневного света (ЛД);
- 3) лампы дневного света с исправленной цветностью (ЛДЦ);
- 4) лампы холодно-белого света (ЛХБ);
- 5) лампы тепло-белого света (ЛТБ), которые имеют явно выраженный розовый оттенок.

Наиболее экономичными и универсальными являются лампы белого света (ЛБ). Они обеспечивают значительно лучшую цветопередачу, чем лампы накаливания и по цветности воспроизводят приблизительно солнечный свет, отраженный облаками. Применение ламп ЛБ целесообразно в детских комнатах для подготовки школьных заданий и при чертежных работах.

К важнейшим характеристикам люминесцентных ламп следует отнести то, что световой поток их больше, чем ламп накаливания. Световая отдача люминесцентных ламп составляет в среднем 42–62 лм/Вт, в то время как у ламп накаливания – только 10–20 лм/Вт. Срок службы люминесцентных ламп составляет 5000 ч.

Своевременная и систематическая чистка светильников, ламп и люстр позволяет сэкономить до 30% электроэнергии, расходуемой на освещение.

Экономии электроэнергии также способствует установка в комнатах двойных выключателей. Это позволяет при необходимости включать люстры полностью или частично.

Настольная лампа с лампочкой 30 Вт позволяет достичь лучшей освещенности на столе, чем люстра с 3–5 лампочками мощностью 180–300 Вт. Двойной выигрыш – зрение и энергия. С точки зрения энергосбережения хорош прибор плавного включения света. Лампы КЛЛ (компактные люминесцентные лампы) потребляют электроэнергии в 6–7 раз меньше в сравнении с лампами накаливания при одинаковой освещенности.

Брестский электроламповый завод выпускает компактные люминесцентные лампы, которые потребляют электроэнергии в шесть раз меньше, а бесперерывно горят в восемь раз дольше (8000 часов) обычных.

В настоящее время важный раздел номенклатурного перечня выпускаемой БелОМО продукции представляет собой производство светильников, предназначенных для локального и общего освещения помещений самого разнообразного профиля – жилья, офисов, цехов, магазинов. Использование в светильниках компактных люминесцентных и галогенных ламп сообщает данным электроприборам энергосберегающие свойства. Так, за счет применения галогенных ламп мощностью 20 Вт, характеризующихся интенсивным световым потоком, возможно снижение потребления электроэнергии в 2–2,5 раза.

**При освещении лестничных площадок и коридоров.** В домах устанавливаются реле времени или автоматические выключатели с выдержкой времени. От контроля за исправной работой этих устройств со стороны домоуправлений и жильцов в значительной степени будут зависеть экономный расход электроэнергии в местах общего пользования.

Сберечь тепло в квартире, а вместе с ним и сэкономить теплоэнергию – дело несложное и больших затрат не требует. Подсчитано, что утепление окон и дверей сохраняет до 40 % тепла в квартире. Тщательное утепление квартиры создает уют, снижает расходы на ее отопление в три раза, чем экономится топливо.

Экономия тепловой энергии получается при рациональном использовании горячей воды, так как ее потери в быту составляют 23%. Для того чтобы вымыть лицо, руки, почистить зубы, достаточно небольшой струи или нескольких стаканов воды вместо множества литров.

Большой вклад в экономию тепловой энергии вносят домоуправления, которые своевременно, до наступления холодов, проводят ремонт дверей в подъездах и остекление окон, ведут разъяснительную работу с жильцами.

**Оборудование зданий и сооружений приборами индивидуального и группового учета и контроля расхода энергоресурсов.** Одно из самых перспективных и быстрокупаемых направлений республиканской программы энергосбережения – оборудование зданий и сооружений приборами индивидуального и группового учета и контроля расхода энергоресурсов. С 1997 года счетчики горячей и холодной воды, тепла и газа в обязательном порядке устанавливаются во всех вновь возводимых жилых домах. Кроме того, ведется работа по оснащению такими приборами остального жилого фонда. По расчетам специалистов комитета, в 2005 году подобные счетчики должны быть установлены в каждом доме.

При расчете ныне действующих универсальных тарифов за основу взят завышенный расход энергоресурсов. Проведенный комитетом эксперимент показал неожиданные результаты. Оказывается, потенциально на-

ши соотечественники вполне в состоянии расходовать тепло и воду гораздо экономнее, чем сейчас. Жильцы квартир, в которых были установлены счетчики, заплатили за воду и тепло меньше, чем обычно. Это означает, что сегодня абсолютное большинство населения переплачивает за энергоресурсы как минимум в 3–4 раза.

Что дает реализация программы по внедрению индивидуальных и групповых приборов учета и контроля расхода энергии государству? По оценкам специалистов комитета, массовая установка счетчиков позволит обеспечить экономию тепла в 1,5 раза, холодной воды – в 2 раза, горячей – в 2,5 раза. В масштабе государства это огромные деньги, которые для нашего бюджета, разумеется, не лишние.

Сегодня счетчик, установленный в квартире, окупается через 4 года. К 2005 году – моменту завершения реализации программы по массовому внедрению индивидуальных приборов учета и контроля расхода энергии – этот показатель уменьшится до 1,5 лет. Чем выше будут цены на энергию, тем быстрее идеи энергосбережения укоренятся в массовом сознании.

Постепенно в Беларуси также будут установлены приборы-регуляторы потребления тепла. Когда во всех квартирах установят счетчики тепла и регуляторы его потребления, отпадут все проблемы, связанные с началом отопительного сезона. Включать отопление будут раньше, поскольку в любом случае его расход оплатят население и предприятия.

#### ВОПРОСЫ

1. Особенности производственного комплекса Министерства промышленности Республики Беларусь.
2. Основные направления работы Минпрома по энергосбережению.
3. Энергосбережение в системе централизованного отопления.
4. Основными направлениями энергосбережения в АПК.
5. Основные меры по энергосбережению в жилищно-коммунальном хозяйстве.
6. Термошуба зданий.
7. Энергосбережение при освещении.
8. Значение приборов учёта и контроля энергии в быту.

## ЧАСТЬ 8

### ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

*Горение топлива и экологические проблемы. Экологические проблемы ТЭК Беларуси. Способы очистки промышленных выбросов. Трансграничные переносы. Парниковый эффект.*

#### ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Мировая практика свидетельствует, что затраты на энергетику непрерывно растут. Этот рост связан не только с увеличением стоимости топлива, но и со всё возрастающими затратами на охрану окружающей среды. Например, в США за последние 20 лет затраты на сооружение объектов теплоэнергетики возросли на 25%, а стоимость электроэнергии на тепловых и атомных электростанциях увеличилась более чем на 40%. Большинство промышленно развитых стран подошло к тому рубежу, когда с дальнейшим ростом производства энергии издержки начинают превышать прибыль. Основным лимитирующим фактором становятся вопросы экологии, связанные с улавливанием и очисткой вредных выбросов, поскольку способности окружающей среды поглощать газовые выбросы и другие энергетические отходы не безграничны.

Современные ТЭС оказывают большое влияние на окружающую среду. Для обеспечения их работы привлекаются значительные природные ресурсы (топливо, вода, реагенты, строительные материалы). Через технологические (топливоснабжение) и естественные связи (сток рек, воздушные течения, подземная фильтрация) их влияние передается на значительные расстояния и должно быть учтено, локализовано и максимально нейтрализовано. Размеры площадок ТЭС достигают 3–4 км<sup>2</sup>. На этой территории полностью изменяется рельеф местности, характеристики и распределение воздушных течений и поверхностного стока, нарушается почвенный слой, растительный покров, режим грунтовых вод. Эти изменения, а также производственные шумы и освещенность в ночное время приводят к нарушению экологического равновесия.

Выброс больших масс теплоты и влаги крупными градирнями вызывает снижение солнечной освещенности, образование низкой облачности и туманов, морозящих дождей, инея, гололеда, обледенения дорог и конструкций. В теплое время года в результате испарения капель, достигших земли, возможно засоление почв.

Создание водохранилищ-охладителей для мощных электростанций с поверхностью 20–30 км<sup>2</sup> приводит к перераспределению стока, изменению

режима паводков, разливов, восполнения запасов грунтовых вод, условий разведения рыбы.

Сточные воды и ливневые стоки с территории ТЭС загрязняются отходами технологических циклов энергоустановок (нефтепродукты, шлаки, обмывочные воды). Их сброс в водоемы может оказаться губительным для водных организмов, снижает способность водоема к самоочищению.

Отрицательное влияние на природные условия оказывают золоотвалы – земля исключается из сельскохозяйственного оборота. Пыление золоотвалов приводит к гибели растений.

В технологических циклах электростанций более 95% охлаждающей воды нагревается на 9–10°C, в водоемы сбрасывается большое количество теплоты, которая нарушает естественные условия существования экологических систем.

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

Среди основных направлений охраны окружающей среды от вредного воздействия ТЭС следует отметить применение природосберегающих технологий при генерации энергии. К их числу относятся технологии, которые увеличивают коэффициент использования топлива (АЭС вместо ТЭС на органическом топливе) и соответственно уменьшают количество прямых (зола, шлак) и вторичных (обмывочные воды) загрязнений. К ним относятся различные способы деструктивной переработки топлив (получение метанола, синтез газа, водорода и т.д.), позволяющие более полно произвести выделение потенциальных загрязнителей (серы) на ранних стадиях использования топлива. Сюда же относится применение замкнутых технологических циклов: полное использование золы ТЭС, получение из дымовых газов азота и технической серной кислоты, улавливание и последующее сжигание нефтемаслопродуктов из отходящих вод.

Эти методы относятся к активным способам защиты окружающей среды.

Пассивные способы предусматривают применение устройств, улавливающих загрязнения на конечных стадиях технологического процесса (золоуловители, очистные сооружения) или способствующих их разбавлению до концентраций, меньших предельно допустимых (высокие дымовые трубы).

## ГОРЕНИЕ

Горение – это химический процесс взаимодействия вещества с окислителем, сопровождающийся интенсивным выделением тепла.

Продуктами полного сгорания топлива являются углекислый газ  $\text{CO}_2$ , сернистый газ  $\text{SO}_2$  и водяные пары  $\text{H}_2\text{O}$ .

В реальных условиях работы котлов в дымовых газах может оставаться некоторое количество продуктов неполного горения – окись углерода  $\text{CO}$ , водород  $\text{H}_2$  метан  $\text{CH}_4$ , а также канцерогенные вещества.

## ОЧИСТКА ОТ СЕРНИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ОКИСЛОВ АЗОТА

При содержании  $0,2\text{--}0,3 \text{ мг/м}^3 \text{ SO}_2$  нарушаются фотосинтез и дыхание растений. При  $20 \text{ мг/м}^3$  наблюдается заметное раздражение органов дыхания человека. Сернистый ангидрид, соединяясь с водяными парами, образует серную кислоту, которая помимо вредного биологического действия вызывает интенсивную коррозию металлических конструкций.

Способы предотвращения выброса оксидов серы с дымовыми газами заключаются в предварительной очистке топлива от серы до его сжигания и очистке продуктов сгорания в самом процессе горения или после охлаждения дымовых газов за котлом.

Очистка топлива ведется в нескольких направлениях. Одно из них – растворение в жидких углеводородистых соединениях горючих составляющих твердого топлива с последующей отгонкой растворителя. Образуется остаток – вязкое вещество, свободное от золы и очищенное от серы. Его можно сжигать как мазут в форсунках в горячем виде следующими способами:

- газификация угля с отделением серы в газовой фракции;
- отделение сернистых соединений из нефти в процессе переработки на легкие топлива и мазут.

Все эти способы технически разработаны, но стоимость очищенного от серы топлива примерно вдвое удорожает выработку электроэнергии на его основе.

Дымовые газы от оксидов серы очищаются скрубберным способом, в котором обеспечивается контакт газов с пленкой жидкости, содержащей щелочные добавки, что приводит к нейтрализации и улавливанию окислов серы. Здесь сложность состоит в поддержании режима из-за забивания систем сульфатно-кальциевыми отложениями (загипсовывание емкостей, трубопроводов, арматуры).

Технологически наиболее простым способом борьбы с вредными выбросами является строительство высоких дымовых труб, обеспечивающих рассеяние вредных примесей на большие площади и снижение концентраций до допустимых пределов.

Кроме того, при высоких температурах горения топлива образуются **оксиды азота.**

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ БЕЛАРУСИ

В экологических проблемах энергетики Беларуси важными являются вопросы ресурсо- и энергосбережения, использование нетрадиционных источников энергии, добычи и использования местных видов топлива. В настоящее время на электростанциях используется органическое топливо (газ, мазут), и как следствие имеет место загрязнение окружающей среды. Но следует учитывать, что на загрязнение окружающей среды существенно влияют и другие отрасли промышленности, а в локальном загрязнении городов и промышленных центров именно они являются доминирующими. Поэтому необходимо оценить долю энергетических комплексов и других отраслей промышленности в глобальном и локальном загрязнении территории Беларуси.

Общие выбросы вредных веществ в атмосферу всеми источниками (стационарными и автотранспортом) Беларуси (1990) составили 3360 тыс. т, из которых 446 тыс. т, или 13,3%, приходилось на энергетические предприятия. Основная же доля выбросов (65,2%) приходится на автотранспорт. В Беларуси годовой выброс окислов серы и азота (основные выбросы, характерные для энергетики) от стационарных источников составил соответственно 637 и 104 тыс. т в год, где доля предприятий энергетики составляет 353 тыс. т (65,4%) по окислам серы и 68,4 тыс. т (65,7%) по окислам азота. В настоящее время энергетика Беларуси является основным источником валовых выбросов серы и азота в республике от стационарных установок. Однако валовой выброс не является определяющим в загрязнении атмосферы городов и населенных пунктов, а зависит от приземных концентраций вредных веществ и их класса опасности.

Несмотря на доминирующие валовые выбросы, энергетика незначительно влияет на загрязнение города. Так, по индексу загрязнения доля энергетики не превышает 2%, а исходя из анализа среднегодовых концентраций окислов азота и серы – 13%, по фоновому загрязнению городов (5 случаев в год) колеблется от 7 до 80%. Проблема оздоровления воздушного бассейна городов может быть решена только при комплексном подходе, т.е. снижении выбросов от источников всех отраслей в первую очередь на предприятиях, вносящих большую долю выбросов в приземные концентрации.

Существующие международные конвенции предусматривают ограничение и сокращение выбросов окислов серы и азота. Согласно требованиям международной конвенции, частично снижается загрязнение воздушного бассейна городов окислами азота и серы с учетом того, что наибольшую долю в приземные концентрации вносит транспорт.

В настоящее время следует особое внимание сосредоточить на решении «трехмерной» проблемы соотношения развития энергетики, охраны окружающей среды и экономических возможностей. Вопросы дос-

тижения необходимых экономических показателей и экологической эффективности основных технических решений в части экологии решаются в рамках единой эколого-экономической стратегии.

**Диоксид серы.** Многочисленные исследования в бывшем СССР и зарубежный опыт показали, что экономически сероочистка на НПЗ и газоочистка на ТЭС конкурентоспособны при длительности использования мощности газоочистки на ТЭС более 5000 часов. При меньших уровнях использования мощности газоочистки преимущества на стороне НПЗ. Независимо от числа часов использования сероочистка на НПЗ дешевле, чем на мелких промышленных котельных и печах.

В дальнейшем использование мазута в топливном балансе энергетики будет снижаться. Исходя из этого, стратегия экологической программы базируется на обессеривании мазута на НПЗ. Малосернистые мазуты с содержанием серы 0,5% целесообразно в первую очередь использовать в печах и мелких котельных, где они на 1,5–2% снизят удельные расходы топлива, сократят ремонтные расходы и повысят надежность. Затем использование малосернистого мазута предусматривается на ТЭС. Полученная на НПЗ элементарная сера позволит сократить ее импорт. При обессеривании мазута на НПЗ из него также извлекается дорогостоящий ванадий, который выбрасывается с дымовыми газами в виде высокотоксичного соединения.

**Окислы азота.** В энергетике Беларуси выбросы окислов азота сосредоточены в основном на 23 ТЭС, а в промышленности более чем на 5000 объектах. По условиям образования в расчете на 1 т у.т. генерация окислов азота в энергетике ТЭС в 1,5–2 раза выше (по причине более высокой температуры горения топлива), чем на мелких котельных. Но подавление генерации окислов азота и контроль за этим на ТЭС значительно дешевле и легче, чем в промышленности и коммунальном хозяйстве.

К настоящему времени отработаны две принципиально разные технологии снижения выбросов окислов азота – реорганизация процесса сжигания режимными и конструктивными средствами и очистка газов от окислов азота каталитическим методом. В соответствии с гарантиями котлостроительных заводов новые котлы будут иметь топочные устройства, генерирующие не более 125 мг/м<sup>3</sup> окислов азота при сжигании газа и 135 мг/м<sup>3</sup> при сжигании мазута (против 400–700 мг/м<sup>3</sup> для котлов, выпускаемых до 1990 г.). В связи с планируемым началом серийного производства в странах СНГ керамических сотовых катализаторов для разложения окислов азота в дальнейшем предусматривается установка их на газоочистительном оборудовании на котлах ТЭС, что позволит существенно сократить выбросы окислов азота.

Вновь вводимые парогазовые установки (ПГУ) являются оборудованием нового поколения, которое по экологическим показателям соответствует мировому уровню (50 мг/м<sup>3</sup>) и дополнительно снижает удельный расход топлива примерно на 20–25%, что на 15–20% снижает выбросы; уста-



новка газоочистного оборудования, как показывает мировая практика, на ПГУ не предусматривается.

Установка очистного оборудования на существующих котлах по условиям компоновки не представляется возможной. В связи с этим на существующем оборудовании на основных типах котлов предусматривается внедрить и освоить режимно-топочные и конструктивные мероприятия и далее распространить этот опыт на все не подлежащие демонтажу котлы; ожидается, что режимно-топочными и конструктивными средствами можно добиться снижения выбросов на 20–40%. На отдельных котлах (Лукомльская ГРЭС, Минские ТЭЦ-3, ТЭЦ-4) в настоящее время внедрены режимные и конструктивные мероприятия.

**Другие виды выбросов.** Кроме окислов азота и серы энергетические котлы, сжигающие газ и мазут, выбрасывают в атмосферу окись углерода, сажу, пятиокись ванадия, бензопирен.

Образование окиси углерода, сажи и бензопирена является негативным проявлением технологии подавления генерации окислов азота. Исходя из этого, будет определяться оптимальный режим, не приводящий к увеличению вредных выбросов данных веществ.

## **ВЛИЯНИЕ ТРАНСГРАНИЧНЫХ ПЕРЕНОСОВ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ В БЕЛАРУСИ**

Расчетами по математическим моделям трансграничных переносов в районе Беларуси установлено: через расчетный участок с запада поступает 272 тыс. т  $SO_2$ , а на запад – 58 тыс. т. Используя данные этих моделей, можно дать лишь приблизительные оценки трансграничных переносов Республики Беларусь:

– загазованность Республики Беларусь оксидами серы на 30% обусловлена западными переносами, преимущественно из Польши и Германии;

– выпадение на почву в Республике Беларусь и России сульфатов, обусловленных переносом с запада, примерно в 20 раз больше, чем выпадение сульфатов в Польше от переносов с востока.

Выравнивание и снижение переносов из сопредельных стран целесообразно реализовать в рамках комплекса технических решений и договорных отношений.

Поскольку стоимость пресечения выброса 1 т оксидов серы или азота в зависимости от вида топлива и специфики объекта различается в несколько раз, необходима выработка единой межгосударственной программы, в основу которой должна быть положена минимизация вложений на заданное сокращение переносов.

Принимая во внимание последствия Чернобыльской аварии, подписанные Республикой Беларусь еще в составе СССР конвенции о 30%-ном

сокращении переноса  $\text{SO}_2$  и 15%-ном сокращении  $\text{NO}_x$  должны быть пересмотрены с учетом:

- экономических возможностей и характера формирующегося в государствах трансграничного баланса;
- принципа выравнивания межгосударственных переносов или адекватных им физических факторов со взаимной компенсацией излишка;
- принципа двусторонних соглашений, конкретизирующих общеевропейские конвенции.

## ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ

Парниковый эффект – это свойство атмосферы пропускать солнечную радиацию, но задерживать земное излучение и тем самым способствовать аккумуляции тепла Землей. Земная атмосфера сравнительно хорошо пропускает коротковолновую солнечную радиацию, которая почти полностью поглощается земной поверхностью, так как альbedo земной поверхности мало (**альbedo** – отношение потока излучения, рассеиваемого поверхностью, к падающему на поверхность потоку излучения). Нагреваясь за счет поглощения солнечной радиации, земная поверхность становится источником земного, в основном длинноволнового, излучения, прозрачность атмосферы для которого мала и которое почти полностью поглощается в атмосфере. В случае парникового эффекта при ясном небе только 10–20% земного излучения, проникая через атмосферу, может уходить в космическое пространство. Глобальное потепление частично связано с повышением содержания в атмосфере  $\text{CO}_2$ , выделяемого при сжигании ископаемого топлива. Теплоизоляция – весьма эффективный способ сократить расход топлива при отоплении, а следовательно, понизить содержание  $\text{CO}_2$  в воздухе.

Различные исследования были проведены EURIMA (Европейской ассоциацией производителей изоляционных материалов) в разных уголках Европы. Результаты исследований убедительно показали, что сильного загрязнения окружающей среды можно избежать, развивая технологию изоляционных процессов. В Европе общее количество выбросов  $\text{CO}_2$  составляет 3000 млн. т в год. С применением теплоизоляции количество выбросов уменьшается на 10%, что составляет 300 млн. т в год. Одновременно сокращаются выбросы двуокиси серы  $\text{SO}_2$ , нитратов  $\text{NO}_x$  и других компонентов, что значительно уменьшает количество кислотных остатков.

Исследования, проведенные в Англии, показали, что если в расчете на  $1\text{ м}^2$  строительной площади использовать 50 мм изоляционных материалов, то через 50 лет содержание  $\text{CO}_2$  в атмосфере сократится на 1 т. Выгода оказывается значительной, если принимать во внимание весь объем жилой площади и те преимущества, которые влечет за собой повышение комфортности жилых и производственных помещений.

## ВОПРОСЫ

1. Какое влияние оказывают энергетические объекты и установки на окружающую среду?
2. Экологические проблемы теплоэлектростанций.
3. Трансграничные переносы и их воздействие на экологическую обстановку в Беларуси.
4. Экологические проблемы ТЭК Беларуси.
5. Назовите и объясните экологические эффекты энергосбережения.
6. Какие существуют пути компенсации и устранения негативного влияния энергоиспользования на окружающую среду?
7. Какое значение имеет применение возобновляемых, вторичных и местных ТЭР с точки зрения экологии?
8. Киотский протокол и парниковый эффект.

## РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ТЕМЫ ДЛЯ РЕФЕРАТОВ

1. Аккумулирующие электрические станции.
2. Атомные электрические станции (АЭС).
3. Белорусская энергетика.
4. Биоэнергетика, ее перспективы в Беларуси.
5. Влияние энергетики на биосферу и экологические эффекты энергосбережения.
6. Водородная энергетика.
7. Возобновляемые источники энергии.
8. Вторичные энергетические ресурсы и их использование.
9. Геотермальная энергия.
10. Гидроэнергетика.
11. Закон Республики Беларусь «Об энергосбережении».
12. Законы термодинамики и их значение для энергосбережения.
13. Использование энергии ветра.
14. История энергоиспользования и энергосбережения.
15. Магнитогидродинамическое преобразование энергии.
16. Малая энергетика.
17. Мини-ТЭЦ и котельные.
18. Нагревательные солнечные системы.
19. Научно-технические журналы и информационные издания по энергетике и энергосбережению.
20. Нефть, ее значение и использование.
21. Образование в области энергосбережения.
22. Основные технические направления Государственной программы «Энергосбережение».
23. Особенности энергетического производства и аккумулярование энергии.
24. Отечественный и зарубежный опыт энергосбережения.
25. Политика и энергетика.
26. Проблемы водоснабжения.
27. Проблемы энергосбережения.
28. Развитие мировой энергетики.
29. Развитие теплоэнергетических технологий и энергосбережение.
30. Сегодня и завтра производства и передачи электрической энергии.
31. Система управления топливно-энергетическим комплексом и энергосбережением в Республике Беларусь.
32. Современные информационные технологии и энергосбережение.
33. Современные способы получения электрической энергии.
34. Современные энергоресурсы.
35. Солнечная энергетика.
36. Состояние и задачи энергосбережения в Республике Беларусь.

37. Способы преобразования различных видов энергии в электрическую.
38. Тепловые конденсационные электрические станции.
39. Тепловые насосы.
40. Теплоэлектроцентрали (ТЭЦ).
41. Топливо-энергетический комплекс Республики Беларусь и задачи энергосбережения.
42. Управление энергетическими системами и энергосбережением.
43. Физико-химические основы энергосбережения.
44. Холодильные системы и установки.
45. Централизованное и децентрализованное энергоснабжение.
46. Экологическая цена энергии.
47. Электроэнергетическая система Республики Беларусь, пути ее развития.
48. Энергетика будущего.
49. Энергетика на древесных отходах.
50. Энергетика: пути развития и перспективы.
51. Энергетическая независимость и безопасность государства.
52. Энергетические тарифы.
53. Энергетический кризис и его преодоление.
54. Энергосбережение в быту.
55. Энергосбережение в промышленности.
56. Энергосбережение в сельском хозяйстве.
57. Энергосбережение на транспорте.
58. Энергохозяйство города и проблемы энергосбережения.
59. Энергосберегающие технологии и оборудование.
60. Энергосбережение в жилых домах.
61. Энергосбережение в промышленной теплоэнергетике.
62. Энергосберегающие технологии и оборудование.
63. Энергоэкономичное освещение.

**Основные разделы реферата:**

исторический очерк, современное состояние, перспективы развития, основные направления и мероприятия по энергосбережению, список использованной литературы.

## ЛИТЕРАТУРА ПО КУРСУ «ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ»

### ОСНОВНАЯ

1. Основы энергосбережения: Цикл лекций / Под ред. Н.Г. Хутской. – Мн., 1999.
2. Жарина Л.В. Основы энергосбережения. Материалы к спецкурсу. Учебно-методическое пособие / Могилевский государственный университет им. А.А. Кулешова. – Могилев, 2000.
3. Поспелова Т.Г. Основы энергосбережения. – Мн., 2000.
4. Врублевский Б.И., Лебедева С.Н., Невзорова А.Б, и др. Основы энергосбережения. Учебное пособие. – Гомель, 2002.
5. Самойлов М.В., Паневчик В.В., Ковалев А.Н. Основы энергосбережения. Учебное пособие / Белорусский государственный экономический университет. – Мн., 2002.
6. Кравченя Э.М., Козел Р.Н., Свирид И.П. Охрана труда и основы энергосбережения. Учебное пособие. – Минск., 2004.
7. Кравченко А.Е., Филоненко В.И. Витебская область. Опыт использования местных энергоресурсов // Энергоэффективность, 2004, № 10.
8. Мурач К. Энергосбережение в Республике Беларусь. Итоги работы за 2004 г. и задачи на 2005 г. // Энергоэффективность, 2005, № 2.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

1. Беляев Е.С. Теплогенератор на древесном топливе белорусского производства // Энергоэффективность, 2005, № 2.
2. Зорин А.А. Обобщение опыта проектирования и строительства тепловых сетей // Энергоэффективность, 2005, № 8.
3. Кравченко А.Е. Семинар на тему «Опыт Браславского районного отдела образования в области энергосбережения и экономии топливно-энергетических ресурсов» // Энергоэффективность, 2005, № 1.
4. Кравченко А.Е. Накануне холодов // Витебский рабочий, № 115 (21321), 1 октября 2005 года.
5. Кравченко А.Е. Одним из актуальных направлений энергосбережения в Витебской области является ликвидация длинных теплотрасс // Энергоэффективность, 2005, № 2.
6. Кравченко А.Е., Малашенко М.Л. Энергосбережение в сфере образования Витебской области // Энергоэффективность, 2005, № 1.
7. Факеев В. Полоцкая ТЭЦ: большой урок для малой энергетики // Витебский рабочий, 17 мая 2003 г.
8. Телятко Е. «Солнце» Лукомльской ГРЭС светит всем // Витебский рабочий, № 133 (21339), 15 ноября 2005 года.
9. Будет развиваться малая энергетика // Витебский рабочий, № 119 (21325), 11 октября 2005 года.

10. Игнатищев Р. Надежда – на Солнце // Беларуская думка, 2002, № 9.
11. Мой регион – Витебская область / Костерова Р.Я. и др.; под ред. Р.Я. Костеровой. – Витебск, 2005.
12. Киреенко Е.Г. Социально-экономическая география Республики Беларусь. – Мн., 2003.
13. Киреенко М.Г. Индустриальный комплекс республики. – Мн., 1992.
14. Козловская Л.В. Социально-экономическая география Беларуси. – Ч. 1. – Мн., 2002.
15. Республика Беларусь в цифрах: Краткий стат. сб. – Мн., 2001.
16. Родионова И.А., Бунакова Т.М. Экономическая география. – М., 2000.
17. Экономическая география Белоруссии / Под общ. ред. С.М. Мельничука. – Мн., 1982.
18. Начальный курс географии. Учебное пособие для 7 класса / Под ред. И.П. Галая. – 2-е издание. – Мн., 2004.
19. Балабанович В.К. Технично-экономическая эффективность и перспективы применения турбин ТРБ для использования потенциала пара, теремого с дросселированием // Энергоэффективность, 2004, № 7.
20. Федосеенко Н. Об итогах работы по энергосбережению в Республике Беларусь в 2003 г. и задачах на 2004 г. // Энергоэффективность, 2004, № 1.
21. Гурин Д. Второе дыхание «Лукомки» // Витебский рабочий, 17 августа 2002 года.
22. Велькин В.И. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. – Екатеринбург, 2000.
23. Шеклеин С.Е. Мини- и микрогидроэлектростанции. – Екатеринбург, 2000.
24. Велькин В.И. Микро- и миниатомные реакторы в мире и в России: Учебное пособие. – Екатеринбург, 2001.
25. Велихов Е. Море таит океан энергии // Известия, № 29, 18 февраля 2005 г.
26. Лесков С. Россия приручает океаническое тепло // Известия, № 29, 18 февраля 2005 г.

**Учебное издание**

**Потапов Игорь Николаевич**

**ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**

**Учебное пособие**

Корректор Л.В. Приставка  
Компьютерный дизайн Г.В. Разбоева

Подписано в печать 30.12.2005. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Усл. печ. л. 5,99. Уч.-изд. л. 5,78.  
Тираж экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение – учреждение образования  
«Витебский государственный университет им. П.М. Машерова»  
Лицензия ЛВ № 02330/0056790 от 1.04.2004.

Отпечатано на ризографе учреждения образования  
«Витебский государственный университет им. П.М. Машерова»  
210038, г. Витебск, Московский проспект, 33.



**И.Н. Потапов**

# **ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**



**Витебск 2005**

Репозиторий ВГУ