



**Министерство образования Республики Беларусь**

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

**Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»**

**А. А. Карпов**

## **ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**

**ПОСОБИЕ**

**по одноименному курсу  
для студентов специальности 1-36 01 03  
«Технологическое оборудование  
машиностроительного производства»  
дневной и заочной форм обучения**

**Гомель 2017**

УДК 621.311.017(075.8)  
ББК 31.190.7я73  
К26

*Рекомендовано научно-методическим советом  
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого*

*(протокол № 7 от 14.03.2016 г.)*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Детали машин» ГГТУ им. П. О. Сухого  
*А. Т. Бельский*

**Карпов, А. А.**  
К26 Основы энергосбережения : пособие по одноим. курсу для студентов специальности 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» днев. и заоч. форм обучения / А. А. Карпов. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2017. – 131 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://library.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Представлены краткие теоретические сведения по энергетике, энергосбережению, способам получения и транспортирования электрической и тепловой энергии, возобновляемым и традиционным источникам энергии, энергосбережению в станкостроении, машиностроении, инструментальной промышленности Республики Беларусь, бытовому энергосбережению.

Для студентов специальности 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» дневной и заочной форм обучения.

**УДК 621.311.017(075.8)  
ББК 31.190.7я73**

© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2017

## ВВЕДЕНИЕ

Возрастающая с каждым годом выработка и потребление энергии в мире создают необходимые условия для ускорения научно-технического прогресса (НТП), который позволяет улучшать благосостояние людей планеты. Но вместе с тем возрастающие объёмы потребления энергии требуют всё больших объёмов углеводородного сырья, запасы которого неограничены. Мировой энергетический кризис заставил многие страны мира пересмотреть своё отношение к потреблению топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) и принять необходимые меры к снижению энергоёмкости валового внутреннего продукта и увеличению обеспеченности ТЭР за счёт своих внутренних резервов и возобновляемых источников энергии. Особенно актуальны эти вопросы для Республики Беларусь, обеспеченной собственными ТЭР лишь на 16%.

В результате изучения курса «Основы энергосбережения» студенты должны:

- знать основные направления государственной политики в области энергосбережения;
- знать способы производства, транспорта и потребления тепловой и электрической энергии и основные пути повышения их эффективности;
- знать экологические и экономические проблемы энергетики и основные пути их решения;
- уметь осуществлять оценку технологических процессов и устройств, с точки зрения их энергоэффективности;
- уметь пользоваться приборами учёта, контроля и регулирования тепловой и электрической энергии;
- уметь использовать и пропагандировать основные методы энергосбережения;
- владеть методикой энергоэффективности технологических процессов и устройств.

## 1. ЭНЕРГЕТИКА, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

### 1.1. Роль энергетики в развитии человеческого общества

Источником всей энергии на Земле является Солнце. В процессе фотосинтеза, являющегося основой жизни многих видов растений, живая природа потребляет лишь незначительную часть (около 40 ТВт) от общего количества исходящей от Солнца энергии (около 200000 ТВт). Большее количество солнечной энергии расходуется на согревание атмосферы Земли (50 %), освещение планеты (30 %) и на осуществление процессов кругооборота веществ на Земле (20 %) (рисунок 1). Использование энергии человечеством растет в геометрической прогрессии. В 1990 году оно составило около 12 ТВт, т. е. 30 % от ее общего количества, поглощаемого в процессе фотосинтеза, до 2020 года предполагается увеличение до 35 ТВт [6].

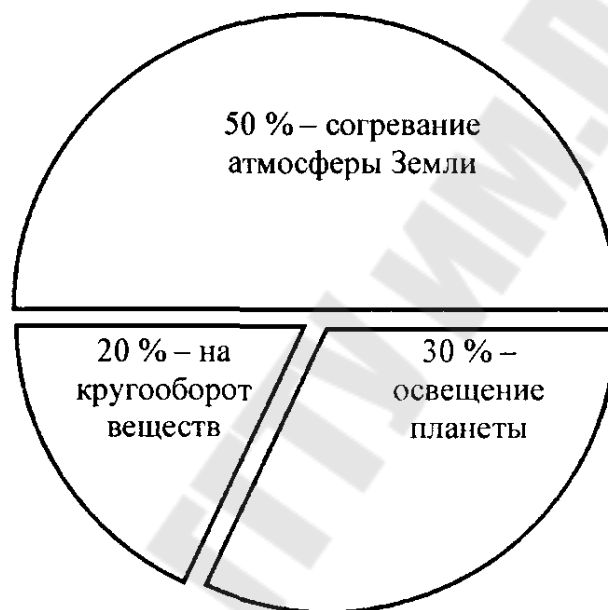


Рис. 1. Распределение на Земле поступающей от Солнца энергии

Энергия является основой жизни на Земле. Растения поглощают солнечную энергию в процессе фотосинтеза; животные потребляют эту энергию косвенным путем, поедая растения и других животных. Человек потребляет солнечную энергию различными путями, в том числе и с пищей. Еще в глубокой древности человек научился перерабатывать энергию Солнца путем сжигания биологической материи (например, древесины или навоза). И в настоящее время миллионы людей используют эти важные источники энергии для приготовления пищи или обогрева жилища - первых жизненных потребностей человека. Современные энергосистемы являются неотъемлемым компонентом инфраструктуры общества, в особенности промышленно развитых стран, которые расходуют примерно 4/5 энергоносителей и в которых живет лишь 1/4 населения планеты. На страны третьего ми-

ра, где живет 3/4 населения Земли, приходится около 1/5 мирового потребления энергии [3].

Учитывая, что энергия является важнейшим элементом устойчивого развития любого государства, каждое из них стремится разработать такие способы энергоснабжения, которые наилучшим образом обеспечивали бы развитие и повышение качества жизни людей, особенно в развивающихся странах, при одновременном сведении к минимуму воздействия человеческой деятельности на здоровье людей и окружающую среду.

В последние годы все развитые страны мира перестали наращивать потребление первичной энергии на душу населения, обеспечив достаточно высокий уровень жизни своих граждан.

Электроэнергетика является важнейшей отраслью экономики любой страны, поскольку ее продукция (электрическая энергия) относится к универсальному виду энергии. Ее легко можно передавать на значительные расстояния, делить на большое количество потребителей. Без электрической энергии невозможно осуществить многие технологические процессы, как невозможно представить нашу повседневную жизнь без отопления, освещения, охлаждения, транспорта, телевизора, холодильника, стиральной машины, пылесоса, утюга, использования современных средств связи (телефон, телеграф, телефакс, ЭВМ), которые также потребляют электроэнергию [3].

Одной из специфических особенностей электроэнергетики является то, что ее продукция в отличие от других отраслей промышленности не может накапливаться в запас на складе для последующего потребления. В каждый момент времени ее производство должно соответствовать ее потреблению.

На долю электроэнергетики в Республике Беларусь приходится примерно 15,8 % валовой продукции промышленности страны. Хотя электрическая энергия широко используется в разных отраслях народного хозяйства, основное ее количество (60,0 %) в республике потребляется в промышленности. Особенностью электроэнергетики в Беларуси является то, что практически 100 % всей производимой электроэнергии дают тепловые электростанции, которые работают на привозном топливе (мазут, природный газ). Более 50 % электроэнергии вырабатывается в Минской и Гомельской областях. Но самой мощной тепловой электростанцией в Республике Беларусь является Лукомльская ГРЭС мощностью 2,4 млн. кВт (2,4 ГВт), расположенная в Витебской области. Около 1 ГВт имеет мощность Березовская

ГРЭС, меньшую - Смолевичская и Василевичская ГРЭС. Часть электроэнергии вырабатывается на ТЭЦ, которые размещены в крупных городах (Минск, Витебск, Гомель и др.), а также на ТЭЦ при некоторых предприятиях Беларуси: сахарных заводах, объединении «Беларускалий», Добрушской бумажной фабрике [3].

В энергосистему страны входит и патриарх отечественной энергетики БелГРЭС, которая была воздвигнута в 1930 г. в рекордно короткие сроки за три года и пять месяцев. Это была в то время крупнейшая гидроэлектростанция союзного значения - одна из 30 по плану ГОЭЛРО. Она разместилась в недрах торфяных болот в двух десятках километров от Орши в городском поселке Ореховск Оршанского района.

Кстати, первая в Беларуси электростанция была построена на территории Гомельской области в 1898 году при Добрушской бумажной фабрике, затем через пять лет была пущена в эксплуатацию Минская электростанция, потом появилась Витебская и другие. Всего в 1913 году на территории республики действовало 11 электростанций общей мощностью 5,3 тыс. кВт. Протяженность электролиний была в пределах 200 километров [3].

Поскольку при передаче электроэнергии на большие расстояния наблюдаются значительные ее потери, для рынка этого вида продукции характерным является использование электроэнергии из местных и ближайших районов. Поэтому наибольшее количество импортируемой в Беларусь электроэнергии приходится на долю наших соседей - России (70 %, Смоленская АЭС) и Литвы (30 %, Игналинская АЭС). Всего в 2000 году Беларусь импортировала 7,2 млрд. кВт ч электроэнергии. Небольшую часть вырабатываемой электроэнергии (128 млн. кВт ч) Беларусь экспортировала в Польшу и на Украину. С вводом в эксплуатацию в 2001 г. новой подстанции, двухцепной линии электропередачи в 110 киловольт и новой 15-километровой высоковольтной линии в Бяло-Подляском воеводстве (Польша) будет осуществлено транспортирование электроэнергии из Беларуси на Запад [3].

Существует тесная взаимосвязь между энергообеспечением, богатством государства и благосостоянием народа. Уровень развития общества определяется способом его энергообеспечения. По подсчетам академика А. Берга еще 100 лет назад 98 % потребляемой на Земле энергии приходилось на мускульную силу человека и животных. Энергия, вырабатываемая ветровыми мельницами, водяными колесами

ми, паровыми и электрическими машинами, составляла лишь малую долю.

В настоящее время в результате научно-технического прогресса почти всю тяжелую работу выполняют машины, а на мускульную силу людей приходится меньше 1 % энергии. Пользование даровыми природными энергоресурсами (ветром и солнечным теплом) способствовало зарождению и становлению цивилизации. Последовательно сменяющиеся виды все более калорийных энергоносителей - дрова, уголь, нефть, газ и, наконец, ядерное топливо - это этапы прогресса, который, создавая блага для человечества, вместе с тем ухудшает экологическую среду, уменьшает предел экологической емкости среды обитания [3].

Председатель межправительственной группы экспертов по изменению климата Р. Ватсон на конференции ООН в Киото COP-3 в декабре 1997 года заявил: «Поскольку живучесть в атмосфере двуокиси углерода (основного антропогенного парникового газа) превышает 100 лет, - это означает, что если формулирование политики откладывать до того времени, когда проблема научных неопределенностей полностью разрешится, а двуокись углерода и другие парниковые газы, ответственные за климатические изменения Земли, будут учтены всеми климатическими моделями, период, за который окажется возможным обратить вспять вызванное деятельностью человека антропогенное изменение климата и связанный с ним экологический ущерб составит не года или десятилетия, а столетия и тысячелетия даже в случае полного прекращения выбросов парниковых газов, которое практически не осуществимо» [3].

## 1.2. Эффективность использования и потребления энергии в различных странах и в Республике Беларусь

Бурно развивающаяся экономика стран планеты Земля в XX веке требовали все больше затрат топливно-энергетических ресурсов. Добыча нефти, угля, газа с каждым годом возрастала. Эти источники казались неистощимыми. Разразившийся в 1973-1974 гг. 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. 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 % [3].

Остро она ощутима и в Республике Беларусь, способной обеспечить себя примерно на 16 % собственными топливными ресурсами, остальное количество их приходится завозить из-за рубежа и платить большие деньги. Удельный вес ввоза топливно-энергетических сырьевых и материально-технических ресурсов в валовом внутреннем продукте составляет более 43 %. Республика импортирует (в основном из России) весь потребляемый каменный уголь, более 90 % нефти, 100 % природного и четверть сжиженного газа.

Если сравнивать энергоёмкость продукции наших предприятий, то она значительно выше, чем в индустриально развитых странах. Так, например, при получении 1 т извести у нас тратится электроэнергия в 5,5 раза больше, чем на Западе, серной кислоты - в 2,7, железобетона - в 1,7 раза. На каждый доллар США произведенной в республике продукции расходуется 1,4 кг условного топлива, тогда как в странах ЕС - 0,81 кг. Правда, следует учитывать, что климат в нашей стране более холодный, что обуславливает и больший расход ТЭР на обогрев производственных зданий и жилищно-бытового сектора.

На состоявшемся республиканском семинаре, посвященном проблеме энергосбережения, было отмечено, что энергоёмкость валового внутреннего продукта в нашей стране составляет 165 тонн условного топлива на 1 млрд. руб., что в 4 – 5 раз выше, чем в странах ЕС.

По данным исследователей известно, что отечественная промышленность по удельным расходам топлива и электроэнергии пока весьма далека от европейских стандартов, но с каждым годом ситуация немного улучшается. Не лучшее положение с энергоёмкостью и в агропромышленном комплексе. Энергоёмкость нашей сельхозпродукции в 3-5 раз выше, чем в развитых странах. Так, на 1 т говядины тратится 550 кВт ч электроэнергии, на одну тонну свинины - в 2,5 раза больше. Совокупный расход энергоресурсов в производстве 1 тонны зерна составляет 28-30 кг условного топлива.

Такие высокие удельные расходы топлива и электроэнергии явились следствием существовавшей в условиях командно-административной системы практики разработки самими производителями (предприятиями) или отраслевыми организациями норм расхода топлива, тепла, электроэнергии и сырья на выпуск той или иной продукции.



Нельзя сбрасывать со счетов и технологическое отставание нашего производства от производства Запада. До самого недавнего времени приоритет отдавался дальнейшему наращиванию мощностей, хотя для того, чтобы сэкономить какое-то количество энергоресурсов, требуется затратить в 2-3 раза меньше средств на действующих мощностях путём их модернизации (реконструкции) по сравнению с созданием новых. И, несмотря на все вышеизложенное, в результате осуществляемых с 1993 года мер по энергосбережению, начиная с 1995 года, в Республике Беларусь обеспечено повышение валового внутреннего продукта (ВВП) на 36 % практически без прироста ТЭР. Энергоемкость ВВП за этот период снизилась на 28,2 % [3].

Энергоемкость ВВП в ряде стран различна. Энергоемкость ВВП в нашей стране меньше на 17 %, чем на Украине, и на 42 % меньше, чем в России, но в два с лишним раза больше, чем в Германии, и на 24 % больше, чем в США. Это означает, что потенциал экономии топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в Беларуси огромен и составляет от 8 до 10 млн. т топлива в условном исчислении или более чем 1/5 часть их общего потребления в год, а вообще он составляет примерно 40,5 % от потребленных ныне ТЭР [3].

О значении этого резерва можно судить по следующему факту: если бы в Республике Беларусь удалось «ввести» его в действие или хотя бы мы могли сравняться по удельным энергозатратам с развитыми странами, то, как минимум 10 лет, мы могли бы не наращивать мощности наших электростанций и котельных.

Из сравнения энергоемкости обобщающего показателя валового национального продукта (ВНП) некоторых стран видно, что наша республика входит в пятерку бывших союзных республик, имеющих наибольшую энергоемкость ВНП. По сравнению с Японией, имеющей самую низкую энергоемкость ВВП, в нашей стране этот показатель в 11,3 раза выше, чем в Японии, но в 1,3 раза ниже, чем на Украине, и в 1,2 раза, чем в России.

Оплата в год за энергоносители нашей страной достигает 1,8 млрд. долларов, а на закупку хлеба для всего населения при условии, если бы у нас его не выращивали вовсе, понадобилось бы 700 млн. долларов.

Специалисты подсчитали, что при разумной организации энергопотребления страной энергоносителей, ввозимых извне, можно снизить расходы на закупку их на 40 %. Поэтому энергосбережение является приоритетом государственной политики, важным направлением

в деятельности всех без исключения субъектов хозяйствования и самым дешевым, но не бесплатным, источником энергии. По мнению специалистов, только в сельском хозяйстве возможно сэкономить до 50 % от затрачиваемой энергии, а в некоторых производствах строительной индустрии - и того больше. При этом во многих случаях мероприятия по внедрению энергосберегающих технологий не требуют больших финансовых затрат, так как расходы на производство 1 т. у. т. первичной энергии в 3-4 раза больше, чем на ее сбережение [3].

*Существуют три основных направления энергосбережения:*

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

### 1.3. Сущность энергосбережения.

#### Основные понятия в энергосбережении

**Энергетика** - это топливно-энергетический комплекс страны, охватывающий получение, передачу, преобразование и использование различных видов энергии и энергетических ресурсов. Она является точкой пересечения энергетической, экономической и социальной составляющих общественного развития и регулирующим фактором в эколого-экономическом пространстве. Причем состояние отрасли и отдельных предприятий отражает, с одной стороны, состояние окружающей среды, с другой - уровень экономического развития и качества человеческого мышления [3].

Со второй половины XX века, в условиях научно-технической революции, потребности человеческого общества в различных видах энергии, главным образом электрической, быстро возрастают. Для получения ее во все более возрастающих масштабах используются не только уголь, нефть, природный газ, ядерное горючее. В последнее время все большее распространение получают такие нетрадиционные виды получения энергии, как ветровые электростанции, гидроэлектростанции на малых реках (ГЭС), солнечная энергия, биогазовые установки и др.

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

**Энергосбережение** - это 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.

**Топливо-энергетические ресурсы (ТЭР)** - 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 в виде побочного продукта основного производства не применяемая в этом технологическом процессе. Например, пар, который получается в технологических процессах после теплообменников, может быть использован для обогрева помещений.

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

**Показатель эффективности** - научно обоснованная абсолютная или удельная величина потребления ТЭР (с учетом их нормативных потерь) на производство единицы продукции (работы, услуг) любого назначения, установленная нормативными документами.

**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.

**Пользователи ТЭР** - субъекты хозяйствования независимо от форм собственности, зарегистрированные на территории Республики Беларусь в качестве юридических лиц или индивидуальных предпринимателей, осуществляющих свою деятельность без образования юридического лица, а также другие лица, которые в соответствии с

законодательством Республики Беларусь имеют право заключать хозяйственные договоры, и граждане, использующие ТЭР.

**Производители ТЭР** - субъекты хозяйствования, независимо от формы собственности, зарегистрированные на территории Республики Беларусь в качестве юридических лиц, для которых любой из видов ТЭР, используемых в республике, является товарной продукцией.

Интенсификация энергосбережения является одним из узловых вопросов развития экономики, и суть её заключается в использовании всего комплекса эффективных мероприятий, направленных на снижение удельных энергозатрат на производство продукции, повышение производительности труда.

Основные направления и мероприятия по экономии энергоресурсов:

- переход на энергосберегающие технологии производства, повышение уровня организации производства, сокращение материалоемкости выпускаемой продукции;
- совершенствование структуры энергетического оборудования, демонтаж и реконструкция устаревшего оборудования;
- разработка и внедрение более эффективных энергопотребителей (электроприводов и другого энергопотребляющего оборудования), совершенствование управления их режимами;
- сокращение потерь и повышение использования вторичных топливно-энергетических ресурсов;
- применение комбинированных энерготехнологических процессов.

Перечисленные мероприятия немислимы без соответствующих (в ряде случаев весьма значительных) капиталовложений. Учитывая трудности с инвестициями в народное хозяйство, необходимо, прежде всего, использовать меры, не связанные с большими капиталовложениями, т. е. в первую очередь необходимо снижать потери электро- и тепловой энергии.

#### 1.4. Восполняемые и невосполняемые энергетические ресурсы

Энергетические ресурсы являются частью всей совокупности природных ресурсов и делятся на восполняемые и невосполняемые.

Восполняемыми, или возобновляемыми источниками энергии, называются источники, потоки энергии которых постоянно существ-

вуют или периодически возникают в окружающей среде и не являются следствием целенаправленной деятельности человека.

К восполняемым энергоресурсам относят энергию:

Солнца; мирового океана в виде энергии приливов и отливов, энергии волн; рек; ветра; морских течений; соленую; морских водорослей; вырабатываемую из биомассы; водостоков; твердых бытовых отходов; геотермальных источников.

Недостатком возобновляемых источников энергии является низкая степень ее концентрации. Но это в значительной степени компенсируется широким распространением, относительно высокой экологической частотой и их практической неисчерпаемостью. Такие источники наиболее рационально использовать непосредственно вблизи потребителя без передачи энергии на расстояние. Энергетика, работающая на этих источниках, использует потоки энергии, уже существующие в окружающем пространстве, перераспределяет, но не нарушает их общий баланс.

Неиспользование потоков энергии возобновляемых источников приводит к ее безвозвратной потере, предопределяет несколько иной подход к оценке эффективности устройств, применяющих эти источники, по сравнению с устройствами, работающими на невозобновляемых ресурсах.

Учитывая истощенность энергетических ресурсов, роль использования возобновляемых источников энергии во многих странах с каждым годом возрастает. Так, выработка электроэнергии на ветряных установках увеличивается в среднем в год на 24 %, от солнечных батарей - на 17, а на геотермальных станциях - на 4%. В Дании на ветроустановках вырабатывается 10 % всей производимой в стране электроэнергии, в германской земле Шлезвиг-Гольштейн - 14, в провинции Наварра (Испания) - 22 % [3].

Солнечная энергия преимущественно используется для горячего водоснабжения, сушки сельскохозяйственной продукции, опреснения вод, других технологических целей, а также преобразования ее в электрическую энергию. В дальнейшем на первое место должны выйти технологии по преобразованию солнечной энергии в электрическую и химическую энергию. Находит применение солнечная энергия также на наземных транспортных средствах, на водных просторах и в воздухе.

В последнее время интерес к проблеме использования солнечной энергии резко возрастает, поскольку потенциальные возможности

энергетики, основанной на использовании непосредственно солнечного излучения, чрезвычайно велики. При нынешнем состоянии науки и техники солнечная электростанция может быть рентабельна, если число солнечных часов за год составляет не менее 1900. Это подтверждает и опыт строительства и эксплуатации электростанции «Тесей» мощностью 50 МВт на побережье острова Крит, где Солнце светит 2200 часов в год. По ночам и в пасмурные дни на станции подключается резервный паровой котел, работающий на мазуте.

По данным метеорологов в Республике Беларусь 150 дней в году пасмурно, 185 дней - с переменной облачностью и 30 - ясных, а всего число часов солнечного сияния в Беларуси достигает 1200 часов на севере страны и 1300 - на юге [3].

Солнечная энергетика относится к наиболее материалоемким видам производства энергии. Крупномасштабное использование солнечной энергии влечет за собой гигантское увеличение потребности в материалах, а следовательно, и в трудовых ресурсах для добычи сырья, его обогащения, получения материалов, изготовления гелиостатов, другой аппаратуры, их перевозки. И, несмотря на это, Япония взялась осуществить грандиозный проект перекачки энергии Солнца на Землю. Министерство экономики и промышленности объявило, что начаты научные работы, связанные с запуском в космос гигантского спутника с двумя солнечными батареями, каждая из которых - по километру в ширину и по три - в длину. Беспрецедентный проект оценивается в два триллиона иен (примерно 18 миллиардов долларов). Фактически это будет первая в истории космическая электростанция мощностью в миллион киловатт - почти на 20 процентов больше, чем у Днепрогэса. Сам спутник, весом 20 тысяч тонн, будет представлять собой симметричную конструкцию из трех основных частей - двух солнечных батарей-пластин по бокам и антенны-тарелки в центре. Ее диаметр составит примерно километр. Она будет передавать собранную энергию наземной антенне. Площадь исполинского диска приемной антенны измеряется несколькими квадратными километрами, а раскинут он будет где-нибудь в океане или пустыне. Экологически безупречная суперэлектростанция будет вращаться на геостационарной орбите в 36 тысячах километров от планеты. Предполагается, что это произойдет не позднее 2040 г.

Энергия, заключенная в текущей воде, многие тысячелетия верно служит человеку. Запасы воды на земле колоссальны – 3/4 планеты покрыты водой. Огромным аккумулятором энергии является мировой

океан, поглощающий большую ее часть, поступающую от Солнца. В нем плещут волны, происходят приливы и отливы, возникают могучие океанские течения. На земле рождаются многочисленные реки, несущие огромные массы воды в моря и океаны. И люди раньше всего научились использовать энергию рек в качестве путей сообщения.

Когда наступил золотой век электричества, произошло возрождение водяного колеса в виде водяной турбины. Считают, что современная гидроэнергетика родилась в 1891 г.

В нашей стране гидроэлектростанции начали строить в 30-х годах прошлого века. Первенцем была Чигиринская ГРЭС на реке Друть в Могилевской области. В довоенные годы был построен ряд небольших гидроэлектростанций на малых реках. Большинство из них в годы войны были разрушены, а в первые послевоенные годы восстановлены и построены новые. К концу 1956 г. в нашей республике насчитывалось 162 ГЭС общей установленной мощностью 11854 кВт. Однако, начиная с 60-х годов, они начали закрываться, не выдержав конкуренции с большой энергетикой.

В последние годы во многих странах мира, особенно в Японии, Англии, странах Скандинавии, возрастающий интерес проявляется к получению энергии от морских волн, в результате чего эксперименты переросли в стадию реализации проектов. Создано большое количество различных центров, поглощающих и преобразовывающих волновую энергию.

В результате воздействия сил притяжения Луны и Солнца происходят периодические колебания уровня моря и атмосферного давления, что приводит к образованию приливных волн, которые и используются для выработки электроэнергии на приливных электростанциях (ПЭС).

Из современных приливных электростанций наиболее хорошо известны крупномасштабная электростанция Ранс мощностью 240 МВт (Бретань, Франция), построенная в 1967 году на приливах высотой до 13 м, и небольшая, но принципиально важная опытная станция мощностью 400 кВт в Кислой Губе на побережье Баренцева моря (Россия). Блоки этой ПЭС буксировались на плаву в нужные места для включения ее в местные энергосети в часы максимальной нагрузки электроэнергии потребителями [3].

Неожиданной возможностью океанской энергетикой оказалось выращивание с плотов в океане быстрорастущих гигантских водорос-

лей келп, легко перерабатываемых в метан для энергетической замены природного газа.

Большое распространению получает использование биомассы для получения электроэнергии.

Большое внимание приобрела «океанотермическая энергоконверсия» (ОТЭК), то есть получение электроэнергии за счет разности температур между поверхностными и засасываемыми насосами глубинными океанскими водами, например, при использовании в замкнутом цикле турбины таких легко испаряющихся жидкостей, как пропан, фреон или аммоний.

Большие запасы энергии содержатся в местах впадения пресноводных рек в моря и соленые водоемы. При наличии перепадов солености возникает осмотическое давление, которое может быть использовано для производства энергии, например, с помощью мембранных установок и другими способами.

Остается заманчивой идея использования потока теплой воды Гольфстрима, несущего ее вблизи берегов Флориды со скоростью 5 миль в час.

Наконец, не следует забывать, что химическая формула воды  $H_2O$  содержит газ водород, который после извлечения из воды может использоваться в качестве горючего для самолетов, автомобилей, автобусов, как используется в настоящее время для этих целей сжиженный газ, газ метан. И опыт использования водорода в качестве топлива уже есть. На базе кузова и шасси автобуса MERSEDES-BENZ создан электробус на топливных элементах, получивший название NEBUS. В качестве топлива для него используется водород, который размещается в баллонах, установленных на крыше автобуса. NEBUS тяжелее базового автобуса на 3500 кг. При этом масса баллонов с водородом составляет 1900 кг. Силовая установка машины разработана канадской компанией Ballard. По габаритам она примерно соответствует дизелю, применяемому на автобусе этого типа. Мощность батареи топливных элементов - 250 кВт, пробег - 200 км. Для приведения в движение автобуса, рассчитанного на 42 места, применяются асинхронные двигатели мощностью 75 кВт. Количество вредных выхлопных газов, уровень шума у него меньше, чем у автобусов аналогичного класса [3].

Ветровая энергия использовалась человеком с давних времен для приведения в движение лодок и судов, ветряных мельниц и водоподъемников. В настоящее время ветровые установки применяются



более чем в 30 странах. Использование энергии ветра возможно только в тех местах, где средняя скорость ветра на протяжении года составляет в пределах 4 м/с, или 14,4 км/ч и более. Наиболее сильные и устойчивые ветры в Европе имеют место на морском побережье в Ирландии, Шотландии, в отдельных районах Дании, Голландии, Франции, Испании, на юго-западе Англии и в Уэльсе, а также на большей части морского побережья Северной и Южной Америки, северной части Азии и Южной Австралии, где и получает развитие производство электроэнергии с помощью ветра.

Установленная на средства немецкой благотворительной организации «Дамы замест Чернобыля» ветроустановка мощностью 250 кВт около вновь построенной деревни Занарач в Мядельском районе Минской области стала знаменитостью не только местного масштаба, но и своеобразным маяком.

К наиболее перспективным направлениям в ветроэнергетике следует отнести использование ветроустановок малой мощности (до 20 кВт) для энергообеспечения потребителей в труднодоступных местах. Ветро-энергоустановки мощностью до 100 кВт в комбинации с резервным энергоисточником могут применяться для энергоснабжения потребителей отдельных районов, где отсутствует централизованное электроснабжение.

В мире накоплен достаточный опыт по использованию энергии ветра. Так, на востоке США сооружена в 1999 г. крупнейшая ветроэлектростанция, в составе которой 17 ветротурбин. Мощность станции - 11,2 МВт, а стоимость ее - 14,5 млн. долларов.

Начали работать первые 7 из 133 строящихся ветротурбин на ветроэлектростанции Le Норге в провинции Квебек (Канада). Общая мощность станции - 100 МВт, она будет обеспечивать энергией 16000 индивидуальных жилых домов. Это самый крупный проект в области ветроэнергетики Канады. Его стоимость - 120 млн. долларов США. В числе участников проекта компании Канады, Дании, Японии.

В Австралии самый большой парк ветроэнергетических установок будет построен на северо-западном побережье острова Тасмания. Суммарный потенциал их достигнет 100 МВт. В перспективе планируется проложить подводную кабельную линию, по которой выработанная на ветроустановках Тасмании электроэнергия будет поступать на австралийский континент.

Близ города Томамаэ на севере японского острова Хоккайдо планируется построить ветроэлектростанцию с 20 ветроэнергетиче-

скими установками мощностью по 1 МВт каждая. Станция будет вырабатывать больше электроэнергии, чем все уже существующие в Японии ветроэлектростанции, вместе взятые.

Геотермальные ресурсы представляют собой запасы термальных вод, к которым относятся подземные воды, естественных коллекторов геотермальной энергии - природных теплоносителей (воды, пара и пароводяных смесей). Для практического использования они подразделяются на несколько классов:

- низкопотенциальные (с температурой 20...100 °С), используемые для теплотехнических нужд;
- среднепотенциальные (с температурой 100...150 °С), используемые для теплоснабжения;
- высокопотенциальные (более 150 °С), используемые для выработки электроэнергии.

Термальные воды с более высокой температурой (150...350 °С) из-за технических трудностей обращения с ними пока не нашли своего применения.

Небольшая северная страна Исландия практически не имеет других источников энергии, кроме как энергию от тепла земли в виде знаменитых гейзеров-фонтанов горячей воды. Благодаря им многочисленные исландские теплицы, обогреваемые подземными источниками, полностью обеспечивают страну помидорами, яблоками и даже бананами. Столица страны Рейкьявик, в которой проживает половина населения страны, отапливается только за счет подземных источников.

Но не только для отопления черпают люди энергию из глубин земли. Уже давно работают электростанции, использующие горячие подземные источники. Первая такая электростанция была построена в 1904 году в Италии. В настоящее время такие электростанции существуют в ряде стран (Новая Зеландия, США и др.).

На юго-западе Англии, в городе Корнуолх, одна из компаний несколько лет назад начала внедрять системы, использующие тепловую энергию Земли с помощью геотермальных теплообменников. Они устанавливаются в герметически закрытых буровых скважинах или котлованах, прилежащих к зданиям. В этих системах используются электрические тепловые насосы, с помощью которых открывается доступ к скрытым тепловым резервам планеты. Тепловая помпа накапливает геотермальную энергию, поднимает температуру и подводит тепло к зданию, обеспечивая подогрев воды и отопление. В те-

плую погоду pompa накапливает тепло, идущее от дома и его окружения, повышает температуру и отдает тепловую энергию земле, обеспечивая тем самым охлаждение здания. Компания уже завершила установку таких систем в различных зданиях высокого профиля в своей стране.

В отличие от многих других источников возобновляемой энергии, тепловая энергия Земли доступна днем и ночью, зимой и летом. На нее не влияют капризы погоды, и это делает ее очень привлекательной для использования.

Значительные запасы термальных вод имеются на Дальнем Востоке России. А в Грузии, например, запасы их составляют 220-250 млн. м<sup>3</sup>/год.

В поисках альтернативных источников энергии во Франции рассматривается проект изготовления из опавших листьев, спрессованных в брикеты, вещества, которое по калорийности не уступает каменному углю, но экологически более чистое и, очевидно, более дешевое.

Основным сдерживающим фактором использования возобновляемых источников энергии в мире являются высокие первоначальные инвестиции в оборудование и инфраструктуру. Однако, по мнению специалистов, благодаря рациональной энергетической политике уже через 50 лет доля биомассы в энергопроизводстве возрастет с 2 до 10 %, а доля солнечной энергии составит более 10 %. При этом производство энергии с использованием нефти сократится вдвое, а угля - почти втрое. Предполагается, что к 2100 году большую часть потребляемой энергии человечество будет получать именно из возобновляемых источников. Так, на долю биомассы будет приходиться более 20 % потребляемой энергии, Солнца - более 40, тогда как доля газа сократится до 10, нефти - до 8, угля - до 3-4 % [3].

К невозполняемым энергетическим ресурсам относят:

- каменный уголь, запасы которого в мире оцениваются в 10-12 трлн. т.;

- нефть, запасы которой распределены крайне неравномерно на Земле: на Ближнем и Среднем Востоке - 67, в Африке - 12,5, Юго-Восточной Азии и Дальнем Востоке - 3, Северной Америке - 9, Центральной и Южной Америке - 5,5, Западной Европе - 3 %. По уровню добычи нефти Россия занимает 3-е место в мире, уступая только Саудовской Аравии и США. В 1999 г. её добыто 305 млн. т.

подавляющая часть нефти потребляется в Северной Америке, и, прежде всего в США, в индустриально развитых странах Западной Европы и Японии;

- природный газ; основные разведанные запасы газа в мире сосредоточены в России (32 %), Иране (15,7 %), Катаре (6 %). Добыча газа в России составляет 25,1, в США - 24,1, Канаде - 8,1 % от мировой. Владельцами крупных газовых месторождений также являются: Казахстан, Туркменистан, Ирак, Саудовская Аравия, Объединенные Арабские Эмираты, Египет, Алжир, Ливия. Активно осваиваются газовые шельфы в Северном и Норвежском морях. Суммарные запасы природного газа здесь превышают российские [3].

На начало 2000 года месторождения нефти и газа были открыты более чем в 90 странах мира. Разведанные запасы газа в мире составляют 146,6 трлн. м<sup>3</sup>, нефти - 138,6 млрд. т. Доля газа в топливно-энергетическом комплексе мира составляет в настоящее время 22 %, в России - более 50 %, в которой открыто 769 месторождений, а разведанные запасы к началу 2000 года насчитывали 46,9 трлн. м<sup>3</sup>.

Из общего объема добываемого газа в России на долю ОАО «Газпром» приходится 94 % в России и 23 % в мировой добыче. Протяженность газовых магистралей России составляет свыше 150 тыс. км. Являясь крупнейшей газодобывающей компанией, «Газпром» производит около 8 % ВВП страны и обеспечивает до 25 % всех налоговых поступлений в федеральный бюджет.

### 1.5. Виды топлива, характеристика и запасы их в Беларуси

По определению Д. И. Менделеева, «топливом называется горючее вещество, умышленно сжигаемое для получения теплоты». Минеральное топливо - основной источник энергии в современном хозяйстве и важнейшее промышленное сырье. Переработка минерального топлива является базой формирования промышленных предприятий, в т. ч. нефтехимических, газохимических, торфобрикетных и т. п.

Топливо подразделяют на следующие четыре группы: твердое; жидкое; газообразное; ядерное.

Самым первейшим видом твердого топлива были (а во многих местах остаются и в настоящее время) древесина и другие растения: солома, камыш, стебли кукурузы и т. п.

Первая промышленная революция, которая в XIX веке полностью преобразовала аграрные страны Европы, а затем и Америку,

произошла в результате перехода от древесного топлива к ископаемому угольному. Потом пришла эра электричества. Открытие электричества оказало огромное влияние на жизнь человечества и обусловило зарождение и рост крупнейших городов мира.

Применение нефти (жидкий вид топлива) и природного газа в сочетании с развитием электроэнергетики, а затем и освоение энергии атома позволили промышленно развитым странам осуществить грандиозные преобразования, итогом которых стало формирование современного облика Земли.

Таким образом, к твердому виду топлива относят:

- древесину, другие продукты растительного происхождения;
- уголь (с его разновидностями: каменный, бурый);
- торф;
- горючие сланцы.

Ископаемые твердые топлива (за исключением сланцев) являются продуктом разложения органической массы растений. Самый молодой из них торф, представляющий собой плотную массу, образовавшуюся из перегнивших остатков болотных растений.

Следующими по «возрасту» являются бурые угли - землистая или черная однородная масса, которая при длительном хранении на воздухе частично окисляется (выветривается) и рассыпается в порошок. Затем идут каменные угли, обладающие, как правило, повышенной прочностью и меньшей пористостью. Органическая масса наиболее старых из них - антрацитов претерпела наибольшие изменения и на 93 % состоит из углерода. Антрацит отличается высокой твердостью.

Горючие сланцы представляют собой полезное ископаемое из группы твердых каустобиолитов, дающее при сухой перегонке значительное количество смолы, близкой по составу к нефти. Залежи горючих сланцев в Беларуси находятся на юге республики (Туровское месторождение в Гомельской области, Любанское - в Солигорском и Любанском районах Минской области), и открыты они в 1963 г. Прогнозные запасы составляют 11 млрд. т, в т. ч. промышленные на глубине 300 м - 3,6 млрд. т, что соответствует 792 млн. т у. т. Наиболее изученным является Туровское месторождение.

Жидкие виды топлива получают путем переработки нефти. Сырую нефть нагревают до 300...370 °С, после чего полученные пары разгоняют на фракции, конденсирующиеся при различной температуре:

- сжиженный газ (выход около 1 %);
- бензиновую (около 15 %,  $t_k = 30...180$  °С);
- керосиновую (около 17 %,  $t_k = 120...135$  °С);
- дизельную (около 18 %,  $t_k = 180...350$  °С).

Жидкий остаток с температурой начала кипения 330...350 °С называется мазутом.

Газообразными видами топлива являются природный газ, добываемый как непосредственно, так и попутно с добычей нефти, называемый попутным. Основным компонентом природного газа является метан  $CH_4$  и в небольшом количестве азот  $N_2$ , высшие углеводороды  $C_nH_m$ , двуокись углерода  $CO_2$ . Попутный газ содержит меньше метана, чем природный, но больше высших углеводородов, и поэтому выделяет при сгорании больше теплоты.

В промышленности и, особенно в быту, находит широкое распространение сжиженный газ, получаемый при первичной переработке нефти. На металлургических заводах в качестве попутных продуктов получают коксовый и доменный газы. Они используются здесь же на заводах для отопления печей и технологических аппаратов. В районах расположения угольных шахт своеобразным «топливом» может служить метан, выделяющийся из пластов при их вентиляции. Газы, получаемые путем газификации (генераторные) или путем сухой перегонки (нагрев без доступа воздуха) твердых топлив, в большинстве стран практически вытеснены природным газом, однако в настоящее время снова возрождается интерес к их производству и использованию.

В последнее время все большее применение находит биогаз - продукт анаэробной ферментации (сбраживание) органических отходов (навоза, растительных остатков, мусора, сточных вод и т. д.).

Ядерным топливом является уран. Об эффективности использования его показывает работа первого в мире атомного ледокола «Ленин» водоизмещением 19 тыс. т, длиной 134 м, шириной 23,6 м, высотой 16,1 м, осадкой 10,5 м, со скоростью 18 узлов (около 30 км/ч). Он был создан для проводки караванов судов по Северному морскому пути, толщина льда по которому достигала 2 и более метров. В сутки он потреблял 260-310 граммов урана. Дизельному ледоколу для выполнения такого же объема работы, которую выполнял ледокол «Ленин», потребовалось бы 560 т дизтоплива.

Анализ оценки обеспеченности ТЭР показывает, что наиболее дефицитным видом топлива является нефть. Ее хватит по разным ис-

точникам на 25-40 лет. Затем, через 35-64 года, истощатся запасы горючего газа и урана. Лучше всего обстоит дело с углем, запасы которого в мире достаточно велики, и обеспеченность углем составит 218-330 лет.

В Республике Беларусь собственные топливно-энергетические ресурсы представлены: древесиной; нефтью; торфом; бурым углем; горючими сланцами. Общие запасы древесины в стране оцениваются примерно в 1093,2 млн. м<sup>3</sup>, что составляет около 1 % запасов древесины СНГ. Лесистость территории - 38 %. Запас спелого древостоя составляет около 74,7 млн. м<sup>3</sup>. На душу населения приходится 0,6 га леса и 93 м<sup>3</sup> запасов древесины. Средний возраст древостоя - 40 лет, средний прирост - 3,7 м<sup>3</sup> на 1 га; средний запас на 1 га в спелых лесах - 205 м<sup>3</sup>. Основная часть лесов (45 %) приходится на Гомельскую и Минскую области [3].

Значение древесины в топливном балансе страны пока незначительно, поскольку начавшаяся в 1960 г. и продолжающаяся ныне повсеместная газификация вытеснила древесину как вид топлива, а работающие на отходах котельные деревообрабатывающих предприятия были переведены на газ. В последнее время в связи с возникшими проблемами в использовании дорогостоящего покупного топлива, и, в первую очередь, газа, на древесное топливо, особенно на отходы деревообработки переходит все больше субъектов хозяйствования.

Основной нефтегазоносной территорией Беларуси является Припятский прогиб. Известно 55 месторождений нефти, в т. ч. 53 - в Гомельской и 2 - в Могилевской областях. 33 месторождения разрабатываются, крупнейшее из которых - Речицкое эксплуатируется с 1965 года.

С начала промышленной разработки нефти (1965 г.) в стране добыто 100 млн. т. В настоящее время ежегодно добывается около 1,8 млн. т. нефти. РУП «Объединение «Беларуснефть» - единственное нефтедобывающее республиканское унитарное предприятие - имеет 508 эксплуатационных скважин на 63 месторождениях нефти. Бурением пройдено 18,531 млн. м горных пород. Разведанные запасы нефти составляют около 80 млн. т, газоконденсата - 0,44 млн. т, попутного газа - 9734 млн. м<sup>3</sup>.

Годовая потребность Республики Беларусь в нефти составляет 16-18 млн. т., а собственные ресурсы составляют всего лишь 9-10 %. Остальное количество нефтепродуктов в республику поставляет около 70 субъектов хозяйствования [3].

Наиболее распространенным видом местного топлива в Беларуси является торф. Торфяные отложения имеются практически во всех регионах. По запасам торфа (первичные запасы составляли 5,65 млрд. т, оставшиеся геологические оцениваются в 4,3 млрд. т.) Беларусь занимает второе место в СНГ, уступая только России. Разведано более 9000 месторождений торфа общей площадью в границах промышленной глубины 2,54 млн. га. В последнее время годовая добыча составляет 27-30 млн. т. Наиболее богатые залежи его находятся в Брестской, Витебской, Могилевской областях, в которых геологический запас торфа составляет около 68 % от общего запаса в стране. Основными месторождениями торфа являются Светлогорское, Василевичское, Лукское (Гомельская обл.), Березинское, Смолевичское (Минская обл.), Березовское (Гродненская обл.), Даблевский Мох, Усвиж Бук, Витебское (Витебская обл.). На базе этих месторождений были в свое время построены крупные электростанции: Василевичская, Смолевичская ГРЭС и др. или крупные торфобрикетные заводы.

Месторождения бурого угля находятся, так же, как и нефть, в Припятском прогибе. Прогнозные ресурсы его на глубине 600 м. оцениваются в 410 млн. т., в т. ч. мощностью пласта от 0,7 м. и более - 294 млн. т.

В настоящее время наиболее изученными являются неогеновые угли (залегает на глубине 20-80 м) трех месторождений: Житковичского, Бриневского и Тонежского с общими запасами 152 млн. т (37 млн. т. у. т.), промышленными - 121 млн. т. (29,5 млн. т. у. т.) На Житковичском месторождении подготовлены для промышленного освоения два месторождения с общими запасами 46,7 млн. т. (11,4 млн. т. у. т.), что позволяет проектировать строительство разреза мощностью в 2 млн. т (488 т. у. т.). В последние годы на юге Беларуси (Лельчицкий район) открыто относительно большое месторождение - Букчинское, которое в будущем может иметь промышленное значение [3].

Разведанные запасы угля пока не разрабатываются, поскольку уголь залегает на большой глубине, мощность его пластов небольшая.

Прогнозируемые объемы годовой добычи местных видов топлива составляют:

- нефть, млн. т.: 2000 г. (факт) - 1,84; 2005 г. - 1,55; 2010 г. - 1,29; 2015 г. - 1,102;
- попутный газ, млн. м<sup>3</sup>: 2005 г. - 230; 2010 г. - 210; 2015 г. - 180;
- торф, 1 млн. т. у. т./год (на весь рассматриваемый период);



- дрова, предусматривается увеличение заготовок и использования с 1,3 млн. т. у. т. в 2000 г. до 1,9-2,0 млн. т. у. т. в 2015 г.

Имеющиеся запасы бурых углей в объеме 151,6 млн. т. пригодны для использования после брикетирования с торфом, однако их добыча нецелесообразна, т. к. экологический ущерб превысит полученные результаты.

Нецелесообразна и добыча горючих сланцев в объеме имеющихся запасов 11 млрд. т., поскольку стоимость получаемых продуктов выше мировых цен на нефть [3].

### 1.6. Условное топливо, соотношение и калорийность.

#### Единицы измерения

Экономические расчеты, сравнение показателей топливоиспользующих устройств друг с другом и планирование необходимо осуществлять на единой базе. Поэтому введено понятие так называемого условного топлива.

**Условное топливо** представляет собой единицу учета органического топлива, применяемую для сопоставления эффективности различных видов топлива и суммарного учета. Использование условного топлива особенно удобно для сопоставления экономичности различных теплоэнергетических установок.

В качестве единицы условного топлива применяется 1 кг топлива с теплотой сгорания 7000 ккал/кг (29,3 МДж/кг), что соответствует хорошему малозольному сухому углю. Для сравнения укажем, что бурые угли имеют теплоту сгорания менее 24 МДж/кг, а антрациты и каменные угли - 23-27 МДж/кг.

Соотношение между условным топливом и натуральным выражается формулой:

$$B_T = \frac{Q_H^p}{7000} \cdot B_H,$$

где  $B_T$  - масса эквивалентного количества условного топлива, кг;

$B_H$  - масса натурального топлива, кг - твердое или жидкое топливо или  $m^3$  - газообразного;

$Q_H^p$  - низшая теплота сгорания данного натурального топлива, ккал/кг или ккал/ $m^3$ .

Соотношение  $\mathcal{E} = \frac{Q_H^p}{7000}$  называется калорийным коэффициентом, и его принимают для:

- нефти - 1,43;
- природного газа - 1,15;
- торфа - 0,34-0,41 (в зависимости от влажности);
- торфобрикетов - 0,45 - 0,6 (в зависимости от влажности);
- дизтоплива - 1,45;
- мазута - 1,37.

Теплотворная способность различных видов топлива, ккал/кг., составляет примерно:

- нефть - 10 000;
- природный газ - 8 000 (ккал/м<sup>3</sup>);
- каменный уголь - 7 000;
- дрова влажностью 10 % - 3 900;
- 40% - 2 400;
- торф влажности 10 % - 4 100;
- 40% - 2 500.

#### 1.7. Топливо-энергетический комплекс Республики Беларусь.

Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) Республики Беларусь представляет собой сложную совокупность больших, непрерывно развивающихся производственных систем для получения, преобразования, распределения и использования природных энергетических ресурсов и энергии всех видов. В Республики Беларусь он включает предприятия по добыче (нефть, торф, попутный газ), заготовке (дрова), закупке недостающих полезных ископаемых, транспортировке газа, преобразованию их в электрическую или тепловую энергию и распределению по потребителям.

Установленная мощность всех энергоисточников страны составляет более 7,8 млн. кВт. Это достаточно для обеспечения потребителей республики электроэнергией, которую вырабатывают 23 электростанции. Общий объем электро- и теплоснабжения, достигший своего пика в 1990-1991 гг. и составивший соответственно 49 млрд. кВт ч и 112 Гкал, на протяжении последних лет неуклонно снижался, достигнув минимума (32 млрд. кВт ч и 72,1 Гкал) в 1996 г. С 1997 г. отмечается подъем электро- и теплоснабжения.

В 1999 году за счет местных, возобновляемых нетрадиционных и вторичных ресурсов было обеспечено более 15 % (5,2 млн. т. у. т.) суммарной потребности республики в энергоносителях.

Республиканским органом государственного управления, реализующим функции государственного регулирования по обеспечению

топливно-энергетическими ресурсами, является Министерство энергетики Республики Беларусь (Минэнерго).

В топливно-энергетический комплекс Республики Беларусь входят: Министерство энергетики, которому подчинены:

- Белорусское государственное предприятие по транспортировке газа «Белтрансгаз»;

- Белорусский государственный энергетический концерн «Белэнерго»;

- Белорусский концерн по топливу и газификации «Белтопгаз»; Белорусский государственный концерн по нефти и химии «Белнефтехим», подчиненный непосредственно Совету Министров Республики Беларусь.

Основными задачами Минэнерго являются:

- проведение научно-технической, экономической и социальной политики, направленной на создание условий для эффективной работы подведомственных Минэнерго организаций в целях удовлетворения потребности народного хозяйства и населения в электрической и тепловой энергии, природном и сжиженном газе, твердых видов топлива, их рационального и безопасного использования;

- принятие в установленном порядке мер по обеспечению энергетической безопасности Республики Беларусь;

- подготовка совместно с другими республиканскими органами государственного управления облисполкомами и Минским горисполкомом предложений по формированию энергетической политики Республики Беларусь и организация реализации этой политики;

- разработка и осуществление мер по улучшению платежной дисциплины при расчетах за топливо и энергию.

В соответствии с этими задачами Минэнерго:

- осуществляет экономический анализ деятельности организаций, вырабатывает меры по обеспечению их эффективного функционирования;

- организует разработку основных направлений энергетической политики и их реализацию;

- участвует в разработке по формированию топливно-энергетического баланса Республики Беларусь, формирует балансы природного и сжиженного газа, топочного мазута, электрической и тепловой энергии, твердых видов топлива для организаций;

- разрабатывает и обеспечивает реализацию инвестиционных программ, направленных на ускорение НТП, повышение эффективности и надежности топливно- и энергоснабжения потребителей;
- подготавливает проекты нормативно-правовых актов, регулирующих отношения в топливно-энергетическом комплексе, анализирует практику применения этих актов;
- организует и координирует работы организаций по разработке проектов стандартов, норм и правил, относящихся к сфере их деятельности;
- содействует осуществлению деятельности органов государственного энергетического и газового надзоров;
- участвует в пределах своей компетенции в подготовке предложений по формированию государственной политики цен на топливо и энергию;
- выдает в установленном порядке лицензии на отдельные виды деятельности;
- разрабатывает предложения по урегулированию вопросов поставки в республику топливно-энергетических ресурсов, а также выполняет другие функции, предусмотренные соответствующим законодательством.

Основное направление деятельности ТЭК - это всемерное развитие местных видов и нетрадиционных источников энергии, а также повсеместное внедрение энергосберегающих технологий.

В концерне «Белнефтехим» сосредоточена вся добыча нефти и попутного газа. Лимит добычи нефти на территории Республики Беларусь установлен в объеме 1850,5 тыс. т. в год. Концерном совместно с производственным объединением «Белоруснефть» ведется активная работа по участию в разработке российских нефтяных месторождений в Ненецком автономном округе Российской Федерации. Для этой цели создана на паритетных условиях Ненецко-Белорусская нефтяная компания, которая получила лицензию на геологическое изучение недр Лигинского участка. Концерн обеспечивает все отрасли экономики Беларуси жидким топливом и смазочными материалами через находящиеся в его подчинении производственные объединения нефтепродуктов. Кроме этого в его ведении находятся все предприятия химической промышленности, крупнейшими из которых являются Светлогорское РУП «Химволокно», Могилевские РУП «Химволокно» и «Лавсан».

Государственное предприятие по транспортировке и поставке газа - «Белтрансгаз» явилось правопреемником созданного в 1960 г. в республике Управления магистральных газопроводов. Для эксплуатации введенного в том же году магистрального газопровода «Дашава - Минск» в 1973 году оно было преобразовано в Западное производственное объединение по транспортировке и поставке газа «Западтрансгаз», а в 1982 г. - в Белорусское государственное предприятие по транспортировке и поставке газа «Белтрансгаз». В 2001 г. оно стало Республиканским унитарным предприятием по транспортировке и поставке газа «Белтрансгаз». За 40 лет газовая система на территории нашей республики возросла настолько, что может транспортировать по своим магистральным артериям до 50 млрд. м<sup>3</sup> газа. Для сравнения укажем, что в 1992 г. Беларусь потребила 17,5 млрд. м<sup>3</sup> газа, а в 1999 г. в республику поступило 16 млрд. м<sup>3</sup> газа. В 2000 году объем транспортируемого «Белтрансгазом» по системе магистральных газопроводов, проложенных по нашей республике, составил 41,8 млрд. м<sup>3</sup>, из них 16,5 млрд. м<sup>3</sup> - потребителям Республики Беларусь. Остальное количество - транспортные поставки в Украину, Литву, Калининградскую область, Западную Европу.

«Белтрансгаз» эксплуатирует 6,4 тыс. км газопроводов диаметром от 100 до 1400 мм. Подача природного газа потребителям республики обеспечивается функционированием 6 линейных компрессорных станций, 201 газораспределительной станции, 8 узлов редуцирования. Устойчивое газоснабжение поддерживается 6 газоизмерительными станциями, 632 станциями катодной защиты. В его ведении два подземных хранилища газа: Осиповичское с объемом активного газа 0,36 млрд. м<sup>3</sup> и Прибугское, первая очередь которого позволяет создать запасы активного газа в объеме 0,48 млрд. м<sup>3</sup>, - в определенной мере обеспечивают удовлетворение неравномерного сезонного спроса на газ хозяйствующих субъектов.

В настоящее время природный газ составляет 74 % в топливном балансе страны. От надежности состояния и функционирования системы газоснабжения зависят экономика страны и жизнеобеспечение населения. Газ прочно вошел в нашу повседневную жизнь, стал незаменимым в народном хозяйстве. Он используется в качестве топлива для коммунально-бытовых нужд населения в 92 административных районах, является важнейшим топливным ресурсом для производства электрической и тепловой энергии.

Кроме того, газ - ценное сырье для химической промышленности, производства минеральных удобрений, синтетических волокон, различных видов пластмасс, других современных материалов, составляющих основную часть экспортного потенциала республики. Он используется как моторное топливо для автомобилей, по другому назначению.

Большие перспективы даст нашей стране и завершение строительства российского газопровода «Ямал - Западная Европа», который пройдет через нашу территорию. После ввода его в эксплуатацию наша страна будет получать бесплатно за транзит от «Газпрома» России 18 млрд. м<sup>3</sup> газа. В соответствии с прогнозом потребления электроэнергии ожидается потребность в ней в 2015 г. в размере 41-45 млрд. кВт ч или увеличение по сравнению с 1999 г. на 22-23 %, тепловой энергии - 83-89 млн. Гкал, или на 14-22 %. Установленная мощность всех энергоисточников при условии самообеспечения республики электроэнергией должна составить к 2010 году 8,3-9,0 млн. кВт, к 2020 году - 8,6-9,4 млн. кВт.

Концерну «Белэнерго» подчинены все республиканские унитарные предприятия по выработке электро- и тепловой энергии. Кроме них огромное количество котельных находится в ведении коммунальных служб, предприятий и объединений различных министерств и ведомств, а по выработке электроэнергии - ТЭЦ предприятий (Добрушской бумажной фабрики, Жабинского, Городецкого, Скидельского, Слуцкого сахарных заводов и др.)

Концерн «Белтопгаз» был создан для снабжения природным и сжиженным газом, а также твердым топливом (торфяными брикетами, дровами) на основе существовавшего Государственного комитета БССР по газификации. Он занимается также эксплуатацией, строительством, проектированием газовых сетей. В его ведении 20 тыс. км трубопроводов, свыше 2 тыс. газорегуляторных пунктов, свыше 3 тыс. групповых установок сжиженного газа. Им обслуживается более 3,5 млн. квартир, более 30 тыс. объектов социального назначения, 3700 предприятий промышленности, энергетики, сельского и коммунального назначения. Концерн отвечает за производство топливных брикетов, других видов топлива.

Несмотря на имеющиеся многочисленные проблемы и трудности, материальная база энергосистемы страны будет обновляться и дальше с использованием энергосберегающих технологий. В предстоящие годы запланирована реконструкция Брестской (с увеличени-

ем мощности в 4 раза) и двух Минских ТЭЦ (ТЭЦ-3, ТЭЦ-5), Гомельской ТЭЦ-3. В ближайшей перспективе предстоит заменить часть оборудования на Лукомльской ГРЭС и реконструировать Березовскую, которой отведена большая роль в реализации специального международного проекта по экспорту электроэнергии на Запад. Совместно с россиянами в ближайшие 7 лет предполагается провести полную реконструкцию этой второй по значимости станции, в результате чего мощность ее будет увеличена на 350 МВт. При этом значительно сократится расход топлива на выработку электроэнергии, которая станет конкурентоспособной на мировом рынке. Осуществление этого проекта сулит большую выгоду и России, и Беларуси.

Учитывая предполагаемое увеличение объемов транзита и переработки нефти, добываемой нефтяной российской компанией «ЮКОС», рассматривается вариант модернизации действующей на территории Беларуси сети и строительство новых нефтепроводов в направлениях «Полоцк - Прибалтика» и «Полоцк - Европа». Компания «ЮКОС» заинтересована также в переработке своей нефти на базе НПО «Нафтан».

Придавая важное значение развитию малой энергетики, Совет Министров Республики Беларусь 10 августа 2000 г. принял постановление № 1232 «О мерах по развитию малой энергетики в Республики Беларусь», которым одобрена Программа развития электрогенерирующих мощностей на основе паротурбинных, газотурбинных и парогазовых установок с созданием малых ТЭЦ в республике в 2000-2005 гг. Целью программы является обеспечение повышения энергетического производства на базе развития в республике малых ТЭЦ.

*Поставлены три задачи:*

- организация работы по выявлению потенциала развития электрогенерирующих мощностей в республике на базе паротурбинных, парогазовых и газотурбинных установок;
- определение подходов и реализация имеющегося потенциала, объемов и источников инвестирования в создание малых ТЭЦ;
- разработка планов ввода электроэнергетического оборудования в котельных на 2000 г. и порядка осуществления этой работы в последующие годы.

На основании анализа состояния оборудования котельных, их установленной мощности, фактических и перспективных тепловых нагрузок, числа часов использования технологических и отопительных нагрузок составлен перечень 72 котельных производительностью

10 Гкал/ч и более нескольких министерств и ведомств, для которых целесообразно проработать возможность установки электрогенерирующего оборудования.

Программа предусматривает создание высокоэкономичных малых ТЭЦ, оборудованных паротурбинными (ПТУ), газотурбинными (ГТУ) и парогазовыми (ПГУ) установками, обеспечивающими выработку электроэнергии по теплофикационному циклу с минимальными расходами топлива.

Прогнозируемые показатели развития нетрадиционной энергетики и использования вторичных ресурсов в предстоящий период:

- производство гидроэнергии экономически целесообразно 250 МВт с выработкой 0,8-0,9 млрд. кВт ч, что равнозначно 250 тыс. т. у. т. /год;

- выработка электроэнергии на ветроустановках по экспертным оценкам не превысит 200-300 млн. кВт ч в год, а экономически целесообразный уровень получения энергии этим способом требует дополнительных исследований;

- использование биомассы к 2015 г. по экспертным оценкам может дать 250-300 тыс. т. у. т.;

- потенциал отходов растениеводства составляет 1,5 млн. т. у. т. в год;

- потенциальная энергия твердых бытовых отходов равноценна 450 тыс. т. у. т. Экономически целесообразный уровень использования их путем переработки с целью получения газа составляет 100-120 тыс. т. у. т.;

- потенциал выхода вторичных тепловых энергоресурсов составляет 17,9 млн. Гкал в год, используется 2,7 млн. Гкал, технически возможно - до 10 млн. Гкал/год;

- общий выход горючих отходов оценивается в 0,8 млн. т. у. т. в год, используется 277,5 тыс. т. у. т. в год, или 48 %, планируется к 2015 г. Довести уровень утилизации их до 85 % [3].

Объем потребления собственных топливно-энергетических ресурсов в 2015 г. оценивается в 5,4 млн. т. у. т., или 13,9 % валового потребления собственных топливно-энергетических ресурсов в Беларуси. Из них 4,8 млн. т. у. т. составляют местные виды топлива и 0,6 млн. т. у. т. - нетрадиционные и возобновляемые источники и вторичные ресурсы.

## 2. ТРАДИЦИОННЫЕ СПОСОБЫ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОЙ ЭНЕРГИИ



## 2.1. Энергия и её виды

*Энергия* (от греч. *energeia* - действие, деятельность) представляет собой общую количественную меру движения и взаимодействия всех видов материи. Это способность к совершению работы, а работа совершается тогда, когда на объект действует физическая сила (давление или гравитация). Работа - это энергия в действии.

Во всех механизмах при совершении работы энергия переходит из одного вида в другой. Но при этом нельзя получить энергии одного вида больше, чем другого, при любых ее превращениях, т. к. это противоречит закону сохранения энергии.

Различают следующие виды энергии: механическая; электрическая; тепловая; магнитная; атомная.

Электрическая энергия является одним из совершенных видов энергии. Её широкое использование обусловлено следующими факторами:

- получением в больших количествах вблизи месторождения ресурсов и водных источников;
- возможностью транспортировки на дальние расстояния с относительно небольшими потерями;
- способностью трансформации в другие виды энергии: механическую, химическую, тепловую, световую;
- отсутствием загрязнения окружающей среды;
- внедрением на основе электроэнергии принципиально новых прогрессивных технологических процессов с высокой степенью автоматизации.

Тепловая энергия широко используется на современных производствах и в быту в виде энергии пара, горячей воды, продуктов сгорания топлива.

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

- на тепловой электрической станции (ТЭС) - тепловая;
- гидроэлектростанции (ГЭС) - механическая (энергия движения воды);
- атомной электростанции (АЭС) - атомная (энергия ядерного топлива);

- гидроаккумулирующей станции (ГАЭС) - механическая (энергия движения предварительно наполненной в искусственном водоеме воды);

- приливной электростанции (ПЭС) - приливов.

В Республике Беларусь более 95 % энергии вырабатывается на ТЭС, которые по назначению делятся на два типа:

- конденсационные тепловые электростанции (КЭС), предназначенные для выработки только электрической энергии;

- теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), на которых осуществляется комбинированное производство электрической и тепловой энергии.

## 2.2. Способы получения и преобразования энергии

Тепловая электростанция включает комплект оборудования, в котором внутренняя химическая энергия топлива (твердого, жидкого или газообразного) превращается в тепловую энергию воды и пара, преобразующуюся в механическую энергию вращения, которая и вырабатывает электрическую энергию. Поступающее со склада (С) в парогенератор (ПГ) топливо при сжигании выделяет тепловую энергию, которая, нагревая подведенную с водозабора (ВЗ) воду, преобразует ее в энергию водяного пара с температурой 550 °С. В турбине (Т) энергия водяного пара превращается в механическую энергию вращения, передающуюся на генератор (Г), который превращает ее в электрическую. В конденсаторе пара (К) отработанный пар с температурой 23...25 °С отдает скрытую теплоту парообразования охлаждающей его воде и с помощью циркулярного насоса (Н) в виде конденсата вновь подается в котел-парогенератор.

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

Котельная установка представляет собой комплекс устройств для получения водяного пара под давлением или горячей воды. Она состоит из котлоагрегата и вспомогательного оборудования, газо- и воздухопроводов, трубопроводов пара и воды с арматурой, тягодутьевых устройств и др.

Районные, или производственные котельные предназначены для централизованного теплоснабжения жилищно-коммунального хозяйства или самого предприятия. С вводом в действие ТЭЦ некоторые из них остались без дела и могут использоваться как резервные и пиковые, и тогда их называют резервно-пиковыми.

Газотурбинная установка - это двигатель, в лопаточном аппарате которого потенциальная энергия газа преобразуется в кинетическую энергию и затем частично превращается в механическую работу, которая преобразуется в электрическую энергию.

В простейшей газотурбинной установке постоянного горения воздух, сжатый до некоторого давления в компрессоре, поступает в камеру сгорания, где его температура повышается за счет сжигания топлива, подающего топливным насосом, при постоянном давлении. Продукты сгорания под давлением и при высокой температуре подводятся к турбине, в которой совершается работа расширения газа. При этом давление и температура падают. Далее продукты сгорания выбрасываются в атмосферу.

Парогазовая установка - это турбинная теплосиловая установка, в тепловом цикле которой используются два рабочих тела - водяной пар и дымовые газы, поступающие из котлоагрегата.

Поступающий из атмосферы в компрессор воздух сжимается с повышением температуры и подается в камеру сгорания, в которую при помощи топливного насоса и впрыскивается топливо. В камере сгорания происходит горение топлива, а образующиеся газы поступают в газовую турбину, где и совершается работа.

Отработанные газы с температурой 350 °С и пониженным давлением поступают в подогреватель, где отдают часть теплоты для подогрева питательной воды, поступающей в котел и, охладившись при этом, сбрасываются в атмосферу. Питательная вода используется в котле для получения пара, который поступает в паровую турбину с температурой 540 °С. В ней пар расширяется, производя техническую работу. Отработанный в турбине пар поступает в конденсатор, в котором конденсируется, а образовавшийся конденсат при помощи насоса направляется сначала в подогреватель, где воспринимает тепло отработавших в газовой турбине газов, а затем - в паровой котел. Расходы пара и газа подбираются таким образом, чтобы вода воспринимала максимальное количество теплоты газов. Термический коэффициент полезного действия установок - свыше 60 %.

О том, насколько эффективно внедрение паротурбинных установок, показывает внедрение в Витебском производственном объединении «Витязь» двух паротурбинных установок, которые способны вырабатывать 1500 кВт электроэнергии (по 750 кВт каждая) и ежемесячно экономить до 30 тыс. долларов на покупку энергии. Срок окупаемости проекта - чуть больше года.

Гидроэлектростанция представляет собой комплекс гидротехнических сооружений и энергетического оборудования, посредством которых энергия водных потоков или расположенных на относительно более высоких уровнях водоёмов преобразуется в электрическую энергию.

Технологический процесс получения электроэнергии на ГЭС включает:

- создание разных уровней воды в верхнем и нижнем бьефах;
- превращение энергии потока воды в энергию вращения вала гидравлической турбины;
- превращение гидрогенератором энергии вращения в энергию электрического тока.

В этот комплекс входят: плотина; затворы; максимальный уровень верхнего бьефа; минимальный уровень верхнего бьефа; гидравлический подъемник; сороудерживающая решетка; гидрогенератор; гидравлическая турбина; минимальный уровень нижнего бьефа; максимальный паводковый уровень.

Гидроаккумулирующая электростанция представляет собой такую гидроэлектростанцию, в которой поступление воды в водоем верхнего бьефа обеспечивается искусственно, посредством насосов, работающих за счет электроэнергии из системы. Она оборудована кроме турбин насосами (помпами) или только турбинами, которые могут работать в режиме помп (обратные турбины) для подъема воды в часы малых нагрузок в энергосистеме с нижнего бьефа в водохранилище верхнего бьефа за счет подключения к энергосистеме. При больших нагрузках ГАЭС работают как обычные ГЭС.

Тепловые схемы АЭС зависят от типа реактора; вида теплоносителя; состава оборудования и могут быть одно-, двух-, и трехконтурными.

Пар вырабатывается непосредственно в реакторе и поступает в паровую турбину. Отработанный пар конденсируется в конденсаторе, и конденсат подается насосом в реактор. Однако пар (рабочее тело) на выходе из реактора становится радиоактивным, что предъявляет повышенные требования к биологической защите и затрудняет проведение контроля и ремонта оборудования.

В двухконтурных схемах производства электроэнергии на АЭС имеется два самостоятельных контура - теплоносителя и рабочего тела. Общее оборудование у них - парогенератор, в котором нагретый в

реакторе теплоноситель отдает свою теплоту рабочему телу и при помощи циркуляционного насоса возвращается в реактор.

Давление в первом контуре (контуре теплоносителя) значительно выше, чем во втором. Полученный в теплогенераторе пар подается в турбину, совершает работу, затем конденсируется, и конденсат питательным насосом подается в парогенератор. Хотя парогенератор усложняет установку и уменьшает её экономичность, но препятствует радиоактивности во втором контуре.

В трехконтурной схеме теплоносителями первого контура служат жидкие металлы (например, натрия). Радиоактивный натрий из реактора поступает в теплообменник промежуточного контура с натрием, которому отдает теплоту и возвращается в реактор. Давление натрия во втором контуре выше, чем в первом, что исключает утечку радиоактивного натрия. В промежуточном втором контуре натрий отдает теплоту рабочему телу (воде) третьего контура. Образовавшийся пар поступает в турбину, совершает работу, конденсируется и поступает в парогенератор.

Трехконтурная схема требует больших затрат, но обеспечивает безопасную работу реактора.

Отличие ТЭС от АЭС состоит в том, что источником теплоты на ТЭС является паровой котел, в котором сжигается органическое топливо; на АЭС - ядерный реактор, теплота в котором выделяется делением ядерного топлива, обладающего высокой теплотворной способностью (в миллионы раз выше, чем органическое топливо). Один грамм урана содержит  $2,6 \cdot 10^{21}$  ядер, при делении которых выделяется 2000 кВт ч энергии. Для получения такого же количества энергии нужно сжечь более 2000 кг угля.

Однако при эксплуатации АЭС образуется большое количество радиоактивных веществ в топливе, теплоносителе, конструкционных материалах. Поэтому АЭС является источником радиационной опасности для обслуживающего персонала и проживающего вблизи населения, что повышает требование к надежности и безопасности её эксплуатации.

Теплоэлектростанция (ТЭЦ) - это тепловая электростанция, вырабатывающая не только электрическую энергию, но и тепло, отпускаемое потребителям в виде пара и горячей воды для коммунально-бытового потребления. При такой комбинированной выработке тепловой и электрической энергии в тепловую сеть отдается главным образом теплота отработавшего в турбинах пара (или газа), что при-

водит к снижению расхода топлива на 25—30 % по сравнению с раздельной выработкой энергии на КЭС или ГРЭС (государственные районные электростанции) и теплоты в районных котельных.

### 2.3. Электрические и тепловые нагрузки и способы их регулирования

По видам потребления различают пять групп электрических и тепловых нагрузок: промышленная нагрузка; коммунально-бытовое потребление; электрический транспорт; уличное освещение; сельскохозяйственные нужды.

Промышленная нагрузка за счет одно- и двухсменных режимов работы предприятий снижается в ночное и вечернее время. Коммунально-бытовое потребление значительно в утреннее и вечернее время, вечерний пик более продолжительный. Транспортные перевозки имеют пики в утренние и вечерние часы. Уличное освещение имеет максимум в ночные часы. Сельскохозяйственные графики потребления достаточно равномерны с сезонным изменением его величины.

В связи со значительной неравномерностью электрической нагрузки в течение суток важной задачей является рациональное покрытие относительно кратковременных, но значительных пиков нагрузки. Суммарный график нагрузок получают путем почасового сложения нагрузок всех потребителей для типично зимних и типично летних месяцев. Зимний график имеет два пика, летний - один, что объясняется более длинным световым днем [3].

По числу часов максимальных нагрузок различают базовые, полупиковые и пиковые агрегаты. Для базовых электростанций максимум нагрузки составляет в год 6000-7500 ч, для полупиковых и пиковых - соответственно 2000-6000 и 500-2000 ч.

Основными способами покрытия пиков электрической нагрузки являются:

1. Эксплуатация гидроэлектростанций благодаря простоте пуска, останова, регулирования, возможности изменения нагрузки.
2. Использование резерва мощности обычных паротурбинных энергоблоков, работающих в режиме частых пусков и остановов.
3. Применение высокоманевренных агрегатов, таких, как пиковые и полупиковые паротурбинные, газотурбинные, парогазовые и гидроаккумулирующие электростанции. Гидроаккумулирующие электростанции в период минимальных электрических нагрузок пере-

качивают воду из нижнего водохранилища в верхнее, потребляя энергию из сети, а в период максимальных нагрузок работают, как ГЭС.

4. Использование временной перегрузки паротурбинных ТЭС за счёт режимных мероприятий (изменение параметров пара перед турбиной, отключение ПВД и т. д.).

5. Аккумуляция энергии путем заполнения газохранилищ сжатым воздухом, используемым затем в газотурбинных установках, накопление теплоты в виде горячей воды и электроэнергии в электрических аккумуляторах.

6. Использование ТЭЦ, как наиболее экономичного способа получения тепловой энергии.

#### 2.4. Прямое преобразование солнечной энергии в тепловую и электрическую

Основным направлением использования солнечной энергии является теплоснабжение. Для прямого преобразования солнечной энергии в тепловую разработаны и широко используются на практике установки солнечного теплоснабжения (СТС) для различных целей (горячее водоснабжение, отопление и кондиционирование воздуха в жилых, общественных, санаторно-курортных зданиях, подогрев воды в плавательных бассейнах и различных процессах сельскохозяйственного производства).

Солнечная электростанция представляет собой сооружение, состоящее из множества солнечных коллекторов, ориентирующихся на Солнце. Каждый коллектор передает солнечную энергию жидкоститеплоносителю, которая, превратившись в пар, от всех коллекторов собирается в центральной энергостанции и поступает на турбину энергогенератора.

Основным элементом солнечной нагревательной системы является приемник, в котором происходит поглощение солнечного излучения и передача энергии жидкости. На рисунке 15 схематически изображены различные варианты приемников солнечной энергии. Опыт эксплуатации этих установок показывает, что в системах солнечного горячего водоснабжения может быть замещено 40-60 % годовой потребности в органическом топливе в зависимости от района расположения при нагреве воды до 40...60 °С.

Воздухонагреватель представляет собой приемник, в котором имеется пористая или шероховатая черная поглощающая поверх-

ность, нагревающая поступающий воздух, который затем подается потребителю.

Солнечный коллектор включает в себя приемник, поглощающий солнечное излучение, и концентратор, представляющий собой оптическую систему, собирающую солнечное излучение и направляющую его на приемник. Концентратор представляет собой чаще всего зеркало параболической формы, в фокусе которого располагается приемник излучения. Он постоянно вращается, обеспечивая ориентацию на Солнце.

С учетом опыта создания солнечной электростанции в Крыму, а также зарубежного опыта удельные капвложения и себестоимость получаемой электроэнергии десятикратно превышают ее производство на других источниках. Естественно, технический прогресс будет способствовать снижению затрат, однако для условий Беларуси в ближайшем будущем составляющая производства электроэнергии с помощью солнечной энергии будет неощутима.

Аккумулятором тепловой энергии может являться пруд, вырытый в земле и заполненный слоями воды различной степени солености (нижний слой на дне водоема очень соленый, над ним - слой менее соленый и верхний слой пресной воды). В обычных однородных водоемах нагретая вода в придонном слое является более легкой, чем окружающая, поднимается вверх и в процессе свободной конвекции передает тепло воздуху над водоемом. Придонная очень соленая вода, имея более высокую плотность по сравнению с плотностью верхних слоев, конвекции не подвержена и нагревается более сильнее, чем выше располагающиеся слои, и может быть использована для различных целей.

Фотоэлектрические преобразователи представляют собой устройства, действие которых основано на использовании фотоэффекта, в результате которого при освещении вещества светом происходит выход электронов из металлов (фотоэлектрическая эмиссия или внешний фотоэффект), перемещение зарядов через границу раздела полупроводников с различными типами проводимости (вентильный фотоэффект), изменение электрической проводимости (фотопроводимость). Методы фотоэлектрического преобразования солнечной энергии в электрическую находят применение для питания потребителей в широком интервале мощностей: от мини-генераторов для часов и калькуляторов мощностью от несколько ватт до центральных электростанций мощностью несколько мегаватт.



### 3. НЕТРАДИЦИОННЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

#### 3.1. Возможность и проблемы использования возобновляемых источников энергии в Республике Беларусь

В качестве возобновляемых и местных источников энергии с учётом природных, географических и метеорологических условий республики являются: дрова; торф; гидроресурсы; ветроэнергетический потенциал; биогаз из отходов животноводства; солнечная энергия; биомасса; твёрдые бытовые отходы и др.

Их динамичное широкое применение в республике очень важно по нескольким причинам.

Работы по их использованию будут способствовать развитию собственных технологий и производства оборудования, которые впоследствии могут стать предметом экспорта.

Эти источники являются, как правило, экологически чистыми.

Развитие таких источников повышает энергетическую безопасность государства.

Технологии освоения указанных источников энергии включают:

- прямое фотоэлектрическое преобразование солнечного излучения в электрическую энергию в составе фотоэлектрических станций, работающих параллельно с сетью и имеющих различную пиковую мощность;
- комбинированное производство электрической и тепловой энергии;
- ветроэлектрические агрегаты различной мощности;
- термохимические газогенераторы, перерабатывающие твёрдые органические отходы (бытовые, растениеводства, деревообработки и др.) в газообразное топливо;
- системы теплонасосного теплохладоснабжения, обеспечивающие отбор рассеянного низкопотенциального тепла поверхностных слоев фунта (обеспечивают более чем трёхкратную экономию электроэнергии при выработке тепла);
- получение биогаза путём анаэробного сбраживания жидких отходов.

Практически все виды нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ), за исключением биомассы и глубинного тепла земли, наряду с очевидными преимуществами имеют и существующие недостатки:

- низкий удельный потенциал (рассеянность);

- нерегулярность поступления, зависящая от климатических условий, суточных и сезонных циклов.

Поэтому для эффективного использования НВИЭ, особенно энергии ветра, солнца и др., необходимо решить ряд инженерных задач по созданию экономичных и надежных систем, воспринимающих, концентрирующих и преобразующих эти виды энергии в приемлемую для потребителя тепловую, механическую и электрическую энергию.

Для обеспечения бесперебойного энергоснабжения за счёт НВИЭ, особенно автономных потребителей, система должна быть укомплектована аккумуляторами и преобразователями. Перспективны также гибридные системы, использующие одновременно два или несколько видов НВИЭ, например, солнце и ветер, взаимно дополняющие друг друга, в сочетании с аккумуляторным и резервным двигателем внутреннего сгорания в качестве привода электрогенератора.

НВИЭ имеют огромное значение, в первую очередь, для автономного энергоснабжения населения и производства в сельских и отдалённых районах. Кроме того, они используются в интересах сельского и коммунального хозяйства, социальной сферы, туризма, связи, дорожных и навигационных служб.

Вместе с тем доля потребления нетрадиционных и возобновляемых источников энергии и местных видов топлива с 1990 по 2000 гг. в Республике Беларусь возросла с 1,2 до 3,7 % и с 11 до 18 % соответственно. При условии проведения соответствующих инвестиционных и энергосберегающих мероприятий в ближайшие 5 лет предусматривается дальнейшее повышение их доли в энергообеспечении страны.

Основным возобновляемым местным видом топлива была и остается древесина и отходы ее на деревообрабатывающих предприятиях. Дрова заготавливаются в республике предприятиями Комитета лесного хозяйства при Совете Министров Республики Беларусь и концерна «Беллесбумпром», а отходы деревообработки образуются на всех предприятиях, занимающихся переработкой древесины. В целом по республике годовой объём использования дров и отходов лесопиления составляет около 1,8-1,9 млн. т. у. т. Часть дров поступает населению за счёт самозаготовок, объём которых оценивается на уровне 0,3-0,4 млн. т. у. т. Опыт показывает, что себестоимость тепловой энергии, полученной с использованием древесной массы в 2-4 раза ниже по сравнению с углеводородным сырьём [3].

В среднем в год наша страна потребляет примерно 40 млн. т. у. т.

Древесину и древесные отходы можно использовать для получения энергии не только путем прямого сжигания в топках котлов, но и для получения генераторного газа для последующего использования в небольших котлах и даже в небольших газовых турбинах. Генераторный газ, получаемый из древесины, более чист, чем газ из угля и мазута. Этот газ - экологически чистое топливо для автомобильного транспорта лесхозов и сельскохозяйственных предприятий. В условиях Республики Беларусь приоритетность дров перед углем и торфобрикетам качественно возрастает из-за существенного природоохранного эффекта, связанного с утилизацией отходов лесодобычи, оздоровления лесов, расчисткой пожарищ и уменьшением вредных выбросов в атмосферу. Кроме того, древесная зола - хорошее удобрение для сельского хозяйства, пользующееся большим спросом.

Известно, что в 30-50-х годах XX в. в СССР и других странах широко и эффективно применялись газогенераторные установки различного назначения - транспортные и стационарные (автомобили, трактора, технологические установки, малые электростанции), работающие с применением газогенерации местного твердого топлива. В лесной промышленности, например, на дровах успешно работали лесовозные автомобили и трелевочные трактора.

Используя накопленный опыт, применяя новые методы и технологии, Институт проблем энергетики (ИПЭ) НАН Беларуси совместно с Белорусским аграрным техническим университетом (БАТУ) разработал передвижную газогенераторную электростанцию на базе автомобиля ГАЗ-52-04.

Передвижная газогенераторная электростанция (ПГГЭС) предназначена для автономного обеспечения электроэнергией удаленных потребителей небольшой мощности. Электростанция состоит из газогенераторного модуля (газогенератор, фильтры грубой и тонкой очистки, охладитель), двигателя внутреннего сгорания (ДВС), электрогенератора. В построенном опытно-экспериментальном образце в качестве привода электрогенератора используется ДВС автомобиля. Газогенераторный модуль расположен на автомобильной раме между кабиной и кузовом. Там же, непосредственно над распределительным валом двигателя, установлен электрогенератор. В качестве топлива используются древесные призмы 60 x 60 x 70 мм с влажностью 26 %. Одна заправка топливом обеспечивает работу ПГГЭС в течение 4 часов. Газогенератор имеет цилиндрическую форму с внутренним диаметром 500 мм, внешним - 580 мм и высотой 1900 мм. В него и закла-

дывается древесное топливо, выход газа с 1 кг которого составляет 2,28 м<sup>3</sup>. Максимальная мощность реконструированного двигателя ГАЗ-52 для работы на газу составляет 24,06 кВт против 55,67 кВт при работе на бензине.

Состав получаемого газа и его калорийность зависят, в основном, от вида исходного топлива, его влажности и размера частиц, а также от режима подачи первичного воздуха в газогенератор. Время розжига газогенератора ПГГЭС составляет порядка 20 минут. Запуск двигателя может производиться как на бензине, так и на генераторном газе. При движении автомобиля или выработке электроэнергии двигатель работает на газе.

Для перехода в режим выработки электроэнергии автомобиль останавливается, устанавливается число оборотов ДВС, которое соответствует номинальной частоте вращения электрогенератора, который запускается в работу включением цепи обмотки возбуждения.

Опытно-экспериментальный образец ПГГЭС прошел испытание в Мозырской райагропромтехнике в начале 2000 г. в результате, которого установлено, что газогенераторная установка и ДВС работают устойчиво, качество получаемой электроэнергии соответствует существующим стандартам. В настоящее время ведется работа по усовершенствованию управления установкой и модернизацией системы автоматического регулирования напряжения генератора, исследуется влияние характеристик твердых топлив на состав генераторного газа, устойчивость работы ДВС и качество получаемой электроэнергии. Продолжается работа по снижению потерь мощности ДВС при переводе его с жидкого топлива на генераторный газ.

После древесного топлива в частном секторе используется в основном торф. В первые послевоенные годы он играл первостепенную роль в производстве электроэнергии и тепла на крупных промышленных предприятиях. В 2000 году в республике использовано примерно 2,2 млн. т. торфа, что соответствует 769,6 тыс. т. у. т., из них брикетов - 665,1 тыс. т. у. т., фрезерного и кускового торфа - 104,5 тыс. т. у. т [3].

Учитывая выработку запасов торфа на ряде действующих торфобрикетных заводов, в ближайшей перспективе возможно снижение объемов производства топливных брикетов, но объемы производства кускового торфа при соответствующей организации и закупке оборудования могут быть доведены к 2025 г. до 500 тыс. т. у. т. При усло-

вии сохранения производства брикетов суммарное потребление торфа в качестве топлива в 2025 г. может составить 1,1 млн. т. у. т. [6].

Немалую роль в пополнении энергобаланса Республики Беларусь играют небольшие ГЭС. В республике восстановлены 8 ГЭС общей мощностью 2410 кВт. В перспективе на притоках рек Западная Двина, Неман, Виляя, Днестр, Припять и Западный Буг может быть построено около 50 малых ГЭС с суммарной мощностью 50 тыс. кВт и среднегодовой выработкой электроэнергии 160 млн. кВт ч. Наиболее значительный вклад гидроэнергетики в общий энергетический баланс республики может внести строительство каскада ГЭС на реках Западная Двина и Неман 1. Уже подготовлено технико-экономическое обоснование строительства ГЭС на Немане в Гродненской области. Проектом предусмотрено не только строительство станций, но и развитие инфраструктуры. Гидроэлектростанции на этих реках при относительно небольшом затоплении пойменной территории позволят получить до 800 млн. кВт ч в год электроэнергии при установленной мощности около 240 МВт.

Потенциальная мощность всех водотоков Беларуси составляет 850 МВт, в т. ч. технически доступны - 520 МВт, а экономически целесообразны - 250 МВт. За счёт гидроресурсов к 2005 г. возможна выработка 115 млн. Вт ч электроэнергии, что эквивалентно 40 тыс. т. у. т.

На территории республики выявлено 1040 площадок для размещения ветроустановок с теоретически возможным энергетическим потенциалом 1600 МВт и годовой выработкой электроэнергии 3,3 млрд. кВт ч. Однако в ближайшее время технически возможное и экономически целесообразное использование потенциала ветра не превысит 0,5 % от установленной мощности электростанций энергосистемы, т. е. может составить не более 300-350 МВт или 720 - 840 млн. кВт ч. Причинами незначительного использования ветроустановок являются [3]:

- слабые континентальные ветра (3-5 м/с) при необходимой пусковой скорости их 4-5 м/с, средняя скорость ветра по республике не превышает 4,1 м/с;

- высокая стоимость ВЭУ (1000 - 1500 долларов США/кВт установленной мощности);

- необходимость создания и содержания резерва мощностей на других типах электростанций в случае отсутствия ветра.

По экспертным оценкам в республике будет освоено не более 30 % общего ветропотенциала, т. е. 252 млн. кВт ч, что эквивалентно 75 тыс. т. у. т.

Установки для производства биогаза из отходов животноводческих комплексов целесообразно использовать только с условием получения экологически чистого высококачественного органического удобрения. Только в этом случае они будут эффективны для внедрения за счёт пропорционального сокращения энергоёмкого производства минеральных удобрений. Применение биогазовых установок позволит также существенно улучшить экологическую обстановку вблизи крупных ферм и животноводческих комплексов, а также на посевных площадях, куда в настоящее время сбрасываются отходы производства.

Потенциально возможное получение товарного биогаза на животноводческих комплексах составляет 160 тыс. т. у. т.

Невостребованным источником энергии является огромный потенциал Солнца. В настоящее время развитие разработок по использованию солнечной энергии идет по двум направлениям: фотоэнергетика; гелиоэнергетика. Первая связана с прямым преобразованием потока солнечной энергии в электричество, вторая - с утилизацией тепловой энергии с помощью активных и пассивных теплоиспользующих систем.

Основными направлениями использования энергии Солнца будут гелиоводоподогреватели и различные гелиоустановки для интенсификации сушки и подогрева воды в сельскохозяйственном производстве и быту. Для этих целей в научно-исследовательских институтах разработаны различные типы гелиоводоподогревателей. Так, в БелНИИ механизации и электрификации сельского хозяйства разработаны и успешно внедряются в аграрном секторе гелиоводоподогреватели ГВП-20 и «Телекс-150» с естественной (термосифонной циркуляцией теплоносителя в системах с баком-наполнителем горячей воды). Использование для теплопоглощающих поверхностей поливинилхлоридных материалов с высоким коэффициентом поглощения позволило получить высокие технико-экономические показатели гелиоводоподогревательных установок: экономия электроэнергии за сезон (апрель - сентябрь) составила 300-350 кВт ч с 1 м<sup>2</sup> поверхности.

Характерными отличиями проводимых в Институте проблем энергетики НАН Беларуси исследований систем использования солнечной энергии являются: принудительная циркуляция воды, отсут-

ствии бака-накопителя горячей воды, привязка установки непосредственно к системе водоподготовки котловой воды котельной промплощадки АНТК «Сосны».

В АНК «ИТМО им. А. В. Лыкова» НАН Беларуси разработан гелиокол-лектор из алюминиевого профиля. Из 30 таких коллекторов на площадке 14 x 6,5 м смонтирована гелиоводоподогревательная система площадью 24 м<sup>2</sup> для подогрева химически очищенной воды на котельной АНТК «Сосны». Угол наклона системы относительно горизонта составлял примерно 45 °С. Проведенные с 17 апреля по 10 октября 2000 г. испытания системы показали эффективность ее работы. Суммарное количество тепловой энергии, сэкономленное за 6 месяцев работы гелиосистемы, составила 8,13 Гкал, что равнозначно 1,68 т. у. т.

О росте популярности гелиоэлектричества говорит тот факт, что к примеру, в Германии за последние годы количество гелиоустановок увеличилось в 30 раз, а в США планируется обеспечить этим видом энергии миллион жилищ.

По данным фирм Германии 1 м<sup>2</sup> солнечного коллектора можно отопить 5 м<sup>2</sup> площади жилого помещения. Эти значения, конечно, зависят от продолжительности безоблачного периода и температуры наружного воздуха, которая в Беларуси несколько ниже, чем в Германии. Однако и в нашей стране имеются определенные предпосылки для развития гелиоэнергетики. Для этого в Беларуси есть необходимые технические и производственные возможности для производства гелиоустановок, а на Гомельском химическом заводе получены первые образцы главного компонента солнечных батарей - кремния, который может производиться из отходов химического производства.

За счёт использования солнечной энергии возможно замещение органического топлива в объеме 25 тыс. т. у. т. в год к 2005 году.

Остаётся пока нереализованным и такой источник местного топлива в Беларуси, как лигнин, который в виде отхода производства образуется на Речицком опытно-промышленном и Бобруйском гидролизных заводах. После переработки на этих заводах древесного сырья на белок (Речицкий ОПЗ) и гидролизный спирт (Бобруйский ГЗ) образуется лигнин, который может быть основой для производства дешёвого, экономически чистого топлива с теплотворной способностью на 5-10 % выше, чем у торфа. Однако трудности, с которыми столкнулись при поиске путей использования его для получения тепловой энергии [высокая влажность (более 70 %), взрывоопасность,

выделение вредных веществ при сгорании и др.], не позволили пока найти эффективного варианта использования лигнина для указанных целей. Только в отвалах около города Речица его скопилось несколько миллионов тонн, и ежедневно объёмы его увеличиваются на 400-500 тонн. Побывавшие на этом заводе немецкие гости признались, что нигде в Европе не видели такого колоссального сосредоточения энергии в одном месте. Переработка их отходов производства на топливо позволила бы в течение 6 лет обеспечить Речицу и Речицкий район собственными ТЭР. Но для этого требуются соответствующие денежные средства. И, очевидно неслучайно поэтому правительство Баварии выделило деньги для подготовки технических зданий природоохранных проектов, в т. ч. строительство завода для получения тепло- и электроэнергии в результате сжигания лигнина в Бобруйске.

Биомасса образуется за счет быстрорастущих растений и деревьев. В климатических условиях Беларуси с 1 га энергетических плантаций собирается масса растений в количестве до 10 т вещества, что эквивалентно примерно 5 т. у. т. При дополнительных агроприемах продуктивность гектара может быть повышена в 2 раза. Из этого количества биомассы можно получить 5-7 т. жидких продуктов, эквивалентных нефти. Наиболее целесообразно использовать для получения сырья площади выработанных торфяных месторождений, на которых отсутствуют условия для произрастания сельскохозяйственных культур. Площадь таких месторождений в республике составляет около 180 тыс. га, которая может стать стабильным, экономически чистым источником энергетического сырья в объеме до 1,3 млн. т. у. т. в год. Реализация этого источника затруднена отсутствием специальной техники, дорог в местах торфяных разработок, перерабатывающих предприятий. Первые опытные площади засеяны в Гомельской области.

В твердых бытовых отходах (ТБО) горючие компоненты составляют 50-88 %, а теплотворная способность - 800-2000 ккал/кг. В Республике Беларусь ежегодно накапливается их около 2,4 млн. т., которые направляются на свалки и два мусороперерабатывающих завода (Минский и Могилевский). Потенциальная энергия, заключенная в ТБО, образующихся на территории Республики Беларусь, равноценна 470 млн. т. у. т.

Лучшим способом получения энергии из ТБО является биопереработка с целью получения газа, но эффективность их составит не более 20-25 %, что эквивалентно 100-120 тыс. т у. т. Кроме ежегодно



образующихся ТБО необходимо учитывать многолетние их запасы, которые имеются во всех крупных городах и создают проблемы их складирования. Только по областным городам ежегодная переработка ТБО позволила бы получить количество биогаза, эквивалентного 50 тыс. т. у. т., а по Минску - до 30 тыс. т. у. т. Конкретные показатели эффективности могут быть получены на основании детальных проектных проработок, создания и эксплуатации опытно-промышленного полигона. К 2005 г. из ТБО возможно получение до 20 тыс. т. у. т [3].

На многих промышленных предприятиях в процессе производства образуются технологические воды, которые после очистки или без нее сбрасываются в водотоки или водоемы. Расходы таких вод могут достигать несколько кубометров в секунду, а разность высот промплощадки и уровня воды в водотоке (водоеме) - несколько десятков метров. Эти обстоятельства создают предпосылки для использования энергоресурсов сбросных вод посредством строительства небольших ГЭС. Такая ГЭС может быть построена, например, на водовыпуске станции аэрации, где осуществляется очистка городских сточных вод. Очищенные стоки через водовыпуск удаляются в реку. Водовыпуск представляет собой два железобетонных канала, по которым вода подается в железобетонные колодцы, а из него через донное отверстие выпускается в водоток. Производительность водовыпуска составляет 13,8 м<sup>3</sup>/с, а перепад между уровнями вод в каналах и в реке в межень достигает 6,3 м. Проведенные расчеты показали что максимальная мощность такой ГЭС может составлять 565 кВт при среднемноголетней выработки электроэнергии 3,05 кВт ч в год. Возможно сооружение ГЭС в системе водоснабжения ТЭЦ и за счет сбросной воды с градирен.

Геотермальные ресурсы в Беларуси к настоящему времени практически отсутствуют, поскольку температурные условия недр территории республики изучены недостаточно. По предварительным данным наиболее благоприятные условия для образования термальных вод имеются в Припятской впадине. Однако большая глубина залегания термальных вод, сравнительно низкая их температура, высокая минерализация и низкий дебет скважины (100-1150 м<sup>3</sup>/сут) не позволяют в настоящее время рассматривать термальные воды республики в качестве заслуживающего внимания источников энергии.

К местным для Беларуси источникам энергии относятся нефть, бурые угли, горючие сланцы и др. Общие извлекаемые ресурсы нефти в Республике Беларусь оценены в 362,1 млн. т. (525 млн. т. у. т.). В

промышленную категорию переведено примерно 48 % указанных ресурсов.

В Припятской нефтяной области прогнозируется открытие 470 новых залежей нефти, из них с запасами более 3-4 млн. т. - 6, от 1 до 3 млн. т. - 18, остальные - ниже 1 млн. т. Общая производительность существующих скважин снижается, так как многие разработанные нефтяные пласты уже перешагнули пиковый рубеж производительности. Это обстоятельство формирует тенденцию спада добычи нефти в будущем.

Что касается бурых углей и горючих сланцев, то их запасы пока не разрабатываются, поскольку по своим качественным показателям они не являются эффективным топливом из-за низкой теплоты сгорания и высокой зольности. Так, калорийность бурых углей составляет 1500-1700 ккал/кг, а горючих сланцев - 1000-1600 ккал/кг; зольность соответственно - 17-23 и 75 %. В будущем при дальнейшем повышении мировых цен на энергоносители возможно использование бурых углей в качестве коммунально-бытового топлива после подсушки и брикетирования в смеси с торфом или для получения генераторного газа. Из горючих сланцев также возможно получение жидкого и газообразного топлива после предварительной термической подготовки.

При условии проведения соответствующих инвестиционных и энергосберегающих мероприятий в период с 2001 до 2005 гг. существует возможность наращивания потребления по следующим видам местных топливных ресурсов:

Согласно Материалам Международной конференции КЭМРОН (Гаага, 1984 г.) максимум добычи нефти приходится на 10-е, а газа - на 40-е годы XXI века. Однако к 2120-2130 годам запасы нефти могут истощиться полностью. Газ, как полагают эксперты, будет добываться и в 2150 году, причем раза в 2 больше, чем в настоящее время. Поэтому в мире ведется интенсивный поиск получения топлива из возобновляемых источников энергии. Так, голландский химик С. де Витт разработал интересный проект получения кетонов, или спиртов (метанол, этанол, бутанол) из зеленой биомассы через газификацию древесины и ферментацию Сахаров. Спирты имеют очень высокое октановое число и являются заменителем высококачественного топлива.

В Бразилии еще в 1981 году было получено 4,2 млн. литров этанола. На этом топливе работают все автобусы крупнейших городов страны, многие автомобили. В США этанол получают из отходов ку-

курузы. В других странах из сельскохозяйственных отходов получают метан, который затем используют в качестве топлива.

К нетрадиционным источникам энергии относится и рапсовое масло, идею использования которого в качестве автомобильного топлива выдвинул еще в начале 1960-х годов немецкий инженер Людвиг Эльсбет. В 1964 году он организовал институт усовершенствования двигателей внутреннего сгорания. Несколько позже была образована специальная фирма Elsbett, занимающаяся производством двигателей, использующих в качестве топлива растительное масло.

Преимуществами растительного масла являются:

- 1) меньшая эмиссия вредных выбросов при сгорании;
- 2) отсутствие опасных эффектов в процессе транспортировки и использования;
- 3) простота процесса производства растительного масла, который может быть осуществлен не только в больших масштабах на специализированных заводах, но и в небольших количествах - на собственных мелкотоварных фермах;
- 4) относительно продолжительный срок хранения без утраты качества и др.

Об увеличивающихся объемах использования «масляных» двигателей свидетельствует количество специализированных заправок рапсовым маслом, которых в Германии создано 15.

К нетрадиционным видам топлива относят помет домашних птиц, костяную муку и отходы переработки мяса птицы, сжигая которые, в Англии, например, на одной электростанции получают электроэнергию, достаточной для снабжения ею 24 000 индивидуальных жилых зданий при мощности электростанции 13,5 МВт [3].

Большой проблемой для ОАО «БелФА» на протяжении всего периода его существования остается утилизация отходов стрижки искусственного меха, так называемого «кнопса». Это полимерный материал вывозился на складирование в специальное отведенное место в лесном массиве. Как показали исследования, эти отходы очень калорийны при сжигании, и в настоящее время ведется поиск методов высокой очистки газов, которые будут выделяться при этом процессе.

Известно, что газ, поступающий на электростанции и газораспределительные пункты под высоким давлением, пригоден к употреблению только в пониженном давлении. Энергия, которая освобождалась в результате этих перепадов в давлении, уходила в никуда. Впервые, внедренная на Лукомльской ГРЭС мощностью 2400 МВт,

турбодетандорная установка, мощность которой всего лишь 5 МВт, решает проблему перехода используемого газа с высокого давления на пониженное и вырабатывает энергии столько, сколько потребляет весь Чашникский район. На этой ГРЭС запланировано внедрить еще одну такую установку, а для нужд республики нужно 20 генераторов малой энергетики. Отрабатывается вопрос установки такого же детандера на Минской ТЭЦ-4 и на предприятиях, производящих энергоемкую продукцию или являющихся крупными потребителями газа.

К нетрадиционным видам топлива относятся и полученный предпринимателем из Барановичей продукт из отслуживших свой ресурс автомобильных шин, который по подтверждению сотрудников лаборатории НАН Беларуси представляет собой синтетическую нефть. Усовершенствовав свою разработку, этот предприниматель сумел получить из произведенной нефти 15 % бензина А-92 и 40 % дизельного топлива. Технология получения этих компонентов горючего практически безотходна и не вредит окружающей среде. После ввода в эксплуатацию опытно-промышленной установки мощностью 10-20 т. нефти в сутки, а затем и завода мощностью 160 т в сутки, можно будет утилизировать сотни тонн автошин в сутки, вырабатывая за год 500 тыс. т. синтетической нефти.

В Узденском районе нашей республики на площади в несколько десятков гектаров заложен питомник для выращивания канадской ивы и сахалинского тростника для использования в последующем в качестве твердого топлива для отопительных котлов, используемых в производственных помещениях. А в Гомельской области на территории в 1000 га загрязненной радионуклидами, будут выращивать растения, которые дают большой объем зеленой массы. После ее брожения получается газ, пригодный для сжигания.

Пример бережливости к использованию нефтепродуктов показывает разработанная в Гродненской области технология переработки различных марок автола, дизельного и веретенного масла, нигрола. Отслужившие свой срок в соответствующих агрегатах, машинах эти нефтепродукты не сжигаются на кострах и не сливаются в неполюженных местах, а накапливаются в таре и затем доставляются в Новельнянский межагрорайснаб, что в Дятловском районе, в котором имеется специально созданный для их переработки участок. Оборудование для него закуплено в Канаде и производит из этих отработанных нефтепродуктов дизельное и печное топливо, гидравлическое масло. В 2000 г. здесь получено 70 т. дизельного топлива, 450 - печ-

ного и 4,5 т. масла для гидросистем. По официальному заключению Белорусской государственной машиноиспытательной станции по всем без исключения параметрам это топливо соответствует ГОСТу. Дизтопливо также соответствует европейским нормам по составу выбросов в атмосферу и стандартам на топливо самых известных дизелестроительных компаний. На прошедшем здесь в 2001 году семинаре ученых, аграрников, специалистов-экологов, экспертов концерна «Белнефтехим» была продемонстрирована переработка 10 т. отработанных нефтепродуктов, из которых получено 10 т. дизельного топлива. Мощность участка по переработке этого вторичного энергетического сырья в межрайагроснабе составляет 15-17 тыс. т., а в Гродненской области такого сырья образуется 10 тыс. т.

Поиском альтернативного топлива озабочены американские автомобильные фирмы. Ставка делается на водород, поскольку ежедневный расход горюче-смазочных материалов в этой стране составляет более 2,5 млн. т. В ближайшее десятилетие эта цифра увеличится еще примерно на 300 тыс. т. Это при том, что страна импортирует не менее 60 % углеводородного сырья.

Огромное количество автомобилей в США ощутимо загрязняет атмосферу. По подсчету экологов объем углекислоты, выбрасываемую в атмосферу за год в среднем составляет 280 млн. т.

Фирмы взялись за разработку проекта нового автомобиля XXI века, топливом которого станет водород - альтернатива ныне используемому традиционному из нефти [3].

### 3.2. Ветроэнергетика

Ветроэнергетика представляет собой область техники, использующую энергию ветра для производства энергии, а устройства, преобразующие энергию ветра в полезную механическую, электрическую или тепловую виды энергии, называются ветроэнергетическими установками (ВЭУ), или вет-роустановками, и являются автономными.

Энергия ветра в механических установках, например на мельницах и в водяных насосах, используется уже несколько столетий. После резкого скачка цен на нефть в 1973 г. интерес к таким установкам резко возрос. Большая часть существующих установок построена в конце 70-х - начале 80-х годов на современном техническом уровне при широком использовании последних достижений аэродинамики, механики, микроэлектроники для контроля и управления ими. Ветро-

установки мощностью от нескольких киловатт до нескольких мегаватт производятся в Европе, США и других частях мира. Большая часть этих установок используется для производства электроэнергии, как в единой энергосистеме, так и в автономных режимах.

Одно из основных условий при проектировании ветроустановок - обеспечение их защиты от разрушений очень сильными случайными порывами ветра. В каждой местности в среднем раз в 50 лет бывают ветры со скоростью, в 5-10 раз превышающей среднюю, поэтому ветроустановки приходится проектировать с большим запасом прочности. Максимальная проектная мощность ветроустановки определяется для некоторой стандартной скорости ветра, обычно принимаемой равной 12 м/с.

Скорость ветра увеличивается с высотой над поверхностью Земли. Ветроколесо должно устанавливаться, чтобы набегающий на него ветровой поток был сильным, однородным с минимальными изменениями скорости и направления. Наилучшим местом для размещения ветроустановки является гладкая, куполообразная, ничем не затененная возвышенность.

Ветроэнергетическая установка состоит из ветроколеса, генератора электрического тока, сооружения для установки на определенной высоте от земли ветряного колеса, системы управления параметрами генерируемой электроэнергии в зависимости от изменения силы ветра и скорости вращения колеса.

Ветроустановки классифицируются по двум основным признакам: геометрии ветроколеса и его положению относительно направления ветра. Если ось вращения ветроколеса параллельна воздушному потоку, то установка называется горизонтально-осевой, если перпендикулярно-вертикально-осевой.

Принцип действия ветроэнергетической установки состоит в следующем. Ветряное колесо, воспринимая на себя энергию ветра, вращается и посредством пары конических шестерен и с помощью длинного вертикального вала передает свою энергию на нижний горизонтальный трансмиссионный вал и далее посредством второй пары конических шестерен и ременной передачи - электрическому генератору или другому механизму.

Поскольку периоды безветрия неизбежны, то для исключения перебоев в электроснабжении ВЭУ должны иметь аккумуляторы электрической энергии или быть запараллелены, на случай безветрия, с ветроэнергетическими установками других типов.

Энергетическая программа Республики Беларусь до 2010 г. основными направлениями использования ветроэнергетических ресурсов на ближайший период предусматривает их применение для привода насосных установок и в качестве источников энергии для электродвигателей. Эти области применения характеризуются минимальными требованиями к качеству электрической энергии, что позволяет резко упростить и удешевить ветроэнергетические установки. Особенно перспективным считается их использование в сочетании с малыми гидроэлектростанциями для перекачки воды. Применение ветроэнергетических установок для водоподъема, электроподогрева воды и электроснабжения автономных потребителей к 2030 г. предполагается довести до 30 МВт установленной мощности, что обеспечит экономию 11 тыс. т. у. т. в год.

### 3.3. Гидроэнергетика

Гидроэнергетика представляет отрасль науки и техники по использованию энергии движущейся воды (как правило, рек) для производства электрической, а иногда и механической энергии. Это наиболее развитая область энергетики на возобновляемых ресурсах. Важно отметить, что в конечном итоге возобновляемость гидроэнергетических ресурсов также обеспечивается энергией Солнца. Действительно, реки представляют собой поток воды, движущийся под действием силы тяжести с более высоких на поверхности Земли мест в более низкие, и, в конце концов, впадают в Мировой океан. Под действием солнечного излучения вода испаряется с поверхности Мирового океана, пар ее поднимается в верхние слои атмосферы, конденсируется в облака, выпадает в виде дождя, пополняя истощаемые водные запасы рек. Таким образом, используемая энергия рек является преобразованной механической энергией Солнца.

Часто бывает, что в силу тех или иных изменений атмосферных условий этот кругооборот нарушается, реки мелеют или даже полностью высыхают. Другим крайним случаем является нарушение этого кругооборота, приводящее к наводнениям. Для исключения этих обстоятельств на реках перед гидроэлектростанциями строят плотины, формируются водохранилища, с помощью которых регулируется постоянный напор и расход воды.

Гидроэлектростанции подразделяются: в конструктивном отношении - по схеме и составу основных гидротехнических сооружений - на приплотинные и деривационные, сооружаемые на крупных, сред-

них и малых реках; в народнохозяйственном отношении на крупные (свыше 50-75 тыс. кВт), средние (от 3-5 до 50-75 тыс. кВт) и малые (до 3-5 тыс. кВт); по величине напора на низконапорные (при напорах ниже 20-25 м), средненапорные (от 20-25 до 70-75 м) и высоконапорные (свыше 70-75 м). Различают также гидроэлектростанции по характеру регулирования речного стока их водохранилищами: с длительным (многолетним, годовым и сезонным), краткосрочным (суточным или недельным) регулированием и совсем без регулирования.

В приплотинных ГЭС водосток регулируется посредством плотин. В результате подпора воды, создаваемого плотиной, возникает статическая разность между уровнями верхнего и нижнего бьефов ГЭС, называемая статическим напором.

В деривационных ГЭС большая или существенная часть напора создается посредством безнапорных или напорных деривационных (обходных) водоводов. В качестве безнапорного деривационного водовода могут быть использованы каналы, лотки, безнапорные туннели или сочетание этих типов водоводов.

С самого начала (примерно с 80-х годов прошлого столетия) для производства электроэнергии в гидроэнергетике использовались в основном гидравлические турбины. Их суммарная мощность возрастает сейчас во всем мире примерно на 5 % в год, т. е. удваивается каждые 15 лет. В 1980 г. мощность всех ГЭС составила примерно 500 000 МВт, и большая часть станций имела мощность более 10 МВт.

Республика Беларусь - преимущественно равнинная страна, тем не менее ее гидроэнергетические ресурсы достаточно существенны. Энергетическая программа Республики Беларусь до 2010 г. в качестве основных направлений развития малой гидроэнергетики в стране предусматривает:

- восстановление ранее действовавших малых гидроэлектростанций на существующих водохранилищах путем капитального ремонта и частичной замены оборудования;
- строительство новых малых ГЭС на водохранилищах неэнергетического назначения без затопления;
- создание малых ГЭС на промышленных водосбросах;
- сооружение бесплотинных (русловых) ГЭС на реках со значительными расходами воды.

Как правило, все восстанавливаемые и вновь сооружаемые малые ГЭС будут работать параллельно с действующей энергосистемой,



что позволит значительно упростить схемные и конструктивные решения.

Общую мощность малых ГЭС в республике предполагается довести к 2020 г. до 100 МВт, что обеспечит экономию 120 тыс. т условного топлива в год. Бассейны рек Западная Двина и Неман, протекающих по территории Беларуси, относятся к зонам высокого гидроэнергетического потенциала, и использование его еще в 40-х годах XX в. намечалось путем строительства многоступенчатых каскадов ГЭС. В настоящее время разработан проект создания каскада 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 МВт ч. Требуемые капитальные вложения для реализации этого проекта составляет 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. Этот проект требует около 40 млн. долларов США капитальных вложений.

### 3.4. Биоэнергетика

Сложный комплекс веществ, из которых состоят растения и животные, принято называть биомассой. Основа биомассы - органические соединения углерода. Уникальная роль углерода в живой природе обусловлена его свойствами, которыми в совокупности не обладает ни один другой химический элемент.

Первоначально энергия системы биомасса - кислород возникает в процессе фотосинтеза под действием солнечного излучения, являющегося естественным вариантом преобразования солнечной энергии, а биомасса является основным исходным веществом для образования ископаемых топлив (торфа, угля, нефти, газа).

Биогаз получают путем микробиологического анаэробного разложения органических веществ растительного и животного происхождения. Он состоит из 50-80 % метана и 50-20 % углекислого газа. Теплотворная способность его в среднем составляет 5500-6000 ккал/м<sup>3</sup>. По содержанию энергии 1 м<sup>3</sup> биогаза эквивалентен: 2 кВт ч электроэнергии; 0,6 кг. керосина, 15,5 кг. каменного угля, 3,5 кг. дров; 0,4 кг. бутана; 12 кг. навозных брикетов.

Одним из способов получения биогаза является метановое брожение в реакторах-метаитенках объемом от одного - двух до несколь-

ких тысяч кубометров. Метантенки изготавливают из кирпича, бетона, железобетона, различных сталей и полимеров. Полученный газ собирают во влажные или сухие (последние являются более прогрессивными) газгольдеры. Такие установки предназначены в первую очередь для крупных животноводческих комплексов, ферм и птицефабрик. Ведущей страной по массовому применению биоэнергетических установок (БЭУ) является Китай.

Сырьем для производства биогаза в таких установках является биомасса и разнообразные органические отходы. При производстве биогаза до 90 % органического вещества отходов переходит в газ и воду. При определенных температурных условиях осуществляется полное обеззараживание утилизируемых отходов. Анаэробная деструкция органических веществ вызывает минерализацию азота, фосфора, калия, то есть дает возможность получения эффективных биоудобрений.

Как показывают подсчеты специалистов, одна домашняя корова за год дает столько навоза, что путем естественного брожения из него получается около 50 кг газа метана.

В Швейцарии для маломощной биогазовой установки берутся отходы от 2-3 десятков коров или свиней. После того как смесь отбродила и уже отдала биогаз, ее центрифугируют, смешивают с водой и поливают поля. Только за счет этого полива каждый год получают до 7 укосов травы. Не пропадает и твердая масса. Ее сушат, рафинируют и получают прекрасный компост для полей, садов, цветоводства.

В Беларуси биоэнергетические установки находятся в стадии разработки и испытаний, результаты которых позволят в недалеком будущем дать уточненную оценку реального выхода товарного биогаза.

Энергетическая программа Республики Беларусь до 2010 г. предусматривает ряд крупномасштабных мероприятий в области биоэнергетики. Считается, что применение биоэнергетических установок по переработке отходов животноводства позволит существенно улучшить экологическую обстановку вблизи крупных животноводческих комплексов, где к настоящему времени скопились огромные количества переработанной биомассы. Кроме того, можно рассчитывать на получение высококачественных органических удобрений и за счет производства биогаза обеспечить экономию 116 тыс. т условного топлива в год.

Ежегодно в республике накапливается 2 млн. т. твердых бытовых отходов (ТБО) в виде бумаги, текстиля, пищевых отходов, дерева, которые вывозятся десятками и сотнями тысяч тонн на городские свалки, занимающие в республике 850 га, и лишь 4 % утилизируются на опытном заводе по переработке отходов «Экорес» в Минске. На одного горожанина в 1999 году приходилось 267 кг бытового мусора. Подсчитано, что в случае утилизации всех ТБО только под Минском может быть получено 220 млн. м<sup>3</sup> биогаза, что составляет 170 тыс. т. у. т в год, а вся потенциальная энергия, заключенная в ТБО, по республике эквивалентна 470 тыс. т. у. т. в год [3].

В мировой практике получение энергии из твердых бытовых отходов осуществляется в основном сжиганием и газификацией. В Японии, Дании, Швейцарии сжигается около 70 %, в Германии - 30, Италии - 25, США - около 14 % отходов. А недавно в Таллинне, впервые в странах Балтии, также начато производство тепла и электроэнергии из бытовых отходов. Тепловая мощность станции - более 1 МВт, а электрическая составляет около 840 КВт. 85 % произведенной электроэнергии продается потребителю, остальная - используется для нужд полигона бытовых отходов. Владельцы станции планируют окупить свои вложения за 4 года.

Основными типами энергетических процессов, связанных с переработкой биомассы, являются:

1. Прямое сжигание для получения теплоты.
2. Пиролиз.
3. Гидрогенизация.

## 4. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

### 4.1. Структура управления энергосбережением в Республике Беларусь

В решении концептуальных задач энергосбережения важная роль отводится государственному управлению, основным механизмом которого является регулирование потребления ТЭР посредством создания законодательной, нормативной базы и экономических стимулов рационального использования ТЭР.

Структура управления энергосбережением в Республике Беларусь включает:

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

Государственным органом, осуществляющим межведомственный и независимый надзор за рациональным использованием ТЭР, является Комитет по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь, основными задачами которого 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. Он 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. Он также 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 заместителям, 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.

Принятой Советом Министров Республики Беларусь «Республиканской программой по энергосбережению на период 2001-2005 гг.» определены две концептуальные задачи и экономические приоритеты:

- достижение к 2015 году энергоемкости ВВП уровня промышленно развитых стран;

- 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 малозэнергоёмких и наукоёмких производств.

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

#### 4.2. Основные положения Закона Республики Беларусь «Об энергосбережении» и нормативно-правовой базы энергопотребления и энергосбережения

Нормативно-правовая база энергосбережения является одним из основных механизмов повышения эффективности использования ТЭР, и в Республики Беларусь она создана. В её основе лежит Закон Республики Беларусь «Об энергосбережении». В развитие его правительства 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.

Принятым в 1998 г. Законом Республики Беларусь «Об энергосбережении» (15 июля 1998 г. № 190-3) 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:

- добычу, переработку, производство, транспортировку, хранение, использование и утилизацию всех видов ТЭР;
- производство и поставку энергогенерирующих и энергопотребляющих оборудования, машин, механизмов и материалов, а также приборов учёта, контроля, регулирования расходов ТЭР.
- проведение научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ (НИОКР), экспертных, специализированных, монтажных, наладочных, ремонтных, энергосберегающих и других видов работ, связанных с повышением эффективности использования и экономии ТЭР;
- реализацию мероприятий, связанных с развитием и применением нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, использование возобновляемых энергетических ресурсов;
- информационное обеспечение юридических и физических лиц, подготовка кадров для сферы энергосбережения;
- разработку и внедрение эффективных систем управления энергосбережением и средств контроля за эффективным использованием ТЭР.

Законом определены основные принципы государственного управления в сфере энергосбережения:

- осуществление государственного надзора за рациональным использованием ТЭР;
- разработка государственных и межгосударственных научно-технических, республиканских, отраслевых и региональных программ энергосбережения и их финансирование;
- приведение нормативных документов в соответствии с требованием снижения энергоёмкости материального производства, сферы услуг и быта;
- создание системы финансово-экономических механизмов, обеспечивающих экономическую заинтересованность производителей и пользователей в эффективном использовании ТЭР, вовлечение в топливно-энергетический баланс нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, а также в инвестировании средств в энергосберегающие мероприятия;
- повышение уровня самообеспечения республики местными ТЭР;
- 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 ТЭР;

- 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.

Законом определено также, что необходимо обеспечить установление технически и экономически обоснованных прогрессивных норм расхода топлива, которые должны в обязательном порядке включаться в технологические регламенты, технические паспорта, ремонтные карты, технологические инструкции по эксплуатации всех видов энергопотребляющей продукции. Национальная система стандартизации, сертификации обеспечивает контроль за соответствием продукции, работ, услуг, а также ТЭР требованиям эффективного энергопотребления.

Законом предусмотрено проведение государственной экспертизы энергетической эффективности проектных решений для определения их соответствия требованиям нормативной документации,

В целях оценки эффективности использования ТЭР и обеспечения их экономии предусмотрено проведение энергетических обследований субъектов хозяйствования, расположенных на территории Республики Беларусь, и введена система нормирования расхода топлива и энергии.

Законом определены источники финансирования мероприятий по энергосбережению. Ими являются средства: республиканского и местного бюджетов; республиканского фонда энергосбережения; юридических и физических лиц, направленных на цели энергосбережения; инновационного фонда концерна «Белэнерго»; инновационных фондов министерств и ведомств, а также: льготные кредиты; инвестиции по линии Всемирного банка; другие источники.

## 5. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

### 5.1. Транспортирование тепловой энергии

Основными потребителями тепловой энергии являются промышленные предприятия и жилищно-коммунальное хозяйство. Для производственных и коммунальных потребителей тепловая энергия требуется в виде пара (насыщенного или перегретого) либо горячей воды.

Системой теплоснабжения называется комплекс устройств по выработке, транспортировке и использованию теплоты.

Снабжение тепловой энергией потребителей (систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения и технологических процессов) состоит из трёх взаимосвязанных процессов: передачи теплоты теплоносителю, транспортировки теплоносителя и использования теплового потенциала теплоносителя. Системы теплоснабжения могут быть децентрализованными (местными) и централизованными.

Децентрализованные системы теплоснабжения - это системы, в которых три основных звена объединены и находятся в одном или смежных помещениях. При этом получение теплоты и передача ее воздуху помещения объединены в одном устройстве и расположены в отапливаемых помещениях.

Централизованные системы теплоснабжения - это системы, в которых от одного источника теплоты подается теплота для многих зданий, кварталов, районов.

Транспортирование тепловой энергии от источника до потребителей производится тепловыми сетями, суммарная длина которых в однотрубном исчислении в Республике Беларусь составляет свыше 10 тыс. км.

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

Наиболее ответственными элементами являются трубы, которые должны быть достаточно прочными и герметичными при максимальных давлениях и температурах теплоносителя, стойкими, с высоким термическим сопротивлением стенок, способствующим сохранению

теплоты, неизменностью свойств материала при длительном воздействии высоких температур и давлений.

В настоящее время в системе холодного и горячего водоснабжения все больше применение находят пластмассовые трубы. Срок службы их составляет для холодного водоснабжения - 50, для горячего - 30 лет. Стальные трубы могут служить 7-15, чугунные - 15-20 лет. При этом трудоемкость монтажа пластмассовых труб в 2-3 раза ниже, чем стальных или чугунных. Они эластичны, устойчивы к коррозии, обладают высокими гидравлическими свойствами и не требуют ухода, сохраняя при этом необходимую чистоту.

Тепловая изоляция накладывается на трубопроводы для снижения потерь теплоты при транспортировке теплоносителя. Потери тепловой энергии в магистральных и квартальных эксплуатируемых теплосетях во многом определяются качеством изоляционных материалов, технологией их применения и условиями эксплуатации трубопроводов.

Широкое применение в качестве изоляционного материала для теплосетей имеют стекловата и минеральная вата в виде матов. Применяются они для утепления труб, на которые не передаются механические нагрузки (внутри помещений и в канальной прокладке). Для утепления труб или конструкций, подверженных вибрациям, применяют маты, усиленные металлической сеткой. В местах, где возможно увлажнение, применяют исключительно минеральную вату и дополнительную изоляцию в виде алюминиевой фольги, штукатурки по металлической сетке и т. д.

Температура на поверхности изоляционной конструкции не должна быть выше 60 °С. Толщина слоя изоляции определяется на основе расчетов.

Прокладка трубопроводов производится надземным и подземным способами. Надземная прокладка применяется при высоком уровне грунтовых и вешних вод, на территории промышленных предприятий, при пересечении оврагов, рек, многоколейных железнодорожных путей. При подземной прокладке трубопроводы размещаются либо непосредственно в грунте (бесканальная прокладка), либо в непроходных, полупроходных и проходных каналах.

Существующие конструкции трубопроводов при бесканальной прокладке можно разделить на три группы: 1) в монолитных оболочках; 2) засыпные; 3) литые. В качестве изоляции трубопроводов в монолитных оболочках используется битумперлит, битумкерамзит, дру-

гие материалы на битумном вяжущем. Изготовление изоляционного слоя засыпных трубопроводов производится на трассе трубопровода. Трубы засыпаются асфальтоизолом, нагреваются до 140...150 °С с выдержкой некоторое время при этой температуре, что обуславливает получение трехслойной изоляции. Литые бесканальные трубопроводы - трубопроводы, предварительно покрытые защитным антикоррозионным слоем (асфальтовой мастикой), монтируются в траншее и заливаются жидкой пенобетонной массой. После затвердения засыпаются грунтом.

В последнее время все более широкое применение при бесканальной прокладке теплотрасс находят предварительно изолированные трубы (ПИ-трубы), которые, представляют цельную конструкцию, состоящую из полиэтиленового или металлического кожуха. Внутри ее находится металлическая стеклопластиковая или полипропиленовая труба, а пространство между трубой и кожухом заполнено теплоизоляционным материалом плотностью более 80 кг/м таким образом, что подающая и защитная труба связаны силовым замыканием.

В канальных трубопроводах каналы сооружаются из сборных железобетонных элементов. Основное достоинство проходных каналов заключается в возможности доступа к трубопроводу, его ревизии без вскрытия грунта.

Проходные каналы (коллекторы) сооружаются при наличии большого числа трубопроводов. Оборудуются другими подземными коммуникациями - электрокабелями, водопроводом, газопроводом, телефонными кабелями, вентиляцией, электроосвещением низкого напряжения.

Полупроходные каналы применяются при прокладке небольшого числа труб (2-4) в тех местах, где по условиям эксплуатации недопустимо вскрытие грунта, и при прокладке трубопроводов больших диаметров (800-1400 мм).

Изоляцию трубопроводов в проходных и полупроходных каналах производят следующим образом: наружная поверхность покрывается антикоррозионным слоем (эмаль, изол, бризол и т. д.), поверх основного накладывается теплоизоляционный слой, затем асбоцементные футляры, закрепленные стальными бандажами на трубопроводе.

Непроходные каналы изготавливают из унифицированных железобетонных элементов. Они представляют собой корытообразный лоток с перекрытием из сборных железобетонных плит. Наружная поверхность стен лотка покрывается рубероидом на битумной мастике-

ке. В качестве изоляции устраиваются сетки из проволоки. Сверху - антикоррозионный защитный слой, теплоизоляционный слой (минеральная вата или пеностекло), защитное механическое покрытие в виде металлической асбоцементной штукатурки.

## 5.2. Транспортирование электрической энергии

Передача электроэнергии от предприятий, вырабатывающих электроэнергию, непосредственным потребителям осуществляется с помощью электрических сетей, представляющих собой совокупность подстанций (повысительных и понизительных), распределительных устройств и соединяющих их электрических линий (воздушных или кабельных), размещенных на территории района, населенного пункта, потребителя электрической энергии.

К основному оборудованию, производящему и распределяющему электроэнергию, относятся: синхронные генераторы, вырабатывающие электроэнергию (на ТЭС – турбогенераторы); сборные шины, принимающие электроэнергию от генераторов и распределяющие ее потребителям; коммутационные аппараты-выключатели, включающие и отключающие цепи в нормальных и аварийных условиях, и разъединители, снимающие напряжения с обесточенных частей электроустановок и создающие видимый разрыв цепи; электроприемники собственных нужд (насосы, вентиляторы, аварийное электрическое освещение и т. д.).

Вспомогательное оборудование предназначено для выполнения функций измерения, сигнализации, защиты и автоматики и т. д.

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

Электроэнергетическая (электрическая) система – это совокупность электрических частей электростанции, электрических сетей и потребителей электроэнергии, связанных общностью режима и непрерывностью процесса производства, распределения и потребления электроэнергии. Электрическая система – часть энергосистемы, за исключением тепловых сетей и тепловых потребителей. Электрическая сеть – совокупность электроустановок для распределения электрической энергии, состоящая из подстанций, распределительных устройств, воздушных и кабельных линий электропередачи. По электри-

ческой сети осуществляется распределение электроэнергии от электростанций к потребителям. Линия электропередачи (воздушная или кабельная) – электрическая линия, выходящая за пределы электростанции или подстанции и предназначенная для передачи электрической энергии на расстояние.

В нашей стране применяются стандартные номинальные (междуфазные) напряжения трехфазного тока частотой 50 Гц в диапазоне 6-750 кВ, а также напряжения: 0,66; 0,38 кВ. Для генератора применяют номинальные напряжения 3-21 кВ.

Передача электроэнергии от электростанций по линиям электропередачи осуществляется при напряжении 110-750 кВ, т. е. значительно превышающих напряжение генераторов. Электрические подстанции применяются для преобразования электроэнергии одного напряжения в электроэнергию другого напряжения. Электрическая подстанция – это электроустановка, предназначенная для преобразования и распределения электрической энергии. Она состоит из трансформаторов, сборных шин и коммутационных аппаратов, а также вспомогательного оборудования – устройств релейной защиты и автоматики, измерительных приборов. Подстанция предназначена для связи генераторов и потребителей с линиями электропередачи.

Классификация электрических сетей может осуществляться по роду тока, номинальному напряжению, выполняемым функциям, характеру потребителя, конфигурации схемы сети и т. д. По роду тока различаются сети переменного и постоянного тока; по напряжению – сверхвысокого (более 330 кВ), высокого (3...220 кВ), низкого (менее 1 кВ) напряжения. По конфигурации схемы сети бывают замкнутые и разомкнутые.

По выполняемым функциям различаются системообразующие, питающие и распределительные сети. Системообразующие сети напряжением 330-1150 кВ осуществляют функции формирования объединенных энергосистем, включающих мощные электростанции, обеспечивают их функционирование как единого объекта управления и одновременно передачу электроэнергии от мощных электростанций. Они же осуществляют системные связи, т. е. связи между энергосистемами очень большой длины. Основными системообразующими электрическими сетями будут сети 330 кВ, а распределительными – 0,4-110 кВ.

Питающие линии предназначены для передачи электроэнергии от подстанции системообразующей сети и частично от шин 110-120

кВ электростанций центрам питания распределительных сетей – районным подстанциям.

Распределительная сеть предназначена для передачи электроэнергии на небольшие расстояния от шин низшего напряжения районных подстанций к промышленным, городским, сельским потребителям.

Воздушные линии электропередачи (ВЛ) предназначены для передачи электроэнергии на расстоянии по проводам. Основными конструктивными элементами ВЛ являются провода для передачи электроэнергии, тросы для защиты ВЛ от грозových перенапряжений, опоры для поддержания проводов и тросов на определенной высоте, изоляторы для изоляции провода от опоры и линейной арматуры, с помощью которой провода закрепляются на изоляторах, а изоляторы – на опорах.

Наиболее распространенными проводами являются: алюминиевые, сталеалюминевые, а также из сплавов алюминия. Силовые кабели состоят из одной или нескольких токопроводящих жил, отделенных друг от друга и от земли изоляцией. Токопроводящие жилы – из алюминия однопроволочные (сечением до 16 мм) или многопроволочные. Кабель с медными жилами применяется во взрывоопасных помещениях.

Изоляция выполняется из специальной, пропитанной минеральным маслом, кабельной бумаги, накладываемой в виде лент на токопроводящие жилы, а также может быть резиновой или полиэтиленовой. Защитные оболочки, накладываемые поверх изоляции для предохранения ее от влаги и воздуха, бывают свинцовыми, алюминиевыми или поливинилхлоридными. Для защиты от механических повреждений предусмотрена броня из стальных лент или проволок. Между оболочкой и броней – внутренние и внешние защитные покровы. Внутренний защитный покров (подушка под броней) – джутовая прослойка из хлопчатобумажной пропитанной пряжи или из кабельной сульфатной бумаги. Наружный защитный покров – из джута, покрытого антикоррозионным составом.

## 6. ВТОРИЧНЫЕ ЭНЕРГОРЕСУРСЫ

### 6.1. Вторичные энергетические ресурсы, их классификация и использование

Одним из важных факторов экономии ТЭР является использование вторичных энергетических ресурсов (ВЭР), образующихся в одних технологических установках, процессах и направляемых для энергоснабжения других агрегатов и процессов.

Горючие (топливные) ВЭР - это горючие газы и отходы одного производства, которые могут быть применены непосредственно в виде топлива в других производствах. Это доменный газ в металлургии; щепы, опилки, стружка в деревообрабатывающей промышленности; твёрдые, жидкие промышленные отходы в химической и нефтеперерабатывающей промышленности и т. д.

Тепловые ВЭР - это физическая теплота отходящих газов технологических агрегатов основной, побочной, промежуточной продукции и отходов производства; теплота золы и шлаков, горячей воды и пара, отработанных в технологических установках; теплота рабочих тел систем охлаждения технологических установок. Тепловые ВЭР могут использоваться как непосредственно в виде теплоты, так и для раздельной или комбинированной выработки теплоты, холода, электроэнергии в утилизационных установках.

ВЭР избыточного давления - это потенциальная энергия покидающих установку газов, воды, пара с повышенным давлением, которая может быть ещё использована перед выбросом в атмосферу. Основное направление таких ВЭР - получение электрической или механической энергии.

Температура отходящих газов различных промышленных печей и нагревательных устройств колеблется от 800...900 °С (в печах с регенераторами) до 900...1200 °С в термических, прокатных и кузнечных (без регенерации), что позволяет в котлах-утилизаторах вырабатывать пар высоких параметров для технологических нужд. Кроме того, поскольку нагревательные печи, как правило, оборудованы системой охлаждения отдельных элементов конструкции, при испарительном охлаждении можно получить пар давлением до 4,5 МПа, который используется и в энергетических целях. Так как температура уходящих газов после котлов-утилизаторов всё ещё достаточно высока (около 200...250 °С), их теплоту целесообразно применять для коммунально-бытовых нужд или отопления (нагрева воды).



На предприятиях машиностроения в настоящее время тепловыми отходами являются физическая теплота уходящих газов, теплота охлаждения нагревательных и термических печей, вагранок и др.

В промышленности строительных материалов тепловые ВЭР образуются при обжиге цементного клинкера и керамических изделий, производстве стекла, кирпича, извести, огнеупоров, выплавке теплоизоляционных материалов. К ним относятся физическая теплота уходящих газов различных печей (туннельных, шахтных, вращающихся) и т. д.

Крупными потребителями пара различных параметров, электроэнергии, горячей и тепловой воды, а также холода являются почти все отрасли пищевой промышленности, поэтому и тепловые ВЭР предприятий пищевой промышленности также весьма разнообразны. Это, прежде всего, теплота уходящих горячих газов и жидкостей; жидких и твердых отходов производства; отработанного пара силовых установок и вторичного пара, который получается при выпаривании растворов, ректификации и высушивании; тепловых установок; теплота, содержащаяся в продуктах производства.

Вторичные энергоресурсы имеются также на тепло- и гидроэлектростанциях. На гидроэлектростанциях отходы теплоты образуются в результате тепловыделения в электрогенераторах. Для тепловых электростанций наиболее существенный источник ВЭР - низкопотенциальная теплота нагретой охлаждающей воды конденсационных устройств, с которой может теряться до 50 % теплоты топлива, расходуемого на электростанции. Источником ВЭР считаются также дымовые газы котельных установок на паротурбинных станциях или уходящие продукты сгорания на газотурбинных установках.

Для использования ВЭР применяются утилизационные установки, представляющие собой устройства для выработки энергоносителей (водяного пара, горячей и охлажденной воды, электроэнергии) за счёт снижения энергетического потенциала ВЭР. К основным видам оборудования, применяемого для утилизации ВЭР, относятся: котлы-утилизаторы; установки испарительного охлаждения; экономайзеры; утилизационные абсорбционные холодильные установки; теплообменники; водоподогреватели; тепловые насосы; утилизационные турбогенераторы и др.

## 6.2. Трансформаторы теплоты и тепловые трубы, тепловые насосы

Трансформаторами теплоты называются устройства, служащие для переноса тепловой энергии от тела с более низкой температурой (тепло от датчика) к телу с более высокой температурой (теплоприемнику). Они подразделяются на холодильные установки и теплонасосные установки.

В холодильных установках температура теплоотдатчика  $T_n$  ниже температуры окружающей среды  $T_0$  ( $T_n < T_0$ ), тогда как температура теплоприёмника  $T_v$  равна температуре окружающей среды ( $T_v = T_n$ ).

В теплонасосных установках температура теплоотдатчика равна или несколько выше температуры окружающей среды, тогда как температура теплоприёмника значительно выше температуры окружающей среды.

Трансформатор теплоты может работать как в режиме холодильной установки, так и в режиме теплового насоса, либо одновременно в двух режимах. Такой процесс называется комбинированным. В комбинированной установке происходит одновременно выработка теплоты и холода.

Тепловые насосы являются разновидностью трансформаторов теплоты и предназначены для получения теплоносителя среднего и повышенного потенциала, используемого на тепловом потреблении. Тепловой насос представляет устройство для переноса тепловой энергии от теплоотдатчика с низкой температурой к теплоприемнику с высокой температурой. Принцип работы его тот же, что и компрессионного холодильника, с той разницей, что назначение холодильника заключается в производстве холода, а теплового насоса - в производстве теплоты.

В холодильнике компрессор сжимает газ, обладающий определенными свойствами, и нагнетает его в конденсатор, охлаждаемый водой или воздухом. При охлаждении газ конденсируется и просачивается через дросселирующий клапан, поступает в испаритель. Здесь жидкость опять переходит в газообразное состояние и обратно засасывается в компрессор для сжатия. На испарение расходуется тепловая энергия, которая поступает от охлаждаемой среды.

Тепловой насос в отличие от холодильника отдает теплоту от конденсатора на нагревание теплопроводящей среды, которая переносит тепло к месту его использования в то время как к испари-

теплу подводится теплота от внешнего источника. Когда компрессор приводится в действие электрическим двигателем или другим механическим приводом, то такой тепловой насос называется компрессорным. Когда для привода компрессора используется тепловая энергия и в рабочем цикле участвует пара рабочих сред, состоящая из хладоносителя и абсорбента, то тепловой насос называется абсорбционным. Коэффициент полезного действия теплового насоса равен отношению тепловой энергии, полученной рабочей жидкостью (газом) в испарителе, к электрической энергии или другой, использованной для приведения в действие компрессора. Он больше единицы. Практически тепловые насосы, приводимые в действие при помощи электродвигателя, позволяют увеличить количество получаемой тепловой энергии в 2,5-3,3 раза по сравнению с тепловым эквивалентом электрической энергии, затрачиваемой на приведение в действие теплового насоса.

Рабочими агентами тепловых насосов служат фреон-11, фреон-21, фреон-113, фреон-114, фреон-142, газы и газовые смеси, имеющие при атмосферном давлении низкую температуру кипения. Тепловые насосы можно использовать в качестве индивидуальных систем обогрева жилых домов, отдельно стоящих зданий и сооружений, насосных (канализационных, водоснабжения) и т. п. Так, для теплоснабжения отдельно стоящих различных насосных станций в настоящее время, как правило, используют электроколориферы или различные теплоэлектронагреватели (ТЭНы).

Тепловая труба представляет собой герметизированную конструкцию, частично заполненную жидким теплоносителем. Она способна передавать большие тепловые мощности при малых градиентах температуры.

Высокая теплопередающая способность ее достигается за счет того, что в тепловой трубе осуществляется конвективный перенос теплоты, сопровождаемый фазовыми переходами (испарением и конденсацией) жидкости - теплоносителя. При подводе теплоты к одному концу тепловой трубы жидкость нагревается, закипает и превращается в пар. При этом она поглощает большое количество теплоты, которое переносится паром к другому, более холодному концу трубы, где пар конденсируется и отдает поглощенную теплоту. Далее сконденсированная жидкость опять возвращается в зону испарения. Этот возврат может осуществляться разными способами. Самый простой из них заключается в использовании силы тяжести. При вертикальном расположении тепловой трубы, когда зона конденсации находится

выше зоны испарения, жидкость стекает вниз непосредственно под действием силы тяжести. Такой вариант тепловой трубы называется термосифоном.

В наиболее распространенных типах тепловых труб для возврата жидкости в зону испарения используют капиллярные эффекты. Для этого на внутренней поверхности тепловой трубы располагают слой капиллярно-пористой структуры, по которому под действием капиллярных сил происходит обратное движение жидкости. Фитиль может быть выполнен из нескольких слоев тонкой сетки. Из трубы откачивается воздух, и она плотно закрывается.

В тепловой трубе различают три участка: зону подвода теплоты, или участок испарения; зону переноса теплоты, или адиабатный участок; зону отвода теплоты, или участок конденсации.

Теплоносителями в тепловой трубе могут выступать различные вещества: ацетон, аммиак, фреоны, вода, ртуть, индий, цезий, калий, натрий, литий, свинец, серебро и неорганические соли.

Основными преимуществами тепловых труб являются: высокая эффективность теплопередачи, автономность работы, малая масса и габариты, высокая надежность, возможность реализации сложных теплопередающих функций, высокая изотермичность поверхности трубы. Для изготовления корпусов и капиллярных структур используются стекло, керамика, различные металлы и сплавы.

Наиболее характерными областями применения тепловых труб являются энергетика, машиностроение, электроника, химическая промышленность, сельское хозяйство. В сельском хозяйстве применяются теплообменники на тепловых трубах при утилизации теплоты выбросного воздуха от животноводческих помещений. Теплообменник такого типа является разновидностью рекуперативного аппарата с промежуточным теплоносителем. Конструктивно теплообменники выполняются из набора тепловых труб. В зависимости от агрегатного состояния теплоносителя, омывающие испарительную и конденсационную зоны, разделяются на три типа: газ - газ; газ - жидкость; жидкость - жидкость.

Использование тепловых труб при утилизации ВЭР позволяет не только повысить эффективность работы энергетических установок, но и во многих случаях уменьшить загрязнение окружающей среды.

## 7. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ

### 7.1. Структура энергопотребления в машиностроении

На долю машиностроения приходится около 25% промышленной продукции, около 15% стоимости основных фондов, около 40% численности производственного персонала. Затраты на энергию от себестоимости продукции в машиностроении составляет примерно 5%, на долю электроэнергии в машиностроении приходится около 10% энергопотребления отрасли, а на долю топлива и теплоэнергии соответственно 50 и 30% [6].

Структура энергопотребления отрасли машиностроения зависит от применения оборудования, вида энергии, используемого в различных технологических процессах и размещения предприятия.

По направлениям потребления энергии различают: расход на технологические цели; двигательную нагрузку; обеспечение условий труда.

К энергии на технологические цели относится: энергия на технологический нагрев; энергия на химические процессы; энергия на электроэрозию и электростатические процессы.

К двигательной энергии относится: потребляемая энергия приводами основных производственных агрегатов; потребление энергии транспортными аппаратами.

К обеспечению условий труда относится: энергия на отопление, вентиляцию, освещение, кондиционирование, на средства связи, управления и охраны.

По энергопотреблению в машиностроении выделяют производства: электроёмкие, топливоёмкие, теплоёмкие.

По направлению использования энергии:

производства с преобладанием использования энергии на технологические цели; производства с преобладанием использования энергии на двигательные цели; производства с преобладанием использования энергии на обеспечения условий труда.

В машиностроении тепло расходуется в следующих пропорциях: на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение – примерно 70%, а на технологические цели – примерно 30%.

С 80-х годов в машиностроении значительно снизилось потребление топлива в чистом виде за счёт замены его на электроэнергию в процессах нагрева, термообработки и плавки, а также перевод внутриводского и цехового транспорта на электротранспорт.

Высокий уровень потребления электроэнергии в таких отраслях машиностроения как станкостроение, сельхозмашиностроение, приборостроение, электрохимическая промышленность, инструментальная промышленность вызвано широким внедрением электротехнологий на этих предприятиях. Несмотря на многообразие продукции, выпускаемой предприятиями машиностроения, основной комплекс технологических процессов можно свести к следующим:

1. литейное и кузнечно-прессовое производство;
2. механическое производство;
3. термическое производство;
4. окрасочное производство;
5. гальваническое или химико-термическое производство;
6. сборочное производство;
7. инструментальное производство.

Использование энергии в технологических процессах растёт большими темпами на таких машиностроительных предприятиях как транспортные, автомобильные, станкостроительные. Удельный вес электротехнологических процессов на них превышает 40-60%. К числу новых электротехнологических процессов относятся химическая или электроионная технология, плазменная и лазерная обработка материалов.

По расходу электроэнергии технологические процессы в машиностроении делят на высоко-, средне- и низко-температурные.

К высоко-температурным относятся процессы с температурой выше 50 °С (термообработка, нагрев под ковку и штамповку, плавка, сварка, пайка, резка металла).

К средне-температурным (15 °С – 50 °С) относят процессы сушки, нагрева с использованием пара и различных видов топлива.

К низко-температурным процессам относят процессы с температурой ниже 15 °С и они обеспечивают в основном условия труда и производства. При этом энергоносителями чаще всего служат пар и горячая вода от основного производства.

Для машиностроения характерно неравномерное распределение электронагрузки. Максимальное потребление приходится на часы пиковой нагрузки энергосистем. В связи с этим число часов с активной максимальной нагрузкой по предприятиям колеблется от 3000 до 4500 часов. Коэффициент неравномерности нагрузки составляет 0,2 – 0,53. Большинство предприятий имеет максимум утренней нагрузки.

На базе электрофикации промышленности происходила концентрация не только энергетических, но и производственных мощностей. В настоящее время число крупных промышленных предприятий с годовым потреблением электроэнергии более 20 млн. кВт/ч. составляет 14% от общего числа предприятий, а потребляют они примерно 70% электроэнергии. В то же время предприятия с годовым потреблением до 2 млн. кВт/ч. составляет 26%, а потребляют ни всего 3% электроэнергии.

Наряду с использованием электроэнергии для силовых процессов широкое распространение получают электротехнологические процессы, т.е. применение электроэнергии в процессах тепловой и химической обработки материалов. Увеличивается доля использования в техпроцессах ТВЧ, доля ультразвука, плазмы, лазерного луча, сильного электрического поля. Это связано с большими преимуществами электроэнергетики: лёгкая регулируемость процесса, точность поддержания режима, воспроизводимость режимов обработки, защита нагреваемых материалов от вредных воздействий среды, что приводит к повышению качества продукции за счёт улучшения свойств термообработанных деталей. Наиболее перспективными являются современные процессы на базе порошковой металлургии.

## 7.2. Основные направления энергосбережения в машиностроении

Основными направлениями энергосбережения в машиностроении в настоящее время являются:

1. создание более производительного оборудования;
2. улучшение структуры оборудования за счёт внедрения оборудования резко повышающего коэффициент использования металла;
3. механизация вспомогательных ручных работ;
4. широкое внедрение методов электроплавки, электронагрева и термообработки материалов, обеспечивающих экономию металла, повышение качества продукции, автоматизацию производства и улучшение условий труда работающих

5. освоение внедрения принципиально новых физических и химических процессов обработки материалов, особенно сверхтвёрдых, а также обработки деталей со сложной конфигурацией.

Направления 1-3 будут определять дальнейшую динамику потребления электроэнергии на силовые нужды в станкоинструментальной промышленности. Направления 4-5 будут определять масштабы и структуру использования электроэнергии на технологиче-

ские нужды производства. В настоящее время для машиностроения характерно малое количество часов использования энергетических мощностей для установочных операций, что связано с уменьшением количества смен оборудования, повышением установки энергетических мощностей над необходимым оборудованием по технологическим условиям.

Уровень потерь энергии в машиностроении связано с двумя группами факторов: к первой группе относятся конструктивные особенности, находящегося в эксплуатации оборудования, т.е. правильность выбора оборудования по мощности, типу и производительности; ко второй группе относится организационные факторы, т.е. процессы производства и потребления различных видов энергии, загрузка оборудования, сменность его работы и т.д.

С энергетической точки зрения желательно, чтобы число преобразователей энергии на предприятии было минимальным, т.е. всякое преобразование энергии связано с её потерями и чем меньше преобразований претерпевает энергия на предприятии, тем выше КПД этого предприятия.

### 7.3. Основные направления экономии электроэнергии на предприятиях машиностроения

Основные направления экономии электроэнергии на предприятиях машиностроения:

- 1.совершенствование техпроцессов обработки деталей;
- 2.внедрение прогрессивных технологий, режимов, методов работы оборудования и инструментов;
- 3.улучшение качественных характеристик используемого оборудования;
- 4.уменьшение расхода металла снимаемого при обработке;
- 5.установка ограничителей холостого хода на оборудовании;
- 6.замена асинхронных двигателей синхронными;
- 7.экономия энергии за счёт внедрения прямого её использования в технологических процессах;
- 8.совершенствование конструкции промышленных зданий и сооружений;
- 9.рационализация структуры, режимов и эксплуатации освещения;
- 10.организационные мероприятия труда.



#### 7.4. Основные направления развития станкоинструментальной промышленности, ведущие к энергоснабжению

В настоящее время происходит увеличение роста производительности станков, увеличение удельного веса станков с ЧПУ с устройствами смены инструментов и заготовок и с автоматизацией механизмов контроля обрабатываемой детали. Всё это приводит к росту расходов электроэнергии на станочные нужды и хорошо, если этот расход перекрывается ростом производительности.

Экономия электроэнергии в станкоинструментальной можно получить в результате следующих мероприятий:

1. заменой существующих серий электродвигателей на двигатели с возбуждением от постоянных магнитов;
2. использование специальных электродвигателей с широким диапазоном регулирования;
3. упрощением кинематики станков;
4. уменьшением металлоёмкости станка за счёт применения современных методов конструирования, расчёта и современных материалов.

#### 7.5. Совершенствование обработки давлением

В этой области целесообразно применять кузнечно-прессовое оборудование, которое даёт большую экономию металла, затрачиваемое на изделие, что обеспечивает экономию энергоресурсов за счёт уменьшения последующей механической обработки этих деталей. Например, использование горячештамповочных прессов двойного действия уменьшает расход металла на 20%, уменьшает припуски на механическую обработку, уменьшает трудоёмкости механической обработки на 30%. Обработка деталей на радиально-штамповочных машинах, по сравнению с механической обработкой, снижает расход металла на 35%. Кривошипные ножницы для тонкой резки заготовок обеспечивают высокое качество реза и экономию металла до 5%. В целом совершенствование структуры кузнечно-прессового производства, применение прогрессивных процессов обеспечивают экономию металла на 35% за счёт уменьшения отходов и на 45% за счёт уменьшения припусков под последующую механическую обработку.

#### 7.6. Совершенствование режущего инструмента и технологии его изготовления

Создание новых конструкций режущего инструмента непрерывно направлено прежде всего на повышение производительности труда и обеспечивает снижение удельных затрат энергии. Конструкции инструмента с механическим креплением режущих пластин из быстрорежущих сталей, твёрдых сплавов, минералокерамики и сверхтвёрдых синтетических материалов, внедряемые взамен напайного инструмента, позволяют: повысить производительность труда станочника на 15-20%; сократить объём работ по переточке, уменьшив число заточных станков; сократить объём работ по напайке режущих пластин, высвобождая оборудование, предназначенное для пайки.

Внедрение режущего инструмента из сверхтвёрдых синтетических материалов позволяет на ряде операций заменить шлифование деталей на более производительные и менее энергоёмкие процессы точения и фрезерования. Осуществляется в настоящее время также комплекс мероприятий по экономии энергии за счёт внедрения различных методов пластического деформирования при изготовлении режущего инструмента.

#### 7.7. Внедрение приборов для контроля размеров в процессе обработки

В настоящее время всё большее распространение получают средства активного контроля точности обработки деталей в машиностроении. Эти средства контроля никак не влияют на сам процесс обработки, а производительность процесса обработки возрастает за счёт сокращения времени на измерение деталей. В тоже время сами средства контроля также потребляют электроэнергию, но в очень малых количествах.

Экономия электроэнергии в этих процессах складывается из двух элементов:

1. Исключается работа станка на холостых ходах при ручном измерении.

2. Уменьшается число пусков электродвигателей после измерения деталей вручную.

### 7.8. Энергосбережение в абразивной обработке

Доля абразивной обработки в машиностроении составляет примерно 30%. Получили широкое распространение такие виды абразивной обработки:

1. Врезное шлифование в сочетании с высокоскоростным шлифованием;
2. скоростное обдирочное шлифование сплошного металла при повышенной производительности;
3. скоростная резка металла отрезными кругами;
4. хонингование и суперфиниш при отделочной обработке;
5. виброабразивная обработка для удаления заусенцев в штамповках;
6. шлифование с помощью гибкого абразивного инструмента.

Абразивная промышленность отличается большой энергоёмкостью. Энергетические затраты составляют 10%, а в абразивном материале 20% от стоимости продукции.

Основными методами уменьшения расхода электроэнергии являются: применение новых видов абразивного инструмента позволяет повысить производительность в 1,5-2 раза и тем самым снизить энергозатраты; применение новых конструкций шлифовальных станков; внедрение алмазного инструмента позволяет получить экономию энергии до 2 кВт/ч на каждый карат материала шлифовального круга.

### 7.9. Энергосбережение в сварочном производстве

При выполнении сварочных работ расходуется значительное количество электроэнергии. При ручной электродуговой сварке стоимость затрачиваемой энергии составляет до 20% от стоимости сварочных работ; на каждый кг наплавляемого материала затрачивается до 10 кВт энергии, поэтому при проведении сварочных работ важно правильно принимать способ сварки. При сварке стыковых соединений наибольшую экономию даёт автоматическая сварка в среде защитных газов (до 35%) по сравнению с ручной сваркой. Автоматическая сварка под слоем флюса также сокращает расход энергии (до 25%) по сравнению с ручной сваркой.

Экономию электроэнергии в сварочном производстве получают:

1. уменьшением количества наплавляемого материала;
2. снижением затрат электроэнергии на кг наплавляемого материала;

3.рациональной эксплуатацией источников тока и коммуникаций;

4.использованием оптимальных свариваемых материалов.

Каждое из указанных направлений осуществляется комплексом мероприятий:

1.применение рационального вида сварки снижает расход энергии в 1,5-3 раза;

2.замена постоянного тока переменным снижает расход энергии в 1,5-2,4 раза;

3.применение оптимальных режимов сварки снижает расход энергии в 1,1-1,3 раза;

4.применение рациональной разделки сварных кромок, обеспечение меньшего сечения сварного шва;

5.повышение точности подготовки кромок под сварку снижает расход энергии в 1,1-1,5 раза;

6.соблюдение заданных или минимальных размеров сварного шва;

7.применение лучших сварочных материалов;

8.применение источников тока и устройств с минимальными потерями энергии снижает расход энергии в 1,3-1,4 раза;

9.применение рациональных защитных газов.

#### 7.10. Экономия электроэнергии на вспомогательные нужды машиностроительных предприятий

Каждое предприятие расходует электроэнергию не только на основные технологические процессы, но и на вспомогательные нужды: освещение, вентиляция, водоснабжение, сжатый воздух и т.д. На многих предприятиях эти затраты составляют до 40% от общих затрат электроэнергии.

*Освещение.* Расход энергии составляет от 5% до 10% от общего потребления энергии. Задача экономии энергии здесь состоит в том, чтобы минимизировать затраты на освещение путём правильного установления и эксплуатации осветительных приборов и установок. В то же время освещение должно быть оптимальным и достаточным для любых помещений и особенно для рабочих мест.

Расход электроэнергии на освещение зависит от числа и мощности ламп, потерь энергии пускорегулирующих устройств и осветительной системы, а также от числа часов использования освещения. Продолжительность использования искусственного освещения в

большой степени зависит от уровня использования естественного освещения, что должно учитываться при проектировании зданий и сооружений. Известно, что освещение оказывает влияние на производительность труда, на процент брака и травматизм трудящихся.

Основные направления энергосбережения при проектировании и эксплуатации освещения:

1. правильный выбор источников света: наиболее экономичными в настоящее время являются люминесцентные лампы белого света (экономия энергии до 30% при большой светоотдаче и большом сроке службы);

2. правильное размещение светильников: обычно цеховое освещение состоит из отдельных линий светильников, расположенных вдоль всего цеха, но если расположить светильники над каждой единицей технологического оборудования, то расход светильников можно уменьшить почти в 2 раза;

3. эффективность использования естественного освещения: зависит от состояния и ухода за остеклением здания (при правильном остеклении и правильном уходе за состоянием прозрачности окон сокращается продолжительность работы электроосвещения на 20% и 80% соответственно в зимнее и летнее время года);

4. рациональное управление освещением: дистанционное контактное управление освещением должно обладать гибкостью, обеспечивать влияние его в зависимости от естественного освещения помещения и времени выполнения работ;

5. правильная эксплуатация и ремонт осветительных приборов, установок и сетей.

*Вентиляция.* Вентиляционные установки являются элементами как технологических устройств, так и средств обеспечения необходимых санитарно-гигиенических норм помещений.

Расход энергии может быть сокращено за счёт:

1. применение вентиляторов с более высоким КПД (сокращение расхода энергии на 25-35%);

2. использование экономных способов регулирования производительности вентилятора (сокращение расхода энергии до 10%);

3. автоматического управления вентиляторами (экономия энергии до 20%).

При определении расхода электроэнергии на вентиляцию необходимо стремиться к тому, чтобы вентилятор и его двигатель работали в режиме максимального КПД, т.е. тип вентилятора должен быть

выбран по необходимому расходу воздуха и давлению, определяемому сопротивлением системы.

Наиболее экономичным способом регулирования вентиляторов является изменение частоты вращения вентилятора, применения регулируемых двигателей с плавным регулированием от преобразователей частоты.

Автоматическое управление вентиляторами применяется в следующих случаях:

1. включение вентиляторов в ночное время и когда не производится выполнение работ на отдельных участках;
2. отключение части вентиляторов в обеденные перерывы, технологические перерывы большой продолжительности и во время пересмен, когда в цехах нет рабочих;
3. блокировка вентиляторов, тепловых завес от устройств открывания и закрывания цеховых ворот или дверей, т.е. когда ворота открываются, автоматически включается тепловая завеса, а после закрывания ворот отключается тепловая завеса.

*Водоснабжение.* Доля расхода энергии на вспомогательные нужды насосных установок, применяемых для водоснабжения, охлаждения, для перекачки и растворения химических жидкостей составляет примерно 15%.

Способы уменьшения расхода энергии следующие:

1. увеличение КПД передачи насос-электродвигатель;
2. применение современных насосов с высоким КПД;
3. для режима максимального КПД мощность электродвигателя должна быть в 1,2-1,3 раза выше мощности потребляемой насосом;
4. при большом расходе жидкости целесообразно устанавливать несколько насосных установок или агрегатов;
5. необходимо устанавливать агрегаты не с максимальным напором при максимальном потреблении, а агрегаты с накопителями, которые позволят при небольшом потреблении вообще отключать подающие и нагнетающие воду, а при максимальном потреблении использовать на максимальном режиме работы агрегатов.

*Сжатый воздух.* Как энергоноситель, сжатый воздух широко применяется в машиностроении для питания пневматического инструмента, автоматики, работы молотов, штампов, продувки и очистки деталей и оборудования. На экономию энергоресурсов при подаче сжатого воздуха влияет рациональное использование компрессоров в производственных целях.

Потери энергии в системе снабжения сжатого воздуха:

1. в электродвигателе-нагнетателе;
2. в механической передаче от двигателя к компрессору;
3. в компрессоре;
4. в нагнетающем трубопроводе.

На полезную работу расходуется только лишь до 45% затрат, поэтому целесообразность применения сжатого воздуха есть только тогда, когда это диктуется условиями технологического процесса и техники безопасности.

#### 7.11. Основные направления рационального использования энергии и организация энергосбережения в промышленности

На ряду с вводом в действие новых энергетических мощностей важное значение приобретает рациональное использование ТЭР и всемерное использование энергетических резервов производства. При этом необходимо учитывать вопросы трудосбережения, применение новых технологических процессов, внедрение гибких автоматизированных систем, производств и робототехники, возрастание стоимости энергоресурсов, усиление электрофикации производства, необходимость проведения технологических и энерготехнических манёвров с целью повышения адаптации систем энергосбережения к различным возмущениям и недовольствам общества.

В настоящее время роль энергосбережения в промышленности очень важна. Так в технологических процессах это связано с переходом к качественно новым технологиям, основанным на использовании всего спектра электромагнитных излучений (постоянный ток, ток высокой промышленной частоты, оптическое и рентгеновское излучение и т.д.), создание энергетических безотходных производств с применением электрохимических и плазменных технологий. Всё это способствует росту электровооружённости промышленного производства и труда. Доля участия электроэнергии в производственных процессах машиностроения в настоящее время характеризуется следующим: электрофикация силовых процессов близится к завершению (примерно 95 %), применение электроэнергии в процессах тепловой и химической обработки материалов составляет примерно 60 %.

В настоящее время в электротехнологиях исключается преобразование электроэнергии в другие виды энергии, что повышает эффективность использования электроэнергии, ускоряет производственный процесс. Одной из последних электроэнергетических перестроек про-

мышленности и интенсификации энергоиспользования является рост кпд первичных энергоресурсов (в среднем по народному хозяйству он достигает 50%, а мировой уровень примерно 70%). Однако в промышленности он пока составляет примерно 30%. Основные резервы его роста заключены в росте кпд энергетического оборудования, т.е. в уменьшении уровня потери энергии и эффективности использования энергии вторичных энергоресурсов, улучшении эксплуатации и повышении качества энергоснабжения промышленных потребителей.

Около 75 % потерь энергии, имеющих место в процессе добычи, обогащения, транспортировки, преобразования, потребления энергоресурсов приходится на промышленное производство, поэтому экономия энергии в промышленности является очень актуальной задачей, которая должна получить экономию ТЭР до 80 %.

Работу по энергосбережению проводят в два этапа: 1. разработка и реализация мероприятия, не требующих крупных дополнительных затрат; 2. обоснование и внедрение новых энергетических технологий и техники, которые требуют значительных затрат.

Проведение энергосберегающих мероприятий для энергохозяйств промышленных предприятий проводят по следующей схеме:

1. разработка энергетического баланса и определение удельных расходов энергии;
2. оценка эффективности различных мероприятий по энергосбережению;
3. определение конкретных задач по экономии энергии;
4. составление плана и программ для решения задач энергосбережения;
5. реализация планов и программ энергосбережения;
6. оценка результатов внедрения энергосберегающих мероприятий.

Управление использованием ТЭР на предприятии содержит функции планирования, организации, регулирования, учёта контроля и стимулирования. При этом оно имеет управляющую и управляемую функции. Управляющая функция лежит на руководстве предприятия, а управляемая функция лежит на потребителях ТЭР.



## 8. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГЕТИКИ

### 8.1. Аспекты энергосбережения

Развитие человеческого общества и его успехи непосредственно связаны с повышением производительности труда и материальных условий жизни человека. НТП и социальный прогресс всегда сопровождался увеличением потребляемой энергии и освоением новых, более эффективных её видов. Процесс потребления энергии на планете исторически протекал крайне неравномерно. Человечество за последние 50 лет использовало столько энергии, сколько оно же использовало за всё время своего существования.

Уровень НТ развития, которого сегодня достигло человечество, был бы невозможен без использования новых вводов энергии и в первую очередь электрической, а также атомной и ядерной. Энергетика как сфера деятельности человеческого общества является глобальной системой, включающая как подсистему окружающую среду и различные отрасли народного хозяйства.

Энергетика всегда рассматривается в трёх аспектах:

1. Технический аспект энергетики характеризуется огромными мощностями, которые получает человек, используя энергетический потенциал планеты. Например, мощность электростанций, существующих сегодня в мире, соответствует примерно 8 млрд. кВт, а общая мощность всех энергетических установок примерно 10 млрд. кВт. Для обеспечения таких мощностей человек ежегодно берёт у природы разного топлива, приведенного к условному массой 60-70 млрд. тонн. Под условным топливом понимается такое топливо, при сгорании 1 кг которого, выделяется 30 МДж теплоты, при этом КПД, взятых у природы ресурсов при переходе в энергию, составляет примерно 0,6%.

2. Социально-политический аспект энергетики. Известно, что 30% населения земного шара потребляет более 80% вырабатываемой энергии на планете, а остальные 70% населения, преимущественно в развивающихся странах, менее 20% всей вырабатываемой энергии. Между тем уровень промышленности, состояния быта и культуры тесным образом связано с количеством используемой энергии. Запасы энергии разных видов распределены неравномерно и по количеству и по возможности их добычи и использования. Так, например, чтобы получить 300 млн. тонн нефти необходимо в США 500 тысяч скважин, в СНГ 50 тысяч, в Иране и Ираке 600 тысяч, в Кувейте 100 тысяч.

Многие страны используют импортируемые энергоносители. Например, Япония 80%, а Европейские страны 20% энергоносителей ввозят из Персидского залива. И стоило США потерять в этом районе 3-5% энергоносителей, как они объявили район Персидского залива зоной своих жизненных интересов. Поэтому каждой стране в мире приходится так строить политическую и социальную жизнь, чтобы на должном уровне обеспечивать НТП без значительных потерь в экономике своей страны.

3. Биосферный и экологический аспекты энергетики. Один из философов сказал, что если человек подходит к природе как завоеватель, то он оставляет после себя пустыню. Известно, что запасов топлива на планете, готовых к использованию, составляет 20 трл. МВт/ч, а разведанных 8 трл. МВт/ч, а прогнозируемых 100 трл. МВт/ч, т.е. ещё не на одну сотню лет человечество обеспечено топливными ресурсами, а следовательно и энергетическими (примерно на 600-700 лет). Но это ни в коем случае не означает, что не следует заниматься энергосбережением сегодня.

Другим примером этого аспекта может служить проект гидроэлектростанции на Гибралтаре. Эта гидростанция могла обеспечить всю Европу до Урала дешёвой энергией, но от проекта отказались, т.к. при создании плотины изменилось бы давление на дно, и изменилась бы вулканическая деятельность в этом регионе. Отделение Средиземного моря от океана вызвало бы повышение уровня воды и затопление территорий. Также появилась угроза гибели всего живого в этом море.

Последствия энергетики как и промышленности в воздействии на окружающую среду следующие:

1. механическое загрязнение воды, воздуха и земли частицами не переработанных продуктов;
2. химическое и радиоактивное загрязнение воздуха, воды и земли;
3. тепловое, шумовое и ионизационное загрязнение воздуха;
4. изменение расхода воды, приводящее к климатическим изменениям в регионе и в целом на планете.

Масштабы и пропорции научно-технического прогресса определяются социальными и экономическими целями общества. Планирование научно-технического прогресса предполагает рассмотрение 2-х его направлений:

1. создание, внедрение и выпуск новых более эффективных видов продукции;
2. внедрение и использование новой техники в качестве производственной базы отрасли.

Поэтому необходимые пропорции научно-технического прогресса устанавливаются на основе оптимальных соотношений показателей эффективности, характеризующих эти два направления.

В число показателей входят:

1. объём экономического стимулирования;
2. уровень выпускаемой продукции;
3. технический уровень производства.

Показатели технического уровня производства в машиностроении:

1. увеличение числа рабочих мест, переводимых в планируемый период с ручного труда на механизированный и автоматизированный в вспомогательном и основном производстве;
2. абсолютное уменьшение числа рабочих, занятых ручным трудом;
3. относительное уменьшение численности рабочих;
4. снижение материальных затрат и экономия материалов;
5. снижение себестоимости продукции;
6. рост производительности труда.

Применение прогрессивных, более совершенных средств производства, т.е. осуществление мероприятий научно-технического прогресса требует значительных средств, но позволяет сократить затраты живого и овеществлённого труда на единицу продукции, а также получить более высокие конечные результаты.

Развитие машиностроения требует оснащения производства высокоэффективной техникой, автоматическими и полуавтоматическими станочными линиями, станками с ЧПУ, робототехникой и манипуляторами, т.е. производственные участки, линии и цеха должны быть быстро переналаживаемыми на более прогрессивную технологию или на выпуск новой продукции.

Традиционные средства в механизации и автоматизации не обладают достаточной гибкостью, требуют много времени и затрат на перестройку, особенно при большой номенклатуре производства. Благодаря применению оборудования с ЧПУ, автоматических линий и робототехники лучше используются экономические и трудовые ресурсы, упрощается управление и организация производства, растёт

мобильность производства. Внедрение манипуляторов и робототехники значительно уменьшает численность рабочих, меняет характер труда, повышает уровень организации труда. На ряду с вводом в действие новых энергетических мощностей важное значение приобретает рациональное использование топливно-энергетических ресурсов и всемерное использование энергетических резервов производства. При этом необходимо учитывать вопросы трудосбережения и всевозможные возмущения трудовых коллективов.

## 8.2. Экологические проблемы энергетики

Одним из факторов, определяющих уровень развития общества, является уровень использования и количество потребляемой энергии на душу населения. Процессы превращения первичной энергии, имеющей место в обществе, связывают между собой экономические, социальные и экологические показатели. Социальный уровень жизни определяется количеством энергии, потребляемой на 1-го человека, а это значит, что для его повышения необходимо вырабатывать больше энергии. Основным источником энергии в настоящее время является нефть, газ и уголь.

Традиционные способы выработки тепло- и электроэнергии в котельных и на ТЭС из этих первичных источников энергии, использование топлива в топливопотребляющих технологических установках сопряжены с разносторонним локальным и глобальным воздействием на окружающую среду:

- выбросом в атмосферу вредных веществ;
- сбросом минерализованных и нагретых вод;
- потреблением в значительных количествах кислорода и нагретых вод;
- изъятием больших площадей земли для захоронения отходов (шлака, золы) и др.

Это воздействие является причиной закисления почвы и воды, способствует возникновению парникового эффекта, обуславливающего повышение планетарной температуры, провоцирует другие необратимые процессы. Кроме того, органическое топливо - это невозполнимые источники энергии, а это значит, что темпы их возобновления во много раз ниже темпов их потребления.

В результате антропогенной деятельности человечества за последние 30-40 лет планетарная температура поднялась на 0,6-0,7 °С и является наиболее высокой за последние 600 лет. Поднялся средний

уровень моря по сравнению с прошлым столетием на 10-15 см. За это же время отступили все зарегистрированные горные ледники.

Научные оценки в основном совпадают в констатации усиления тенденции к потеплению климата. Средняя температура на планете к 2010 году может повыситься на 1,3 °С. Спектр пагубных тенденций может быть очень широким - от повышения мирового океана на 0,3-1,0 м до изменения климатических систем перераспределения осадков.

Современные технологии способны оказывать негативное воздействие не только на климат, но и на здоровье людей. Согласно докладу группы экспертов, опубликованных в 1997 г., воздействие продуктов сжигания только твердого топлива в период до 2020 г. может обернуться ежегодной смертью 700 тыс. человек. Сокращение же выбросов на 10-15 % спасло бы жизнь 8 млн. человек. Из сказанного следует вывод: обеспечивая повышение жизненного уровня населения, в каждом государстве необходимо стремиться к разработке таких предметов потребления и технологий их производства, которые потребляли бы меньшее количество энергии, обеспечивая параметры их, выше параметров своих предшествующих аналогов, и тем самым уменьшая вредное воздействие на окружающую среду.

Осознание необходимости принятия конкретных мер по уменьшению воздействия на климат пришло к мировому сообществу уже давно, и в середине 70-х годов XX в. начались активные работы в этом направлении: в 1978 г. Климатическую программу приняли в США; в 1979 г. на Всемирной климатической конференции в Женеве заложены основы Всемирной климатической программы; в 1988 г. Всемирной метеорологической организацией (ВМО) и Программой ООН по окружающей среде (LTNEP) учреждена Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК); 9 мая 1992 г. в Нью-Йорке в соответствии с резолюцией Генеральной Ассамблеи ООН об охране глобального климата в интересах нынешнего и будущего поколений принята Рамочная конвенция ООН об изменении климата.

Существует проблема и авиационной экологии. Самолет воздействует на атмосферу не только механически, направляя поток импульса воздуха вниз на Землю, но и энергетически, физически, химически и оптически. При сжигании топлива в атмосферу выделяется тепловая энергия, а вместе с ней образуется большое количество оксидов и кислот (азота, серы, углерода, хлора), происходит конденса-

ция водяного пара в струйно-вихревом следе, легко наблюдаемым с Земли в виде белых шлейфов. Помимо перечисленных существует и проблема звукового удара.

Придавая важность необходимости изучения среды обитания человека, в июне 1992 г. в Рио-де-Жанейро состоялась конференция с участием первых лиц 156 государств, которые подписали так называемую Рамочную конвенцию об изменении климата. Развитием ее является известный Киотский протокол 1997 года. Это первый в истории человечества случай, когда практически все мировое сообщество подключилось к решению такой сложной научной задачи, как охрана климата. Основным содержанием Киотского протокола является обязательство 35 стран мира по сокращению эмиссии парниковых газов, в первую очередь  $\text{CO}_2$ , к концу 2012 года, по сравнению с базовым 1990 годом, от 92 до 100 %. Согласно протоколу промышленно развитые страны должны снизить такие выбросы на 5,2 % .

И хотя Киотский договор до сих пор не вошел в силу, поскольку он не ратифицирован большинством стран (их должно быть 55), тем не менее темпы роста эмиссии диоксида углерода в атмосферу резко замедлились еще 10-12 лет тому назад. Анализ перспективных структур мирового энергобаланса позволяет заключить, что пик этой эмиссии будет зафиксирован в течение ближайших 20-25 лет на уровне, не слишком отличающемся от современного. В настоящее время выбросы составляют около 7 млрд. т. углерода в год, а ожидаемый пик по прогнозам составит примерно 9 млрд. т. в год [3].

### 8.3. Парниковый эффект

Глобальное потепление является твердо установленным научным фактом. За последние 20-25 лет зафиксированное потепление составило  $0,35\text{ }^{\circ}\text{C}$ . По прогнозам пик глобального потепления будет зафиксирован на уровне  $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  выше современного примерно через 200 лет.

Основной причиной глобальных процессов изменение климата на нашей планете являются существующие технологии, оказывающие негативное воздействие не только на климат, но и на здоровье людей, выбрасывая в атмосферу парниковые газы, которые обуславливают парниковый эффект.

Парниковый эффект - это свойство атмосферы пропускать солнечную радиацию, но задерживать земное излучение и тем самым способствовать аккумуляции тепла Землей, средняя температура ко-

торой в настоящее время составляет около 15 °С. При данной температуре поверхность планеты и атмосфера находятся в тепловом равновесии.

До вмешательства человека в глобальные процессы Земли изменения, происходящие на ее поверхности и в атмосфере, были связаны с содержанием в природе газов, которые и были названы «парниковыми». К таким газам относятся: диоксид углерода, метан, оксид азота и водяной пар. В настоящее время к ним добавились антропогенные хлорфторуглероды (ХФУ). Без газового «одеяла», окутывающего Землю, температура на ее поверхности была бы ниже на 30...40 °С, что обусловило бы проблематичность существования живых организмов в таких условиях.

В результате техногенной деятельности человека некоторые парниковые газы увеличивают долю своего участия в общем балансе атмосферы. Это касается прежде всего углекислого газа, содержание которого из десятилетия в десятилетие неуклонно растет. Углекислый газ создает 50 % парникового эффекта, на долю ХФУ приходится 15-20 % и на долю метана - 18%.

В приложении к климатической Конвенции ООН названы технологические процессы, приводящие к эмиссии парниковых газов:

- в энергетике - сжигание топлива, энергетическая, обрабатывающая и строительная промышленности;
- при добыче и транспортировке топлива- твердое топливо, нефть и природный газ;
- промышленные технологии - горнодобывающая, химическая, металлургическая, производство и использование галогенизированных углеродных соединений;
- в сельском хозяйстве - интенсивная ферментация, хранение и использование навоза, производство риса, управляемый пал, сжигание сельскохозяйственных отходов;
- отходы - хранение и сжигание отходов, обработка сточных вод.

Основным загрязнителем атмосферы является CO<sub>2</sub>, образующийся при выработке электроэнергии в основном огневым способом; то есть путем сжигания добываемого органического топлива. Практически весь используемый Европой газ применяется в огневых технологиях. Евросоюз с населением 16 % от общего населения в мире является в настоящее время одним из загрязнителей мировой атмосферы (26 %). На США приходится 20 % мировой эмиссии парниковых

газов. Выброс парниковых газов при огневом энергопроизводстве составляет около 1,4 кг на 1 кВт ч.

Большинство энерготехнологий, основанных на возобновляемых источниках, требуют, как видно из приведенного рисунка, больших затрат, в том числе и материальных. А они, в свою очередь, обуславливают повышенные энергозатраты, а значит, сопряжены с дополнительной эмиссией тех же парниковых газов.

Прекращение ввода в эксплуатацию АЭС в большинстве стран мира в связи с аварией на Чернобыльской АЭС резко увеличило нарастание эмиссии парниковых газов. А между тем, страны, производящие 19 % электроэнергии на АЭС, предотвращают эмиссию 540 млн. т CO<sub>2</sub> в год. Поэтому на конференции в Киото подчеркивалось, что только страны, имеющие ядерно-энергетические программы и поддерживающие их, располагают большими возможностями сокращения выброса парниковых газов. И в некоторых странах Европы пересматривают свое отношение к ядерной энергетике.

В Англии обсуждается план удвоения мощностей АЭС, а Франция продолжает лидировать в наращивании АЭС.

Считается возможным увеличение производства электроэнергии с нынешних 2300 млрд. кВт ч в год (18 % мирового энергопроизводства 444 атомными энергоблоками) до 12000 млрд. кВт ч в первой половине XXI века и до 50000 млрд. кВт ч - во второй половине.

Среди стран мира самым крупным загрязнителем окружающей среды являются США, эмиссия диоксида серы у которых составляет около 7,7 млн. т., т. е. более 20 % от суммарной общемировой эмиссии CO<sub>2</sub>. В Китае выбросы в атмосферу этого вредного соединения составляют 7,6 млн. т., а в России - 6,2 млн. т.

По относительным показателям эмиссии CO<sub>2</sub> (выбросы в тоннах на 1 МВт установленной электрической мощности ТЭС) крупнейшим загрязнителем воздуха можно считать Россию (87 т/МВт), затем следует Индия и Великобритания (по 65 т/МВт), Китай (61 т/МВт). В Германии и Японии этот показатель составляет всего 7 т/МВт.

Одним из самых загрязненных городов-столиц государств является Пекин с его 12-миллионным населением. Основной причиной загрязнения его являются промышленные предприятия, густо разбросанные по городу. Во многом способствует загрязнению Пекина и отопление домов углем.

За последние 5 лет по «экологическим» причинам в Китае было закрыто 73 тыс. предприятий. К 2001 году более 90 % из 238 тыс.



производств, которым были предъявлены претензии со стороны государства, выполнили необходимые мероприятия и теперь соответствуют государственным экологическим стандартам. В результате за годы бурного экономического роста загрязнение окружающей среды удалось сократить на 10 % по сравнению с 1995 годом. В течение ближайших 5 лет Китай намерен снижать количество вредных выбросов на 10 % ежегодно. Достигаться это будет путем внедрения новых технологий и экологически чистых процессов производства. Наиболее высокие уровни выброса CO<sub>2</sub> имеют электростанции, работающие на угле. Выбросы CO<sub>2</sub> зависят от уровня содержания углерода в топливе (наивысшего - для угля, низшего - для природного газа).

Киотским протоколом закреплены количественные обязательства как развитых стран, так и стран с переходной экономикой по ограничению и снижению поступления парниковых газов (прежде всего CO<sub>2</sub>) в атмосферу. Но этот протокол начнет действовать только после его ратификации в тех странах, которые дают 55 % всех выбросов CO<sub>2</sub>. Отсюда следует, что если Россия и США этого не сделают, то протокол так и не станет действенным документом, хотя он подписан 84 государствами, а по состоянию на середину 2001 г. его ратифицировали 29 развивающихся стран и Франция единственная из стран «восьмерки».

Подтверждением несостоятельности Протокола Киото стала 6-я конференция стран, подписавших Рамочную конвенцию ООН по проблеме изменения климата (13-24 ноября 2000 года). Семь тысяч участников представляли 182 правительства, 323 межправительственные и неправительственные организации и 443 органа средств массовой информации.

Предполагается, что к 2020 г. мировое потребление электроэнергии вырастет на 60 % по сравнению с 1967 г. При этом в развивающихся странах прирост потребления энергии составит 121 %. Вероятно, более быстрым, чем ожидалось ранее, окажется рост эмиссии CO<sub>2</sub>: на 40 % - с 1990 по 2010 гг. и на 72 % - с 1990 до 2020 гг.

Основным источником загрязнения окружающей среды является автотранспорт. Он использует 96 % всех производимых нефтепродуктов и выбрасывает затем в атмосферу тысячи тонн оксида углерода, оксида азота и других вредных веществ. Кроме того, эти вещества вместе с выбрасываемыми в атмосферу вредными веществами промышленных предприятий и при горении древесины содержат частицы размером менее 25,5 микрон, которые проникают в легкие и

другие ткани, вызывая воспаление и формирование тромбов, которые оказывают крайне неблагоприятное воздействие на работу сердца, провоцируя развитие сердечных приступов: инфаркта и повышения давления. Автомобиль - самый крупный генератор шума и вибрации.

Автомобиль, являющийся символом современной цивилизации, принес не только благо для людей, но и неблагоприятное воздействие на окружающую среду. Но оно может быть уменьшено, если начнут выпускать автомобили с малым удельным расходом топлива, таким, например, как представил концерн «Volkswagen» - новый прототип самого экономичного автомобиля в мире, потребляющего лишь один литр дизельного топлива на 100 км пути.

Ныне в мире эксплуатируется около 600 млн. автомобилей, которые ежегодно потребляют свыше 1 млрд. т. моторных топлив, в том числе более 600 млн. т. автомобильных бензинов. К 2010 году прогнозируется увеличение числа автомобилей до 800 млн. - 1 млрд. Экологическая нагрузка на окружающую среду и человека от такого количества автомобилей окажется очень ощутимой. И поэтому во многих странах ведется большая работа не только над снижением расхода топлива на 100 км. пробега, но и по использованию для автомобилей вместо бензина в качестве топлива альтернативных источников энергии, в том числе газа и энергии солнца.

Вместе с разрабатываемыми в мире мерами по замене жидкого топлива из нефтепродуктов, используемого ныне в автомобилях, на альтернативные виды топлива из растительного сырья, снижению удельных норм расхода топлива на 100 км. пробега, во многих странах проводится большая работа по переводу автомобилей на газ в качестве моторного топлива. И если вдаваться в историю вопроса, то первый в мире двигатель внутреннего сгорания работал на газе. С изобретением бензина он вытеснил газ на полторы сотни лет. Но человечество за это время пришло к мысли о пагубности для себя технологии сжигания моторного топлива из нефтепродуктов и превращения его в газ, в результате чего происходит колоссальное загрязнение окружающей среды, и начало возвращаться к использованию газа в качестве моторного топлива. В настоящее время в мире на метане работает порядка 1 млн. автомобилей, число которых стремительно растет и в скором времени обещает достигнуть 6,5 млн. В городах США, Канады и Западной Европы планируют в самые сжатые сроки полностью перевести муниципальный транспорт на газ. 36 регионов России заключили договоры с «Газпромом», в которых предусмотрен

специальный пункт о переводе автотранспорта на газомоторное топливо. Активно работают в этом направлении и страны Азии: Южная Корея, Китай, Пакистан, Индия.

В Беларуси в настоящее время насчитывается не более 6 тыс. газоболонных автомобилей, что составляет немногим более 0,2 % от их общего количества (2800 тыс.), хотя поставки газа стабильны и цены более постоянны. При этом следует заметить, что 1 л. бензина по своей теплотворной способности практически равен 1 м<sup>3</sup> газа. По данным Института энергетических исследований Российской академии наук к 2010 г. стоимость 1 т. традиционного топлива будет в 2-3 раза выше 1 тыс. м<sup>3</sup> природного газа.

Вместе с тем загрузка 24 автозаправочных компрессорных станций, расположенных в 17 городах на основных транспортных направлениях республики, не превышает 25 %. Причин этому несколько: отсутствие у предприятий денег на переоборудование транспорта, непонимание отдельными руководителями преимуществ газомоторного топлива и др. А ведь материальные затраты на топливо при эксплуатации автомобиля на бензине составляют 25-30 % от себестоимости перевозок, а с использованием компримированного природного газа - не более 10-15 %.

Кроме экономической выгоды, работа автомобилей на компримированном природном газе сокращает выброс наиболее вредных компонентов в 1,5-5 раз по сравнению с бензином и в 10 раз по сравнению с дизельным топливом. Но транспортные организации не заинтересованы в использовании более дешевого топлива, поскольку затраты на него входят в себестоимость транспортных услуг, которые затем в виде тарифа ложатся в себестоимость продукции заказчика транспорта, и в конечном итоге, в розничную цену, по которой отпускается продукция потребителям.

Переоборудование легкового транспорта типа ГАЗ-3110 окупается через 30 тыс. км пробега, грузового, как ГАЗ-3307 и ГАЗ-3302 - через 21,6 тыс. км, а для ЗИЛ-138А еще меньше. При условии, что в среднем за рабочий день автомобиль преодолевает расстояние в 100 км, установка на него, казалось бы, дорогостоящей аппаратуры полностью окупается через год для легковых автомобилей и через 6-6,5 месяцев - для грузовых.

Ссылка отдельных руководителей на утяжеление автомобиля после переоборудования его на газомоторное топливо является несо-

стоятельной, поскольку коэффициент использования грузоемкости автотранспорта составляет 0,5-0,6.

Мировой опыт показывает, что наиболее приемлемым и реально ощутимым шагом к уменьшению вредных выбросов в атмосферу от автомобилей может стать глобальный переход автомобильной техники на природный газ. Он экологичен, дешев, безопасен в эксплуатации.

К настоящему времени во многих странах производителями автомобилей проводятся испытания различных типов электромобилей с запасом хода 60-100 км и максимальной скоростью до 80 км/ч. Ведущие в мире автомобилестроительные компании США, Японии и других стран проводят испытания или работают над созданием электромобилей со скоростью до 120-140 км/ч и пробегом не менее 225 км. Тяговым электродвигателем такого солнцемобиля является батарея аккумуляторов, заряжаемых на гелиостанциях (гелиозаправочных станциях).

В последние годы все большее распространение в мире получают электровелосипеды и электромопеды под общим названием «легкие транспортные средства», использующие также солнечную энергию в виде аккумуляторных батарей или солнечных панелей.

Из всех загрязняющих веществ в Республике Беларусь 70 % приходится на так называемые трансграничные переносы и 30 % - на собственные, из которых львиную долю составляют передвижные источники загрязнения, в основном автомобили, число которых в настоящее время составляет 2,6 млн. единиц. К 2005 году их в нашей стране будет более 3 млн. единиц. Особенно большое количество выбросов в атмосферу от автомобилей происходит в момент неустойчивой работы двигателей (во время торможения и начала движения) [3].

Основным нейтрализатором этих вредных выбросов в атмосферу являются леса, занимающие 35 % территории Республики Беларусь, и болота, которые в 7 раз эффективнее, чем лес, поглощают углекислый газ. В городах основным очистителем воздуха являются тополиные насаждения: один тополь очищает воздух так, как делают это 4 сосны или 7 елей, или 3 липы. Для поддержания нормальной экологической обстановки в городах необходимо иметь на каждого жителя 16 м<sup>2</sup> зеленых насаждений общего пользования - парков, скверов, бульваров, лесопарков. В некоторых городах, например в Витебске, этот показатель составляет 12 м<sup>2</sup>.

#### 8.4. Специфические экологические проблемы ядерной энергетики

Дешевизна ядерного топлива в сравнении с обычным и необычайная простота физических и технических принципов реакторов деления позволяли рассчитывать на экономическую выгоду АЭС, а опыт реактора военного назначения и первых АЭС указал на их безопасность, достигаемую достаточно простыми инженерными мерами и высокой квалификацией персонала.

Однако эта уверенность была поколеблена большими авариями на АЭС в 70-е и 80-е годы и особенно Чернобыльской атомной электростанции, что подчеркнуло вероятную природу проблемы безопасности. Поэтому некоторые страны или отказались от атомной энергии, или объявили мораторий на строительство новых атомных электростанций (Австрия, Дания, Ирландия, Испания, Италия, Швеция). Перестали строить атомные электростанции США, Канада, Англия, Германия.

После Чернобыля Россия тоже заморозила реализацию практически всех своих «атомных» проектов. Но в 2000 г. действующие АЭС Российской Федерации выработали 130,7 млрд. кВт ч электроэнергии - значительно больше, чем в благополучном 1990 г. Темп роста выработки электроэнергии на АЭС в 3 раза выше, чем на тепловых станциях.

Выдержав «атомную паузу», в России решено достроить последний энергоблок на Калининской АЭС, расконсервировать незавершенное строительство всех 10 АЭС, начатое в годы советской власти. В ближайшие 20 лет эти объекты должны быть введены в эксплуатацию. И роль атомной энергетики в этой стране будет возрастать, что подтверждено на заседании Совета Министров Российской Федерации, прошедшем в середине мая 2001 г. К 2020 г. ее доля составит треть общего производства. Кроме того, в ближайшие 5 лет Россия поставит в Индию 2 атомных реактора мощностью по 1 тыс. МВт каждый.

Принятые меры по совершенствованию конструкции и эксплуатации АЭС позволили снизить вероятность тяжелых аварий и продолжать эксплуатацию и строительство АЭС традиционных типов. Реально общая мощность всех АЭС в мире составляет 352 ГВт.

В настоящее время строительство атомных электростанций продолжают топливодефицитные Япония и Южная Корея, а также многие развивающиеся страны. К концу 2010 г. в Японии планируется

построить от 16 до 25 АЭС. В настоящее время суммарная электрическая мощность всех энергоблоков АЭС Японии составляет около 45 000 МВт. Продолжают ранее начатое строительство и установку новых реакторов в Аргентине, Бразилии, Чехии, Украине, Иране, Словакии.

Во Франции первый ядерный реактор был сооружен в 1958 году, а в настоящее время эксплуатируется 58 ядерных энергоблоков, суммарная мощность которых достигла 63 ГВт. На них производится 76% всей вырабатываемой во Франции электроэнергии. Все ядерные реакторы имеют запланированный срок службы на менее 40 лет. Атомная энергетика Франции обеспечила стране около 100000 рабочих мест, а при проведении плано-предупредительных работ на АЭС привлекаются еще примерно 100000 специалистов из других отраслей.

Всего в мире по состоянию на 1 января 2001 года эксплуатировалось 436 ядерных энергоблоков на 247 АЭС, которые вырабатывали 17 % электроэнергии в мире. В некоторых странах АЭС составляют основу национальной энергетики. Это обуславливает тот факт, что ядерная энергетика обладает техническим и топливно-ресурсным потенциалом для внесения значительного вклада в ограничение выбросов, загрязняющих атмосферу, при выработке электроэнергии и энергообеспечении производства и быта людей. К примеру, выброс  $\text{CO}_2$  в атмосферу колеблется для европейских стран - от 78 т/ГВт ч во Франции, где 78 % электроэнергии производится на АЭС, и до 868 т/ГВт ч в Дании, где нет АЭС. В Бельгии АЭС вырабатывают 58 % электроэнергии, в Швеции - 46, в Швейцарии, Германии, Японии - около 34 %. В настоящее время АЭС предотвращают выброс 2,3 млрд. т. углекислого газа ежегодно, то есть 150 ядерных энергоблоков, которые сейчас работают в Западной Европе, позволяют предотвратить выброс углекислого газа в атмосферу от 200 млн. автомобилей, которыми пользуются в Европе. Это обуславливает необходимость преодоления предубежденности общества против строительства АЭС, которые дают значительно меньше загрязнения окружающей среды, чем сжигание нефти и газа.

Прогнозируемое Министерством экономики РБ потребление электроэнергии и теплоэнергии в Беларуси к 2005 году составит 55 млрд. кВт ч и 99 млн. Гкал с учетом снижения энергоемкости ВВП на 27 % за счет энергосбережения. Исходя из экономической целесообразности, в настоящее время потребность республики в электроэнер-

гии удовлетворяется на 77 % за счет выработки на собственных электростанциях (в основном на импортном газе) и 23 % за счет импорта электроэнергии от Смоленской и Игналинской АЭС. Если учесть, что импорт электроэнергии, по оценкам специалистов из России, к 2015 г. будет снижен до 5 млрд. кВт ч в год, то 50 млрд. кВт ч должны покрываться за счет собственного производства. Изношенность энергетического оборудования такова, что из 7,4 млн. кВт ч имеющихся в настоящее время мощностей к 2015 г. в работоспособном состоянии может оказаться 3 млн. кВт ч, а для удовлетворения потребности в электроэнергии в этот период потребуется дополнительно около 6 млн. кВт ч.

В перспективе за счет всех местных видов топлива и возобновляемых источников энергии с учетом выбывающих запасов нефти, попутного газа и торфа и увеличением использования возобновляемых источников их объем в топливном балансе может составить 5-6 млн. т. у. т. в год.

Учитывая негативное отношение после Чернобыльской катастрофы наших сограждан к атомным электростанциям, специально созданная правительством республики Комиссия, изучив все возможные варианты необходимости обеспечения энергетической безопасности страны и устойчивого энергоснабжения для осуществления планов социально-экономического развития, пришла в 1999 г. к выводу о целесообразности в течение ближайших 10 лет начинать строительство атомной электростанции, но необходимо продолжить работы по подготовке и развитию атомной энергетики в будущем.

Сроки строительства АЭС будут определяться Правительством Республики Беларусь с учетом технических, экологических, социальных и экономических предпосылок. Строительство ее может осуществляться в течение 5-7 лет, а стоимость составит 3-4 млрд. долларов. В 2001 г. в печати было сообщение о возможности строительства АЭС под землей, ссылаясь на предложение в свое время А. А. Сахарова о необходимости такого размещения АЭС, которое обеспечивает безопасность и безвредность работы АЭС во всех отношениях. И названо даже возможное место такого строительства - выработанные вокруг Солигорска шахты и находящееся недалеко от них Любанское водохранилище [3].

В настоящее время в Республике Беларусь начато строительство атомной электростанции.

## 9. ЭКОНОМИКА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

### 9.1. Классификация и структура норм расхода топливно-энергетических ресурсов

Нормирование расхода топливно-энергетических ресурсов является составной частью управления энергосбережением. Принятым постановлением совета министров Республики Беларусь установлено, что:

- нормированию подлежат расходуемые на основные и вспомогательные нужды субъектами хозяйствования всех форм собственности котельно-печное топливо, электрическая и тепловая энергия независимо от объёма их потребления и источников энергообеспечения;
- пересмотр норм расхода топлива и энергии производится ежегодно субъектами хозяйствования в установленном порядке;
- нормы расхода топлива и энергии в обязательном порядке включаются в технологические карты, технические паспорта, ремонтные карты, инструкции по эксплуатации всех видов энергопотребляющей продукции [3].

В соответствии с этим постановлением правительства Госкомэнергосбережение утвердил по согласованию с Министерством экономики «Положение по нормированию расхода топлива, тепловой и электрической энергии в народном хозяйстве Республики Беларусь». В нем чёткое определение основных понятий:

- норма расхода ТЭР - мера потребления ТЭР на единицу продукции (работы, услуги) определённого качества в планируемых условиях производства;
- фактический удельный расход ТЭР - количество ТЭР, фактически израсходованное на единицу продукции или работы в реальных условиях производства;
- предельный уровень потребления ТЭР - максимально возможное рациональное потребление ТЭР, необходимое для осуществления производственной деятельности субъекта хозяйствования на планируемый период. При оценке эффективности использования ТЭР для отдельных субъектов хозяйствования, которым он утверждается, предельный уровень потребления приравнивается к норме расхода ТЭР.

Нормы расхода топлива, тепловой и электрической энергии классифицируются по следующим основным признакам:

- по степени агрегации объектов нормирования: на индивидуальные, групповые;



- по составу расходов на: технологические, общепроизводственные;
- по периоду действия на: текущие (квартальные, годовые), перспективные.

Индивидуальная норма определяет расход топлива, тепловой и электрической энергии на производство продукции (работы, услуги) по однотипным технологическим объектам, агрегатам, установкам, машинам применительно к планируемым условиям производства продукции (работам) [3].

Групповая норма устанавливает расход топлива, тепловой и электрической энергии на производство всего объёма одноименной продукции (работ, услуг) по хозяйственным объектам различных уровней планирования (предприятие, объединение, отрасль и др.).

Технологическая норма определяет:

- расход топлива, тепловой и электрической энергии на основные и вспомогательные технологические процессы производства данного вида продукции;
- расход топлива на содержание технологических агрегатов в горячем резерве, на их разогрев и запуск после текущих ремонтов и холодных простоев;
- неизбежные технологически обоснованные потери энергии при работе оборудования, технологических агрегатов и установок.

При нормировании расхода топлива определяются только технологические нормы расхода на производство продукции, работ, услуг.

Общепроизводственная норма устанавливает расход тепловой и электрической энергии:

- на основные и вспомогательные технологические процессы;
- на вспомогательные производственно-эксплуатационные нужды;
- на технически неизбежные потери энергии в преобразователях, в тепловых и электрических сетях предприятия (цеха), отнесённые на производство данной продукции [3].

В зависимости от уровня представления может быть несколько видов норм:

- общепроизводственная 1 (общецеховая), в которую кроме затрат энергоресурсов на технологические цели включают расходы в цехах на вспомогательные процессы, санитарно-технические нужды, освещение, регламентированные потери в цехе.

- общепроизводственная 2 (общезаводская) норма, в которую включают общецеховые и общезаводские расходы энергии и нормативные потери энергии в заводских сетях и преобразовательных установках.

- общепроизводственная 3 (производственное объединение) норма, которая включает дополнительно к общезаводской общице затраты энергоресурсов во вспомогательных службах объединения и потери, связанные с функционированием производственного объединения как единого целого.

Текущие нормы ТЭР устанавливаются для планирования и контроля за фактическим расходом ТЭР в год, квартал.

Перспективные нормы расхода ТЭР используются для перспективного планирования и прогнозирования ТЭР.

Состав норм расхода топлива, тепловой и электрической энергии – это перечень статей их расхода, учитываемых в нормах на производство продукции (работы, услуги). Он устанавливается ведомственными (отраслевыми) инструкциями, разрабатываемыми с учетом потребностей производства продукции (работы, услуги), на основе которых на каждом предприятии определяется конкретный состав норм расхода. Затраты ТЭР, включаемые в индивидуальную норму расхода, состоят из следующих составляющих: расход на технологические процессы; расход на вспомогательные нужды производства; потери в сетях и аппаратах.

В тех случаях, когда отдельные вспомогательные нужды (подача воды, вентиляция, производство кислорода, холода, сжатого воздуха и др.) являются частью технологического процесса, расходы энергии на них относятся к технологическим расходам.

На предприятиях, выпускающих разнообразную продукцию, при расчёте норм расхода ТЭР общепроизводственный, цеховой и заводской расходы тепловой и электрической энергии на производство продукции в случае невозможности его точного определения целесообразно распределять пропорционально потреблению электроэнергии на технологические процессы или в зависимости от целей, полученных от вспомогательных и отдельных цехов, например:

- транспортных цехов - пропорционально перемещению грузов;
- инструментальных, ремонтных и других вспомогательных цехов - пропорционально доле услуг;

- компрессорных, насосных и др. цехов или силовых установок - пропорционально получаемых от них объёмов воздуха, газа, кислорода, воды и т. д.

Потери энергии в тепловых и электрических сетях и преобразователях распределяются на основе опытных замеров или пропорционально потреблению в производстве соответствующих видов продукции (работ, услуг) [3].

## 9.2. Энергоэкономические показатели по нормированию топливно-энергетических ресурсов

Выявление резервов экономии ТЭР производится с помощью системы энергоэкономических показателей. Основными комплексными показателями энергоиспользования на предприятиях являются удельные расходы топлива, тепла и электроэнергии на единицу выпускаемой продукции.

Прямые обобщённые энергозатраты, т. у. т.:

$$A_{TЭР} = B + K_{\text{Э}} \cdot \text{Э} + K_q \cdot Q,$$

где  $B$  - количество потреблённого топлива, поступившего на предприятие со стороны, т. у. т.;  $K_{\text{Э}}$ ,  $K_q$  - топливный эквивалент, выражающий количество условного топлива, необходимого для производства и передачу к месту потребления единицы электрической и, соответственно, тепловой энергии;  $\text{Э}$  - количество электроэнергии, полученное предприятием со стороны;  $Q$  - количество тепловой энергии, полученное предприятием со стороны.

Энергоёмкость продукции, работы, услуги представляет отношение прямых обобщённых энергозатрат к объёму продукции, произведённой за анализируемый период.

Электроёмкость продукции измеряется отношением всей потреблённой электрической энергии к объёму продукции, произведённой за анализируемый период.

Теплоёмкость продукции - отношение потребляемой тепловой энергии к объёму продукции, произведённой за анализируемый период.

Энерговооружённость труда - отношение прямых обобщённых энергозатрат, за анализируемый период, к среднесписочной численности промышленно-производственного персонала (ППП).

Электровооружённость труда - отношение потреблённой на предприятии электроэнергии к среднесписочной численности ППП за анализируемый период.

Электровооружённость труда по мощности - это отношение установленной мощности всех токоприёмников на предприятии к среднесписочной численности ППП.

Коэффициент электрификации - отношение всей потреблённой на предприятии электроэнергии к прямым обобщённым энергозатратам за планируемый период.

Теплоэлектрический коэффициент - отношение всей потреблённой предприятием тепловой энергии к электрической энергии за анализируемый период.

Электротопливный коэффициент - отношение всей потреблённой электроэнергии к количеству топлива, поступившему на предприятие за анализируемый период.

Нормативные показатели расхода устанавливаются по следующим видам ТЭР: электрической энергии; тепловой энергии; котельно-печному топливу.

В машиностроении, строительстве, ремонтных, экспериментальных и других производствах, когда затруднено выбрать единый измеритель продукции в натуральных или условных единицах и нормирование производилось на стоимостной показатель, необходимо пользоваться коэффициентами, исчисленными по трудоёмкости продукции.

### 9.3. Методы разработки норм, порядок их согласования и утверждения

Основными методами разработки норм расхода топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) являются:

- опытный метод, сущность которого заключается в определении удельных затрат ТЭР по данным, полученным в результате испытаний (экспериментов);

- отчётно-статистический метод, предусматривающий определена норм расхода ТЭР на основе анализа статистических данных о фактических удельных их расходах и факторов, влияющих на их изменение, за ряд предшествующих лет;

- расчётно-статистический метод, основанный на разработке экономико-статистической модели в виде зависимости фактического удельного расхода ресурса от воздействующих факторов;

- расчётно-аналитический метод, который предусматривает определение норм расхода ТЭР расчётным путём по статьям расхода этих ресурсов в производстве или путём математического описания

закономерности протекания процесса на основе учёта нормообразующих факторов и с учётом прогрессивных показателей использования ТЭР.

Основными исходными данными для определения норм расхода являются:

- первичная техническая и технологическая документация;
- технологические регламенты и инструкции, экспериментально проверенные энергобалансы и нормативные характеристики энергетического технологического оборудования, паспортные данные оборудования и т. п.
- данные об объёмах и структуре производства продукции;
- трудозатраты на единицу продукции каждого вида;
- фактические расходы энергии за анализируемый период;
- данные о плановом и фактическом удельном расходе энергии за прошедшие годы;
- показатели передового опыта отечественных и зарубежных предприятий, выпускающих аналогичную продукцию, по экономному и рациональному использованию ТЭР и достигнутым удельным расходам;
- план мероприятий (программа) по энергосбережению [3].

#### 9.4. Расчет экономической эффективности инвестиционных вложений в энергосберегающие мероприятия

Методика расчета экономической эффективности инвестиционных вложений в энергосберегающие мероприятия, как и во все другие проекты при замене чего-либо старого на более новое, базируется на сопоставлении затрат и ожидаемых результатов. К затратам относят вложения на закупку оборудования, стоимость транспортировки его, объем строительного-монтажных работ [3].

Сопоставляется цена используемого традиционного топлива, которым предлагается замена, а также производительность старого и нового оборудования, срок его эксплуатации.

В итоге расчетов определяется срок окупаемости инвестиций по следующей зависимости:

$$T = \frac{K}{\Delta C - C_y},$$

где  $K$  - требуемый объем инвестиции, руб.;  $\Delta C$  - годовая экономия, достигаемая в результате замещения дорогого топлива более дешевым;  $C_y$  - затраты на эксплуатацию системы топливообеспечения.

Тогда общая сумма инвестиций:

$$K_O = C_O + T_P + O_{СМР} + P_H,$$

где  $C_O$  - цена закупаемого оборудования;  $T_P$  - транспортные расходы по доставке закупаемого оборудования;  $O_{СМР}$  - объем строительномонтажных работ;  $P_H$  - непредвиденные расходы.

Зная производительность нового оборудования, норму расхода и цену топливно-энергетических ресурсов на единицу вырабатываемой электроэнергии или тепловой энергии, можно рассчитать себестоимость единицы электроэнергии или тепловой энергии по следующей формуле:

$$C = \frac{K_O}{C \cdot n \cdot M},$$

где  $K_O$  - общая сумма инвестиций, руб.;  $C$  - цена единицы топливно-энергетических ресурсов, используемых для выработки электроэнергии или тепловой энергии по внедряемой технологии;  $n$  - норма расхода топлива на единицу вырабатываемой энергии;  $M$  - мощность оборудования по паспорту завода.

Соотнося фактическую себестоимость получаемой единицы энергии по старой технологии себестоимости её по новой технологии получим срок окупаемости внедряемой технологии.

Такой расчёт может быть применим при обосновании внедрения проектов небольшой стоимостью. При обосновании крупных проектов требуются более детальные расчеты.

Существует и несколько другой подход к выбору оптимальной формы инвестирования и оценки экономической эффективности инвестиционного проекта по энергосбережению - на основе объективного экономического критерия. Общим для таких критериев является сопоставление инвестиционных затрат с достигаемым экономическим эффектом. В мировой практике для выбора оптимального варианта в динамической постановке задачи используется экономический критерий, выражающий общую эффективность. Он называется чистой дисконтированной стоимостью. Если значение данного критерия положительно, то это означает, что доход за период перевешивает все затраты, и вариант эффективен. Если рассматриваются несколько вариантов, то наиболее экономичным считается вариант, имеющий максимальное значение этого критерия [3].

## 10. БЫТОВОЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

### 10.1. Энергосбережение при освещении зданий

В настоящее время около 40% генерируемой в мире электрической энергии и 37% всех электрических ресурсов используется в жилых и общественных зданиях. Существенную долю (40-60%) в энергопотреблении зданий составляет энергии на освещение. Сокращение расхода электроэнергии на эти цели возможно двумя основными путями:

- снижением номинальной мощности освещения;
- уменьшением времени использования светильников.

Снижение номинальной (установленной) мощности освещения в первую очередь означает переход к более эффективным источникам света, дающим нужные потоки при существенно меньшем энергопотреблении. Такими источниками могут быть компактные люминесцентные лампы. В общественных зданиях также можно применять более эффективные светильники.

Уменьшение времени использования светильников достигается внедрением современных систем управления, регулирования и контроля осветительных установок. Применение регулируемых люминесцентных светильников позволяет эксплуатировать их при сниженной (по сравнению с номинальной) мощности. А это значит, что при неизменной установленной мощности освещения снижается фактически потребляемая мощность и энергопотребление.

Управление осветительной нагрузкой осуществляется двумя основными способами:

- отключением всех или части светильников (дискретное управление);
- плавным изменением мощности светильников (одинаковым для всех или индивидуальным).

К системам дискретного управления, в первую очередь, относят различные фотореле (фотоавтоматы) и таймеры. Принцип действия первых основан на включении и отключении нагрузки по сигналам датчика наружной естественной освещенности. Вторые осуществляют коммутацию осветительной нагрузки в зависимости от времени суток по предварительно заложенной программе. К системам дискретного управления освещения относятся также автоматы, оснащенные датчиками присутствия. Они отключают светильники в помещении спустя заданный промежуток времени после того, как из его удаляется последний человек.

Это наиболее экономичный вид систем дискретного управления, однако к побочным эффектам их использования относится возможное сокращение срока службы ламп за счет частых включений и выключений [3].

В последнее десятилетие многими зарубежными фирмами освоено производство оборудования для автоматизации управления внутренним освещением. Современные системы сочетают в себе значительные возможности экономии электроэнергии с максимальным удобством для пользователей.

Системы автоматического управления освещением можно разделить на два основных класса: локальные и централизованные.

Локальные системы управления освещением помещений представляют собой блоки, размещаемые за полостями подвесных потолков или конструктивно встраиваемые в электрораспределительные щиты. Системы этого типа, как правило, осуществляют одну функцию либо их фиксированный набор. В число этих функций входит, например, учет присутствия людей и уровня естественной освещенности в помещении, а также работа с системами беспроводного дистанционного управления. Локальные «системы управления светильниками» в большинстве случаев не требуют дополнительной проводки, а иногда даже сокращают необходимость в прокладке проводов. Конструктивно они выполняются в малогабаритных корпусах, закрепляемых непосредственно на светильниках или на колбе одной из ламп.

Централизованные системы управления освещением, наиболее полно отвечающие названию «интеллектуальных», строятся на основе микропроцессоров, обеспечивающих возможность практически одновременного многовариантного управления значительным (до нескольких сотен) числом светильников. Такие системы могут применяться либо для управления освещением, либо также и для взаимодействия с другими системами зданий (например, с телефонной сетью, системами безопасности, вентиляции, отопления и солнцезащитных ограждений).

В настоящее время повышенным вниманием со стороны потребителей пользуются энергосберегающие светильники и светотехнические изделия. Обладая улучшенными потребительскими качествами (повышенная светоотдача, комфортный по спектру и не утомляющий зрение немеркнущий свет и др.), современные энергосберегающие



светильники отвечают всем требованиям по экономичности и надежности в эксплуатации. Они подразделяются на три группы:

1. Светильники люминесцентные
2. Светильники галогенные
3. Светильники специального назначения.

Люминесцентные светильники с электронным пускорегулирующим аппаратом могут использоваться в подвесном и потолочном исполнении и имеют следующие преимущества:

- экономия электроэнергии до 30 % по сравнению с питанием от электромагнитного пускорегулирующего аппарата и шестикратная экономия электроэнергии по сравнению с аналогичной лампой накаливания;

- увеличение срока службы лампы на 20 % и более за счет оптимального режима с плавным подогревом нитей накала (катодов);

- гарантийное мгновенное включение без дополнительного стартера и бесшумная работа;

- ровный, без мерцания свет, не утомляющий зрение при длительной нагрузке благодаря высокочастотному функционированию люминесцентных ламп;

- отсутствие стробоскопического эффекта - зрительной иллюзии, возникающей в случаях, когда наблюдение какого-либо предмета или картины осуществляется не непрерывно, а в течение отдельных, периодически следующих один за другим, интервалов времени;

- отсутствие электромагнитных помех.

Компактные люминесцентные лампы потребляют электроэнергии в 5 раз меньше, чем лампы накаливания с такими же светотехническими характеристиками, а срок службы у них в 8 раз больше. Различают светильники с зеркальной решеткой и отраженного света.

Галогенные светильники по способу установки выпускаются потолочными, настенными и настольными и используются для локально-местного освещения жилых и административных помещений, офисов, рабочих мест, для фоновой подсветки витрин, экспозиций, стендов. Они обеспечивают освещение любой заданной зоны помещения с помощью шарнирного крепления плафона лампы к корпусу.

В качестве источника света в светильниках применяются галогенные лампы мощностью 20 Вт, которые имеют целый ряд существенных преимуществ по сравнению с обычными лампами накаливания:

- снижение потребления электроэнергии в 2-2,5 раза;

- стабильность светового потока в течение срока службы;
- яркость света, обеспечивающего великолепную цветопередачу и возможность создания разнообразных цветовых эффектов;
- увеличение в 2 раза срока службы по сравнению с обычными лампами накаливания;
- компактность.

Светильники специального назначения серии ИВУ с галогенными лампами мощностью 20 или 50 Вт предназначены для непосредственной установки на поверхности из сгораемого материала, а также рекомендуются для установки в бассейнах, фонтанах, аквариумах, причальных сооружениях, в помещениях с противопожарными установками, в душевых, в химчистках, на садовых участках, на стоянках автомобилей, пешеходных дорожках, лестницах, подземных переходах, на автоматических мойках машин, в мастерских и рыбных магазинах.

Светильники серии ФБУ и НБУ предназначены для освещения как внутри помещений, так и вне их - там, где требуется максимальная защита от воды, влажности, пыли и хулиганов. Антивандальные светильники устойчивы к механическим повреждениям, ударам камнями и любыми твердыми предметами. Они незаменимы при освещении садов, бульваров, пешеходных переходов, террас, портиков, бассейнов, душевых и ванных комнат, туалетов и т. д.

Важное значение в экономии электроэнергии при применении любых ламп имеет оптимальное размещение осветительных приборов, позволяющее экономить до 20 % электроэнергии. Так, при наличии в одном помещении рабочих и вспомогательных зон следует предусматривать локализованное общее освещение рабочих зон и менее интенсивное - вспомогательных зон. Для освещения цехов, складов и других производственных помещений лучшим способом является устройство светящейся линии. Важно, чтобы при проектировании и внедрении любой системы освещения обеспечить среду для зрения, рекомендуемую санитарными нормами:

- 400-500 лк;
- спектральный состав света, максимально приближенный к естественному освещению;
- отсутствие пульсаций и слепящего действия света;
- равномерное распределение яркости.

Одним из экономичных источников для освещения улиц, площадей, скоростных магистралей, транспортных пересечений, протяж-

ных тоннелей, спортивных сооружений, аэродромов, строительных площадок, архитектурных сооружений, вокзалов, аэропортов и др. являются натриевые лампы высокого давления, обладающие самой высокой световой отдачей среди всех известных газоразрядных ламп и незначительным снижением светового потока при длительном сроке службы.

Особая область применения натриевых ламп - это облучение растений в теплицах. Имея благоприятный для большинства тепличных культур спектр излучения, натриевые лампы являются достойной заменой ртутных и металлогалогеновых ламп высокого давления. В отличие от ртутных ламп натриевые лампы не содержат ртути, что значительно расширяет область их применения. Сопоставление по экономичности их работы в течение 10 000 часов показывает, что экономия составляет более 30 %, а срок окупаемости, исходя из эксплуатации их примерно в 12 час в день (8 часов в летнее время и 16 - в зимнее), составит около 2 месяцев.

Основными производителями светильников и светотехнического оборудования к ним являются: БелОМО им. С. Вавилова, Брестский электроламповый завод, Лидский завод электроизделий, ГП «Калибр», ООО «Электрет», АО «ЭНЕФ», ГП «Минский завод Термопласт», НПО «Интеграл», ЗАО «Торговый сервис» [3].

## 10.2. Электробытовые приборы и их эффективное использование

Потребление электроэнергии в быту с каждым годом увеличивается, и эта тенденция сохранится, поскольку население в последние годы активно приобретает бытовую технику (стиральные машины, кухонные комбайны, пылесосы, электрочайники, электромясорубки, электрокофеварки и т. д.), являющуюся одним из главных потребителей электроэнергии в домах и квартирах.

Использование электроэнергии в квартирах можно условно разделить на следующие подгруппы:

- обогрев помещений;
- охлаждение и замораживание;
- освещение;
- стирка белья и мойка посуды (с помощью стиральных машин и посудомоющих аппаратов);
- аудио- и видео аппаратура;
- приготовление пищи (с помощью электроплит);

- использование других электроприборов (пылесосов, утюгов, фенов и т.д.).

В различных домах использование электроэнергии по каждой из вышеперечисленных категорий может варьироваться. Например, в некоторых домах установлены электрические плиты, в других - газовые, для поддержания оптимальной температуры в одной квартире достаточно центрального отопления, в другой - никак не обойтись без электронагревателя.

Энергосбережение в быту начинается с квартиры, собственного дома. Прежде всего, следует утеплить дверные и оконные рамы имеющимися материалами; завесить окна и балконные двери толстыми занавесками, но так, чтобы они не закрывали радиаторы и не препятствовали циркуляции тепла; дополнительно укрепить прозрачную полиэтиленовую пленку на окнах (тройное остекление); закрыть более чем наполовину вентиляционные отверстия в туалете, ванне, на кухне, а также дымоходы плотной бумагой или картоном.

Много тепла бесполезно теряется от радиаторов через стены и открываемые иногда окна. Уменьшить эти потери можно установкой отражающего экрана из блестящей пленки, алюминиевой фольги или оцинкованной жести, наклеенной на фанеру, картон или древесноволокнистую плиту за радиатором под подоконником. Лучшим способом регулирования температуры в квартире является установка кранов и терморегуляторов на радиаторах, которые не следует загромождать мебелью во избежание затруднения циркуляции теплого воздуха в комнате. Другими мерами по рациональному использованию электроэнергии в быту могут быть.

Выключение света в том случае и в тех местах, где он не нужен, без ухудшения жизненного комфорта. Это правило должно быть обязательным для всех членов семьи.

Замена, где возможно, обычных ламп накаливания энергосберегающими, которые обеспечивают такое же количество света, потребляя при этом на 70-80% энергии меньше, и горят в 5-6 раз дольше обычных.

Установка ламп разной мощности, в зависимости от требуемого количества света в определенных местах. Следует знать, что при загрязнении ламп и плафонов освещенность в квартире снижается на 10-15%.

Отключение тех электроприборов, для которых предусмотрено дистанционное управление (телевизор, радиотелефон), не только на

ночь, но и в тот период, когда ими не пользуются (уход из дома по делам, перерыв и т. п.), поскольку они потребляют электроэнергию, будучи подключенными к сети.

Использование стиральной машины при полной загрузке, настраивая ее на как можно меньшую температуру. Следует помнить, что на стирку при температуре + 90°C тратится в 3 раза больше энергии, чем на стирку при температуре + 40°C. При этом известен тот факт, что стиральный порошок растворяется и активно реагирует с грязным бельем при температуре + 40°C.

Холодильники и морозильники являются одними из самых значительных «потребителей» электроэнергии в квартире. На их долю приходится примерно 40% всей электроэнергии в наших квартирах. Добиться снижения расхода до 25% электричества можно, если следовать нескольким простым принципам:

- регулярно размораживать холодильник во избежание образования в морозильной камере льда толщиной более 5-10 мм;
- устанавливать эти приборы на значительном расстоянии от нагревательных элементов и в местах, не подвергающихся воздействию прямых солнечных лучей;
- обеспечивать вокруг холодильника свободное пространства не менее 1-2 см;
- класть в холодильник и морозильник только холодные продукты;
- обращать внимание на плотность примыкания дверей к корпусу этих приборов;
- держать дверцу приборов открытой как можно меньше;
- удалять не реже 1 раза в год пыль с обратной стороны приборов;
- отключать холодильник от электросети, если семья уезжает из квартиры на несколько дней.

Использование газовых плит является с точки зрения экологии лучшим вариантом, чем приготовление пищи на электроплитах. Но если в квартире установлена электроплита, то экономии электроэнергии можно достигнуть за счет:

- подбора кастрюли или сковороды с идеальной плоской внешней поверхностью, диаметр дна которых должен быть больше примерно на 3 см диаметра нагревательной поверхности плиты;
- выключения электроплиты на несколько минут раньше окончания варки или жаренья продуктов;

- использования посуды с крышкой;
- добавление оптимального количества воды.

Установление автоматических выключателей в местах, где требуется освещение в небольшой промежуток времени, например, на лестничных площадках многоквартирного дома, при входе во двор отдельно стоящего многоквартирного дома.

При покупке электробытовых приборов в первую очередь необходимо интересоваться не только ценой, но и энергосберегающими параметрами, и лишь сопоставив цену с эксплуатационными расходами, следует принимать решение о возможности приобретения нужного электробытового товара.

Важным моментом в экономии электроэнергии, используемой на обогрев жилых помещений, является надежное утепление окон, дверей, балконов и других элементов квартир, домов. Наиболее простой и быстрый способ - это свернутые из газет трубки вкладываются в зазоры между створками окна и откосами оконного проема. Этот способ применим только к современным свинчивающимся рамам и эффективен в сильные морозы, но при условии, что щели в окнах невелики.

Надежный способ защиты окон от вторжения холода в квартиры - использование пасты из мела и мучного клея. Приготовленную пасту из этих компонентов в соотношении 1:1 заполняют зазоры по всему периметру окна. Если в доме установлены рамы старого образца, то такой же меловой пастой, только с меньшим содержанием клея (3:1 или 4:1) заполняют щели между оконной коробкой и створками. Для этого все створки открывают, наносят по периметру оконной коробки пасту и затем створки закрывают. Излишки пасты, выдавливаемые через щели, сразу же удаляются. При открытии оконных рам весной, высохшая замазка отлетает без остатков с переплетов.

Щели между входными дверями и косяком можно уплотнить с помощью аптечной резиновой трубки, прибавая ее к косякам мелкими гвоздиками. Если щель велика, одна прикрепляется к косякам, а другая - к двери.

Балконную дверь можно утеплить с помощью простеганного ватного коврика из декоративной ткани. Размеры ее выбирают такими, чтобы перекрыть нижние и боковые щели двери. Коврик крепится на небольших крючках, вбитых в дверь и в правую и левую части дверной коробки. Чтобы выйти на балкон, достаточно снять петельки с нескольких крючков.

Дополнительным источником тепла в квартире может быть отражающий экран из обыкновенной фольги за каждым радиатором, обеспечивающий направление в квартиру примерно 2-5 % обычно уходящего на обогрев улицы тепла. Устраивается такой экран на листе картона, соответствующем размеру отопительной батареи, путем крепления к нему по всей площади фольги.

Защиту от холода в сельских домах и на дачах можно обеспечить путем устройства, лучше осенью, завалинки из сухой соломы и листвы. Зимой ее можно сделать из снега. Технология устройства ее в этом случае проста: полиэтиленовую пленку или непригодный для кровли рубероид расстилают по периметру дома так, чтобы половина используемого материала оказалась прижатой к фундаменту дома или стене, а половина лежала на отмостках. Далее засыпается снегом. Изолирующая толь или рубероид предохраняют стены и фундамент от сырости, а снег сберегает тепло [3].

### 10.3. Повышение эффективности систем отопления.

#### Автономные энергоустановки

Если рассматривать жилой дом как энергопотребляющий объект, то доля теплопотерь в нем в зимний период составляет: через неутепленные или разбитые окна и двери подъездов - 24, через стены - 26, через подвал, перекрытия, лестничные клетки - 11, через вентиляционные отверстия и дымоходы - 39%.

Теплопотери происходят не только через стены здания. Они могут иметь место во время аварий на трассах и на тепловых узлах жилых домов.

Большое количество тепловой энергии уходит из-за некачественного строительства: щели у оконных рам, швы между панелями, крыши и т. п., а также в домах со вставленными обогревательными устройствами в стенах (на 30 % больше, чем с обычными отопительными приборами). До 15-20 % тепловой энергии теряется в тепловых сетях, свидетельством чего является зеленая трава, растущая зимой над теплотрассами.

Такое положение с использованием тепла в быту явилось следствием существовавшей в нашей бывшей великой стране концепции о том, что полезных ископаемых, в том числе и топливно-энергетических ресурсов, в нашей стране хватит не только на нынешнее, но и грядущие поколения. И при проектировании жилых домов

никогда не считалась стоимость их эксплуатации, поэтому и строили относительно дешевые, но холодные дома.

На коммунально-бытовые нужды в Республике Беларусь расходуется примерно 65 % тепловой энергии. В то же время потери тепла при производстве и передаче тепловой энергии в отопительных котельных республики достигает 30 %. На 1 м<sup>2</sup> отапливаемой площади в нашей стране затрачивается в 2 раза больше условного топлива, чем в Германии и Дании.

Годовой расход тепловой энергии в нашей стране на отопление и вентиляцию 1 м<sup>2</sup> общей, площади в 5-этажном доме составляет 150-170 кВт, в Скандинавских странах - 70-90 Вт. На Западе после энергетического кризиса 1972-1973 и 1995 г. передовые европейские страны уменьшили расход тепловой энергии на отопление жилых домов в 2 раза. А это не только экономия денежных средств, но и, главное, - изменение самого мышления граждан и руководителей.

Согласно санитарным нормам горячая вода в квартиры должна подаваться не ниже 50 °С, подается же она при температуре 37...38 °С. Температура воздуха в квартире должна поддерживаться на уровне 18...20 °С (комфортная зона), а на кухнях 16...18 °С. Семья оплачивает лишь 16-17 % от общих затрат на отопление дома, а от стоимости вырабатываемой тепловой и электрической энергии - лишь 20 %. При такой существующей системе оплаты за потребляемые тепло- и электроэнергию добиться радикального изменения улучшения дела в бытовом секторе будет трудно до тех пор, пока жильцы не будут экономически заинтересованы в экономии тепловой энергии. А для этого предстоит переломить психологию всех граждан по отношению к экономии тепла, воды, газа. Весь европейский опыт показывает, что только продуманная непрерывная система воспитания и образования позволяет получить реальные результаты в энергосбережении в бытовом секторе и производственной сфере. На Западе, в частности в Германии, 78 % всего жилья получает тепло от местных котельных, стоимость единицы которого составляет 0,05 DM/кВт ч, в то время как при централизованном теплоснабжении этот показатель составляет 0,08. Имеющийся в нашей стране опыт децентрализованного теплоснабжения показывает высокую его эффективность. Местные котельные, построенные в столице (гостиница «Беларусь», несколько жилых домов и т. п.), окупают себя за 1,5-3 года. В 1998 году для обеспечения нужд страны было произведено 77 млн. Гкал, в 1999 году



- 70 млн. Гкал тепловой энергии. Для того чтобы удовлетворить потребность республики в год достаточно 50 млн. Гкал.

Придавая важное значение энергосбережению в жилищно-коммунальном секторе экономики, Президент Республики Беларусь дал 13 июня 2001 года поручение облисполкомам и Минскому горисполкому совместно с заинтересованными министерствами и ведомствами осуществить меры по повышению эффективности жилищного строительства, снижению затрат на развитие инженерно-транспортной и социальной инфраструктур за счет уплотнения застройки, применения локальных источников теплоэнергии, автономных систем отопления, водоснабжения и канализации.

Одним из технических решений сокращения сети теплоснабжения и экономии тепловой энергии является децентрализованная выработка тепла при помощи автоматизированных автономных, в т. ч. и крышных, котельных, работающих на газовом топливе. Преимущество этого вида теплоснабжения состоит в следующем: возможность построить котельную, удовлетворяющую потребность именно данного здания; экономия земельного участка; экономия энергии за счет отсутствия потерь; возможность контроля теплоты и топлива; установка необходимого режима расхода теплоты в зависимости от продолжительности рабочего дня и температуры наружного воздуха; высокий КПД (90 %) котельных установок; более низкие температуры и давления теплоносителя, что повышает долговечность систем теплоснабжения.

Системы отопления жилых и общественных зданий являются одними из самых значительных потребителей тепловой энергии. Расход тепловой энергии на эти цели составляет более 30 % энергоресурсов, потребляемых народным хозяйством. При этом многоквартирные дома, построенные в 1950-1960 годы расходуют на нужды отопления от 350 до 600 кВт ч на 1 м<sup>2</sup>. Для сравнения укажем, что этот показатель составляет в Германии 260 кВт ч, в Швеции и Финляндии - 135 кВт ч.

Наиболее перспективными направлениями энергосбережения являются внедрение автономных систем тепло- и энергоснабжения, устройство напольного отопления, а также установок, использующих возобновляемые источники энергии и теплоутилизаторов.

Автономные системы теплоснабжения в виде мини-котельных становятся перспективными в тех местах, где в качестве топлива используется природный газ. Они и с экологической точки зрения спо-

способствуют улучшению состояния воздушного бассейна, т. к. из-за снижения количества сжигаемого газа уменьшается количество дымовых газов, а газовые выбросы содержат в 2-3 раза меньше вредных веществ в  $1 \text{ м}^3$ , чем крупные районные котельные. Но децентрализованное теплоснабжение на базе небольших индивидуальных котельных является эффективным при малой плотности тепловой нагрузки (одно-, двухэтажные застройки в сельских и других населенных пунктах).

Естественно, при существующих развитых тепловых сетях централизованного теплоснабжения необоснованно говорить о повсеместном переходе на автономные котельные. Но внедрение их возможно в следующих случаях:

- при строительстве новых и реконструкции старых зданий в районах, где прокладка тепловых сетей технически невозможна;
- для обеспечения теплом объектов, не допускающих перепадов в теплоснабжении (школы, больницы), или потребителей, несущих из-за отсутствия тепла большие экономические потери (гостиницы);
- при обеспечении теплом потребителей, расположенных на конечных участках существующих тепловых сетей и испытывающих недостаток тепла из-за низкой пропускной способности тепловых сетей или недостаточного Перепада давления между прямой и обратной магистралями;
- при строительстве объектов в небольших городах, где централизованное теплоснабжение развито слабо, а отдельные объекты вводятся разрозненно.

Основным элементом автономной энергоустановки являются комбинированные газовые настенные водонагреватели, в корпусе которых находится бесшумный циркуляционный насос и мембранный расширитель. Горячая вода от водонагревателя по металлическим трубам, укладываемым в бетонной подготовке пола или в плинтусе специальной конструкции, разводится по комнатам.

Опыт эксплуатации 72-квартирного девятиэтажного жилого дома в микрорайоне № 17 г. Гомеля с этой принципиально новой для нашей страны системой теплоснабжения, разработанной институтом «Гомельгражданпроект», показал ее надежность и экономичность. Так, за ноябрь 1999 г. проживающая в трехкомнатной квартире семья в составе 4 человек на отопление, горячее водоснабжение и приготовление пищи израсходовала 150 м газа. Причем треть этого количества израсходована непосредственно на кухне. Выполненные расчеты по-

казали, что при традиционной системе теплоснабжения аналогичной квартиры от общедомовой системы с подключением к внешнему источнику для целей отопления и горячего водоснабжения потребовалось бы около 500 м<sup>3</sup> газа [3].

Высокая эффективность работы предложенной системы поквартирного отопления достигнута благодаря:

- сравнительно высокому КПД газовых водонагревателей (более 85 %);
- исключению потерь тепла за пределами квартир;
- отсутствию перерасхода тепла в межсезонные периоды (по имеющимся данным, он составляет до 20 %);
- возможности поквартирного учета и покомнатного регулирования температуры внутри квартиры.

Кроме того, система поквартирного отопления и горячего водоснабжения существенно уменьшила количество приборов учета. Вместо используемых в настоящее время счетчиков газа, отопления, горячего и холодного водоснабжения достаточно установить только два прибора для учета расхода газа и холодной воды. Кроме того, отпадает необходимость в прокладке наружных тепловых сетей. Пожалуй, одно из самых главных преимуществ этой системы отпления перед традиционной состоит в том, что она дает возможность владельцу квартиры создать комфортную температуру воздуха не посредством открывания форточки и оконной створки, а с помощью регулировочного краника с ручным управлением или автоматической термостатической головкой, экономя тем самым свои деньги на отопление квартиры и государственные энергоресурсы.

Экономия расхода теплоты за счет перечисленных выше преимуществ поквартирного отопления достигает 30 % в год.

Возведение жилых домов с подобной системой инженерного обеспечения весьма оправдано в районах существующей городской застройки, где отсутствуют резервные мощности действующих централизованных источников теплоснабжения.

Опыт работы автономных котельных показывает, что они надежны и экономичны. При теплоснабжении от этих котельных потребитель получает тепловую энергию по тарифам, в 3 раза ниже действующих. За счет этого строительство таких котельных окупается практически за один сезон.

Во всех промышленно и энергетически развитых странах наблюдается очень быстрый рост применения электроотопления, вы-

полняемого, как, правило, путем укладки нагревательных кабелей в пол. Применение электроотопления допускается СНиП 2.04.05-91. Для помещений с постоянным пребыванием людей установлено, что средняя температура подогреваемого пола не должна превышать 26°C, а для дорожек вокруг бассейнов - не более 30 °С. Одной из таких систем электроотопления является кабельная система Теплолюкс. Она устанавливается в толще пола, что превращает всю обогреваемую поверхность в источник тепла, температура которого лишь на несколько градусов превышает температуру воздуха. Эта система, как и другие, подобные ей, используется как основная в отдельно стоящих зданиях, коттеджах и в тех случаях, когда нет возможности выполнить подключение центрального водяного отопления. Она может применяться как дополнительная система отопления (совместно с другими) для получения комфортной температуры.

Совершенно новый способ отопления помещений различного назначения разработан в БИТУ профессором В. П. Лысовом. Созданная им полимерная греющая электропроводка, состоящая из сотен тончайших полимерных волокон, обработанных по оригинальной технологии специальным раствором и соединенных в пучок, обеспечивает при одинаковом расходе электроэнергии гораздо более высокий, чем у металлического проводника, рост температуры, поскольку волокна постоянно греют друг друга. Эту проводку, а точнее, комплект проводов раскладывают по схеме на подготовленные бетонное основание и цементируют. Можно размещать провода и под плиткой, различными линолеумами, ковровыми покрытиями, под дощатым настилом и паркетом. В любом случае будет обеспечена рекомендованная медиками температура пола 25 °С, а воздуха 20...22 °С. Для надежности можно включить в сеть и автоматический терморегулятор.

Затраты на отопление и эксплуатацию этим способом в 1,5-2 раза ниже по сравнению с другими известными способами, в том числе и аналогичными зарубежными системами греющего пола, где используются металлические проводники. Но недостаток металлических проводников - сопровождающие его нежелательные для организма вихревые токи. Полимерный проводник генерирует электромагнитное поле в 2-10 раз более слабое, которое и близко не подходит к нижнему пределу.

Сфера применения этого способа обогрева очень широка: дома, квартиры, офисы, животноводческие помещения и др. Достоинства его оценены многими владельцами собственных домов, руководите-

лями, но особенно довольны руководители совхозов, где новинка применяется уже 3 года и, кроме экономии энергоресурсов на отопление, во многом способствует сохранению поголовья скота и их привесу. Согласно проведенным учеными БелНИИ животноводства исследованиям мест содержания животных с обогреваемыми полами установлено, что сохранность и привесы поросят повышаются, при этом расход электроэнергии сокращается с 250 Вт при ламповом обогреве до 120-130 Вт при обогреваемых полах на 1 скотоместо. Такой способ обогреваемых полов внедрен во многих хозяйствах страны.

Простоту устройства и эксплуатацию греющих полов, невысокую стоимость и расход электроэнергии в сравнении с традиционными технологиями обогрева оценили владельцы более 1,5 тысяч квартир и частных домов, дач и гаражей, офисов и магазинов республики, повысив себе комфортность проживания и труда. К этому следует добавить, что расходы по обустройству обогрева составляют 10-12 долларов США и компенсируются достигаемой экономией за 5-6 месяцев эксплуатации в холодное время года.

Для обеспечения общественных, жилых и производственных помещений дешевым теплом с использованием местных видов топлива экономически выгодно применять воздушное отопление на базе теплогенераторов [3].

#### 10.4. Системы воздушного отопления

Под воздушным квартирным отоплением следует понимать отопительную систему квартиры с самостоятельным генератором тепла, которая обслуживается жильцами. Таких систем в одном доме может быть несколько, если дом многоквартирный, и одна, если дом является многоквартирным.

В воздушных системах отопления теплоносителем является воздух, нагретый в воздухонагревателе до температуры, превышающей температуру помещения и определяемой расчетом. От нагревателя подогретый воздух каналами разводится по отапливаемым помещениям, в которых охлаждается до температуры помещения. Воздух отдает свою теплоту для возмещения теплопотерь, после чего поступает обратно в воздухонагреватель.

Воздух в системах перемещается за счет естественного (теплого) или искусственного (вентиляционного) побуждения. Применяются воздухонагреватели, работающие на твердом, жидком, газообразном и комбинированных видах топлива. Воздухонагреватели бы-

вают трех типов: с нагревом воздуха горячими газами через металлическую стенку (огневоздушные); с нагревом воздуха горячими газами через воду (водовоздушные); подсоединенные к тепловым и электрическим сетям.

В квартирных системах при небольшой протяженности воздуховодов используется преимущественно естественное (гравитационное) побуждение движения греющего воздуха как более простое и бесшумное в эксплуатации. При большой протяженности распределительных воздуховодов используются системы воздушного отопления с механическим перемещением греющего воздуха.

Для нагрева  $1 \text{ м}^3$  воздуха на  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  требуется в 4,19 раза меньше тепловой энергии, чем для нагревания такого же количества воды. При этом самое дешевое тепло дают теплогенераторы, в которых сжигается твердое топливо магазины, жилые дома, теплицы, сушилки зерна и пиломатериалов и т. п. Такие теплогенераторы выпускает ряд предприятий.

В Беларуси системы поквартирного воздушного отопления в многоэтажных жилых домах не получили широкого распространения из-за отсутствия серийного выпуска опробированных конструкций воздухоподогревателей. Второй причиной является возможность использования в многоэтажных многоквартирных домах только электрической энергии и газа, т. е. покупаемых, но не местных видов топлива. Поэтому наиболее перспективным видится внедрение теплоагрегатов на указанных твердых видах топлива для обогрева индивидуальных жилых домов, теплиц, сушилок зерна и пиломатериалов. Тем более что необходимое оборудование для таких объектов в Беларуси серийно производится многими предприятиями, а эффективность такой системы довольно высока.

Мероприятия по энергосбережению в быту можно условно разделить на три группы: малозатратные, к которым относятся ремонт и утепление дверей и окон в подъездах, установка приборов учета, в т. ч. и терморегуляторов, применение местных систем теплоснабжения, использование солнечных коллекторов для предварительного нагрева воды и систем отопления с тепловыми насосами; средnezатратные, к которым относится использование качественной тепловой изоляции для трубопроводов и внутренних инженерных систем, замена окон на стеклопакеты; высокозатратные - это утепление стен, кровли, в т. ч. и так называемых «хрущевок» [3].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аракелов, А.В. Методические вопросы экономии энергоресурсов. – М.: Высш. шк., 1990. – 58 с.
2. Белоусов, В.Н. Пути экономии энергоресурсов в народном хозяйстве. – М.: Энергоатомиздат., 1996. – 128 с.
3. Врублевский, Б.И. Основы энергосбережения. Учебное пособие для вузов. /Под редакцией Б.И. Врублевского. – Гомель: ЧУП «ЦНТУ «Развитие», 2002. – 190 с.
4. Самойлов, М.В. Основы энергосбережения: Учебное пособие / М.В. Самойлов. – Минск: БГЭУ, 2002. – 198 с.
5. Сибикин, Ю.Д., Сибикин, М.Ю. Технология энергосбережения: Учебник/ Под общ. ред. Ю.Д. Сибикина. – М.: Форум, 2008. – 351 с.
6. Хутская, Н.Г. Основы энергосбережения: Курс лекций / Н.Г. Хутская. – Минск: Технология, 1999. – 100 с.
7. Закон Республики Беларусь «Об энергосбережении» // Энергоэффективность, 1998. – № 7. – С. 2 – 5.
8. Государственные научно-технические программы «Энергосбережение».

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ЭНЕРГЕТИКА, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ	4
1.1. Роль энергетики в развитии человеческого общества	4
1.2. Эффективность использования и потребления энергии в различных странах и в Республике Беларусь	7
1.3. Сущность энергосбережения. Основные понятия в энергосбережении	10
1.4. Восполняемые и невосполняемые энергетические ресурсы	12
1.5. Виды топлива, характеристика и запасы их в Беларуси	20
1.6. Условное топливо, соотношение и калорийность. Единицы измерения	25
1.7. Топливо-энергетический комплекс Республики Беларусь	26
2. ТРАДИЦИОННЫЕ СПОСОБЫ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ	33
2.1. Энергия и её виды	33
2.2. Способы получения и преобразования энергии	34
2.3. Электрические и тепловые нагрузки и способы их регулирувания	38
2.4. Прямое преобразование солнечной энергии в тепловую и электрическую	39
3. НЕТРАДИЦИОННЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ	41
3.1. Возможность и проблемы использования возобновляемых источников энергии в Республике Беларусь	41
3.2. Ветроэнергетика	53
3.3. Гидроэнергетика	55
3.4. Биоэнергетика	57
4. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ	60
4.1. Структура управления энергосбережением в Республике Беларусь	60
4.2. Основные положения Закона Республики Беларусь «Об энергосбережении» и нормативно-правовой базы	



энергопотребления и энергосбережения	63
<b>5. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ</b>	<b>66</b>
5.1. Транспортирование тепловой энергии	66
5.2. Транспортирование электрической энергии	69
<b>6. ВТОРИЧНЫЕ ЭНЕРГОРЕСУРСЫ</b>	<b>72</b>
6.1. Вторичные энергетические ресурсы, их классификация и использование	72
6.2. Трансформаторы теплоты и тепловые трубы, тепловые насосы	74
<b>7. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ</b>	<b>77</b>
7.1. Структура энергопотребления в машиностроении	77
7.2. Основные направления энергосбережения в машиностроении	79
7.3. Основные направления экономии электроэнергии на предприятиях машиностроения	80
7.4. Основные направления развития станкоинструментальной промышленности, ведущие к энергоснабжению	81
7.5. Совершенствование обработки давлением	81
7.6. Совершенствование режущего инструмента и технологии его изготовления	82
7.7. Внедрение приборов для контроля размеров в процессе обработки	82
7.8. Энергосбережение в абразивной обработке	83
7.9. Энергосбережение в сварочном производстве	83
7.10. Экономия электроэнергии на вспомогательные нужды машиностроительных предприятий	84
7.11. Основные направления рационального использования энергии и организация энергосбережения в промышленности	87
<b>8. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГЕТИКИ</b>	<b>89</b>
8.1. Аспекты энергосбережения	89
8.2. Экологические проблемы энергетики	92
8.3. Парниковый эффект	94
8.4. Специфические экологические проблемы ядерной энергетики	101

9. ЭКОНОМИКА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ	104
9.1. Классификация и структура норм расхода топливно-энергетических ресурсов	104
9.2. Энергоэкономические показатели по нормированию топливно-энергетических ресурсов	107
9.3. Методы разработки норм, порядок их согласования и утверждения	108
9.4. Расчет экономической эффективности инвестиционных вложений в энергосберегающие мероприятия	109
10. БЫТОВОЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ	111
10.1. Энергосбережение при освещении зданий	111
10.2. Электробытовые приборы и их эффективное использование	115
10.3. Повышение эффективности систем отопления. Автономные энергоустановки	119
10.4. Системы воздушного отопления	125
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	127
СОДЕРЖАНИЕ	128

**Карпов Александр Александрович**

## **ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**

**Пособие**

**по одноименному курсу  
для студентов специальности 1-36 01 03  
«Технологическое оборудование  
машиностроительного производства»  
дневной и заочной форм обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку  
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного  
учебно-методического документа 15.02.17.

Рег. № 67Е.

<http://www.gstu.by>