

Министерство образования Республики Беларусь

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

Институт повышения квалификации
и переподготовки

Кафедра «Металлургия и технологии обработки материалов»

В. Д. Елкин, Ю. Н. Колесник

ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

ПОСОБИЕ

**для слушателей специальности переподготовки
1-59 01 01 «Охрана труда в машиностроении
и приборостроении»
заочной формы обучения**

Гомель 2020

УДК 621.311.017(075.8)
ББК 31.19я73
Е51

*Рекомендовано кафедрой «Металлургия и технологии обработки материалов»
ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 6 от 02.05.2019 г.)*

Рецензент: зав. каф. «Электроснабжение» ГГТУ им. П. О. Сухого
канд. техн. наук, доц. *А. О. Дობродей*

Елкин, В. Д.
Е51 Энергоснабжение и энергосбережение : пособие для слушателей специальности переподготовки 1-59 01 01 «Охрана труда в машиностроении и приборостроении» заоч. формы обучения / В. Д. Елкин, Ю. Н. Колесник. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2020. – 112 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://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Разработано в соответствии с программой дисциплины «Энергоснабжение и энергосбережение на предприятии». Содержит актуальный теоретический материал в области энергоснабжения, энергосбережения и экологии энергетики. Теоретический материал дополняется иллюстрациями, поясняется схемами и примерами.

Для слушателей специальности 1-59 01 01 «Охрана труда в машиностроении и приборостроении» Института повышения квалификации и переподготовки Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого.

**УДК 621.311.017(075.8)
ББК 31.19я73**

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	
Основные термины и определения	
1. Законодательство об энергосбережении в Республике Беларусь	
2. Энергетические ресурсы	
3. Топливо-энергетический комплекс Республики Беларусь	
4. Виды топлива. Понятие условного топлива	
5. Традиционные способы получения тепловой и электрической энергии	
6. Нетрадиционная энергетика	
7. Вторичные энергетические ресурсы	
8. Транспортирование и потребление тепловой и электрической энергии	
9. Учет и энергоресурсов.	
10. Тарифы на энергоресурсы	
11. Энергоэффективность. Энергоемкость. Энерговооруженность	
12. Энергетические балансы	
13. Энергетический менеджмент	
14. Энергетический аудит	
15. Ориентиры и перспективы энергосбережения	
16. Экология энергетики	
Литература	

ВВЕДЕНИЕ

Основной целью проведения и реализации энергетической политики Республики Беларусь является определение путей и формирование механизмов максимально эффективного использования ТЭР и производственного потенциала ТЭК для надежного и безопасного обеспечения отраслей экономики и населения энергоносителями при соблюдении экологических требований.

Работа по рациональному использованию топливно-энергетических ресурсов будет эффективной только в том случае, если она подчинена определенной системе, основными элементами которой являются:

- организация технического учета и контроля расхода топливно-энергетических ресурсов;
- составление энергобалансов отдельных рабочих машин и агрегатов, подразделений предприятий и всего предприятия в целом;
- разработка и реализация конкретных мероприятий по рациональному использованию топливно-энергетических ресурсов с целью их экономии.

В экономике Беларуси энергосбережение и энергосберегающие технологии являются приоритетными при внедрении их в производство. В нашей стране на выпуск продукции затрачивается в среднем в 2–3 раза больше энергии и сырья, чем в промышленно развитых странах. Поэтому повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов и создание условий для целенаправленного перевода экономики республики на энергосберегающий путь развития является актуальной задачей.

Существует тесная взаимосвязь между энергообеспечением, богатством государства и благосостоянием народа. Уровень развития общества определяется способом его энергообеспечения.

Подготовка специалистов, обладающих знаниями в области энергосбережения – одна из важнейших составляющих проблемы эффективного использования энергетических ресурсов в конкретных отраслях народного хозяйства республики.

Курс «Энергоснабжение и энергосбережение» посвящен развитию образа мышления, мировоззрения, знаний и навыков, наличие которых позволяет направить человеческую цивилизацию по пути сотрудничества с природой, а не ее покорения, увеличению возможностей каждого человека прожить как можно дольше и в наилучшем самочувствии, сохранению и преумножению богатств нашего общего дома.

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Энергосбережение – организационная, практическая, научная, информационная и другая деятельность субъектов отношений в сфере энергосбережения, направленная на более эффективное и рациональное использование топливно-энергетических ресурсов;

Вторичные энергетические ресурсы – энергия побочных и промежуточных продуктов, отходов производства (потерь), получаемых в технологических агрегатах и установках, технологических процессах, функциональное назначение которых не связано с ее производством, не используемая в самих агрегатах, установках, процессах.

Показатели в сфере энергосбережения – показатели, характеризующие результаты деятельности юридических лиц по реализации энергосберегающих мероприятий.

Топливо-энергетические ресурсы – совокупность всех природных и полученных в результате преобразований видов топлива и энергии.

Потребители топливно-энергетических ресурсов – юридические и физические лица, в том числе индивидуальные предприниматели, потребляющие один или несколько видов топливно-энергетических ресурсов.

Экономия топливно-энергетических ресурсов – сокращение объемов потребления топливно-энергетических ресурсов относительно аналогичного периода предыдущего года, полученное в результате внедрения энергосберегающих мероприятий.

Энергетический аудит – энергетическое обследование (энергоаудит) по отдельным направлениям потребления топливно-энергетических ресурсов, или одного из их видов, или вторичных энергетических ресурсов либо по отдельной группе энергопотребляющего оборудования, имеющее ограниченный характер, как по объему, так и по времени проведения.

Энергетическая эффективность (энергоэффективность) – характеристика, отражающая отношение полученного эффекта от использования топливно-энергетических ресурсов к затратам топливно-энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта.

Энергетический менеджмент – деятельность по управлению потреблением топливно-энергетических ресурсов.

Энергетическое обследование (энергоаудит) – обследование юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, включающее сбор и обработку информации об использовании топливно-

энергетических ресурсов, о показателях в сфере энергосбережения, проводимое в целях оценки эффективности использования топливно-энергетических ресурсов и выявления возможных направлений для более эффективного и рационального их использования.

Энергосберегающее мероприятие – мероприятие, результатом реализации которого является более эффективное и рациональное использование топливно-энергетических ресурсов;

Эффективное использование топливно-энергетических ресурсов – наиболее прогрессивный экономически оправданный способ использования топливно-энергетических ресурсов.

1. ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО ОБ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Законодательство об энергосбережении основывается на Конституции Республики Беларусь и состоит из Закона Республики Беларусь «Об энергосбережении» и иных актов законодательства, регулирующих вопросы энергосбережения.

Субъектами отношений в сфере энергосбережения являются Республика Беларусь, административно-территориальные единицы Республики Беларусь, юридические лица, физические лица, в том числе индивидуальные предприниматели, иностранные государства, иностранные и международные юридические лица (организации, не являющиеся юридическими лицами).

Объектами отношений в сфере энергосбережения являются топливно-энергетические ресурсы и соответствующее оборудование, их производящее и потребляющее, технологические процессы, связанные с потреблением, транспортировкой и хранением топливно-энергетических ресурсов, капитальные строения (здания, сооружения) и другие объекты отношений в сфере энергосбережения, предусмотренные законом об энергосбережении.

Закон Республики Беларусь «Об энергосбережении»

Закон «Об энергосбережении» [1] утверждает энергосбережение как приоритет государственной политики в решении энергетической проблемы в Республике Беларусь, а также регулирует отношения, возникающие в процессе деятельности юридических и физических лиц в сфере энергосбережения в целях повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов, и устанавливает правовые основы этих отношений.

В законе об энергосбережении определяются основные понятия и субъекты отношений в сфере энергосбережения. К ним относятся юридические и физические лица (пользователи и производители топливно-энергетических ресурсов), осуществляющие следующие виды деятельности:

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

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

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

В законе об энергосбережении устанавливаются основы государственного управления энергосбережением, основными принципами которого являются:

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

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

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

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

Весь объем добываемых, производимых, перерабатываемых, транспортируемых и потребляемых топливно-энергетических ресурсов подлежит обязательному учету.

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

Государственное регулирование в сфере энергосбережения

Государственное регулирование в сфере энергосбережения осуществляют Президент Республики Беларусь, Совет Министров Республики Беларусь, республиканские органы государственного управления, иные государственные организации, подчиненные Совету Министров Республики Беларусь, местные исполнительные и распорядительные органы в пределах компетенции, определенной законодательством.

Государственное регулирование в сфере энергосбережения основывается на принципах:

- роста энергетической безопасности, в том числе повышения энергетической независимости Республики Беларусь;
- эффективного и рационального использования топливно-энергетических ресурсов; приоритетности внедрения энергоэффективного оборудования, технологий и материалов;
- научно-технической обоснованности реализуемых мероприятий;
- системности и иерархичности управления.

Государственное регулирование в сфере энергосбережения осуществляется путем:

- разработки, утверждения и реализации республиканской, отраслевых, региональных программ энергосбережения и других программ в сфере энергосбережения;
- технического нормирования, стандартизации, оценки соответствия требованиям технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации;
- установления показателей в сфере энергосбережения;
- нормирования расхода топливно-энергетических ресурсов;
- проведения энергетических обследований (энергоаудитов);
- стимулирования энергосбережения;
- проведения государственной экспертизы энергетической эффективности;
- надзора в сфере энергосбережения.

2. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

Энергия – (от греч. *energeia* – действие, деятельность, интенсивность, работа) представляет собой общую количественную меру движения и взаимодействия различных видов материи.

Энергии присущи следующие основные свойства:

- способность переходить из одной формы в другую;
- способность производить полезную для человека работу;
- энергию можно объективно определить и количественно измерить.

На сегодняшний день человечеству известно о существовании следующих видов энергии: механической, тепловой, химической, электрической, электромагнитной, ядерной, гравитационной.

Единицей измерения энергии является 1 Дж (Джоуль).

В то же время для измерения определенных видов энергии применяются следующие единицы:

измерения тепловой энергии применяется калория,
 $1 \text{ ккал} = 4,189 \text{ Дж}$;

измерения электрической энергии применяется
 $1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 3,6 \text{ МДж}$.

Тепловая энергия – это энергия, характеризующаяся хаотическим движением молекул и атомов веществ. Чем выше скорость такого движения, тем выше температура тела. В энергетике тепловую энергию получают преимущественно путем сжигания органического топлива, концентрацией солнечного излучения, использованием теплоты земных недр или путем распада тяжелых ядер (урана, плутония и т.д.). Тепловая энергия вырабатывается в виде энергии пара, горячей воды, воздуха или продуктов сгорания топлива.

Электрическая энергия – это энергия движущихся по электрической цепи электронов или ионов. В энергетике электрическая энергия в виде трехфазного переменного тока промышленной частоты вырабатывается на синхронных, асинхронных генераторах, частотных преобразователях. Трехфазный ток удобен для передачи механического вращающегося момента посредством вращающегося электромагнитного поля, передаваемого по проводам трехфазной цепи. Число фаз «три» было взято из экономических соображений как наименьшее число фаз по условиям устойчивого и однозначного запуска трехфазных асинхронных двигателей, которые расходуют около 90 % всей

электроэнергии, идущей на все электродвигатели или, другими словами, около 40 % всей вырабатываемой электрической энергии.

Химическая энергия – это энергия, проявляющаяся при химических реакциях. В энергетике используются экзотермические реакции окисления топлива, протекающие с выделением теплоты.

Электромагнитная энергия – это энергия взаимно порождающих друг друга электрических и магнитных составляющих электрического поля, проявляющаяся в виде электромагнитных волн.

Атомная (ядерная) энергия – это энергия, выделяющаяся при распаде тяжелых ядер или при синтезе легких ядер веществ. В энергетике пока используется только первый вариант, то есть распад в атомных реакторах тяжелых ядер урана, плутония.

Под энергетическими ресурсами понимаются носители энергии, которые при данном уровне техники или в предвидимой перспективе ее развития используются либо могут быть использованы для получения необходимой энергии. Различают природные (первичные) и побочные (вторичные) энергетические ресурсы.

Природные энергетические ресурсы образовались в результате геологического развития земли и других природных процессов.

К природным энергетическим ресурсам относятся виды топлива:

- уголь, нефть, природный газ, сланцы, торф, древесина, ядерное топливо;

- геотермальное тепло, энергия рек, ветра, приливов и отливов, солнечная энергия.

Побочные энергетические ресурсы получают в качестве побочного продукта или отходов основного производства. Побочными энергоресурсами являются в частности горючие и горячие газы, отработанный производственный пар, а также те, которые связаны с избыточным давлением газов и жидкостей.

Энергетические ресурсы классифицируются на топливные и нетопливные.

К топливным энергоресурсам относятся уголь, нефть, природный газ, сланцы, торф, древесина.

К нетопливым энергоресурсам – энергия рек, приливов и отливов, ветра, геотермальное тепло, солнечная энергия.

Топливные энергоресурсы имеют органическую, углеродную основу (поэтому они называются также органическими) и энергия высвобождается в них, главным образом, в процессе образования двуокиси углерода.

Энергоресурсы классифицируются на ископаемые и неископаемые. Такие ископаемые энергоресурсы, как уголь, нефть и природный газ образовались из органического вещества растений и микроорганизмов, живших миллионы лет назад. Различие встречающихся в земной коре видов природного органического топлива обусловлено особенностями исходных органических остатков, из которых они сформировались.

Природные топливные ресурсы могут быть классифицированы на твердые, жидкие, газообразные.

К твердому топливу относятся бурый уголь, каменный уголь, антрацит, торф, сланцы, дрова.

К жидкому топливу относится нефть. К газообразному топливу относятся природный и попутный газы.

Энергоресурсы могут быть классифицированы на возобновляемые и не возобновляемые.

Возобновляемыми считаются энергия рек, приливов и отливов, ветра, солнечная энергия, древесное топливо. К возобновляемым может быть отнесен и торф – единственное возобновляемое в природе органическое топливо. Ежегодный рост торфяников составляет 1...2 мм, что увеличивает запасы торфа на 1 гектар в среднем на 2 тонны.

Наряду с термином «энергетические ресурсы» широко используется термин «энергонаситель», который в ряде случаев применяется как синоним первого. Однако необходимо делать различие между ними. Под энергонасителем понимается непосредственно используемый на стадии конечного потребления облагороженный, переработанный, преобразованный и побочный энергоресурс.

Энергонасителем может быть также и природный энергоресурс, потребляемый в непосредственном виде у конечного потребителя энергии.

3. ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) Республики Беларусь включает:

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

Топливо-энергетический комплекс является важнейшей структурной составляющей национальной экономики, которая обеспечивает функционирование всех ее звеньев и повышение уровня жизни населения. Топливо-энергетический комплекс Республики Беларусь включает системы добычи, транспорта, хранения, производства и распределения основных видов энергоносителей: природного газа, нефти и продуктов ее переработки, твердых видов топлива, электрической и тепловой энергии. Роль комплекса в экономике страны определяется следующими параметрами: он производит 24 % промышленной продукции страны, осваивает четвертую часть всех инвестиций в основной капитал промышленности, в нем сосредоточено 22,8 % промышленно-производственных основных фондов, занято 5,3 % промышленно-производственного персонала.

Нефтяная промышленность Беларуси

Нефтяная промышленность включает нефтедобывающую и нефтеперерабатывающую промышленность.

Нефтедобывающая промышленность специализирована на добыче нефти и первичной подготовке ее для транспортировки и переработки. В настоящее время разведано 65 месторождений нефти, 39 из них разрабатываются. Добычу нефти в республике осуществляет нефтегазодобывающее управление «Речицанефть» – ведущее обособленное подразделение предприятия «Белоруснефть». Дебит скважин небольшой, основной способ добычи – насосный.

Более крупные месторождения выработаны, и годовой объем добычи упадет до 1,8 млн тонн. В 2018 г. добыто 1 млн 670 тыс. тонн нефти.

Для покрытия затрат на капитальный ремонт, проведение геологоразведочных и буровых работ, закупку нефтепромыслового оборудования часть добываемой нефти намечается направлять на экспорт.

Нефтеперерабатывающая промышленность обеспечивает потребности страны в моторном и котельно-печном топливе, маслах, продуктах для нефтехимического производства. Суммарная мощность двух нефтеперерабатывающих предприятий составляет около 40 млн. т в год в пересчете на сырую нефть.

Крупнейшим в Европе является Новополоцкий НПЗ (ПО «Нафтан»), установленная мощность которого достигает 25 млн тонн в год, завод выпускает более 75 наименований продукции. Поставки сырой нефти на нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) осуществляются из России с использованием системы магистральных нефтепроводов «Дружба». Мозырский НПЗ перерабатывает белорусскую нефть. Трубопроводный транспорт используется и для перекачки нефтепродуктов (дизельного топлива и бензина) по территории Беларуси и на экспорт.

Газовая промышленность Беларуси

Газовая промышленность осуществляет добычу попутного газа, транспортировку, переработку природного и попутного газа, его использование.

Газификация, т.е. применение горючих газов в народном хозяйстве и для бытовых нужд, началась в 1960 г. после завершения строительства магистрального газопровода Дашава (Украина) – Ивацевичи – Минск и ответвления на Гомель от газопровода Дашава – Киев – Москва. Новый этап в развитии газификации связан с вводом в действие (1974 г.) мощной газотранспортной системы Торжок – Минск – Ивацевичи (три нити газопроводов). В Беларусь стал поступать природный газ из России, от крупных месторождений Западной Сибири и Республики Коми.

Потребление природного газа национальной экономикой возрастает: в 1965 г. составляло 2,2 млрд м³, то в 2018–2019 гг. планируется на уровне 18...19 млрд м³.

Для покрытия сезонной неравномерности в потреблении газа создается система подземных хранилищ. Мощности первого Осиповичского подземного газохранилища (360 млн м³) оказались недостаточными, ведется строительство Прибугского, с выходом которого на проектную мощность (1,35 млрд м³) объем хранения природного газа в Беларуси достигнет примерно 10 % годового газопотребления. В то же время сезонная неравномерность составляет около 15 % годового

газопотребления, поэтому ведутся работы по подготовке перспективной геологической структуры для создания подземного газохранилища в районе Светлогорска (Василевичи Гомельской области).

Торфяная промышленность Беларуси

Торфяная промышленность производит добычу торфа на топливо, для сельского хозяйства, химической переработки, занимается производством торфобрикетов.

В настоящее время торфяная промышленность представлена 37 предприятиями, на которых ведется добыча и переработка торфа, он используется, прежде всего, в коммунально-бытовом секторе.

Основными видами продукции являются: торфяные брикеты, торф кусковой и сфагновый. Эксплуатационные запасы торфа на сырьевых базах предприятий составляют 142,5 млн т, в том числе торфа, пригодного для брикетирования – 100 млн т.

Электроэнергетическая промышленность Беларуси

Современная электроэнергетика Беларуси представляет собой постоянно развивающийся высокоавтоматизированный комплекс, объединенный общим режимом работы и единым централизованным диспетчерским управлением. Производственный потенциал белорусской энергосистемы представлен 22 крупными электростанциями, 25 районными котельными, включает почти 7 тыс. км системообразующих и около 250 тыс. км распределительных линий электропередач высокого напряжения и более 2 тыс. км тепловых сетей.

Электроэнергетика представлена целой системой устройств: от сложнейших электростанций, до распределительных шкафов. Установленная мощность электростанций составила 7,2 млн кВт. Основу электроэнергетики Беларуси составляют тепловые электростанции, они вырабатывают 99,9 % всей электроэнергии. Среди тепловых электростанций различают конденсационные (ГРЭС) и теплоэлектроцентрали (ТЭЦ). Их доля в общей установленной мощности составляет соответственно 43,7 и 56,3%.

Самая крупная электростанция Беларуси – Лукомльская ГРЭС, мощностью 2560 МВт, вырабатывает более 40 % всей электроэнергии, используя природный газ и топочный мазут. К числу крупнейших электрических станций следует отнести Березовскую ГРЭС (установленная мощность – 930 МВт).

Среди теплоэлектроцентралей с установленной мощностью по выработке электрической энергии выделяются:

Минские ТЭЦ-4 (1030 МВт), ГЭЦ-3 (420 МВт). ТЭЦ-5 (330 МВт).

Гомельская ТЭЦ-2 (540 МВт).

Могилевская ТЭЦ-2 (345 МВт).

Новополоцкая ТЭЦ (505 МВт).

Светлогорская ТЭЦ (260 МВт).

Мозырская ТЭЦ (195 МВт).

Бобруйская ТЭЦ-2 (180 МВт).

Теплоэлектроцентрали и районные котельные вырабатывают около 60 % тепловой энергии.

Действуют также несколько тысяч малых энергоустановок, которые имеют низкие технико-экономические характеристики, негативно воздействуют на окружающую среду, забирают значительное количество трудовых ресурсов.

В различные периоды на территории Беларуси было построено более 20 гидроэлектростанций небольшой мощности. Сейчас работают 11 станций, наиболее крупные – Осиповичская (2,2тыс. кВт) нар. Свислочьская и Чигиринская (1,5тыс. кВт) нар. Друть.

В 2011 году в Гродненской области начато строительство Белорусской АЭС. Для ее строительства выбран проект АЭС-2006– типовой российский проект атомной станции нового поколения с использованием водо-водяного энергетического реактора ВВЭР-1200. Планируемая мощность 2400 МВт. Ввод в строй первого реактора намечен на 2019 год.

4. ВИДЫ ТОПЛИВА. ПОНЯТИЕ УСЛОВНОГО ТОПЛИВА

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

Топливные энергетические ресурсы разных видов имеют различные качественные характеристики: теплота сгорания, сернистость, зольность, влажность и др. Важнейшей характеристикой является теплота сгорания. Этот показатель характеризует энергетическую ценность топлива и существенно колеблется по видам топлива. Иногда этот показатель называют энергосодержанием топлива или теплотворной способностью. Для измерения энергосодержания (теплоты сгорания топлива) используют такие единицы, как калория или джоуль. Между ними существует соотношение – $1 \text{ ккал} = 4,189 \text{ Дж}$.

Удельная теплота сгорания для различных видов топлива приведена в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Удельная теплота сгорания для различных видов топлива

Вид топлива	Удельная теплота сгорания		
	кДж/кг	ккал/кг	ккал/м ³
Сырая нефть	43000	10260	
Природный газ	35000...3700		8350...8830
Каменный уголь	25000...28000	5970...6680	
Бурый уголь	12000...15000	2860...3560	
Сланцы	10000...12000	2390...2860	
Торф	6000...10000	1430...2400	
Мазут	38000...40000		
Бензин	45000		
Газовый конденсат	35000		

Различают высшую и низшую теплоту сгорания. Она называется высшей Q_v , если включает в себя теплоту конденсации QH_2O водяного пара, входящего в состав продуктов сгорания. Тепловой эффект сжигания топлива получается меньше высшей теплоты сгорания на величину QH_2O . Разность $Q_v - QH_2O = Q_n$ называется низшей теплотой сгорания.

Соотношение между значениями теплоты сгорания Q_{pv} и Q_{pn} зависит, прежде всего, от влажности топлива: при высокой влажности

(до 50 %) высшая теплота отличается от низшей на 20 % и более, при небольших значениях (10...15 %) разница существенно снижается.

В качестве основного показателя энергетической ценности органического топлива в странах СНГ принято использовать низшую теплоту сгорания Q_{pn} топлива. В связи с различным содержанием балласта в топливе даже одного вида теплота сгорания рабочей массы может колебаться в значительных пределах. Поэтому показатели теплоты сгорания обычно даются в справочных данных не для рабочей, а для горючей массы топлива.

Условное топливо

Условное топливо – это принятая при технико-экономических расчетах единица, служащая для сопоставления тепловой ценности различных видов органического топлива.

Учет запасов разных видов топлива ведут в пересчете на условное топливо – гипотетическое топливо, теплота сгорания которого принимается равным 29308 кДж / кг (7000 ккал / кг).

Для численного перевода реального (натурального) топлива B_n в условное – B_y , используют тепловой эквивалент (калорийный коэффициент).

$$B_y = B_n \cdot \frac{Q_n}{Q_y} \quad (4.1)$$

где B_n – количество натурального топлива, Q_n – теплота сгорания натурального топлива, Q_y – теплота сгорания условного топлива.

Пример 4.1 Произвести пересчет в единицы условного топлива 2 тонны бурого угля с теплотой сгорания 7500 кДж/кг .

Решение: Пользуясь выражением перевода натурального топлива в условное произведем перевод 2^x тонн бурого угля в т у.т.

$$B_y = 2000 \frac{7500}{29309} = 768 \text{ кг у.т.} = 0,768 \text{ т у.т.}$$

Пример 4.2 Природный газ объем (1 м^3), теплота сгорания которого принимается равной 8500 ккал/м^3 перевести в условное топливо.

Решение: Подставив, значения в выражение перевода в условное топливо получим:

$$B_y = 1,0 \cdot \frac{8500}{7000} = 1,214 \text{ кг у.т./м}^3$$

Топливный эквивалент некоторых видов топлива приведен в таблице 4.2.

Таблица 4.2

Топливный эквивалент некоторых видов топлива

Топливо	Топливный эквивалент, т у.т.
Нефть	1,43
Природный газ	1,15
Торф	0,34...0,41 в зависимости от влажности
Торфобрикет	0,45...0,6 в зависимости от влажности
Дизтопливо	1,45
Мазут	1,37

В мировой практике для измерения объема добычи нефти за какойто период времени (сутки, месяц, год) широко используется единица измерения баррель, который равен 195,7 кг у.т. или 137 кг н.э.

Основные виды топлива, потребляемые в энергетике это природный газ, мазут, твердые виды топлива (уголь, торф, горючие сланцы) и ядерное топливо.

Природный газ, широко используемый в энергетике, представляет собой газовую смесь, основным горючим компонентом которого является метан. К другому виду газового топлива относится попутный газ, который получают при добыче нефти. Его количество составляет 10...15 % от массы добываемой нефти. В процессе переработки нефти одним из побочных продуктом является сжиженный газ, используемый главным образом в быту.

Месторождения газа подразделяются на газоконденсатные и чисто газовые. Газ газоконденсатных месторождений помимо метана содержит значительное количество пропана и бутана. Газ чисто газовых месторождений состоит почти из одного метана. В незначительном количестве в нем содержатся этан и пропан. К балласту природного газа относятся азот и двуокись углерода, однако их содержание незначительно, всего несколько процентов.

Перед подачей газового топлива в магистральные газопроводы его подвергают переработке, чтобы сделать газ пригодным для транспортировки, повысить его энергетическую ценность, минимизировать выход вредных продуктов сгорания, облегчить обнаружение утечек

газа. Переработка газа включает в себя очистку от сероводорода, двуокиси углерода, сушку.

Существенной особенностью газового топлива является трудности его хранения. Основным методом хранения значительных запасов газа является его закачка в подземные пласты. Однако для этого нужны подходящие природные условия, главным образом наличие истощенных нефтяных и газовых месторождений. Создание искусственных хранилищ – очень дорогостоящее мероприятие.

Мазут, получаемый в результате переработки нефти, является основным видом жидкого энергетического топлива. Состав мазута зависит в основном от состава исходной нефти. Органическую часть мазута образуют следующие пять элементов: углерод, водород, кислород, азот и сера.

В значительных количествах в мазуте содержатся асфальтосмолистые вещества, которые переходят в мазут из нефти при ее переработке. Их содержание в составе сырой нефти составляет от 4 до 20% и более. Содержание их в нефти является одним из показателей качества нефти: чем их больше, тем хуже качество нефти.

Топочные мазуты разделяются на три вида в зависимости от содержания серы в них: малосернистые (меньше 0,5 %), сернистые (0,5 – 2,0 %), высокосернистые (более 2 %). Сера в мазуте входит главным образом в состав органических соединений. Содержание серы в мазуте находится в прямой связи с сернистостью нефти, из которой был получен данный мазут. Нефть всех месторождений содержит серу от долей процента до 7 %. Зольность топочных мазутов невелика и не превышает 0,1...0,3 %. Зола образуется в результате трансформации в нее минеральных примесей в процессе сжигания. В состав золы входят также окислы кальция, магния, ванадия, железа и других элементов.

Важными показателями качества мазута являются влажность, вязкость, плотность, температуры вспышки и воспламенения, максимальная температура застывания и коксуемость.

Содержание воды в мазуте колеблется от 0,5 до 5 %. Значительное обводнение мазута происходит в процессе их доставки, в основном при его разогреве острым паром перед сливом из цистерн.

При этом содержание влаги повышается до 10 %. При сжигании влажного мазута происходит увеличение расхода энергии на собственные нужды электростанций, увеличиваются потери теплоты с уходящими газами, снижается теплоотдача в топке. Следствием этого является снижение коэффициента полезного действия (КПД) котла. Повышенное содержание воды увеличивает коррозионное разрушение

мазутопроводов и аппаратуры вследствие растворения в воде некоторых агрессивных сернистых соединений, например сероводорода.

Вязкость характеризует затраты энергии на транспортировку жидкого топлива по трубопроводам, длительность сливных и наливных операций. От вязкости зависит эффективность работы топочных форсунок. Вязкость влияет на скорость осаждения механических примесей при хранении, транспорте и подогреве мазута.

Вязкость мазута зависит от ряда факторов: температуры, давления, предварительной термообработки. При нагревании вязкость снижается. Количественно вязкость определяют в виде коэффициента внутреннего трения μ ($H, c/m^2$), либо в виде кинематической вязкости:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}, \text{ м}^2/\text{с}, \quad (4.2)$$

где ρ – плотность нефтепродукта, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Показателем плотности пользуются для определения вместимости мазутных резервуаров, расхода энергии на перекачку мазута.

На практике пользуются относительной плотностью, которая представляет собой отношение плотности мазута к плотности дистиллированной воды при определенной температуре. Во всех странах эта температура составляет 15°C , а плотность определяет условия отстаивания воды и механических примесей из мазута. При относительной плотности меньше 1,0 происходит отстой и тем быстрее, чем меньше плотность мазута. При плотности выше единицы отстой становится невозможным.

Температурой вспышки называют такую температуру, при которой пары нагреваемого жидкого топлива образуют в смеси с воздухом горючую смесь, вспыхивающую при поднесении пламени.

Если же горение продолжается, то соответствующая температура называется температурой воспламенения. Температура воспламенения ненамного превышает температуру вспышки, разница между ними составляет не более $60\dots 70^\circ\text{C}$. Значительно выше температура самовоспламенения, которая характеризует такую степень нагрева мазута, при которой он воспламеняется без внешнего источника пламени. Ее величина находится в пределах $500\dots 600^\circ\text{C}$.

При уменьшении температуры происходит постепенное загустевание мазута. Температура, при которой мазут перестает течь, называется температурой застывания. В зависимости от состава мазута его температура застывания находится в пределах $15\dots 35^\circ\text{C}$. Темпера-

тура наряду с вязкостью определяет прокачиваемость мазута по трубопроводам.

При нагревании мазута до высоких температур без доступа воздуха происходит его термическое разложение (коксование) с образованием твердого продукта – кокса. Коксуемость мазута характеризуется количеством образуемого кокса и выражается в процентах от исходной массы жидкого топлива.

Уголь, используемый на электростанциях и в котельных, составляет свыше 90 % всех мировых запасов органического топлива.

Угли могут быть классифицированы на три вида: бурые, каменные и антрацит.

Бурые угли отличаются повышенной зольностью (до 30 %), склонностью к самовозгоранию, большим выходом летучих веществ. Содержание влаги может достигать 40 %.

Каменные угли имеют влажность 7...10 %, зольность 5... 20 %. Удельная теплота сгорания составляет более 20 000 кДж/кг.

Каменные угли делятся на марки, при этом основными классификационными признаками являются выход летучих веществ и толщина пластического слоя, который образуется при нагревании угля до высоких температур без доступа воздуха. Предусматривается также деление углей на классы по размеру кусков.

К антрацитам относятся наиболее качественные угли с удельной теплотой сгорания 25000...27000 кДж/кг. Выход летучих веществ составляет менее 9 %.

Торф образуется в результате разложения растительных остатков под водой без доступа воздуха. Он имеет высокую влажность (до 40–50 %), высокий выход летучих веществ (до 70 %) и низкую теплоту сгорания (8 000...11000 кДж/кг).

Торф поставляется потребителям в виде кускового и фрезерного (торфяной крошки). В незначительном количестве он используется в небольших котельных, а также в виде брикетов в быту. Кроме того, торф широко используется не как топливо, а в качестве удобрения и сырья для химической промышленности.

Горючие сланцы, как и торф, представляют собой продукт разложения растительной массы без доступа воздуха. Минеральной основой их являются известняки, глина и песок. Они характеризуются небольшой влажностью (12...17 %) по сравнению с торфом, значительным содержанием золы (40...50 %), большим выходом летучих веществ (80...90 %) и низкой теплотой сгорания – 7 000...10 000 кДж/кг. В качестве энергетического топлива они используются путем газифи-

кации и для получения сланцевого масла, а также в качестве сырья для химической промышленности.

Все виды твердого топлива способны удерживать в себе влагу.

Различают несколько видов топливной влаги: гидратная, сорбционная, капиллярная, поверхностная.

Гидратная вода содержится главным образом в минеральных примесях топлива. Ее удаление возможно в результате химических реакций. Это возможно при температурах 150...200 °С. Полное выделение гидратной воды может происходить в течение нескольких секунд при температуре свыше 700 °С. Доля, гидратной воды в общем содержании ее в топливе составляет несколько процентов.

Наличие сорбционной влаги обусловлено способностью удерживать влагу за счет сил межмолекулярного взаимодействия, которое имеет место как на поверхности, так и внутри топливной массы. Такая влага называется иногда гигроскопической.

Капиллярная влага обусловлена пористой структурой топлива.

При соприкосновении топлива с влагой она проникает вглубь пор и при наличии достаточной влажности окружающей среды может обеспечить их полное затопление. При выдерживании топлива в атмосфере с влажностью менее 100 % происходит полное испарение влаги.

Вода может проникать не только в поры внутри кусков топлива, но и заполнять пространство между кусками. Влага, накапливающаяся снаружи кусков топлива, называется поверхностной. Длительность существования данной влаги зависит от температуры и влажности окружающего воздуха.

Наличие влаги в топливе неблагоприятно сказывается на его технологических характеристиках, снижает тепловую экономичность электростанций. Наличие повышенной влаги в твердом топливе может приводить к потере его сыпучести и к смерзанию, что приводит к трудностям с использованием топлива на электростанциях и в котельных.

При сжигании топлива большая масса газообразных и твердых продуктов сгорания поступает в окружающую среду. Наряду с продуктами сгорания в окружающую среду поступают примеси топлива – зола, окись углерода, окислы серы и азота, многие элементы таблицы Менделеева, продукты неполного сгорания топлива и др.

Наличие указанного балласта вызывает загрязнение окружающей среды и поэтому возникает проблема ее защиты.

При сжигании угля образуется значительное количество золы и шлака. Большую часть золы можно уловить, но не всю. О содержании

минеральных примесей в твердом топливе можно судить по его зольности, негорючему остатку, образующихся при окислении горючих компонентов топлива. Зольность варьирует в широких пределах, от 2...3 % до 60...70 %.

Ядерное топливо. Основой для производства ядерного топлива является урановая руда, которая содержит 99,3 % урана 238 (^{238}U) и 0,7 % урана 235 (^{235}U). В современных реакторах на тепловых нейтронах основной «горючей» массой является ^{235}U , на базе которого происходит цепная реакция деления. Изотоп урана ^{238}U является неделящимся материалом.

Таким образом, лишь малая доля естественного урана может быть использована для получения энергии в реакции деления.

При полном делении 1 кг ^{235}U выделяется энергия:

$$8 \cdot 10^{13}, \text{ Дж или } 1,91 \cdot 10^{10} \text{ ккал.}$$

Эта энергия будет эквивалентна:

$$B_y = 1 \cdot \frac{1,91 \cdot 10^{10}}{7000} = 2,73 \cdot 10^6 \text{ кг у.т. или } 2730 \text{ т у.т.}$$

Поэтому 1,0 кг естественного урана по своему энергетическому потенциалу эквивалентен примерно 21 тонне угля.

При оценках мировых запасов уранового «топлива» обычно исходят из содержания в урановой руде изотопа ^{235}U . Однако энергетический потенциал естественного урана может быть увеличен в сотни раз, если неделящийся изотоп ^{238}U будет конвертирован в другой делящийся изотоп ^{239}U . Это связано с созданием реактора на быстрых нейтронах по сравнению с ныне эксплуатируемыми реакторами на тепловых нейтронах. Этот вопрос может быть предметом отдельного изучения. Следует заметить, что в настоящее время в реакторах атомных электростанций используется обогащенный уран, то есть такой природный уран, в котором искусственным путем содержание урана ^{235}U увеличено, например, до 5 %. При такой концентрации делящегося материала обеспечивается возможность цепной реакции деления ядер урана. Необходимо отметить, что по степени обогащения урановый материал классифицируется на три вида: слабообогащенный (до 5 %), среднеобогащенный (от 5 до 20 %), высокообогащенный (от 20 до 80 %). По мере увеличения степени обогащения урана снижаются затраты на доставку уранового топлива от места его производства до атомной электростанции.

Затраты на транспортировку даже природного урана, равноценного по своей энергетической ценности количеству традиционного топлива, несопоставимо меньше (на 3...4 порядка) по сравнению с обычным топливом. Одного вагона-контейнера уранового топлива достаточно, чтобы обеспечить годовую работу АЭС мощностью 1000 МВт.

5. ТРАДИЦИОННЫЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛО-ВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Тепловая электростанция

Тепловая электростанция (ТЭС), вырабатывает электрическую энергию в результате преобразования тепловой энергии, выделяющейся при сжигании органического топлива (рис. 5.1).

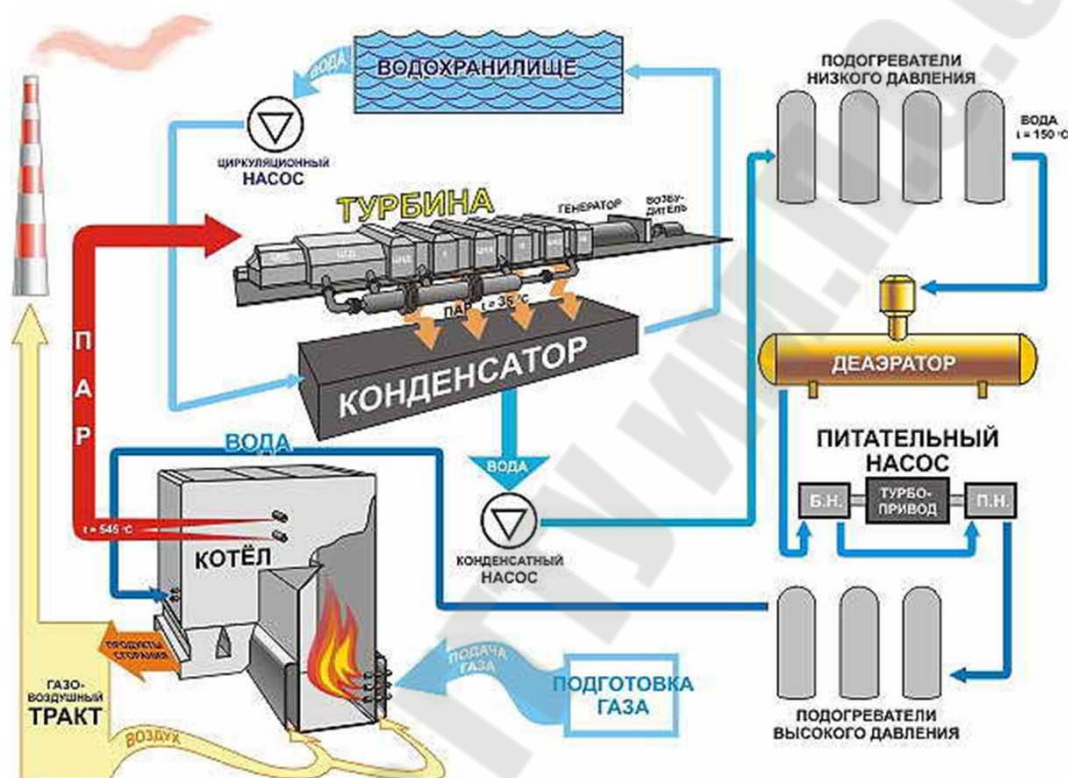


Рис. 5.1. Схема тепловой станции

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

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

Энергия пара приводит во вращение ротор паровой турбины. Расширяясь в ступенях турбины, пар совершает работу. Механическая энергия вращения вала турбины передается электрогенератору,

вырабатывающему электроэнергию, которая после повышения напряжения в трансформаторе направляется по линиям электропередачи к потребителю.

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

Конденсатор – теплообменный аппарат, предназначенный для превращения, отработавшего в турбине пара, в жидкое состояние. Конденсация пара сопровождается выделением теплоты, затраченной ранее на испарение жидкости, которая отводится с охлаждающей водой. За счет резкого уменьшения удельного объема пара создается низкое давление отработавшего пара (вакуум). Чем ниже температура охлаждающей воды и чем больше ее расход, тем более глубокий вакуум можно получить в конденсаторе. Образующийся конденсат откачивается из конденсатора конденсатным насосом и поступает в котел. В результате цикл замыкается.

Конденсационные электростанции и теплоэлектроцентрали

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

Отличие ТЭЦ от КЭС состоит в том, что ТЭЦ отдает потребителю не только электроэнергию, но и теплоту с сетевой водой, нагретой в бойлерах до 150...170 °С.

Конденсация (от лат. condensatio –уплотнение, сгущение), переход вещества из газообразного состояния в жидкое или твердое. Конденсация возможна только при температурах ниже критической температуры.

Сетевая вода – теплоноситель, циркулирующий в сети по магистральным теплопроводам. Подается в жилые массивы и далее либо непосредственно, либо через промежуточные теплообменники направляется на отопление и горячее водоснабжение.

Отопление от ТЭЦ экономичнее, чем от индивидуальных и даже центральных котельных, так как на ТЭЦ сетевая вода подогревается отработавшим паром, температура которого лишь немногим выше температуры сетевой воды. В котельных для повышения экономично-

сти используется теплота при максимальной температуре горения топлива.

При комбинированной выработке тепловой и электрической энергии в тепловую сеть отдается главным образом теплота отработавшего в турбинах пара (или газа), что приводит к снижению расхода топлива на 25...30 % по сравнению с отдельной выработкой электроэнергии на КЭС и теплоты в районных котельных.

Атомная электростанция

Атомная электростанция (АЭС) преобразует ядерную энергию в электрическую энергию (рис. 5.2).

На АЭС теплота, выделяющаяся в ядерном реакторе в результате цепной реакции деления ядер некоторых тяжелых элементов, в основном ^{233}U , ^{235}U , ^{239}Pu , преобразуется в электрическую энергию так же, как и на обычных тепловых электростанциях.

При делении 1грамма изотопов урана или плутония высвобождается около 22,5 МВт·ч энергии, что эквивалентно энергии, получаемой при сжигании 2,8 тонны условного топлива.

Атомные электростанции составляют основу ядерной энергетики. Тепловые схемы атомных электростанций зависят от типа реактора, вида теплоносителя, состава оборудования. Тепловые схемы могут быть одно-, двух- и трехконтурными.



Рис. 5.2. Схема атомной электростанции

Гидроэлектростанция

Гидроэлектростанция (ГЭС), преобразует механическую энергию потока воды в электрическую энергию посредством гидравлических турбин, приводящих во вращение электрические генераторы (рис. 5.3). Мощность крупнейших гидроэлектростанций до нескольких ГВт.

В состав гидроэлектростанции входят водохранилище, подводящий водовод, регулятор расхода воды, гидротурбина, электрогенератор, система контроля и управления параметрами генератора, электrorаспределительная система.

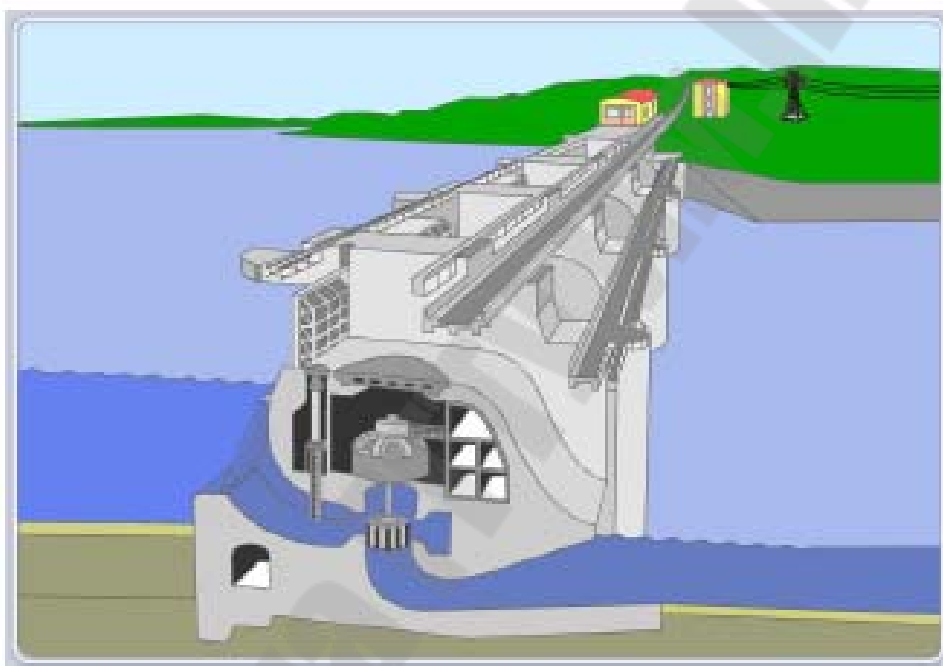


Рис. 5.3. Схема гидроэлектростанции

Мощность водного потока P определяется по формуле:

$$P = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H, \quad (5.1)$$

где Q – объем воды, поступающей в рабочий орган гидроэнергетической установки в единицу времени (расход, измеряемый в $\text{м}^3/\text{с}$); H – высота падения жидкости (напор, измеряемый в метрах); ρ – плотность воды ($\text{кг}/\text{м}^3$); g – ускорение силы тяжести ($9,8 \text{ м}/\text{с}^2$).

Основным рабочим органом гидроэнергетической установки, непосредственно преобразующим энергию движущейся воды в кине-

тическую энергию своего вращения, является гидротурбина. Коэффициент полезного действия гидротурбины составляет до 90 %.

Гидротурбины бывают двух типов:

– активные гидротурбины, рабочее колесо которых вращается в воздухе натекающим на его лопасти потоком воды;

– реактивные гидротурбины, рабочее колесо которых полностью погружено в воду и вращается в основном за счет разности давлений перед и за колесом.

Величина КПД реальных турбин колеблется от 50 % для небольших агрегатов до 90 % для больших энергоустановок.

Когенерационные установки, мини-ТЭЦ

Когенерация – это совместное (комбинированное) производство нескольких видов энергии. Основным элементом комбинированного источника электроэнергии и тепла, в дальнейшем когенератора (когенерационной установки, мини-ТЭЦ), является первичный газовый двигатель внутреннего сгорания с электрогенератором на валу.

При работе блока «двигатель-генератор» используется тепло газовых выхлопов, масляного холодильника и охлаждающей жидкости двигателя. При этом в среднем на 100 кВт электрической мощности потребитель получает 150...160 кВт тепловой мощности в виде горячей воды 90 °С для отопления и горячего водоснабжения. Таким образом, когенерация удовлетворяет потребности объекта в электроэнергии и низкопотенциальном тепле. Главное ее преимущество перед обычными системами состоит в том, что преобразование энергии здесь происходит с большей эффективностью, чем достигается существенное сокращение расходов на производство единицы энергии.

Наибольший эффект применения когенерационной установки (мини-ТЭЦ) достигается при работе параллельно с внешней сетью.

6. НЕТРАДИЦИОННАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Преобразование солнечной энергии в тепловую и электрическую энергию

Вся поверхность Земли получает от Солнца мощность около $1,2 \cdot 10^{17}$ Вт. Максимальная плотность потока солнечного излучения, приходящего на Землю, составляет примерно 1 кВт/м^2 . В зависимости от места, времени суток и погоды потоки солнечной энергии меняются от 3 до 30 МДж/м² в день. Плотность потока излучения от Солнца, падающего на перпендикулярную ему площадку вне земной атмосферы, называется солнечной константой S , которая равна 1367 Вт/м^2 .

Для комфортных условий жизни человеку требуется примерно 170 МДж энергии в день. Менее одного часа получения этой энергии достаточно, чтобы удовлетворить энергетические нужды всего населения земного шара в течение года.

Солнце предлагает нам энергетический потенциал, который можно использовать практически бесконечно. Пять миллиардов лет оно поддерживает жизнь на нашей планете. И в будущем оно будет также долго дарить нам драгоценное тепло. Энергетические запасы полезных ископаемых, энергопотребность и солнечная энергия представлены на рисунке 6.1.

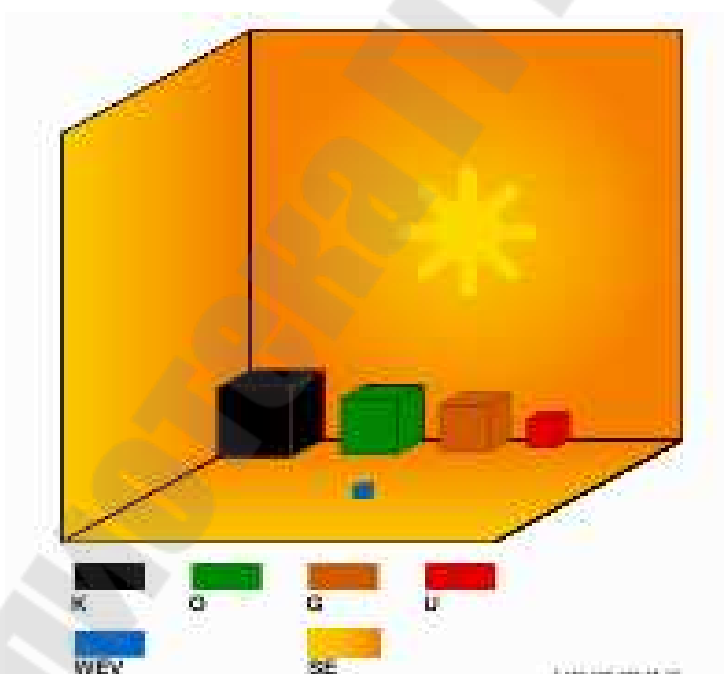


Рис. 6.1. Энергетические запасы полезных ископаемых, энергопотребность и солнечная энергия: G – природный газ; K – уголь; O – нефть; U – уран; SE – ежегодный объём солнечной энергии; WEV – ежегодная энергопотребность в мире

В связи с большим потенциалом солнечной энергии чрезвычайно заманчивым является максимально возможное непосредственное использование ее для нужд людей.

Практически используется два основных способа преобразования солнечной энергии:

– энтальпия (от греч. *enthalpo* – нагреваю), функция состояния термодинамической системы.

При постоянном давлении изменение энтальпии равно количеству теплоты, подведенной к системе, поэтому энтальпию называют часто тепловой функцией или теплосодержанием.

Прямое преобразование солнечной энергии в тепловую (солнечные водоподогреватели, подогреватели воздуха, солнечные коллекторы) и прямое преобразование солнечной энергии в электрическую (фотоэлектрические преобразователи).

Прямое преобразование солнечной энергии в тепловую

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

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

Для достижения более высоких температур применяют концентрирующий коллектор, который включает в себя приемник, поглощающий излучение и преобразующий его в какой-либо другой вид энергии, и концентратор, представляющий собой оптическую систему, собирающую солнечное излучение с большой поверхности.

Концентрация солнечной энергии позволяет получать температуры до 700 °С, достаточно большие для работы теплового двигателя с приемлемым коэффициентом полезного действия.

Гелиоколлекторы

Основным элементом любой солнечной установки является солнечный коллектор. Абсорбер солнечного коллектора принимает солнечные лучи, которые затем преобразуются в тепло.

Жидкость-теплоноситель – смесь воды с морозостойкой жидкостью проходит по тонким трубкам в абсорбере, нагревается и поступает в теплообменник в бойлере солнечного коллектора.

На рисунке 6.2 показан фрагмент устройства плоского солнечного коллектора.

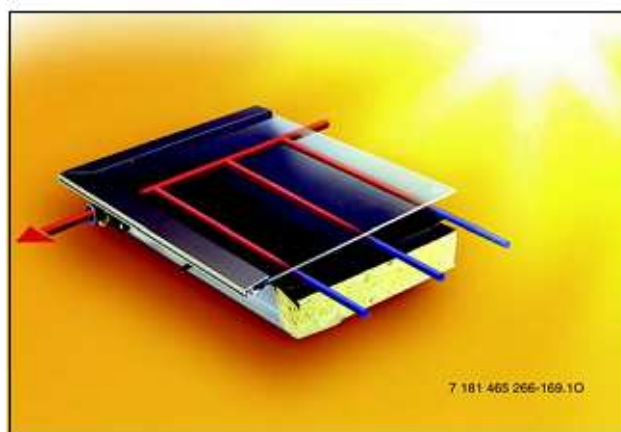


Рис. 6.2. Устройство плоского коллектора

Гелиотермическое приготовление горячей расходной воды

Для управления процессом приготовления горячей воды регулятору требуются два датчика температуры. Один измеряет температуру в самой горячей точке солнечного коллектора перед выходом из коллектора (T_1), второй измеряет температуру в бойлере на уровне теплообменника солнечного коллектора (T_2).

Температурные сигналы датчиков сравниваются в регуляторе. Насос включается, когда достигнута разница температур для включения.

При температуре $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ на датчике T_1 насос контура солнечного коллектора выключается.

Регулятор снова включает насос только после охлаждения коллектора до температуры $115\text{ }^{\circ}\text{C}$ и при наличии запроса на тепло от датчика гелиобойлера.

При температуре выше $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ теплоноситель в коллекторе испаряется.

Из-за высоких температур теплоноситель сильно увеличивается в объёме. При неправильном расчёте расширительного бака, когда давление наполнения слишком низкое, или размеры его недостаточны, теплоноситель сбрасывается через предохранительный клапан в резервуар-уловитель.

На рисунке 6.3 представлена схема гелиотермической установки приготовления горячей расходной воды.

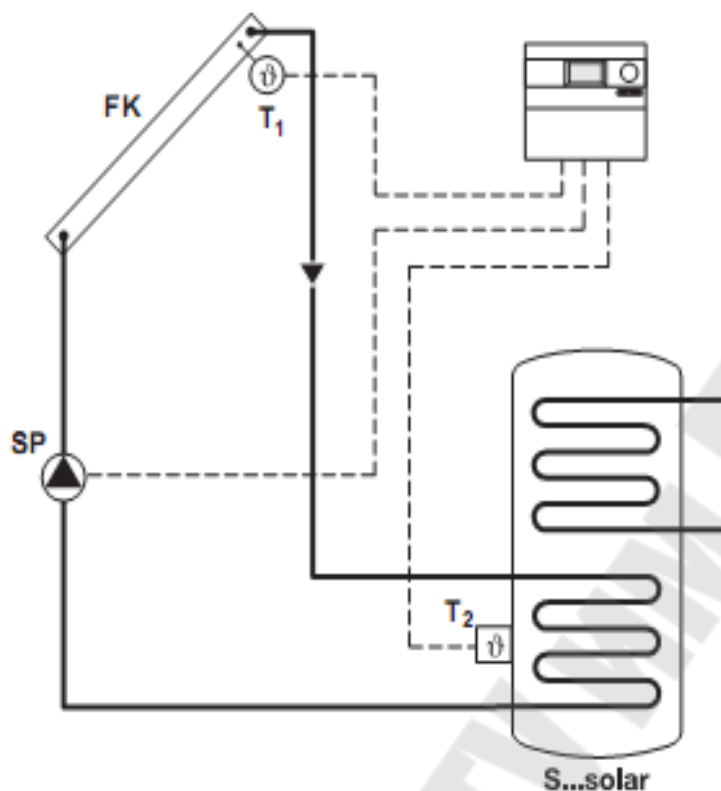


Рис. 6.3. Схема гелиотермической установки: *FK* – плоский коллектор; *S...solar* – гелиобойлер; *SP* – насос; T_1 – датчик температуры гелиоколлектора; T_2 – датчик температуры в теплоносителе бойлера

Прямое преобразование солнечной энергии в электрическую

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

Солнечные элементы характеризуются коэффициентом преобразования солнечной энергии в электрическую, который представляет собой отношение падающего на элемент потока излучения к максимальной мощности вырабатываемой им электрической энергии.

Кремниевые солнечные элементы имеют коэффициент преобразования 10...15 % (то есть при освещенности, равной $1,0 \text{ кВт/м}^2$, они вырабатывают электрическую мощность 1,0...1,5 Вт с каждого квад-

ратного дециметра) при создаваемой разности потенциалов около 1,0 вольта. Характерный продольный размер солнечного элемента обычно составляет 100x100 мм.

На рисунке 6.4 представлена схема солнечной автономной установки, позволяющей применить для включения электрического освещения и электробытовых приборов в загородном доме, на даче, в гараже и т.д.

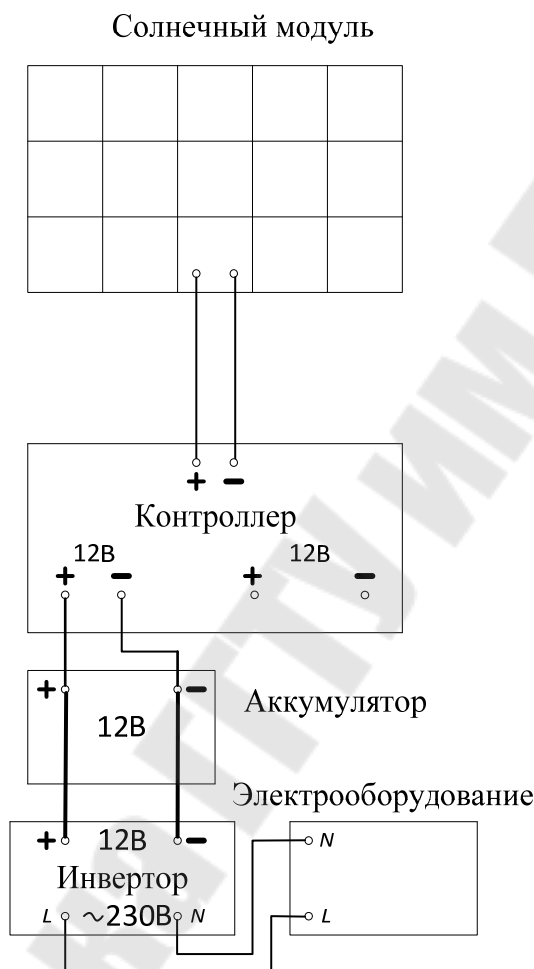


Рис. 6.4. Схема солнечной автономной установки питания электрического освещения и электробытовых приборов

Солнечный модуль преобразует энергию света в электрическую энергию.

Контроллер поддерживает аккумулятор и следит за тем, чтобы аккумулятор не перезарядился.

Инвертор преобразует постоянное напряжение 12 В в переменное напряжение 230 В.

При достаточной емкости аккумулятора (75...90 А·ч) и мощности инвертора (1000, 2000 Вт) можно включать электрическое освеще-

щение и маломощные электробытовые приборы в дневные и ночные часы. Время работы зависит от емкости аккумулятора или блока аккумуляторов и инвертора.

Ветроэнергетика

Ветер представляет собой движение воздушных масс земной атмосферы, вызванное перепадом температуры в атмосфере из-за неравномерного нагрева ее Солнцем.

Устройства, преобразующие энергию ветра в полезную механическую, электрическую или тепловую, называются ветроэнергетическими установками (ВЭУ) или ветроустановками.

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

Основными элементами ветроэлектрогенераторов являются:

- ветроколесо;
- электрогенератор;
- система управления параметрами генерируемой электроэнергии в зависимости от изменения силы ветра и скорости вращения ветроколеса;
- так как периоды безветрия неизбежны, то для исключения перебоев в электроснабжении ВЭУ должны иметь аккумуляторы электрической энергии или быть соединены с электроэнергетическими установками других типов.

Принцип работы ветрогенератора

В упрощенном виде принцип работы ветрогенератора можно представить следующим образом. Сила ветра приводит в движение лопасти, которые через специальный привод заставляют вращаться ротор. Благодаря наличию статорной обмотки, механическая энергия превращается в электрический ток. Аэродинамические особенности винтов позволяют быстро крутить турбину генератора.

На рисунке 6.5 представлена схема ветрогенератора.



Рис. 6.5. Схема ветрогенератора

На схеме показан принцип преобразования энергии ветра и действия внутренних механизмов. Во время поворотов винты также вращают ось, соединенную с ротором генератора. Когда двенадцать магнитиков, закрепленных на роторе, вращаются в статоре, создается переменный электрический ток, имеющий такую же частоту, как и в обычных комнатных розетках. Это основной принцип того, как работает ветрогенератор. Переменный ток легко вырабатывать и передавать на большие расстояния, но невозможно аккумулировать. Для этого его нужно преобразовать в постоянный ток. Такую работу выполняет электронная цепь внутри турбины.

Чтобы получить большое количество электроэнергии, изготавливаются промышленные установки. Ветровой парк обычно состоит из нескольких десятков установок.

Мощность ветрогенератора ($P_{ев}$) напрямую зависит от мощности потока воздуха, рассчитывается согласно формуле:

$$P_{ев} = \frac{\rho \cdot s \cdot v^3}{2}, \quad (6.1)$$

где v – скорость ветра, м/с; s – рабочая площадь, м; ρ – плотность воздуха кг/м².

Устройство и внешний вид промышленной ветрогенераторной установки приведено на рисунках 6.6 и 6.7.



Рис. 6.6. Устройство промышленной ветрогенераторной установки



Рис. 6.7. Внешний вид промышленной ветроэлектростанции

Принцип действия ветрогенераторов позволяет применять их в таких вариантах:

- для автономной работы;
- параллельно с резервным аккумулятором;

- вместе с солнечными батареями;
- параллельно с дизельным или бензиновым генератором.

Ветроэнергетика является одной из наиболее перспективных отраслей возобновляемой энергетики. Современные конструкции позволяют экономически эффективно применять силу воздушных потоков, используя ее для выработки электричества.

Рассмотрим подробно достоинства и недостатки ветротурбин, так как именно от них зависит решение приобрести ветряк или отказаться от него.

Достоинства ветрогенераторных устройств

К числу преимуществ устройств, использующих ветровую энергию, относятся:

Экологичность. Установки используют возобновляемый источник энергии, которым можно пользоваться постоянно, не нанося ущерба окружающей среде.

Электрическая энергия, вырабатываемая ветрогенераторными установками, заменяет энергию тепловых электростанций, уменьшая выброс парниковых газов.

Ветроэлектростанции можно устраивать практически всюду: на равнинах, в горах, на полях, на островах и даже на мелководье.

Ветровая энергия особенно ценится в удаленных местах, куда сложно протянуть привычные электрические коммуникации. Ветрогенераторы в этом случае позволяют осуществить энергоснабжение объектов, обеспечивая ему независимость от случайных факторов (например, от не доставленного вовремя топлива).

По сравнению с традиционными источниками электрической энергии (газ, торф, каменный уголь, нефть), ветротурбины позволяют значительно снизить энергозатраты. Во многих случаях постройка ветроэлектростанции обходится дешевле, нежели подключение потребителей к существующим энергосистемам.

Применение ветрогенераторных установок может выступать альтернативой использованию дорогостоящих дизельных генераторов, которые дополнительно снижая, при этом, затраты на транспортировку и хранение топлива. Современные модели генераторов предоставляют возможность эффективного использования энергии даже слабых ветров – минимальный предел составляет 3,5 м/с. Подобным образом можно производить допоставку электроэнергии в централизованную сеть, а также организовать электроснабжение отдельных объектов (островных либо локальных) вне зависимости от мощности.

В качестве альтернативных источников энергии стационарные ветрогенераторные электростанции могут полностью обеспечить электричеством жилой дом или даже некрупный производственный объект. В этом случае турбина будет накапливать в аккумуляторах требуемый запас электроэнергии, предназначенный для использования во время безветренных периодов. Усредненная мощность ветротурбины в разы отличается от показателя пиковой нагрузки. Ветрогенератор отвечает лишь за величину выработки энергии за определенный промежуток времени при среднемесячной скорости ветра, характерной для данной местности.

Вырабатываемая ветротурбиной мощность пропорциональна утроенной скорости ветра. Следовательно, этот показатель очень мал при слабых ветровых потоках, однако при их усилении – резко возрастает. Из-за переменчивости направления ветров и их скорости при конструкции ветровой турбины необходимо предусмотреть стабилизирующие компоненты. В небольших автономных системах их функцию выполняют батареи, заряд которых начинает увеличиваться, как только мощность ветрогенератора превысит показатель нагрузки. При росте нагрузки батарея может разрядиться. Такую особенность работы важно учитывать при выборе бытового агрегата, его мощность должна совпадать с месячной или годовой нормой потребления электроэнергии.

Следует отметить, что эффективному применению ветровых потоков способствует разнообразие конструкций ветрогенераторов. Горизонтальные турбины дают высокие показатели на равнинных местах, где много ветров, тогда как вертикальные турбины лучше работают в регионах с турбулентными потоками, наблюдающимися низко от земли (в верхней части холмов, горных хребтах).

Главные недостатки ветрогенераторных установок

В то же время у ветроустановок есть и свои негативные стороны, так величину силы ветра сложно предсказать заранее, так как она часто меняется. В этом случае следует продумать подстраховку, предусмотрев дублирующий источник энергии, например, солнечные панели.

Вертикальные устройства подвергаются опасности разрушения лопастей винта из-за воздействия центробежных сил при вращении лопастей вокруг главной оси. Вследствие подобного эффекта важные элементы конструкции со временем деформируются и разрушаются, а механизм выходит из строя. Ветрогенераторные установки лучше размещать на свободном пространстве, поскольку расположенные рядом здания могут «гасить» ветер, образуя «мертвую» воздушную зону.

При работе ветряные генераторы издадут шум, который может причинять дискомфорт людям, отпугивать животных. Лопастей установок могут также стать причиной гибели подлетевших к ним птиц.

К негативным моментам можно также отнести довольно высокую стоимость подобных агрегатов, однако дешевизна источника энергии во многом нивелирует этот фактор.

Республика Беларусь располагает значительными ресурсами энергии ветра. По данным Государственного комитета по гидрометеорологии и НП «Ветромаш», среднегодовая скорость ветра на территории республики составляет 4,3 м/с. На значительной части территории, пригодной для внедрения ветроэнергетических установок, среднегодовая скорость ветра превышает 5 м/с. Такая скорость ветра соответствует требованиям мировой практики по показателям коммерческой целесообразности внедрения ветротехники.

Наиболее эффективно можно применять ветроэнергетические установки на возвышенностях большей части севера и северо-запада Беларуси и в центральной части Минской области, включая прилегающие к ней районы с запада.

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

Энергия биомассы

Источники биомассы и производство биотоплива

Энергия фотосинтеза

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

Схема планетарного кругооборота биомассы показана на рисунке 6.8.



Рис. 6.8. Схема планетарного кругооборота биомассы

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

Источники биомассы и производство биотоплива

Биомасса – органическое вещество, генерируемое растениями в процессе фотосинтеза, при подводе солнечной (световой) энергии. Биомасса является как бы аккумулятором солнечной энергии. Энергия биомассы используется двумя способами: путем непосредственного сжигания отходов сельскохозяйственной продукции и путем глубокой исходной биомассы с целью получения из нее более ценных сортов топлива – твердого, жидкого или газообразного, которое сжигается с высоким КПД при минимальном загрязнении окружающей среды.

Второй способ перспективен и позволяет использовать в качестве первичных энергоносителей такие биомассы, которые не поддаются утилизации путем прямого сжигания в топочных устройствах. Эти биомассы представляют собой бытовые и промышленные отходы, ухудшающие состояние среды обитания человека. Поэтому их переработка, проводимая в целях получения энергии, позволяет одновременно решить и экологическую задачу.

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

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

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

- Термохимические:

1. Прямое сжигание для получения теплоты.
2. Пиролиз. Биомассу нагревают либо в отсутствии воздуха, либо за счет сгорания некоторой ее части при ограниченном доступе воздуха или кислорода. Состав получающихся при этом продуктов чрезвычайно разнообразен: газы, жидкости, масла, древесный уголь. Если основным продуктом пиролиза является горючий газ, то процесс называется газификацией, а устройства для его получения называются газогенераторами.

7. ВТОРИЧНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

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

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

Вторичные энергетические ресурсы подразделяются: горючие, тепловые и избыточного давления.

Горючие ВЭР – это горючие газы и отходы одного производства, которые могут быть применены непосредственно в виде топлива в других производствах. Это доменный газ - металлургия; щепка, опилки, стружка – деревообрабатывающая промышленность; твердые, жидкие промышленные отходы в химической и нефтегазоперерабатывающей промышленности и т.д.

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

Тепловые ВЭР – это:

- физическая теплота отходящих газов,
- основной и побочный продукт производства;
- теплота золы и шлаков;
- теплота горячей воды и пара, которые отработали в технологических установках;
- теплота рабочих тел систем охлаждения технологических установок.

Тепловые ВЭР могут использоваться как непосредственно в виде теплоты, так и для отдельной или комбинированной выработки теплоты, холода, электроэнергии в утилизационных установках.

Все виды ВЭР в зависимости от их свойств могут использоваться потребителем как в виде топлива или для выработки теплоты, холода, электроэнергии и механической работы посредством специализированных утилизационных установок.

На каждом этапе технического развития существуют экономические пределы повышения КПД энергоиспользования. Но практика

использования ВЭР в различных отраслях промышленности, особенно в энергоемких производствах, показывает, что резервы повышения коэффициента полезного использования (КПИ) очень велики. Современный уровень развития производства и техники позволяет свести потери энергии до 10...15 % от расхода первичных тепловых энергетических ресурсов. Только применение новейших энергосберегающих технологий позволит дополнительно уменьшить расход энергоресурсов в 2...4 раза.

Особенно значительные энергетические потери в доменном производстве, на машиностроительных предприятиях, нефтеперерабатывающих заводах, в производстве строительных материалов, в химической промышленности. В данных отраслях промышленности КПИ не превышает 10...20%, а потенциал энергосбережения даже без внедрения новейших технологий, а только за счет использования ВЭР очень велик и может составлять 35...40% от расхода первичных тепловых энергетических установок.

Для характеристики состояния использования ВЭР, пригодных для непосредственного использования без преобразования энергоносителей, применяют следующие показатели:

- выход ВЭР;
- фактическое использование ВЭР;
- резерв утилизации ВЭР;
- экономия топлива за счет ВЭР;
- коэффициент утилизации ВЭР.

Определение объемов выхода и использования ВЭР

Выход и использование ВЭР можно рассчитать: либо в единицу времени (1ч) работы агрегата источника ВЭР; либо в удельных показателях на единицу продукции (сырья).

Удельный (часовой) выход ВЭР определяется произведением удельного (часового) количества энергоносителя на его энергетический потенциал.

Энергетический потенциал энергоносителей можно определить:

- для горячих ВЭР – низшей теплоты сгорания Q_n^p ;
- для тепловых ВЭР – перепадом энтальпий Δh ;
- для ВЭР избыточного давления – работой изоэнтропного расширения (l).

В качестве единиц измерения потенциала приняты единицы измерения энергии (кДж, кВт).

Единицами измерения количества энергоносителя служат:

единицы массы (кг, т);
для газообразных теплоносителей единицы объема (м^3 при нормальных физических условиях, $P = 760$ мм рт. ст. и $t = 0$ °С.

Удельный общий выход ВЭР определяется по формулам:
– для горючих ВЭР

$$q^g = mQ_n^p, \text{ кДж/ч}; \quad (7.1)$$

– для тепловых ВЭР

$$q^T = m \cdot c \cdot (t - t_0) = m \cdot h, \text{ кДж/ч}, \quad (7.2)$$

– для ВЭР избыточного давления

$$q^d = m \cdot l, \text{ кДж/ч}, \quad (7.3)$$

– общий объем выхода ВЭР

$$Q_{\text{вых}} = q \cdot M \text{ или } Q_{\text{вых}} = q \cdot \tau, \quad (7.4)$$

где m – удельное (часовое) количество энергоносителя в виде твердых, жидких или газообразных продуктов, $\text{кг}(\text{м}^3)/\text{ч}$; Δh – располагаемый перепад энтальпий энергоносителя, кДж/кг ; l – работа изоэнтропного расширения, кДж/кг ; Q – общий объем выхода ВЭР за рассматриваемый период, кДж ; M – выход основной продукции или расход сырья (топлива) за рассматриваемый период; τ – число часов работы установки – источника ВЭР за указанный период; q – удельный выход ВЭР.

8. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ПОТРЕБЛЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

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.

Основными потребителями тепловой энергии являются:

промышленные предприятия;

общественные организации;

жилищно-коммунальные хозяйства.

Для большинства производственных потребителей требуется тепловая энергия в виде пара либо горячей воды.

В жилищно-коммунальном хозяйстве основными потребителями тепловой энергии являются системы отопления жилых и общественных зданий. В жилых и общественных зданиях температура поверхности отопительных приборов в соответствии с требованиями санитарно-гигиенических норм не должна превышать 95 °С, а температура воды в кранах горячего водоснабжения должна быть не ниже 50...60°С в соответствии с требованиями комфортности и не выше 70°С по нормам техники безопасности.

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

Теплоноситель – среда, которая передает теплоту от источника теплоты к нагревательным приборам систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.

Параметры теплоносителей – температура и давление. Вместо давления в практике эксплуатации используется напор H .

Напор и давление имеют зависимость

$$H = \frac{P}{\rho \cdot g}, \quad (8.1)$$

где H – напор, м; P – давление, Па; ρ – плотность теплоносителя, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с².

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

$$Q = G \cdot c_p \cdot (t_1 - t_2), \quad (8.2)$$

где G – массовый расход воды через систему теплоснабжения, кг/с; c_p – удельная теплоемкость воды ($c_p = 4,19$ кДж/кг К); t_1 – температура воды после источника теплоты до системы потребления, °С; t_2 – температура воды после системы потребления до источника тепла, °С.

В современных системах теплоснабжения применяют следующие значения температур воды: $t_1 = 105$ (95)°С ; $t_2 = 70$ °С – в системе отопления жилых и общественных зданий.

Электрические сети

Электроэнергетическая (электрическая) система – это совокупность электрических частей электростанций, электрических сетей и потребителей электроэнергии, связанных общностью режима и непрерывностью процесса производства, распределения и потребления электрической энергии.

Линия электропередачи (воздушная или кабельная) – электроустановка предназначенная для передачи электрической энергии. В нашей стране применяются стандартные номинальные напряжения трехфазной системы частотой 50 Гц в диапазоне 6...750 кВ – высокого напряжения и 0,4; 0,66 кВ низкого напряжения.

Передача электрической энергии от электростанций по линиям электропередачи осуществляется при напряжениях 110...750 кВ.

Определение потерь электроэнергии в линиях

Для определения потерь электроэнергии применяют метод, основанный на понятиях времени максимальных потерь (τ) и времени использования максимума нагрузки (T_{\max}).

На основании статистических данных определено среднее число часов использования максимальной нагрузки T_{\max} для характерных групп потребителей:

- внутренне электрическое освещение – 1500...2000 ч;
- наружное электрическое освещение – 2000...3000 ч;
- промпредприятия, работающие в одну смену – 2000...2500 ч;
- в две смены – 3000...4500 ч;
- в три смены – 3000...7000 ч.

На практике величину максимальных потерь τ определяют по кривым зависимости этого времени от продолжительности использо-

вания максимума нагрузки и коэффициента мощности $\cos\varphi$, полученных на основании графиков нагрузки.

Зависимость времени максимальных потерь от продолжительности использования максимума нагрузки представлена на рисунке 8.1.

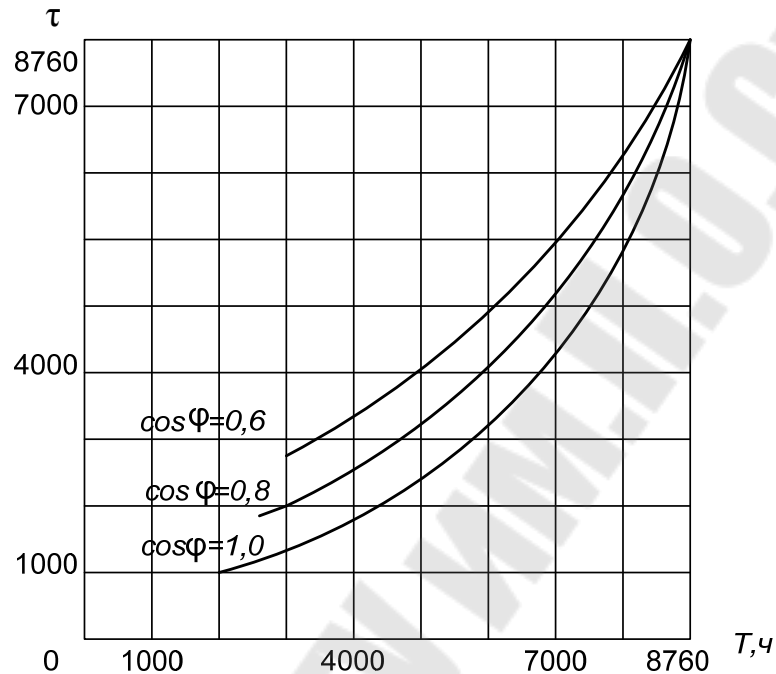


Рис. 8.1. Зависимость времени максимальных потерь от продолжительности использования максимума нагрузки

Потери энергии в линиях. Эти потери (в кВт·ч и квар·ч) можно определить следующим образом:

$$\Delta W_a = 3 \cdot I^2 \cdot r_{\text{л}} \cdot \tau \cdot 10^{-3}; \quad (8.3)$$

$$\Delta W_p = 3 \cdot I^2 \cdot x_{\text{л}} \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \quad (8.4)$$

где $r_{\text{л}}$, $x_{\text{л}}$ – соответственно активное и реактивное сопротивление линии, Ом.

При расчетах электрических сетей активное сопротивление (r) для медных и алюминиевых проводов определяют по формуле

$$R = \frac{l}{\gamma \cdot S}, \quad (8.5)$$

где l – длина участка линии (провода), м; s – площадь поперечного сечения, мм²; γ – удельная проводимость материала жил проводов при данной температуре, м/(Ом·мм²) (для медных проводников $\gamma = 53$; для алюминиевых $\gamma = 32$).

Индуктивное сопротивление трехфазных линий x , Ом/км, можно определить по таблице 8.1.

Таблица 8.1

Сечение, s , мм ²	Индуктивное сопротивление линий Линия напряжением, кВ							
	воздушные				кабельные			
	до 1	6-10	35	до 220	До1	6	10	35
4...6	–	–	–	–	0,09	–	–	–
10...25	0,36	0,41	–	–	0,07	0,10	0,11	–
35...70	0,38	0,38	0,42	–	0,06	0,08	0,09	–
95...120	0,30	0,35	0,40	–	0,06	0,08	0,08	0,12
150...240	–	–	–	0,40	0,06	0,08	0,08	0,11

Пример 8.1. Произвести расчет потерь электроэнергии в линии электропередачи, имеющей параметры: линия питающая наружное освещение; напряжение – 380 В; ток 99 А; коэффициент мощности ($\cos\varphi = 0,8$); длина линии – 2,0 км; сечение кабеля – 35 мм², материал жил – алюминий.

Решение. Для наружного освещения среднее число часов использования максимальной нагрузки $T_{max} = 2000$ ч, тогда время потерь $\tau = 1500$ ч.

Вычислим потери электроэнергии в линии, для этого определим активное сопротивление кабельной линии

$$R = \frac{2000}{32 \cdot 35} = 1,78 \text{ Ом.}$$

Реактивное сопротивление определим из табл. 2.1 $x_d = 0,06$ Ом;

$$\Delta W_a = 3 \cdot 3,99^2 \cdot 1,78 \cdot 1500 \cdot 10^{-3} = 64881 \text{ кВт} \cdot \text{ч};$$

$$\Delta W_p = 3 \cdot 3,99^2 \cdot 0,06 \cdot 1500 \cdot 10^{-3} = 2187 \text{ квар} \cdot \text{ч}.$$

Потери электроэнергии в электрических сетях – важнейший показатель экономичности их работы, наглядный индикатор состояния

системы учета электроэнергии, эффективности энергосбытовой деятельности энергоснабжающих организаций.

Потери электроэнергии при ее передаче и распределении в электрических сетях считать удовлетворительными, если они не превышают 4...5 %. Потери электроэнергии на уровне 10 % можно считать максимально допустимыми.

Потери можно разделить на:

– абсолютные потери электроэнергии – разность электроэнергии, отпущенной в электрическую сеть и полезно отпущенной потребителям;

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

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

Наибольшая доля потерь (27,6 %) имеет место в сетях напряжением 110 кВ, что свидетельствует об их значительной загруженности и протяженности. В сетях 0,23 и 0,4 кВ потери составляют 18,8 и 18,6 % соответственно, в сетях 35 и 10 кВ примерно по 15 % в каждой. В сетях 500 и 330 кВ потери незначительны.

Графики электрических и тепловых нагрузок

Изменение электрической и тепловой нагрузок в течение времени называется графиком нагрузок. По форме графиков нагрузок различают пять групп: промышленная нагрузка, коммунально-бытовое потребление, электрический транспорт, уличное освещение, сельскохозяйственные нужды. Промышленная нагрузка за счет одно- и двухсменных предприятий снижается в ночное и вечернее время. Коммунально-бытовое потребление значительно в утреннее и вечернее время, вечерний пик более продолжителен (рис. 8.2). Транспортные перевозки имеют пики в утренние и вечерние часы. Уличное освещение имеет максимум в ночные часы. Сельскохозяйственные графики потребления достаточно равномерны с сезонным изменением его величины.

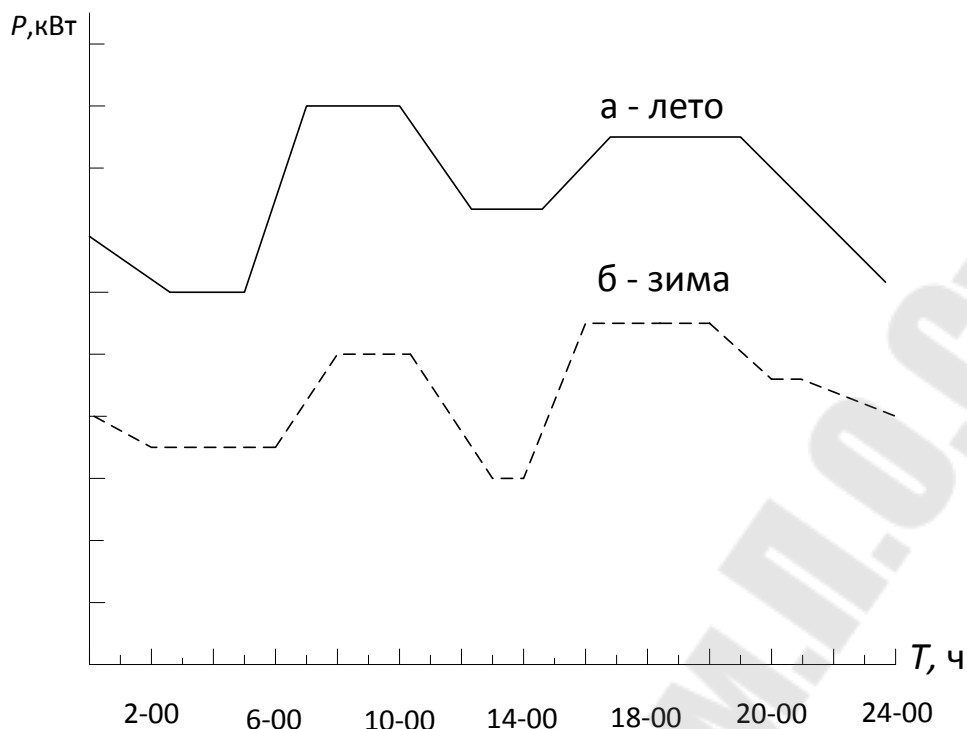


Рис. 8.2. Суммарный график нагрузок:
а – в зимние сутки; б – в летние сутки

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

Зимний график имеет два пика (рис. 8.2, а), летний – три (рис. 8.2, б), что объясняется более длинным световым днем. Освещение выключается после окончания работы на односменных предприятиях и снижения транспортных перевозок. Летние нагрузки меньше по абсолютной величине.

Годовой график нагрузок строится путем сложения годовых нагрузок отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, технологического производства, а суточная неравномерность потребления теплоты при этом не учитывается. В этом случае для каждого конкретного города выстраивается график регулирования температуры воды в подающей и обратной магистралях теплосети в зависимости от наружной температуры воздуха.

Для облегчения прохождения пиков электрической нагрузки можно использовать выравнивание графиков нагрузки, под которым понимают активное воздействие на режим потребления, приводящее

к уменьшению максимумов нагрузки. Для достижения этих целей служат увеличение сменности работы предприятий при использовании поощрительных ночных тарифов на электроэнергию, создание объединенных энергосистем за счет разновременности максимума нагрузки в районах с различной географической долготой, наличие потребителей регуляторов, часы, работы которых определяет энергосистема.

Анализ графиков нагрузки электрической мощности

Рассмотрим графики электропотребления на примере условного производственного предприятия.

На основании графиков нагрузки предприятия, снятых в течение суток распределения потребляемой мощности по часам определяются основные показатели графиков нагрузки.

На рисунке 8.3 представлен график активной принимаемой мощности предприятием за сутки (июнь) месяц.

P , кВт

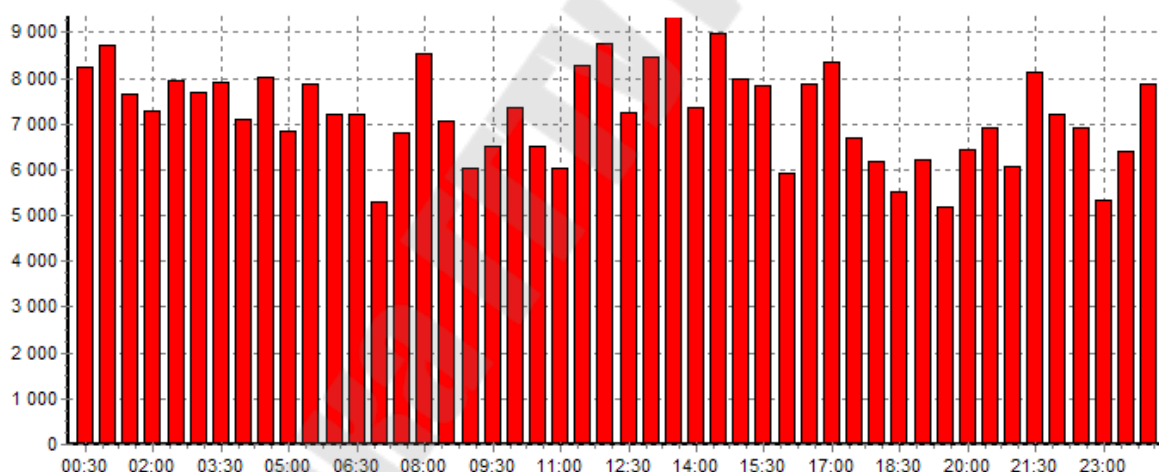


Рис 8.3. График активной принимаемой мощности за сутки

Таблица 8.2

Активная мощность и расход электроэнергии предприятием за сутки

Мощность, кВт		Расход, кВт·ч	
Средняя за сутки	7241	Расход за сутки	173788
Средняя в часы пик	7630	Расход в часы зон пик	19765
Средняя в ночные часы	7187	Расход в ночные часы	53412
		Расход вне суточных зон	100611
Максимум суточный	9349		
Максимум утренний	7355		
Максимум вечерний	6700		

Коэффициент заполнения графика нагрузки по активной мощности $K_{зг}$, %

$$K_{зг} = \frac{P_{ср}}{P_{макс}} \cdot 100\%, \quad (8.6)$$

где $P_{ср}$ – средняя потребляемая активная мощность, кВт; $P_{макс}$ – максимальное значение потребляемой мощности.

$$K_{зг} = \frac{7241}{9349} \cdot 100\% = 77\%.$$

Коэффициент неравномерности графика нагрузки

$$K_{нр} = \frac{P_{мин}}{P_{макс}} \cdot 100\%, \quad (8.7)$$

где $P_{мин}$ – минимальное значение потребляемой мощности, кВт; $P_{макс}$ – максимальное значение потребляемой мощности, кВт.

$$K_{нр} = \frac{6700}{9349} \cdot 100\% = 71\%.$$

На рисунке 8.4 представлен график реактивной принимаемой мощности предприятием за сутки (месяц июнь).

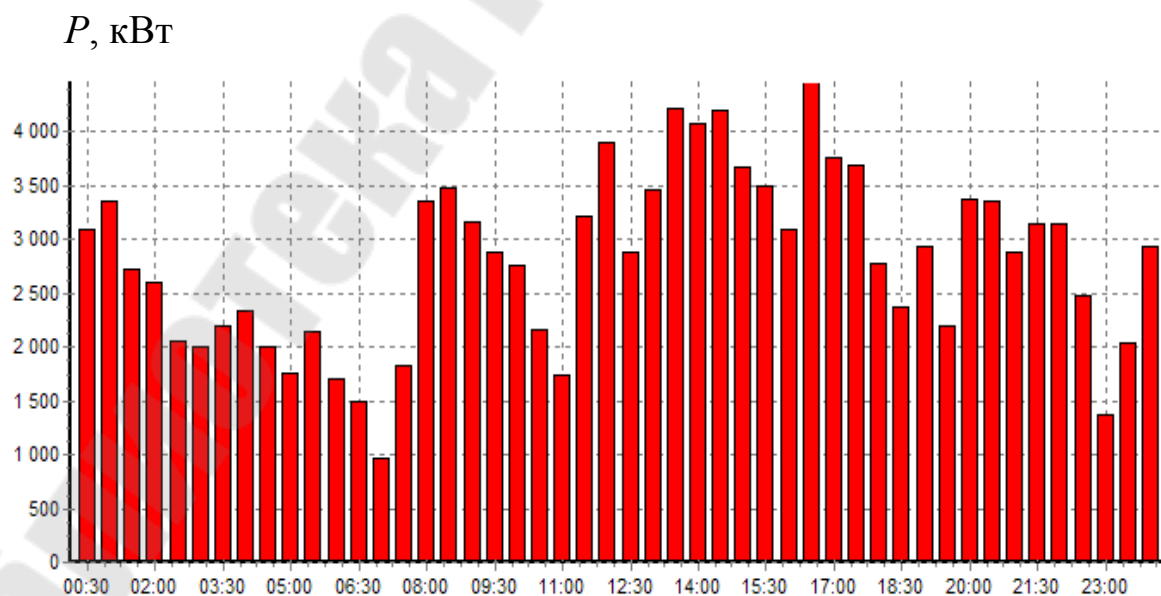


Рис 8.4. График реактивной принимаемой мощности за сутки

Таблица 8.3

Реактивная мощность и расход электроэнергии предприятием за сутки

Мощность, кВт		Расход, кВт·ч	
Средняя за сутки	2810	Расход за сутки	67436
Средняя в часы пик	2352	Расход в часы зон пик	16465
Средняя в ночные часы	3063	Расход в ночные часы	8088
		Расход вне суточных зон	42882
Максимум суточный	4461		
Максимум утренний	3472		
Максимум вечерний	3687		

Коэффициент заполнения графика нагрузки по реактивной мощности $K_{зг}$, %:

$$K_{зг} = \frac{2810}{4461} \cdot 100 \% = 62 \%$$

Коэффициент неравномерности графика нагрузки

$$K_{нр} = \frac{3687}{4461} \cdot 100 \% = 82 \%$$

9. УЧЕТ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Учет электрической энергии. Приборы учета

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

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

Учет электрической энергии производится специальными измерительными приборами – электросчетчиками.

Счетчик электрический – электроизмерительный прибор для учета расхода (потребления) электроэнергии в сетях переменного или постоянного тока за определенный промежуток времени. Эти счетчики имеют две разновидности:

- механический (индукционный);
- электронный.

В индукционных электрических счетчиках (рис. 9.1) подвижная часть вращается во время потребления электроэнергии, расход которой (в кВт·ч) определяется по показаниям счетного механизма.

На рисунке 9.1 приведена схема однофазного индукционного электросчетчика.

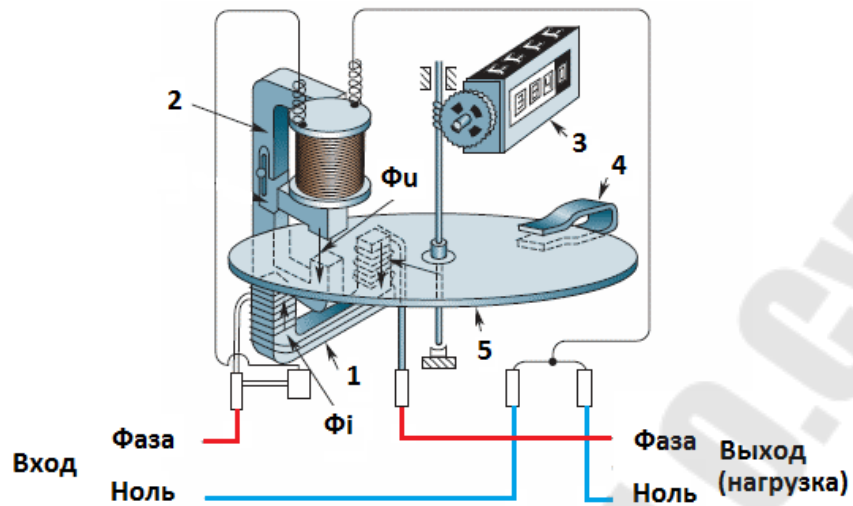


Рис. 9.1. Схема однофазного индукционного счетчика: 1 – токовая обмотка; 2 – катушка напряжения; 3 – счетный механизм; 4 – стабилизатор; 5 – алюминиевый диск.

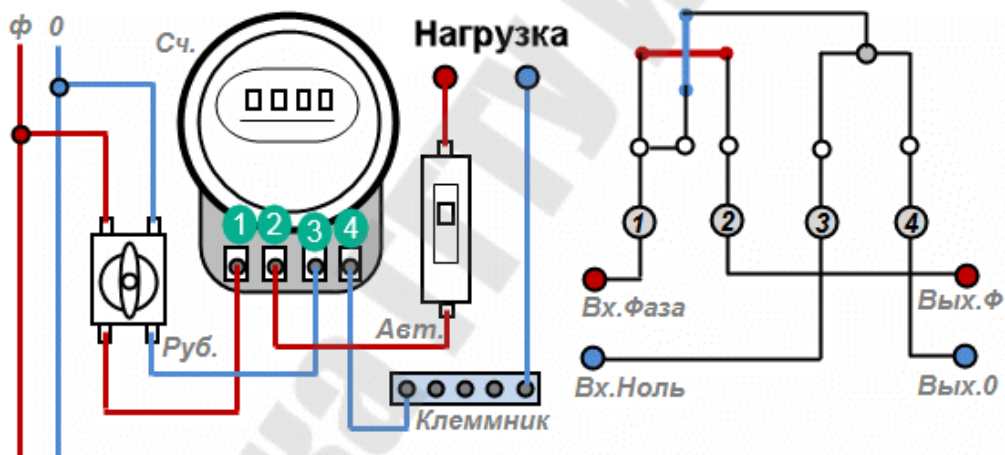


Рис. 9.2. Схема подключения однофазного индукционного счетчика

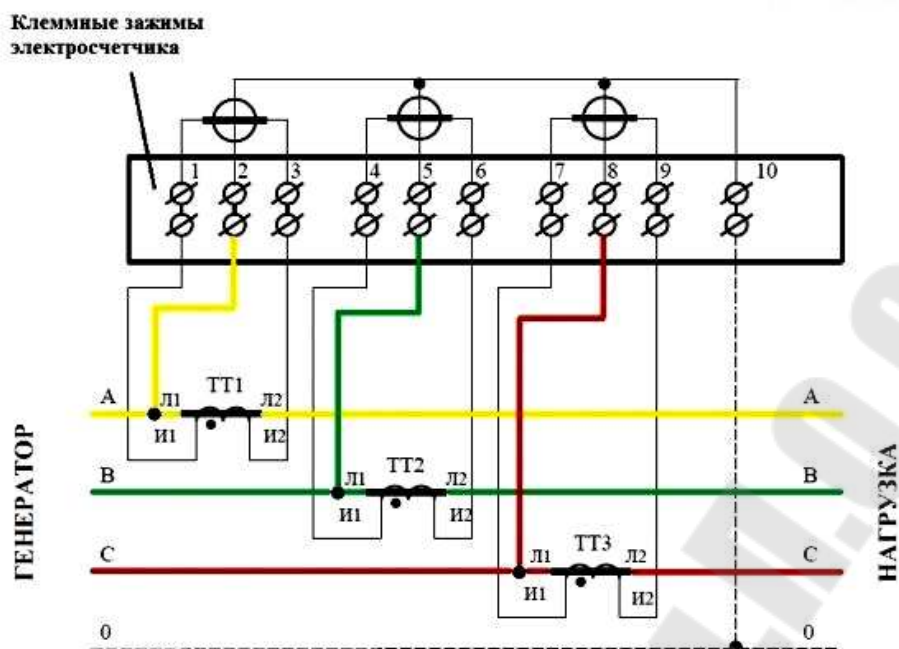


Рис. 9.3. Схема трехфазного индукционного счетчика

Электронный счетчик представляет собой преобразователь аналогового сигнала в частоту следования импульсов, подсчет которых дает количество потребляемой энергии. Главными преимуществами электронных счетчиков по сравнению с индукционными являются:

- отсутствие вращающихся элементов;
- срок службы составляет в среднем 30 лет;
- позволяют легко организовать многотарифные системы учета;
- возможность перепрограммирования;
- имеют режим ретроспективы, т. е. позволяют посмотреть количество потребленной энергии за определенный период;
- измеряют потребляемую мощность.

На рисунке 9.4 приведена схема однофазного электронного счетчика электрической энергии.

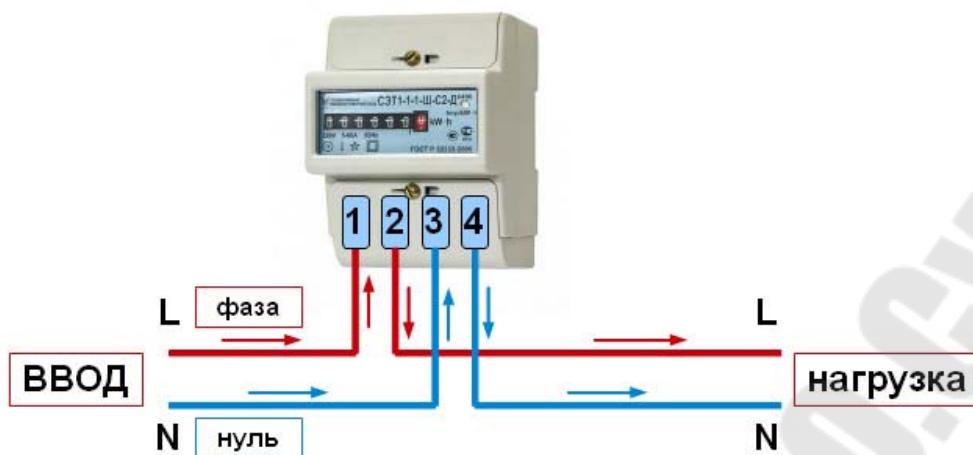


Рис. 9.4. Схема однофазного электронного счетчика

На рисунке 9.5 приведена схема трехфазного электронного счетчика электрической энергии.

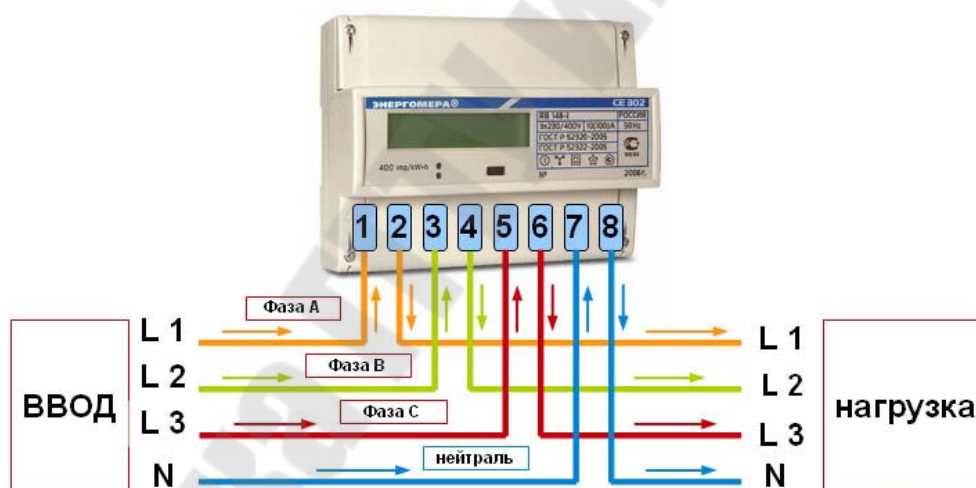


Рис. 9.5. Схема трехфазного электронного счетчика

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

Учет тепловой энергии

Учет тепловой энергии в Беларуси осуществляется согласно правилам учета тепловой энергии и теплоносителей, принятых Советом Министров. Системы теплоснабжения подразделяются на закрытые и открытые водяные системы теплоснабжения. Закрытой водяной

системой теплоснабжения является такая, в которой вода, циркулирующая в тепловой сети, из нее не отбирается. Открытой водяной системой теплоснабжения считается такая, в которой вода частично или полностью отбирается из системы потребителями теплоты.

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

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

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

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

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

Приборами учета являются приборы, которые выполняют одну или несколько функций: измерение, накопление, хранение, отображение информации о количестве тепловой энергии, массе (или объеме), температуре, давлении теплоносителя и времени работы самих приборов. Регистрируемые величины, измеренные приборами учета,

отображаются в цифровой или графической форме на твердом носителе – бумаге.

Приборы учета подразделяются на водосчетчики, счетчики пара, теплосчетчики и тепловычислители.

Приборы учета могут объединяться в узел учета – комплект приборов и устройств, обеспечивающий учет тепловой энергии, массы (или объема) теплоносителя, а также контроль и регистрацию его параметров.

Допуск в эксплуатацию узла учета осуществляется после проведения процедуры, определяющей готовность узла учета тепловой энергии к эксплуатации и завершённой подписанием акта установленного образца.

Учет тепловой энергии и теплоносителя отпущенных в водяные системы теплоснабжения

Принципиальная схема размещения точек измерения массы (объема) теплоносителя, состав измеряемых и регистрируемых параметров приведены на рисунке 9.6.

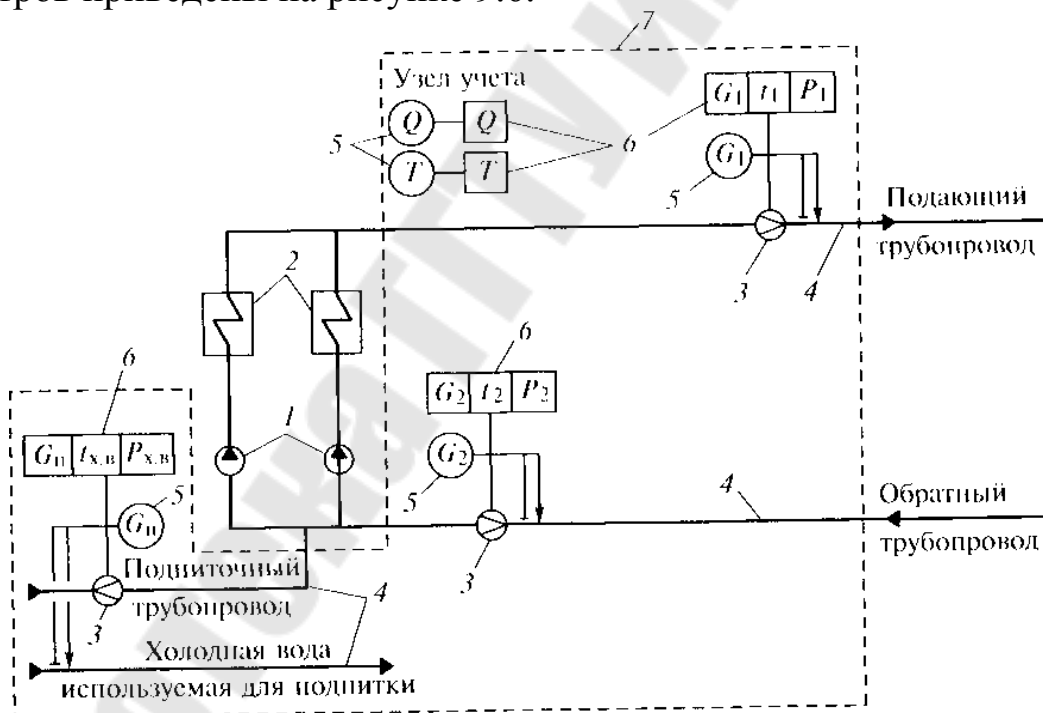


Рис. 9.6. Принципиальная схема размещения точек измерения массы (объема) теплоносителя и его регистрируемых параметров на источнике теплоты для водяных систем теплоснабжения:

- 1 – насос; 2 – теплообменник; 3 – расход теплоносителя; 4 – трубопровод;
- 5 – учитываемый параметр; 6 – регистрируемый параметр; 7 – узел учета

Узлы учета тепловой энергии оборудуют у границы раздела балансовой принадлежности трубопроводов в местах, максимально приближенных к головным задвижкам источника.

На источниках теплоты: теплоэлектроцентралях (ТЭЦ), районных тепловых станциях (РТС), котельных и т. п. узлы учета тепловой энергии воды оборудуют на каждом из выводов.

Организация отборов теплоносителя на собственные нужды источника после узла учета тепловой энергии, отпускаемой в системы теплоснабжения потребителей, не допускается.

На каждом узле учета тепловой энергии источника теплоты с помощью приборов нужно определять:

- время работы приборов узла учета;
- отпущенную тепловую энергию;
- массу (объем) теплоносителя, отпущенного и полученного источником теплоты соответственно по подающему и обратному трубопроводам;
- массу (объем) теплоносителя, расходуемого на подпитку системы теплоснабжения;
- тепловую энергию, отпущенную за каждый час;
- массу (объем) теплоносителя, отпущенного источником теплоты по подающему трубопроводу и полученного по обратному трубопроводу за каждый час;
- массу (объем) теплоносителя, расходуемого на подпитку систем теплоснабжения за каждый час;
- среднечасовую и среднесуточную температуры теплоносителя в подающем, обратном трубопроводах и трубопроводе холодной воды, используемой для подпитки;
- среднечасовое давление теплоносителя в подающем, обратном трубопроводах и трубопроводе холодной воды, используемой для подпитки.

Среднечасовые и среднесуточные значения параметров теплоносителя определяют на основании показаний приборов, регистрирующих параметры теплоносителя.

Приборы учета, устанавливаемые на обратных трубопроводах магистралей, нужно размещать до места присоединения подпиточного трубопровода.

Отпущенное источником теплоты количество тепловой энергии определяют как сумму количеств тепловой энергии, отпущенной по его выводам.

В современных измерительных системах используются устройства передачи данных в конфигурацию систем АСКУЭ или по средствам связи, например типа GSM (рис. 9.7).

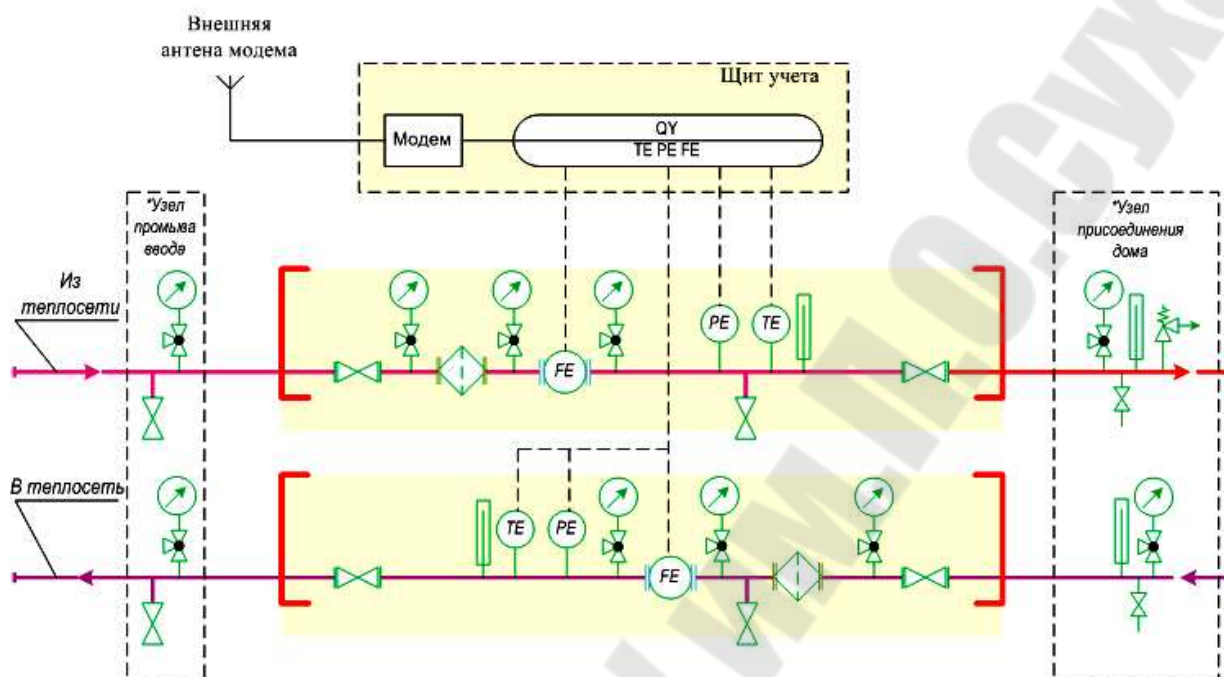


Рис. 9.7. Принципиальная схема размещения точек измерения массы (объема) теплоносителя и его регистрируемых параметров на источнике теплоты с использованием средств связи для передачи данных

10. ТАРИФЫ НА ЭНЕРГОРЕСУРСЫ

Общий принцип тарифообразования в условиях регулируемой рыночной экономики заключается в соответствии тарифов на энергоносители и цен на топливо для всех категорий потребителей (промышленность, транспорт, энергетика, сельское хозяйство, коммунально-бытовой сектор) фактическим затратам на производство и транспорт всех видов энергоносителей.

С одной стороны, система тарифов служит важным элементом системы управления энергосбережением, с другой – средством государственного регулирования взаимоотношений поставщиков и потребителей энергии для реализации энергетической политики.

Тарифы, в том числе на электрическую и тепловую энергию, воду, газ, являются разновидностью монопольной цены, отличаются от цен на вещественную продукцию относительно большей устойчивостью и более сложным дифференцированием ставок, в большей степени подвержены государственному регулированию.

Тарифы, как и цены, представляют собой денежное выражение стоимости и продукции и призваны возмещать сумму всех затрат предприятия на производство и продажу продукции, обеспечивая прибыль.

Большинство стран мира устанавливают соотношение тарифов на энергию для промышленности и населения в пределах 1/(1,6...2,7), то есть тариф для населения в 1,8...2,7 раза выше среднего тарифа промышленных потребителей. В нашей республике промышленность оплачивает за 1 кВт·ч электроэнергии примерно в 3,5 раза больше коммунально-бытового сектора. Такая практика перекрестного субсидирования приводит к комплексу негативных последствий:

- увеличение себестоимости промышленной продукции на сумму скрытых дотаций населению обуславливает увеличение цены за товары, потребляемые населением;

- льготные тарифы не способствуют рациональному энергосбережению и приводят к расточительному потреблению электроэнергии;

- повышение себестоимости промышленных товаров приводит к потере ценовой конкурентоспособности белорусских товаров на внешнем рынке;

- увеличение тарифов для промышленных предприятий сокращает доходную часть бюджета, поскольку уменьшается основная часть налогообложения предприятий – прибыль.

Виды системы тарифов на электроэнергию

Основными видами системы тарифов на электроэнергию являются:

- одноставочный тариф по счетчику электроэнергии;
- двухставочный тариф с основной ставкой за мощность присоединённых электроприёмников;
- двухставочный тариф с оплатой максимальной нагрузки;
- двухставочный тариф с основной ставкой за мощность потребителя, участвующую в максимуме энергосистемы;
- одноставочный тариф, дифференцированным по времени суток, дням недели, сезонам года.

Одноставочный тариф предусматривает плату только за электроэнергию в кВт·ч, учтенную счетчиком. Этот вид тарифа широко используется при расчетах с населением и другими непромышленными потребителями. Потребитель, не использующий энергию в рассматриваемый отчетный период, не несет расходов, связанных с издержками энергоснабжающих организаций, которые обеспечивают подачу электроэнергии в любой момент времени. По этому тарифу стоимость 1кВт·ч при любом количестве потребленной энергии остаётся постоянной. Однако затраты на 1 кВт·ч при увеличении производства (потребления) энергии уменьшаются и, следовательно, должна снижаться тарифная ставка на потребляемый кВт·час. Это учитывается введением ступенчатого тарифа по счетчику.

По одноставочному тарифу на электроэнергию с платой за отпущенное количество энергии с потребителя взимается плата за потребленную электроэнергию, учтенную счетчиками, по некоторой усреднённой стоимости для электроэнергетической системы (ЭЭС). Поскольку перспективные годовые потребления электроэнергии прогнозируются достаточно точно, то суммарная плата за пользование электроэнергией покрывает все расходы ЭЭС и обеспечивает плановые накопления.

Одноставочный тариф стимулирует потребителя сокращать непроизводительный расход электроэнергии, создавать наиболее рациональные системы электроснабжения и режимы работы энергоприёмников, так как это позволяет снизить издержки данного предприятия.

Однако отсутствие дифференциации стоимости электроэнергии по времени суток не стимулирует потребителя снижать нагрузку в часы максимума и повышать в часы ночных провалов, т. е. не способствует выравниванию графика нагрузки ЭЭС, а следовательно, и снижению затрат на производство электроэнергии.

Двухставочный тариф с основной ставкой за мощность присоединенных электроприемников предусматривает плату (Π) за суммарную мощность присоединенных электроприемников (P_n) и плату за потребленную электроэнергию (W), кВт·ч, учтенную счетчиками.

Двухставочный тариф с основной ставкой за мощность присоединенных электроприемников предусматривает плату (Π) за суммарную мощность присоединенных электроприемников (P_n) и плату за потребленную электроэнергию (W), кВт·ч, учтенную счетчиками:

$$\Pi = aP_n + bW, \quad (10.1)$$

где a – плата за 1 кВт (или кВт·А) присоединенной мощности; b – плата за 1 кВт·ч потребленной электроэнергии.

Необходимость действия такого тарифа обусловлена тем, что установленная мощность современных крупных промышленных предприятий составляет сотни и тысячи мегавольт-ампер. Затраты на электрооборудование и на систему электроснабжения в ряде случаев превышает 50% стоимости предприятия. На сооружение систем электроснабжения расходуется значительное количество кабельной продукции и оборудования.

Двухставочный тариф с оплатой максимальной нагрузки предусматривает плату как за максимальную нагрузку (P_{\max} , кВт) потребителя (основная ставка), так и за потребленную электроэнергию (W , кВт·ч), учтенную счетчиками

$$\Pi = P_{\max} + bW, \quad (10.2)$$

где a – плата за 1 кВт максимальной мощности; b – плата за 1 кВт·ч электроэнергии.

Двухставочный тариф с основной ставкой за мощность потребителя, участвующую в максимуме энергосистемы, учитывает не вообще максимальную мощность потребителя, а заявленную им одновременную мощность, участвующую в максимуме ЭЭС – P_{\max} .

Рассмотренный тариф может предусматривать дифференцирование дополнительной платы со сниженной ставкой за энергию, потребленную в часы минимальных нагрузок ЭЭС (обычно в часы ночного провала графика). В этом случае плата за электроэнергию

$$\Pi = aP_{\max} + (W - W_{\min}) + b_2 + W_{\min} b_1, \quad (10.3)$$

где W – общее потребление энергии; W_{\min} – энергия, потребленная в часы минимальных нагрузок ЭЭС; b_1 – дополнительная плата за энергию, потребленную в часы минимальных нагрузок; $b_2 > b_1$, – дополнительная плата за энергию, потребленную в течение других часов суток.

При таком тарифе потребитель свободен в выборе наиболее рациональной схемы электроснабжения предприятия, заинтересован снижать мощность, участвующую в максимуме ЭЭС (поскольку соответственно снижаются его затраты), и стремится сокращать непроизводительный расход электроэнергии. Уменьшение максимума нагрузки и смещение потребления в другую часть графика выравнивают график и, следовательно, снижают стоимость вырабатываемой электроэнергии.

Одноставочный тариф, дифференцированный по времени суток, дням недели, сезонам года, предусматривает ставку только за энергию, учтенную счетчиками, но при разных дифференцированных ставках. Обычно предусматриваются три ставки за энергию, потребленную в часы утреннего и вечернего максимума (b_3), в часы полупиковой нагрузки (b_2) и часы ночного провала нагрузки (b_1), причем $b_3 > b_2 > b_1$.

Плата за электроэнергию при применении этого вида тарифа

$$\Pi = W_1 \cdot b_1 + W_2 \cdot b_2 + W_3 \cdot b_3 = W_1 \cdot b_1 + (W - W_1 - W_3) b_2 + W_3 \cdot b_3, \quad (10.4)$$

где W_1 – энергия, потребленная в часы ночного провала графика нагрузки ЭЭС; W_2 – энергия, потребленная в часы полупиковой нагрузки; W_3 – энергия, потребленная в часы максимума ЭЭС.

Общее потребление энергии равно:

$$W = W_1 + W_2 + W_3. \quad (10.5)$$

Рациональное использование ТЭР стимулируется установлением сезонных цен на природный газ и сезонных тарифов на электрическую и тепловую энергию. Тарифы дифференцированы в зависимости от времени суток и дней недели. Например, с целью снижения пико-

вых нагрузок в дневное время устанавливаются более низкие нормы тарифа на электроэнергию.

Существует дифференциация тарифов на электроэнергию для городского и сельского населения. Так, тарифы на электрическую энергию для городского населения, проживающего в домах, оборудованных электроплитами, ниже по сравнению с тарифом для всего городского населения. Для сельского населения тариф дифференцирован в зависимости от места проживания. В городских населенных пунктах он несколько выше, чем в сельских населенных пунктах. Для всех других потребителей он одинаков.

Тарифы на природный газ и тепловую энергию

Тариф на природный газ, отпускаемый населению, проживающему в жилых домах, где имеются квартирные газовые счетчики, установлен за 1 м³ потребляемого газа. При этом он ниже в отопительный сезон (при наличии газового отопления) и выше в летний период. При отсутствии газового отопления размер его такой же, как и в летний период. В жилых домах, где квартирные газовые счетчики не установлены, тариф взимается с одного проживающего в квартире за месяц. При этом он дифференцирован в зависимости от наличия в квартире газовой плиты и:

- централизованного горячего водоснабжения;
- газового водонагревателя (при отсутствии централизованного горячего водоснабжения);
- отсутствия централизованного горячего водоснабжения и газового водонагревателя.

Отпуск газа населению для отопления нежилых помещений (тепллиц, мастерских по ремонту техники, гаражей, для различного рода производственных и сельскохозяйственных работ, спортивных занятий и т. п.) производится по ценам, установленным для промышленных потребителей. При этом при наличии отдельного счётчика газа в этих помещениях расчет производится по показаниям счетчика, при отсутствии счетчика – по утвержденным нормам расхода газа на 1 кв. м отапливаемой площади.

Отпуск газа сжиженного для бытовых нужд в баллонах весом 21 кг (50 л) сверх установленных норм производится по ценам, формируемым предприятиями газового хозяйства, в соответствии с действующими нормативными документами по ценообразованию без начисления прибыли.

Розничные цены на твердое топливо устанавливают исполкомы областных и Минского городского Советов депутатов.

Тепловая энергия в Республике Беларусь продается по одноставочному тарифу. Тариф дифференцируется по энергосистемам и параметрам отпускаемой тепловой энергии (отборный, острый и редуцированный пар). При понижении параметров отпускаемой тепловой энергии уменьшается ее потребительская ценность. Это ведет к снижению тарифа. Стоимость тепловой энергии в паре и горячей воде определяется тарифами за 1,0 Гкал согласно паспортным параметрам котлов или отборов турбин на коллекторе ТЭЦ (котельной). При этом количество тепловой энергии в паре, поступающем потребителю, определяется как произведение весового количества пара на его теплоемкость, обусловленное договором при установленных параметрах пара, и учитывается на границе раздела тепловых сетей энергообеспечивающей организации и потребителя. Граница раздела определяется по балансовой принадлежности тепловых сетей.

На тепловую энергию тарифы устанавливаются с учетом возврата конденсата. За невозвращенный конденсат потребитель должен платить дополнительно (на 10...20 % больше).

Стимулирование потребителей к возврату конденсата является одним из путей решения задач энергосбережения.

11. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ. ЭНЕРГОЕМКОСТЬ. ЭНЕРГОВООРУЖЕННОСТЬ

Энергетическая эффективность (энергоэффективность) – характеристика, отражающая отношение полученного эффекта от использования топливно-энергетических ресурсов к затратам топливно-энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта.

При изучении понятия энергоэффективности необходимо делать различия между энергоустановками, которые производят энергию, потребляя энергетические ресурсы, и энергоустановками, которые потребляют энергию.

К первым относятся электростанции, производящие электроэнергию и котельные, производящие тепловую энергию. В данных установках, первичная энергия, содержащаяся в энергоресурсах, может быть выражена в тех же единицах измерения энергии, которая производится в этой установке. Отношение производимой энергии к подводимой – относительная величина, называемая коэффициентом полезного действия энергоустановки. Она может быть выражена в процентах, если ее умножить на 100. Этот показатель характеризует энергоэффективность генерирующей установки, то есть степень полезного использования первичной энергии. Различные генерирующие установки могут сравниваться друг с другом по этому показателю. Это дает основание судить о сравнительной энергоэффективности этих установок.

Ко вторым относятся энергоустановки, потребляющие энергию и преобразующие ее в другие виды энергии. Наиболее типичным примером таких установок являются электродвигатели, потребляющие электроэнергию, и преобразующие ее в механическую энергию, которая используется для привода различных станков, оборудования, механизмов и т.д. Энергоэффективность таких установок также выражается коэффициентом полезного действия.

Чем ниже потери энергии в этих установках, тем выше их энергоэффективность.

Таким образом, энергоэффективность – это степень полезного использования подводимой к той или иной энергоустановке первичной энергии.

Для количественного измерения энергоэффективности применяются различные показатели. Одним из них является коэффициент полезного действия. Могут применяться и другие показатели. Например, для тепловых электростанций используется такой показатель, как

удельный расход топлива на отпущенную электроэнергию. Это показатель применяется для сравнения экономичности, эффективности работы различных электростанций. Например, для тепловых станций с докритическими параметрами пара удельный расход составляет 365 г у.т./кВт·ч, с закритическими параметрами – 320 г у.т./кВт·ч, для современных парогазовых станций – 260 г у.т./кВт·ч. Ясно, что эти показатели характеризуют энергоэффективность тепловых электростанций. Для электрических сетей энергоэффективность определяется величиной потерь электроэнергии в сетях, которая составляет в настоящее время примерно 11% от отпущенной в сеть энергосистемы энергии, и может выражаться КПД передачи и распределения электроэнергии. Для энергосистемы в целом может быть использован показатель удельного расхода топлива по всем электростанциям, относимый на полезно отпущенную потребителям электроэнергию.

Для промышленных предприятий в качестве показателя энергоэффективности их функционирования используется показатель удельного расхода энергии на производимую продукцию, или, иначе называемый, показатель энергоемкости. Он показывает, сколько энергоресурсов или энергии затрачивается на производство единицы продукции предприятия.

Сравнивая эти показатели для различных предприятий, выпускающих однородную продукцию, можно сделать вывод об относительной их энергоэффективности. Чем ниже расход энергии на единицу продукции, тем энергоэффективнее функционирует предприятие. Следует заметить, что энергоэффективность при этом зависит не только от коэффициента полезного действия используемых на предприятии энергоустановок, но и от применяемой технологии, которая может быть как расточительной в части использования энергии, так и энергосберегающей. В последнем случае эффект от использования энергии, выражаемый в объеме произведенной продукции, будет гораздо больше, чем для устаревшей технологии, потребляющей то же количество энергии.

Следовательно, энергоэффективность – это степень полезного использования подводимой к той или иной энергоустановке первичной энергии и зависящая от применяемой технологии для производства продукции, выполнения работ и оказания услуг.

Энергоэффективность не следует отождествлять с экономической эффективностью энергопотребления. Самая энергоэффективная установка не всегда может оказаться самой экономически эффективной, так как для достижения высокой энергоэффективности могут потребоваться значительные инвестиции, окупаемость которых в при-

емлемые сроки не всегда может быть обеспечена получаемой экономией энергии.

Достижение высокой энергоэффективности, как правило требует значительных инвестиционных затрат и получаемая экономия энергии должна быть сопоставлена с соответствующими инвестиционными затратами. Таким образом, можно говорить об оптимальной энергоэффективности.

Энергоемкость

Показатель энергоемкости валового внутреннего продукта, определяемый, отношением суммарного расхода энергетических ресурсов к величине ВВП характеризует эффективность использования энергетических ресурсов в стране.

Показатель энергоемкости ВВП служит характеристикой энергонасыщенности производства и может определять его эффективность, а другой стороны, нерациональное расходование энергии, приводящее к повышению энергоемкости, вызывает снижение эффективности производства. Поэтому два процесса идут параллельно это повышение энергоемкости с целью повышения эффективности производства и ее снижение.

В развитых странах наблюдался энергоэффективный экономический рост (на 1,0 % прироста валового внутреннего продукта приходилось в среднем лишь 0,4 % прироста потребления энергоносителей). В результате энергоемкость валового внутреннего продукта в среднем в развитых странах уменьшилась на 21...27 %.

Высокое значение энергоемкости ВВП в странах СНГ свидетельствует о недостаточно эффективном использовании энергоресурсов в потреблении и, следовательно, наличии значительных резервов энергосбережения. Анализ ретроспективной тенденции развития указанных стран показывает, что потребление энергоресурсов имеет противоречивую тенденцию.

В настоящее время все производственные процессы осуществляются на основе использования энергетических ресурсов, и главной проблемой при этом является выбор рационального вида энергоресурсов и наиболее эффективных путей их использования.

В таблице 11.1 представлена динамика энергоемкости ВВП по индустриально развитым и развивающимся странам.

Динамика энергоемкости в кг у.т. на 1 доллар ВВП

Годы	1990	1995	2000	2010	2020
Промышленно развитые страны	0,39	0,37	0,36	0,29	0,23
Развивающиеся страны	0,82	0,80	0,71	0,66	0,56

Из этой таблицы видно, что в развитых странах к 2020 году ожидается снижение энергоемкости в 1,7 раза, а в развивающихся странах только в 1,46 раза. Опережение развитых стран по отношению к развивающимся по показателю энергоемкости не только сохраняется, но еще в большей степени увеличивается. Это объясняется недостатком инвестиций в проведение энергосберегающих мероприятий в развивающихся странах. Беларусь по данным показателям энергоемкости ближе к развивающимся странам, чем к развитым, хотя экономический потенциал ее, измеренный в объеме ВВП на душу населения, значительно выше, чем во многих развивающихся странах. Это свидетельствует о неэффективном использовании энергии и наличии большого резерва повышения энергоэффективности в стране.

Показатель энергоемкости, используемый для измерения энергоэффективности, может принимать различные формы, в зависимости от того, по какому виду энергоносителей выполняется расчет.

Можно выделить следующие показатели:

Электроемкость продукции, определяемая отношением величины потребляемой электроэнергии \mathcal{E} к размеру выпуска продукции:

$$P_{\text{эу}} = \frac{\mathcal{E}}{P}. \quad (11.1)$$

Теплоемкость продукции, определяемая отношением величины потребляемой тепловой энергии Q к размеру выпуска продукции P :

$$q_y = \frac{Q}{P}. \quad (11.2)$$

Топливоемкость продукции, определяемая отношением величины потребляемого топлива B к размеру выпуска продукции P :

$$b_y = \frac{B}{P}. \quad (11.3)$$

Топливоемкость может дифференцироваться по видам топлива (природный газ, жидкое топливо, уголь), а тепловая энергия может дифференцироваться по видам тепла (пар, горячая вода).

Обобщающая характеристика энергоэффективности выражается показателем энергоемкости, рассчитываемым для всех видов потребляемой энергии, и определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{\mathcal{E} \cdot \kappa_1 + Q \cdot \kappa_2 + B}{\Pi}, \quad (11.4)$$

где κ_1 и κ_2 – коэффициенты, переводящие соответственно электроэнергию и тепловую энергию в топливные единицы измерения, например в тонны условного топлива.

Энергоемкость может определяться для отдельных предприятий, отраслей промышленности, для всей промышленности и для страны в целом. Если расчет ведется для предприятия, промышленности или отрасли промышленности, то в качестве показателя Π принимается объем выпущенной продукции. Если же расчет ведется для страны в целом, то в качестве Π принимается валовой внутренний продукт.

$$\mathcal{E}_{\text{ВВП}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{год}}}{\text{ВВП}}, \text{ кг н.э./долл. ВВП}, \quad (11.5)$$

где \mathcal{E} – общий годовой расход энергоресурсов, т н.э.; ВВП – валовой внутренний продукт, долл./чел.

Многие промышленные предприятия характеризуются значительной номенклатурой выпускаемой продукции, которая может измеряться в различных натуральных единицах измерения. При этом могут применяться два метода измерения энергоемкости.

Первый метод основывается на расчете энергоемкости для каждого вида продукции. Сложность такого подхода состоит в том, что в этом случае возникает необходимость разделения общих энергетических затрат предприятия между всеми видами продукции, что не всегда может быть осуществлено достаточно однозначно.

Второй подход основывается на приведении всех видов и типоразмеров продукции к одной и той же единице измерения. Такой подход вызывает также определенные сложности, особенно тогда, когда в качестве такой единицы выбирается денежная.

Таким образом, энергоемкость определяется как отношение объема израсходованной энергии к объему произведенной продукции и может рассчитываться по каждому виду энергоносителей и каждому виду продукции, выраженной в натуральных единицах, и в целом по всей их совокупности. Для предприятий, имеющих многономенклатурное производство, применяется система условных и приведенных единиц, обеспечивающих приведение различных видов продукции к одинаковой единице измерения.

В таблице 11.2 приведено сопоставление потребляемых энергоресурсов для Германии, Финляндии, Беларуси.

Таблица 11.2

Сопоставление потребляемых энергоресурсов для Германии, Финляндии, Беларуси

Страны	Численность, млн. чел.	Энергоемкость ВВП, кг н.э./долл. ВВП	ВВП, долл./ чел	Общий годовой расход энергоресурсов, млн. т у.т.
Германия	80	0,15	33150	457
Финляндия	5,5	0,2	3450	54
Беларусь	10	0,3	10850	46,6

К 2020 году Беларусь должна достигнуть уровня энергоемкости, равной нынешней энергоемкости в Финляндии. Без увеличения объема производства ВВП величина энергопотребления должна снизиться на примерно 30 % по сравнению с 2010 годом. Так как рост ВВП намечается в 2,1 раза по сравнению с 2010 годом, то объем энергопотребления должен увеличиться, но в гораздо меньшей степени, на величину соответствующую снижению энергоемкости ВВП.

Энерговооруженность

Важным показателем, характеризующим уровень экономического развития страны, является показатель энерговооруженности, измеряемый отношением количества потребляемых энергоресурсов на одного человека в год.

$$\mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}_{\text{год}}}{\mathcal{C}}, \text{ т у.т./чел,} \quad (11.6)$$

где $\mathcal{E}_{\text{год}}$ – общий годовой расход энергоресурсов, т н.э.; \mathcal{C} – численность населения, млн. чел.

Структура потребляемых энергоресурсов по разным странам может быть различной. В одной стране, как например, в Польше превалирует уголь, в другой, как например, в Норвегии, превалируют гидроэнергоресурсы, и в третьей стране, как во Франции, велик удельный вес ядерного топлива. Поэтому для объективного сопоставления целесообразно все виды энергоресурсов приводить к одной единице измерения, скажем, условному или нефтяному топливу.

В таблице 11.3 приведено сопоставление энерговооруженности для Германии, Финляндии, Беларуси.

Таблица 11.3

Сопоставление энерговооруженности для Германии, Финляндии, Беларуси

Страна	Численность, млн чел.	Общий годовой расход энергоресурсов, млн т у.т.	Энерговооруженность, т у.т./чел
Германия	80	457	5,7
Финляндия	5,5	54	9,8
Беларусь	10	46,6	4,66

Как видно, энерговооруженность в Республике Беларусь примерно в три раза меньше, чем в Финляндии при том же уровне энергоемкости.

12. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ БАЛАНСЫ

Энергетический баланс отражает соответствие расхода всех видов энергопотоков на предприятии их расходу на производство продукции и потерям.

Энергобалансы рассчитываются в тоннах условного топлива (т у.т.). Различают в зависимости от вида и параметров энергоносителей следующие виды энергобалансов:

- частные – составленные для какого-то одного вида энергоресурса;
- сводные – по суммарному использованию энергоресурсов.

Энергетический баланс выражается в соответствии приходной и расходной частей. Приходная часть – это поступающая на предприятия энергия в том или ином виде: тепловая энергия, электрическая, топливо, холод, сжатый воздух и т.д. Расходная часть – это энергия, идущая на производство, а также потери энергии, происходящие на данном предприятии.

Энергобалансы рассчитываются в тоннах условного топлива. Электрическая и тепловая энергия, потребляемая предприятием, переводятся в условное топливо на основе топливных коэффициентов.

Энергобаланс агрегата и его структура.

Энергопреобразующие процессы осуществляются на определенных агрегатах, которые можно подразделить на: генераторы; преобразователи; приемники энергии.

Энергобаланс любого агрегата состоит из приходной и расходной частей. Эти части должны быть равны друг другу.

В приходную часть энергобаланса входит подведенная энергия.

В расходной части показываются потери энергии и полезная энергия:

$$W = W_{\text{полезн}} + W_{\text{потр}}, \quad (12.1)$$

где W – подведенная энергия; $W_{\text{полезн}}$ – полезная энергия; $W_{\text{потер}}$ – потери при использовании энергии.

В общем случае к подведенной энергии относятся:

- энергия, которая вводится в агрегат одним или же несколькими электроносителями;
- физическая энергия материальных компонентов процесса;

– дополнительная энергия, полученная в результате различных химических и физических превращений веществ.

Величина полезной энергии зависит от особенностей технологического процесса в агрегате и конструкции оборудования.

В агрегатах потребителей (приемниках) полезная энергия затрачивается на механические, термические, химические и другие процессы.

Энергопотери в агрегатах можно разделить на две основные группы:

- потери от рассеивания энергии в окружающую среду;
- потери от недоиспользования энергии.

К первой группе потерь относятся потери тепла на излучение (охлаждение агрегатов) через неплотности кладки промышленных печей и котлов, потери с утечками энергоносителя с охлаждаемой водой промышленных печей, компенсаторов, трения в движущихся частях оборудования, а так же на намагничивание железа и нагрев обмоток электрических машин и трансформаторов.

Ко второй группе относятся потери тепла с охлаждающими газами парогенераторов и промышленных печей от химической и механической неполноты сгорания топлива в топках, с отходящим воздухом сушильных установок, конденсаторов, паровых турбин и т.д.

На величину суммарных энергетических потерь агрегатов большое влияние оказывают следующие факторы: технологические параметры процесса; техническое состояние оборудования; степень нагрузки (загрузки) оборудования и его производительность; степень использования энергии приданной конструкции; условия работы агрегата; качество эксплуатации; наличие простоев и связанных с ними последующих запусков оборудования.

Экономичность работы оборудования зависит от величины суммарных потерь. Поэтому необходимо изучение причин, вызывающих эти потери, и определение их зависимости от нагрузки, что позволяет принять меры к ликвидации излишних потерь.

С этой целью все потери в энергетическом оборудовании делятся на независимые от нагрузки (постоянные) и зависящие от нагрузки (переменные).

Не все потери в агрегатах являются полностью безвозвратными.

Энергия, потерянная для данного агрегата может быть еще использована в других энергетических процессах в других агрегатах. Такая энергия называется вторичным энергоресурсом (ВЭР).

Энергобалансы могут составляться на любой период времени при изменении производительности или же нагрузки агрегата изменя-

ется отдельная составляющая энергобаланса. При постоянном режиме работы в зависимости между отдельными составляющими баланса сохраняются однозначными, и в этом случае уравнение баланса энергии может быть заменено уравнением мощности:

$$W = W_{\text{пот}} + W_{\text{пол}} + W_{\text{пот}}^{\text{ВТ}}, \quad (12.2)$$

где $W_{\text{пот}}$ – потери энергии; $W_{\text{пол}}$ – полезно используемая энергия; $W_{\text{пол}}^{\text{ВТ}}$ – энергия ВЭР, отпущенная агрегатом.

ВЭР делятся на три вида: тепловые; избыточного давления; горючие.

Многие агрегаты потребляют энергию на собственные нужды.

Эти расходы являются потерями энергетического процесса. Они отличаются от рассмотренных выше прямых потерь не по существу, а по форме. При этом следует различать составляющие балансов и нетто.

Подведенная полезная энергия брутто складывается из соответственно энергии (мощности) нетто и расходов на собственные нужды агрегата.

На собственные нужды может расходоваться энергия (мощность), подведенная к агрегату, полезно выделенная самим агрегатом, а также из независимого источника или сетей энергосистемы.

Энергетический баланс промышленного предприятия

По своему назначению энергетические балансы предприятия подразделяются на плановые (где отсутствует система учета либо ретроспективные данные) и фактические (где налажен учет потребления ТЭР).

Главной целью электробаланса является определение степени полезного использования электроэнергии и поиск путей снижения потерь и рационализации электроснабжения. Поэтому основными видами электробаланса следует считать баланс активной мощности и энергии.

Энергобалансы по предприятию в целом удобно относить к продолжительности, равной одному году (желательно календарному, т.е. с 1 января по 31 декабря), либо к кварталу.

Основной расчетной формулой для определения квартального (годового) объема потребления электроэнергии отдельным электроприемником определенного объекта является:

$$W_{\text{см}} = P_{\text{уст}} \cdot T \cdot k_{\text{и}}, \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (12.3)$$

где $P_{\text{уст}}$ – установленная мощность силового электрооборудования, определенная по паспортным данным, кВт; T – продолжительность работы оборудования за соответствующий период, ч; $k_{\text{и}}$ – коэффициент использования мощности оборудования, определяемый по справочным материалам, либо по данным замеров.

Общезаводские затраты электроэнергии включают в себя затраты на внутреннее, наружное и охранное освещение помещений и территории объекта, на работу вспомогательных подразделений.

Годовой расход электроэнергии на освещение участков и помещений определяется по формуле:

$$W_{\text{осв}} = P_{\text{уст}} \cdot T_{\text{м}} \cdot k_{\text{с}}, \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (12.4)$$

где $P_{\text{уст}}$ – установленная мощность освещения, кВт; $k_{\text{с}}$ – коэффициент спроса осветительной нагрузки, $T_{\text{м}}$ – продолжительность работы освещения, ч.

В таблицах 12.1 и 12.2 приведены установленные формы составления энергетического баланса. Эти формы заполняются отдельно для электрической, тепловой энергии и топлива.

Таблица 12.1

Форма таблицы энергетического баланса предприятия за _____ год

Статьи баланса	тыс. кВт·ч, (Гкал)	%
1. Приход	100	
1.1. Получено от энергосистемы	% от 1	
1.2. Получено от собственных источников.	% от 1	
в том числе:		
1.2.1. от ТЭЦ	% от 1.2	
1.2.2. от котельных	% от 1.2	
1.2.3. от утилизационных установок	% от 1.2	
2. Расход	100	
2.1. Потреблено на предприятии, в том числе:	% от 2	
2.1.1. производственное потребление	% от 2.1	
- нормируемое	% от 2.1.1	
- ненормируемое	% от 2.1.1	
2.1.2. коммунально-бытовое потребление	% от 2.1	
2.2. Отпуск на сторону	% от 2	

Таблица 12.2

Форма таблицы структуры расходной части электробаланса по целевому назначению

Статьи расхода	за _____ год			
	Установленная мощность		Годовой расход электроэнергии	
	кВт	%	тыс. кВт ч	%
Производственное потребление, установленная мощность, в том числе:		100		100
1. Технологические процессы:				
1.1. обработка резанием и давлением				
1.2. нагрев под ковку и штамповку				
1.3. термообработка				
1.4. плавка				
1.5. сушка				
1.6. электролиз				
1.7. сварка и т.д.				
2. Производство сжатого воздуха и др.				
3. Производство кислорода, азота и других энергоносителей				
4. Вспомогательные процессы:				
4.1. освещение производственных помещений				
4.2. водоснабжение				
4.3. кондиционирование, вентиляция				
5. Собственные нужды электростанций				
6. Прочие потребители				

Пример 12.1. Составить электробаланс промышленного предприятия за 2018 год.

От энергосистемы получено электроэнергии – 32205 тыс. кВт·ч.

Собственных источников на предприятии нет.

Отпуск электроэнергии другим организациям нет.

Нормируемое потребление составляет – 24729 тыс. кВт·ч.

Коммунально-бытовое потребление – 304 тыс. кВт·ч.

Решение: Пользуясь формой (таблица 12.1) составим электробаланс предприятия по статьям расхода.

Результаты электробаланса предприятия за 2018 год с распределением по статьям расхода представлены в таблице 12.3.

Таблица 12.3

Электробаланс предприятия за год

Статьи баланса	тыс. кВт·ч	%
1. Приход:	32205	100
1.1. Получено от энергосистемы	32205	100
1.2. Получено от собственных источников в т.ч.	–	–
1.2.1. от ТЭЦ	–	–
1.2.2. от котельных	–	–
1.2.3. от утилизационных установок	–	–
1.3. Получено от других организаций	–	–
2. Расход:	32205	100
2.1. Потреблено на предприятии, в том числе:		
2.1.1. производственное потребление	31901	99,05
нормируемое	24729	76,78
ненормируемое	7172	22,27
2.1.2. коммунально-бытовое потребление	304	0,01
2.2. Отпуск на сторону	–	–

Пример 12.2.

На предприятии работает технологическое оборудование с суммарной установленной мощностью – 32205 тыс. кВт·ч из них:

электрические печи – 18854,9 тыс. кВт·ч;

компрессоры – 5073,8 тыс. кВт·ч;

насосы – 377,1 тыс. кВт·ч;

вентиляция – 901,5 тыс. кВт·ч;

освещение – 1255,2 тыс. кВт·ч;

станки – 973,4 тыс. кВт·ч;

прочее – 4768,96 тыс. кВт·ч.

Составить структуру расходной части электробаланса по целевому назначению.

Решение: Пользуясь формой (таблица 12.2) составим структуру расходной части электробаланса предприятия по целевому назначению.

Структура расходной части электробаланса по целевому назначению приведена в таблице 12.4.

Таблица 12.4

Структура расходной части электробаланса по целевому назначению

Наименование	тыс. кВт·ч	%
1. Технологические процессы:		
1.1. Электрические печи	18854,9	58,5
1.2. Обработка резанием и давлением	973,4	3,0
2. Производство сжатого воздуха и др.:		
2.1. Компрессоры	5073,8	15,8
3. Производство кислорода, азота и других энергоносителей		
4. Вспомогательные процессы:		
4.1 Освещение	1255,2	3,9
4.2. Водоснабжение (насосы)	377,1	1,2
4.3. Вентиляция	901,5	2,8
5. Собственные нужды электростанций		
6. Прочие потребители	4768,96	14,8
Итого	32205	100

Аналогично производится составления балансов тепловой энергии и топлива.

13. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ

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

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

Функции энергетического менеджмента включают в себя:

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

Энергосберегающие мероприятия выполняются по следующим направлениям:

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

Государство осуществляет научно-техническое обеспечение предприятий и учреждений в сфере энергосбережения в рамках государственных и межгосударственных научно-технических программ, а также инновационных проектов.

Повышение эффективности потребления энергии, наряду с повышением эффективности ее производства и транспортировки, является важнейшим потенциалом энергосбережения.

Энергетический менеджмент как общая система планирования, организации, мотивации и контроля производством, транспортировкой, распределением и потреблением топливно-энергетических ресурсов. Энергетический менеджмент включает в себя мероприятия по энергосбережению, характеризующиеся совокупностью технических и организационных мероприятий, направленных на повышение эффективности использования энергоресурсов.

Энергетический менеджмент – методологическая наука с практическим инструментарием для осуществления процесса управления

использованием энергии, т. е. планирования, организации (внедрения), мотивации, контроля оптимального использования всех видов и форм энергии при целесообразном удовлетворении потребностей человека (организации) и минимальном отрицательном влиянии на окружающую среду.

В определении энергетического менеджмента обнаруживаются все элементы процесса управления:

- планирование;
- организация;
- мотивация;
- контроль.

Методы и результаты энергоменеджмента как прикладной науки необходимы для успешного функционирования любой организации, начиная от международных образований, государств и кончая семьей, любой отрасли экономики. Энергетический менеджмент осуществляется на всех вертикальных и горизонтальных уровнях управления организаций.

Специалист по энергетическому менеджменту – человек, выполняющий управленческие функции для достижения целей энергетического менеджмента как подцелей миссии менеджмента в данной организации. Чтобы организовать эффективное и щадящее по отношению к окружающей среде потребление энергии, нужны систематические и основательные знания для триединых действий в области технологии, организации и поведения.

Специалисты по энергетическому менеджменту должны обладать определенным мировоззрением и широким спектром социальных, психологических, экономических и технических знаний. Эти специалисты необходимы на всех уровнях управления во всех организациях.

В странах Европейского Союза, в США, Японии уже сложилась кадровая структура энергетического менеджмента, определились функциональные обязанности и права при достаточно высоком уровне энергоменеджмента и его специфике в каждой стране и организации. Анализ опыта этих стран показывает, что без государственных политики и программ энергосбережения, без создания системы энергетического менеджмента невозможно преодолеть экономический кризис и достичь стабильного социального и экономического развития.

Энергетический менеджмент активно развивается в нашей республике и других странах СНГ. Активная организационная и практическая работа по реализации принятых концепций и программ, внедрение энергоэффективных технологий вывели Республику Беларусь

на передовые позиции в области энергосбережения среди других стран СНГ.

Направления и уровни энергетического менеджмента различны по своему содержанию для организаций:

- на межгосударственном уровне – сохранение и рациональное использование мировых запасов энергетических ресурсов, поиск новых источников и форм энергии, поддержание и сохранение окружающей среды (Sustainable Development) для следующих поколений;

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

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

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

- на уровне отдельной фирмы, предприятия – достижение минимальной энергетической составляющей в себестоимости продукции и обеспечение конкурентоспособности продукции, но энергетическим и экологическим характеристикам на внутреннем и мировом рынках;

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

На каждом из этих уровней предусматриваются свои концепция и технология (методики, средства, способы) энергосбережения.

Результативность энергетического менеджмента на национальном уровне оценивается по следующим критериям:

- форме национальной кривой нагрузки большей энергоэффективности соответствует более пологая кривая нагрузки, которая отражает распределение в течение суток потребления страной энергии;

- макроэкономическим показателям, прежде всего энергопотреблению на душу населения, энергоемкости национального (внутреннего) валового продукта, интегральным экологическим показателям.

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

1. Законотворческая и правовая деятельность – определяющее звено энергоменеджмента, регламентирующее все его остальные

функции. Правовые основы исполнения функций энергетического менеджмента закреплены Законом «Об энергосбережении».

2. Поиск источников и распределение финансирования. Залог успеха этой функции, с одной стороны, заключается в оптимально обоснованном соотношении источников финансирования и в формировании их наилучшей внутренней структуры за счет экономической политики, с другой стороны – в обоснованном с учетом приоритетов распределении финансирования на задачи программы «Энергосбережение».

3. Энергоаудит национальной экономики имеет целью, во-первых, оценку потенциала энергосбережения, его структуры для учета при планировании развития экономики и для разработки энергосберегающей политики, а во-вторых оценку результатов энергетического менеджмента для ее коррекции.

4. Выработка и координация реализации национальной политики энергосбережения, т. е. концепции, методик и средств для различных уровней, в том числе политики экономической, технической, социальной, научных изысканий, образования, международного сотрудничества. Важную роль играет политика научных изысканий. Их дальновидная координация гарантирует решение энергетической проблемы для будущих поколений. Не менее важным является и организация непрерывной многоуровневой системы образования в области энергосбережения. Энергоменеджмент предполагает как обязательную функцию коррекции политики энергосбережения в реальном времени и на перспективу.

5. Надзор, экспертиза и контроль – функция, регламентируемая законодательством обеспечивающая работу системы энергосбережения; охватывает всю технологию энергоиспользования во всех отраслях экономики и социально-интеллектуальной сфере. Значительный эффект даст экспертиза конструкторско-проектных решений.

6. Организация приоритетных энергосберегающих проектов (объявления тендеров до стимулирования их выполнения) и эффективной системы консалтинга, аудиторских фирм.

Это позволяет активизировать энергосбережение, прежде всего на предприятиях, способствует распространению и внедрению наиболее передовых энергосберегающих технологий и оборудования. Одновременно данная функция пользуется как косвенный инструмент для регулирующего воздействия на нижние уровни энергоменеджмента.

14. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АУДИТ

Энергетический аудит – это обследование предприятия и сбор информации об использовании энергии с целью определения реальных затрат, проверки существующей информации о затратах ТЭР, определения структуры тарифов, выявление зон потери энергии и другое.

Согласно "Положению о проведении энергетического обследования предприятий, учреждений и организаций" [9] обязательному энергетическому обследованию подлежат предприятия, учреждения и организации с годовым суммарным потреблением топливно-энергетических ресурсов более 1,5 тыс. тонн условного топлива.

По результатам энергетического обследования разрабатываются: оптимальный режим потребления ТЭР;

программа по энергосбережению, в которую включаются мероприятия по реализации основных направлений энергосбережения с указанием ожидаемых конечных результатов и их экономической эффективности (в том числе сроков окупаемости, планируемых затрат и источников финансирования, исполнителей мероприятий программы и сроков выполнения этих мероприятий). Сроки выполнения мероприятий не должны превышать интервал времени до следующего энергетического обследования.

Предприятия, организации и учреждения с суммарным годовым потреблением ТЭР в пересчете на условное топливо 25 тыс. т у.т. и выше согласовывают программу энергосбережения с Государственным комитетом по энергосбережению и энергетическому надзору.

Программа утверждается руководителем обследуемого предприятия, учреждения и организации.

Энергетическое обследование предприятий, учреждений и организаций проводится согласно графику, утвержденному соответствующим республиканским органом государственного управления, объединениями, подчиненными Правительству Республики Беларусь, облисполкомами, Минским горисполкомом и согласованному с Государственным комитетом по энергосбережению и энергетическому надзору Республики Беларусь. Интервал между энергетическими обследованиями не должен превышать пяти лет.

О сроках проведения обследования предприятия, организации, учреждения извещаются за три месяца до его начала.

Основным правовым документом, регулирующим взаимоотношения сторон при проведении энергетического обследования, является договор, заключенный между организацией, проводящей энергетическое обследование, и субъектом хозяйствования (предприятием,

учреждением, организацией), на котором проводится указанное обследование, с учетом требований законодательных и иных нормативных актов, действующих на момент заключения договора.

Финансирование работ по энергетическому обследованию осуществляется за счет средств обследуемых предприятий, учреждений и организаций, а также средств республиканского фонда «Энергосбережение».

Использование средств республиканского фонда «Энергосбережение» на проведение работ по энергетическому обследованию предприятий, учреждений и организаций осуществляется в соответствии со сметой расходов, разрабатываемой Государственным комитетом по энергосбережению и энергетическому надзору по согласованию с Министерством финансов и утверждаемой председателем совета фонда на основании решения этого совета.

Контроль и методическое руководство за выполнением энергетического обследования предприятий, учреждений и организаций осуществляет Государственный комитет по энергосбережению и энергетическому надзору Республики Беларусь.

Содержание и порядок проведения энергетического обследования

Обследование включает получение общей характеристики предприятия и данных, необходимых для оценки резервов экономии энергоресурсов.

В общей характеристике предприятия должны быть отражены следующие вопросы:

- отраслевая принадлежность;
- номенклатура продукции и фактические удельные расходы энергоресурсов на ее производство за год, предшествующий началу проведения энергетического обследования;
- источники и схема энергоснабжения;
- показатели суточных (зимнего и летнего) графиков электрической нагрузки;
- доля энергетической составляющей в себестоимости продукции;
- организационная структура энергослужбы;
- состояние энергетической отчетности (в том числе наличие паспортов оборудования, оперативных журналов, документов внутризаводской отчетности, материалов ранее проведенных обследований).

Для оценки эффективности энергоиспользования проводится обследование по следующим направлениям:

состояние технического учета: способы учета (расчетный, приборный, опытно-расчетный); формы получения, обработки и представления информации о контроле расхода энергии по цехам, участкам, энергоемким агрегатам; соответствие схемы учета энергии структуре норм; оснащение приборами расхода ТЭР (электросчетчики, паромеры, теплосчетчики, расходомеры газа и жидкого топлива);

состояние нормирования: наличие на предприятии утвержденных в установленном порядке норм расхода энергоресурсов; охват нормированием статей потребления энергоресурсов; фактическая структура норм и соответствие ее технологии и организации производства; динамика норм и удельных расходов за три предшествующих обследованию года;

участие предприятия в регулировании графиков электрической нагрузки энергосистемы: предусматриваемые мероприятия по использованию энергоемкого оборудования в качестве потребителей-регуляторов; режим работы предприятия в условиях ограничения мощности энергосистемы в осенне-зимний период;

определение резервов экономии энергоресурсов, которые определяются на основании обследования энергопотребляющего оборудования и технологических процессов, состояния использования вторичных энергетических ресурсов (ВЭР).

Проводится анализ использования ВЭР (тепловых и горючих), анализ работы собственных источников, системы сбора и возврата конденсата.

Возможная экономия энергоресурсов за счет совершенствования технологических процессов и установок определяется на основании анализа результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, проводимых на предприятии.

Резервы экономии энергоресурсов классифицируются и включают результаты проверок, выполненных ранее органами Госэнергонадзора.

Составляются перечень и краткое описание важнейших оргтехмероприятий по экономии топлива и энергии, намеченных на текущий год планами предприятия и рекомендуемых по результатам проведенного целевого обследования,

Классифицируются выявленные источники нерационального расходования энергии и топлива.

Оценка величины потерь по приведенным группам дается расчетным способом или устанавливается экспертно.

Приводятся данные по организации работы, способствующей выявлению и реализации резервов экономии энергии и топлива на предприятии.

Основные показатели, характеризующие состояние энергоиспользования на предприятии, сводятся в таблицу 14.1.

Таблица 14.1

Показатели состояния энергоиспользования

Показатели	Единица измерения	Величина по уровню г.
1. Расход по нормам	тыс. кВт·ч, Гкал, т у.т.	
2. Фактический расход	тыс.кВт·ч, Гкал, т у.т.	
3. Результат энергоиспользования экономия (-) перерасход (+)	тыс. кВт·ч, Гкал, т у.т. %	
3.1. Экономия (перерасход) в процентах к расходу по нормам отчетного года		
4. Задание по дополнительной экономии энергии	%	
5. Эффективность мероприятий по энергосбережению	тыс. кВт·ч, Гкал, т у.т. %	
5.1. Эффективность в процентах к расходу по нормам предыдущего года		
6. Эффективность мероприятий по дополнительному плану ОГМ	тыс.кВт·ч, Гкал, т у.т. %	
6.1. Эффективность в процентах к расходу по нормам отчетного года		
7. Экономия от прочих мероприятий, не отраженных в планах ОТМ	тыс. кВт·ч, Гкал, т у.т.	
8. Возможная экономия энергоресурсов за счет: реализации резервов и устранения нерационального расхода	тыс. кВт·ч, Гкал, т у.т.	

Объекты энергетического аудита:

1. *Паровые системы.* Определяются температура и давление пара, наличие и состояние конденсатоотводчиков, состояние теплоизоляции, утечки пара, возврат конденсата. Возможные рекомендации по энергосбережению – устранение утечек пара, теплоизоляция паро-

проводов, установка конденсатоотводчиков и возврат конденсата, утилизация тепла конденсата.

2. *Система сжатого воздуха.* Объектами изучения являются компрессорные системы, системы распределения воздуха и регулирования давления, давление у потребителя, присутствие в воздухе конденсата, наличие утечек, система охлаждения. Энергосберегающие мероприятия включают в себя устранение утечек воздуха, его осушку, установку систем регулирования давления, секционирование компрессоров, межступенчатое охлаждение, ограничение расхода охлаждающей воды, применение экономичных компрессоров.

3. *Водоснабжение.* Обследуются насосные установки, электропривод насосов, режимы работы насосов, утечки и непроизводительные потери воды. Снижение потерь обеспечивается устранением утечек воды, уменьшением потерь энергии на транспортирование воды по трубопроводным системам, модернизацией электроприводов насосов.

4. *Котельные установки.* При обследовании измеряются режимные параметры (давление, состав дымовых газов в различных точках тракта, температура воды и воздуха, параметры пара, температура наружных поверхностей по всему тракту котельной установки). Производится анализ КПД установки, состояния теплоизоляции, потерь тепла излучением, с дымовыми газами и проточной водой. Оценивается общий тепловой баланс, уровень выбросов в атмосферу, присос воздуха по тракту. Сбережению энергии способствует теплоизоляция наружных поверхностей установки, установка автоматических регуляторов, уплотнение клапанов и тракта, утилизация тепла дымовых газов и продувочной воды, модернизация нагнетательных устройств.

5. *Печи.* Производится измерение режимных параметров печи, определяются состав, давление и температура дымовых газов в топках и тракте печи, температура наружных поверхностей, расход и температура охлаждающей воды, характеристики электропривода нагнетательных устройств.

В электрических печах определению подлежат их электрические параметры (нагрузка, мощность). Сбережению энергии способствует теплоизоляция наружных поверхностей печи, установка автоматических регуляторов, уплотнение заслонок и клапанов, утилизация тепла дымовых газов и воды, предварительный подогрев шихты за счет утилизируемого тепла, установка регенераторов, модернизация нагнетательных устройств и т.п.

6. *Бойлеры и теплообменники.* Измеряются входная и выходная температура теплоносителей, их расход и перепады давления, темпе-

ратура наружных поверхностей аппарата, оцениваются потери тепла, определяется КПД, производится анализ теплоизоляции. Уменьшение потерь энергии обеспечивается изоляцией трубопроводов и наружных поверхностей, очисткой теплообменных поверхностей.

7. *Система кондиционирования воздуха, отопление и вентиляция.* Изучаются характеристики электропривода насосов и вентиляторов, системы регулирования теплообменников, измеряются температура и расход теплоносителя, температура и влажность воздуха в помещениях и снаружи. Экономии энергии способствуют теплоизоляция трубопроводов, устранение утечек, рекуперация вентиляционного тепла, применение термосифонов и тепловых насосов, установка центральных и индивидуальных регуляторов.

8. *Электрическое освещение.* Устанавливается соответствие уровня освещенности категории помещения и рабочему месту состояние окон осветительных приборов. Энергосбережение при освещении может быть достигнуто при замене источников света на более экономичные типы, при использовании естественного и местного освещения, при внедрении систем автоматического регулирования.

9. *Электрооборудование.* Измеряются суточные и недельные графики напряжений, токов, активной и реактивной мощности, анализируются пиковые нагрузки оборудования, время холостого хода.

10. *Здания.* Обследуются качество изоляции стен, уплотнение дверных и оконных проемов, системы водоснабжения, отопления, вентиляции и кондиционирования, освещение.

Рекомендуемые меры по энергосбережению— дополнительная изоляция стен и перекрытий, вакуумное остекление, установка регулирующих устройств, модернизация систем отопления и водоснабжения.

В общей задаче сбережения топливно-энергетических ресурсов особое значение имеет сбережение на уровне потребления, и прежде всего в промышленности, где расходуется их основная часть, так, здесь потребляется около 50 % от вырабатываемой электростанциями электроэнергии.

Типовая программа энергетического обследования предприятия

При проведении энергетического аудита разрабатывается программа энергетического обследования.

Главная цель программы это оказать содействие руководителям предприятий и организаций количественно определить эффективность использования энергетических ресурсов, наметить возможные меры и мероприятия по их экономии, сделать предварительную оцен-

ку затрат капитала, необходимого для реализации намечаемых мероприятий, и возможных сроков окупаемости, подготовить объективную основу для принятия решения потенциальным инвесторам. Энергетическое обследование должно дать оценку потенциала энергосбережения в стоимостном выражении.

Задачи: В результате выполнения программы энергетического обследования выявляется перечень мероприятий, позволяющих повысить эффективность использования энергетических ресурсов на обследуемых предприятиях и организациях.

Обследование отопительных и промышленно-отопительных котельных

В комплексной программе по обследованию отопительных и промышленно-отопительных котельных должны быть отражены следующие вопросы:

Техническая характеристика основного и крупного вспомогательного оборудования, его заводские и расчетные технико-экономические показатели; состояние с точки зрения физического и морального износа.

Тепловая схема котельной, ее особенности и недостатки в компоновке; режим работы котельной.

Установленная и располагаемая тепловая мощность котельной, в том числе по пару и горячей воде; производственные и технико-экономические показатели работы котельной: выработка и отпуск тепловой энергии за рассматриваемый период, КПД агрегатов и котельной в целом; удельный расход условного топлива на отпуск тепло энергии; расходы электроэнергии и тепла на собственные нужды.

Структура потребления топлива

Характеристика потребителей тепловой энергии: промышленные, коммунально-бытовые и др., проектный и фактически применяемый температурный график тепловой сети.

Выявление и анализ потерь энергоресурсов и что предпринимается по их сокращению; выявление непроизводительных расходов энергии, определение доли этих расходов и раскрытие причин их возникновения.

Оснащенность оборудования контрольно-измерительными приборами (КИП) и средствами автоматического регулирования; возможен ли элементарный учет и анализ технико-экономических показателей при существующей оснащенности КИП.

Техническое перевооружение котельных; что сделано в вопросах обновления действующего парка оборудования современным, высокоэффективным и экономичным, совершенствовании технологических процессов, реконструкции (совершенствовании) тепловых схем и внедрении энергосберегающих технологий.

Состояние эксплуатации оборудования и эксплуатационно-ремонтной документации; наличие теплотехнических испытаний по котлам и эксплуатации котлов по режимным картам; характеристика персонала (численность, его подготовка, аттестация и повышение квалификации по специальности); состояние водно-химического режима на котельной.

Состояние учета и отчетности по производственным и технико-экономическим показателям работы котельной (котельных).

Обследование электроэнергетического хозяйства предприятия

Анализ баланса приема и потребления электроэнергии. При этом уделяется внимание и коммерческому учету электроэнергии предприятий, находящихся на субобеспечении.

Анализ потребления реактивной энергии, работы компенсирующих устройств.

Оценка достоверности учета потребляемой электроэнергии.

Анализ характеристики электроснабжения и энергоемкости потребителя. Оценивается значение установленной мощности производственного оборудования и коэффициент ее использования.

Анализ работы электропривода и других потребителей электроэнергии. Оцениваются графики фактической нагрузки, коэффициенты использования, дополнительные потери.

Характеристика системы учета и распределения электроэнергии на производственные нужды.

Разработка рекомендаций по повышению эффективности использования электроэнергии.

Обследование технологического процесса

Сравнительный анализ действующего технологического процесса с установленным регламентом по проекту.

Определение основных статей снижения расхода энергоресурсов на технологический процесс. Оценка степени или возможности использования вторичных энергоносителей.

Рекомендации по повышению эффективности использования энергоресурсов в технологическом процессе.

Обследование ограждающих конструкций зданий и сооружений

Фактическое состояние зданий и сооружений и соответствие их проекту.

Система отопления и анализ ее работы. Система учета и регулирования, степень теплозащиты зданий и сооружений.

Система вентиляции и анализ ее работы. Система автоматизации, учет энергоресурсов.

Разработка рекомендаций по снижению расхода энергоресурсов на отопление и вентиляцию.

Обследование систем учета энергоресурсов

Общее состояние, оснащенность приборами учета.

Оценка величины потерь энергоресурсов.

Рекомендации по снижению затрат на энергоресурсы.

Экономические показатели эффективности использования энергоресурсов

Структура и анализ общих затрат на производство продукции.

Структура и анализ затрат энергоресурсов.

Оценка тенденции изменения затрат на энергоресурсы за анализируемый период.

Экономическая оценка эффективности внедрения разработанных рекомендаций.

Расчет энергосберегающих мероприятий

Внутреннее электрическое освещение

Годовая экономия электроэнергии от применения энергоэффективных источников света может быть определена по формуле:

$$\Delta W = k_{\text{ПРА}} \cdot k_a \cdot T_{\text{но}} \cdot (n_1 \cdot P_{\text{сущ}} - n_2 \cdot P_{\text{зам}}), \quad (14.1)$$

где $P_{\text{сущ}}$, $P_{\text{зам}}$ – установленные мощности осветительных установок соответственно существующих и предлагаемых для замены, кВт; n_1 и n_2 – количество установленных осветительных приборов соответственно до и после замены; $K_{\text{со}}$ – коэффициент спроса осветительной установки, таблица 13.2; K_a – коэффициент, учитывающий автоматизацию управления освещением; при существующем управлении принимается равным 1,0; $T_{\text{но}}$ – годовое время использования осветительной нагрузки, ч.

Сравнительные технические данные источников света приведены в таблице 14.1.

Таблица 14.1

Технические характеристики источников света

Тип источников света	Световая отдача, лм/Вт	Срок службы, час	Диапазон мощностей, Вт
ЛОН/ГЛН	10/18	1000/2000	10...1000
ЛЛ	60...95	12000...15000	18,36,58
КЛЛ	30...75	до 12000	3...105
ДРЛ	40...60	6000...10000	50...2000
ДРИ	90...100	6000...8000	50...3000
ДНаТ	70...130	6000...20000	50...1000
Индукционные	80..90	до 100000	15...300
Светодиодные	до 100	80000...100000	2 и более

Технико-экономическое обоснование применения энергоэффективных осветительных приборов

Определение потребления электроэнергии при применении ламп накаливания или люминесцентных ламп с электромагнитными ПРА до замены:

$$W_1 = \sum (n_i \cdot P_{ли} \cdot T_{pi}), \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (14.2)$$

где n_i – количество осветительных приборов одинаковой мощности, шт.; $P_{ли}$ – мощность применяемых одинаковых ламп, кВт (расчетная мощность светильников определяется с учетом потерь в пускорегулирующем аппарате (ПРА), $k_{ПРА} = 1,2$ – для светильников с люминесцентными лампами электромагнитным ПРА, $k_{ПРА} = 1,05...1,08$ – для люминесцентных светильников с ЭПРА, $k_{ПРА} = 1,1$ – для светильников с разрядными лампами ДРЛ, ДРИ); T_{pi} – число часов работы в году.

$$P_{расч} = P_{ли} \cdot k_{ПРА} \cdot k_{со}, \text{ кВт}. \quad (14.3)$$

Коэффициент спроса осветительной установки приведен в таблице 14.2.

Таблица 14.2

Коэффициент спроса осветительных установок

Наименование объекта	k_{co}
Мелкие производственные здания	1,0
Производственные здания, состоящие из отдельных больших пролетов	0,95
Административные здания и предприятия общественного питания	0,9
Производственные здания, состоящие из нескольких отдельных помещений	0,85
Лаборатории и коммунально-бытовые здания, лечебные, детские и учебные учреждения	0,8
Складские здания, подсобные помещения, комнаты ожидания и т.д.	0,6
Наружное и аварийное освещение	1,0

Расход топлива на отпуск электроэнергии, используемой на освещение до замены светильников определяется по выражению:

$$B_1 = W_1 \cdot (1 + k_{пот} / 100) \cdot b_{эз} \cdot 10^{-6}, \text{ т у.т.}, \quad (14.4)$$

где $b_{эз} = 0,3067$ кг у.т./кВт·ч – удельный расход топлива на отпуск электроэнергии принимается равным фактическому расходу топлива на замыкающей станции в энергосистеме (Лукомльской ГРЭС) за 2017год, предшествующий составлению расчета, г у.т./кВт ч (0,2818кг у.т./кВт·ч); $k_{пот}$ – коэффициент потерь электроэнергии в электрических сетях ГПО «Белэнерго» (с учетом распределительных) – 8,85 процентных пункта.

По тепловой энергии принимается на основании удельного расхода топлива на отпуск тепловой энергии: 166,6 кг у.т./Гкал плюс потери в тепловых сетях – 9,2 %, $b_{тз} = 182$ кг у.т./Гкал – в соответствии с данными Министерства энергетики Республики Беларусь.

Определение потребления электроэнергии при применении энергоэффективных источников света:

$$W_2 = \Sigma(n_i \cdot P_{ли} \cdot T_{pi}), \text{ кВт.ч}, \quad (14.5)$$

где k_i – количество энергоэффективных осветительных приборов одинаковой мощности, шт.; $P_{эли}$ – мощность применяемых одинаковых осветительных приборов, кВт; T_{pi} – число часов работы в году, час.

Расход топлива на отпуск электроэнергии, используемой на освещение после замены светильников:

$$B_2 = W_2 \cdot (1 + k_{\text{пот}} / 100) \cdot b_{\text{э}} \cdot 10^{-6}, \text{ т у.т.} \quad (14.6)$$

Экономия топлива от внедряемого мероприятия:

$$\Delta B = B_1 - B_2, \text{ т у.т.} \quad (14.7)$$

Расчет срока окупаемости при внедрении энергоэффективных светильников начинается с определения укрупненных капиталовложений

В укрупненные капиталовложения входит:

Стоимость оборудования, которая определяется согласно договорным ценам (на основании тендера);

Стоимость проектных работ – до 10 % от стоимости строительно-монтажных работ;

Стоимость строительно-монтажных работ – 25...30 % от стоимости оборудования;

Стоимость пуско-наладочных работ – 3...5 % от стоимости оборудования.

Капиталовложения в мероприятие определяются по выражению:

$$K_{\text{оп}} = C_{\text{об}} + 0,1 \cdot C_{\text{смп}} + (0,25...0,3) \cdot C_{\text{об}} + (0,03...0,05) \cdot C_{\text{об}}, \text{ тыс. руб.} \quad (14.8)$$

Определение сроков окупаемости мероприятия за счет экономии топлива:

$$C_{\text{рок}} = \frac{K_{\text{оп}}}{(\Delta B \cdot C_{\text{топл}})}, \text{ лет.} \quad (14.9)$$

Пример 14.1. Произвести замену светильников с ртутными лампами типа ДРВ мощностью 500 Вт на энергоэффективные современные со светодиодными источниками света.

Решение: Эквивалентную замену без снижения показателей качества освещения в помещении позволят светильники со светодиодными источниками света мощностью ДСП 100 мощностью 100 Вт.

Светодиодные светильники создают высокий световой поток с высокими энергетическими характеристиками.

Коэффициент мощности светильника находится близким к единице (0,98).

Внешний вид светильника со светодиодными источниками света представлен на рисунке 13.1.



Рис. 14.1. Светильники со светодиодными источниками света ДСП 100

Расчет эффективности замены существующих светильников на светодиодные энергоэффективные выполнен с помощью программы *Excel* и представлен в таблице 14.3.

Таблица 14.3

Пример расчета эффективности замены светильников

Замена светильников	До замены	После замены	Экономия, ΔW ΔB	C_{w3} , руб	$C_{p\text{ окз}}$ лет
$P_{л}$, кВт	0,5	0,1			
$k_{ПРА}$	1,1	1,05			
Количество светильников, шт	284	284			
k_c	0,95	0,95			
T_m , ч.год	4600	4600			
W , кВт·ч	620540	130313,4	552280,6		
B , т у.т.	190,32	39,967	169	76,477	0,47
Капиталовложения, К:					
Стоимость светильника, руб	102				
Количество светильников	284				
Всего, тыс. руб	28,968				
СМР, 25%	0,25	7242			
Капиталовложение, тыс. руб		36,210			

15. ОРИЕНТИРЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Повышение конкурентоспособности экономики, обеспечение энергетической безопасности и энергетической независимости за счет повышения энергоэффективности и увеличения использования собственных ТЭР, в том числе ВИЭ, является приоритетом развития страны на 2016 – 2020 годы.

Политика энергосбережения, целенаправленно проводимая в Республике Беларусь с 1993 года, предусматривает в качестве долгосрочной цели снижение энергоемкости ВВП до среднемирового уровня и максимально возможное вовлечение в топливный баланс местных ТЭР.

По данным Международного энергетического агентства, в 2013 году показатель энергоемкости ВВП Беларуси составил 0,19 тонны нефтяного эквивалента на 1 тыс. долларов США.

Вместе с тем энергоемкость ВВП в Республике Беларусь остается в 1,5 раза выше, чем в среднем в странах Организации экономического сотрудничества и развития и в 1,2 раза выше мирового среднего уровня этого показателя.

В 2011–2014 годах ВВП вырос на 9,8 процента, при этом снижение энергоемкости ВВП составило 8,3 процента.

Валовое потребление ТЭР в республике в 2014 году практически не изменилось по отношению к уровню 2010 года, что свидетельствует об эффективности работы отраслей страны по экономии топлива и энергии.

Достижение такого результата стало возможным благодаря повсеместной реализации мероприятий по энергосбережению, введению жестких лимитов потребления ТЭР промышленными организациями, внедрению приборного учета, усилению материальной ответственности этих организаций за сверхлимитное потребление, стимулированию населения к экономии электрической энергии.

Ежегодная реализация в 2011 – 2015 годах краткосрочных программ энергосбережения позволила обеспечить:

В Белорусской энергетической системе – устойчивая тенденция к снижению удельного расхода условного топлива на отпуск электроэнергии (с 268,9 г ут./кВт ч в 2010 году до 235,5 г.ут./кВт · ч в 2015 году) обеспечивается за счет ввода в эксплуатацию высокоэффективного энергетического оборудования. Нарастивания комбинированного производства электрической и тепловой энергии, являющегося одним из наиболее эффективных направлений использования топлива.

В системе жилищно-коммунального хозяйства наблюдается уменьшение расхода тепловой энергии на ее транспорт и в теплосетях с 18,7 % в 2010 году до 15,4 % в 2014 году. Снижение величины удельного расхода условного топлива на отпуск тепловой энергии на энергоисточниках, работающих с использованием природного газа, на величину около 0,5 кг у.т./Гкал ежегодно путем реализации энергосберегающих мероприятий по замене изношенных участков теплопроводов, применения предизолированных (ПИ-труб), оптимизации схем теплоснабжения.

Введение в эксплуатацию, в непосредственной близости от потребителя объектов малой энергетики, обеспечило выработку электрической энергии с удельным расходом условного топлива не превышающего 180 г у.т./кВт·ч. Это способствовало снижению расхода электроэнергии на ее транспорт в электрических сетях Белорусской энергетической системы с 11,19 % в 2010 году до 9,01 % в 2015 году.

В настоящее время созданы предпосылки для наращивания производства промышленной продукции без значительного роста потребления ТЭР. Ежегодно уровень норм расхода ТЭР в промышленных энергопотребляющих организациях, характеризующихся энергоемкими производственными технологиями, снижается к их уровню предшествующего года не менее чем на 3 процента.

В целом по республике экономия ТЭР в результате реализации энергосберегающих мероприятий в 2011–2015 годах составила 7,79 млн т у.т. при задании 7,10...8,85 млн т у.т.

Доля местных ТЭР в котельно-печном топливе увеличилась с 20,7 % в 2010 году до 29,5 % в 2015 году.

В структуре местных ТЭР (без учета тепловых вторичных энергоресурсов) доля ВИЭ составляет около 46 процентов. В структуре ВИЭ доля щепы увеличилась с 12,8 % в 2010 году до 22,7 % 2014 году (на 223 тыс. т у.т.). Доля электроэнергии, выработанной на гидро-, ветро- и солнечных электростанциях, составляла в 2010 году – 0,1% от объема производства электрической энергии, в 2014 году – 0,7%.

В результате реализации мероприятий по внедрению энергоисточников на местных видах топлива, биогазе, строительству гидроэлектростанций в Республике Беларусь введены в эксплуатацию:

Сто четыре энергоисточника на местных видах топлива суммарной установленной электрической мощностью 13,5 МВт и тепловой – 500,1 МВт, в том числе 7 мини-ТЭЦ на местных видах топлива суммарной установленной электрической мощностью 13,5 МВт и тепловой – 48,3 МВт;

12 биогазовых комплексов суммарной установленной электрической мощностью 19 МВт;

7 гидроэлектростанций суммарной установленной мощностью около 19 МВт;

35 ветроэнергетических установок суммарной установленной мощностью более 25 МВт.

В рамках реализации Республиканской программы энергосбережения на 2011–2015 годы, утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 24 декабря 2010 г. проводилась активная работа по пропаганде рационального использования ТЭР, в том числе путем:

проведения республиканских акций «Энергоэффективность – в действии», «Минус 60 Ватт в каждой квартире»;

– организации и проведения республиканских конкурсов в области энергосбережения, в том числе республиканского конкурса школьных проектов по экономии и бережливости «Энергомарафон», международного конкурса энергоэффективных и ресурсосберегающих технологий и оборудования;

– издания ежемесячного специализированного научно-практического журнала «Энергоэффективность», учебно-методической литературы, плакатов и другой наглядной агитации по энергосбережению;

– проведения семинаров, конференций, круглых столов по наиболее актуальным темам и направлениям;

– участия и представления на специализированных форумах и выставках результатов работы в области энергосбережения;

– создания социальной рекламы, научно-популярных и информационно-пропагандистских фильмов об энергосбережении.

В соответствии с программой развития системы технического нормирования, стандартизации и подтверждения соответствия в области энергосбережения на 2011–2015 годы разработано свыше 100 государственных и межгосударственных стандартов, из них более 90 % соответствуют международным и европейским требованиям.

Для активизации работ по данному направлению в 2014 году сформирован Национальный комитет по стандартизации.

Реализация Государственной программы позволит обеспечить в 2016–2020 годах взаимоувязанную деятельность по энергосбережению республиканских органов государственного управления и иных государственных организаций, подчиненных Правительству Республики Беларусь.

Выполнение Государственной программы осуществляется ежегодно в рамках общего комплекса энергосберегающих мероприятий,

программ энергосбережения, перечня основных мероприятий в сфере энергосбережения, направленных на осуществление соответствующей деятельности в рамках международного сотрудничества и привлечения инвестиций, совершенствования информационного обеспечения и пропаганды энергосбережения, а также на реализацию наиболее актуальных социально ориентированных проектов – мероприятий в сфере энергосбережения.

16. ЭКОЛОГИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

Экологическая вредность большинства энергетических объектов напрямую связана с их эффективностью.

При сжигании углеводородного топлива в атмосферу попадают такие химические соединения, как оксид углерода (СО), соединения серы, соединения азота и другие. Оксид углерода выделяется при неполном сгорании углеводородсодержащего топлива. Поэтому важным является правильная регулировка подачи воздуха в котельные, регулировка качества горючей смеси в двигателях внутреннего сгорания, при которой обеспечивается достаточное количество воздуха для полного сгорания топлива.

Из соединений серы в атмосферу выбрасывается преимущественно сернистый газ – SO_2 . Особенно много его выделяется при сжигании каменного угля и мазута. Предварительно очищенный от серы природный газ является более «чистым» от соединений серы топливом. В процессе сгорания любого топлива образуются также соединения азота – оксид азота (NO), диоксид азота (NO_2) и другие.

В условиях атмосферы эти и другие соединения, приводят к образованию кислотных соединений и других сложных комплексов, которые пагубно влияют на экосферу, а также на качество сельскохозяйственной продукции и на процесс ее производства за счет ухудшения химического состава атмосферного воздуха, загрязнения почвы и грунтовых вод. При этом происходит изменение кислотно-щелочного баланса почвы и поверхностных вод в сторону увеличения кислотности, что в свою очередь негативно влияет на растительный и животный мир.

Отрицательное влияние на окружающую среду оказывают также механическая пыль, зола и сажа, образующиеся при подготовке и сжигании различных видов топлива. Попадая в атмосферу, эти выбросы, являются как механическими загрязнителями, так и химическими. Например, сажа хорошо абсорбирует тяжелые углеводороды, такие как бензопирен.

Частицы золы в атмосфере могут взаимодействовать с кислотами и образовывать сульфаты. Будучи взвешенными в атмосфере, эти образования проникают в органы дыхания. Являясь ядрами конденсации водяного пара, влияют на погоду, снижают уровень солнечной радиации и вызывают другие нежелательные эффекты.

Все виды этих загрязнений ощущаются на территории нашей республики. Особенно сильно они проявляются в крупных городах, в промышленных центрах и на территориях аграрного использования

вблизи этих объектов. Наряду с этим значительный вклад в загрязнение атмосферного воздуха над Беларусью обеспечивается за счет трансграничного переноса вредных выбросов из Польши, Германии и других стран Западной Европы.

Энергетические предприятия и энергоустановки выступают также в качестве локальных загрязнителей почвенного слоя, растительного покрова и грунтовых вод. Например, отходы от сжигания угля, торфа – зола, шлаки пылят в сухую погоду и размываются дождем, распространяясь на довольно значительные расстояния.

При сгорании химического топлива используется кислород и выделяется углекислый газ (диоксид углерода). Атмосферный воздух обедняется кислородом. Диоксид углерода (CO_2) способствует усилению такого явления в атмосфере, как парниковый эффект, который, по мнению многих ученых, является причиной глобального потепления климата на Земле.

Таким образом, при использовании ископаемых видов топлива наблюдается характерный процесс «деградации» атмосферы за счет уменьшения содержания кислорода и увеличения количества углекислого газа.

Специалисты-экологи обращают также внимание на физические факторы – тепло, шум, электромагнитные поля, обуславливающие физическое загрязнение атмосферы, которые сопутствуют процессам получения, преобразования, передачи на расстояние и использования различных видов энергии.

За счет сжигания ископаемых видов топлива в окружающую среду поступает большое количество тепловой энергии. В глобальном масштабе этот процесс также способствует повышению температуры атмосферного воздуха и усилению парникового эффекта. Хотя в мировом масштабе вклад «теплового загрязнения» атмосферы считается незначительным, однако локальное влияние тепловых выбросов ТЭС, АЭС и большого количества других объектов производства и потребления тепловой и электрической энергии в районах размещения этих объектов очень заметно.

Рассеяние теплоты конденсации пара в атмосфере тепловыми электрическими станциями, в ближайших водоемах (пруды охладители, реки и озера для ТЭС и АЭС), а также отопление зданий, освещение и производственные процессы в крупных городах обуславливают нарушение экологического равновесия в районах размещения этих объектов.

Высоковольтные линии электропередач требуют отчуждения больших площадей территории, в т.ч. и сельскохозяйственных уго-

дий. ЛЭП являются объектами повышенной опасности для людей и источником мощных низкочастотных электромагнитных полей, влияние которых на организм человека, животных и на растения уже доказано, хотя степень опасности этого влияния еще до конца не изучена.

Шум – один из факторов физического загрязнения окружающей среды, который сопутствует большинству процессов производства и потребления энергии. Человек, животные и растения весьма чувствительны к этому фактору и в основном реагируют на него отрицательно.

Гидроэлектростанции не потребляют ископаемые виды топлива. Однако водохранилища станций, особенно равнинных, имеют большие площади водной поверхности. Это обуславливает изменение влажности и температуры атмосферного воздуха, подъему уровня грунтовых вод в окрестностях самой станции. Под водой оказываются большие площади земель, в т.ч. и сельскохозяйственного назначения.

Для АЭС основными факторами негативного влияния на окружающую среду являются тепловое загрязнение и радиоактивные отходы, образующиеся в процессе функционирования станции. Имеющиеся в этих отходах радиоизотопы с длительным периодом полураспада могут попадать в воздушный бассейн или в грунтовые воды и накапливаться как на территории самих станций, так и на прилегающей территории. Однако, при правильной эксплуатации, в ходе которой выполняются все элементы технологии и соблюдаются правила безопасности, АЭС по радиационному загрязнению окружающей среды – более чистые по сравнению с угольными электростанциями аналогичной мощности. В угле содержатся радиоактивные элементы, которые с золой могут попадать в атмосферу и загрязнять прилегающую территорию.

Мероприятия по охране окружающей среды, способствующие снижению отрицательного влияния энергетических объектов на окружающую среду, условно делят на следующие группы:

- организационно-хозяйственные;
- технологические;
- санитарно-гигиенические;
- конструктивно-производственные.

Организационно-хозяйственные мероприятия предусматривают рациональное размещение энергетических объектов – производителей тепловой и электрической энергии на территории страны. При этом должны быть минимизированы энергозатраты на доставку энергоносителей к местам их использования и негативное влияние этих объектов на прилегающие территории.

Технологические мероприятия предполагают создание и использование энергосберегающих технологий получения основных видов энергии, использование прогрессивных малоэнергоёмких технологических процессов в промышленности, в быту, на транспорте, в сфере АПК, широкое использование альтернативных ТЭР, что должно обеспечивать снижение доли ископаемых ТЭР и более полное использование их энергетического потенциала. Пример – мини-ТЭЦ, использующие древесину в качестве топлива.

Санитарно-гигиенические мероприятия включают нормирование выбросов загрязняющих веществ и развитие законодательной базы, регулирующей эти вопросы на государственном уровне. Важным примером активного участия нашей республики в процессе решения глобальной проблемы снижения выбросов в атмосферу явилось присоединение Беларуси к Киотскому протоколу (август 2005г.).

Конструктивно-производственные мероприятия основаны на различных процессах, позволяющих снизить токсичность и вредность дымов, вентиляционных выбросов, сточных вод энергетических предприятий, которые могут внедряться на уже существующих объектах путем их доработки, а такие предусматривают использование подобных процессов при создании новых объектов. Здесь применимы: химические, физические, механические и биологические методы.

Химические методы основаны на связывании вредных веществ химическими реагентами и их превращении в соединения, безопасные для окружающей среды. Например, очистка отходящих газов при сжигании каменного угля щелочными составами (известковое молоко) в жидких фильтрах (скрубберах), применение катализаторов в ДВС.

Физические методы предусматривают улавливание вредных веществ с помощью адсорбентов (активированный уголь, цеолиты и др.).

Механические методы базируются на применении различных фильтров, обеспечивающих отделение пылевидных частиц, сажи, жидких примесей, в качестве которых используются циклоны, пылеулавливатели и др.

Биологические методы основаны на применении живых организмов – бактерий, водорослей, зеленых насаждений, которые обеспечивают поглощение вредных соединений (синезеленые водоросли, бактерии, перерабатывающие нефтепродукты и др.).

Основные направления охраны окружающей среды от вредного воздействия энергетических объектов можно условно разделить на две группы: активные и пассивные методы.

Среди активных методов следует отметить применение природосберегающих технологий при генерации энергии. К их числу относятся технологии, которые увеличивают коэффициент использования топлива (ТЭЦ, АЭС вместо ТЭС на органическом топливе) и соответственно уменьшают количество прямых (зола, шлак) и вторичных (обмывочные воды) загрязнений. К ним относятся различные способы деструктивной переработки топлив (получение метанола, синтез газа, водорода и т.д.), позволяющие более полно произвести выделение потенциальных загрязнителей (серы) на ранних стадиях использования топлива.

Сюда можно отнести применение замкнутых технологических циклов:

- полное использование золы ТЭС;
- получение из дымовых газов азота и технической серной кислоты;

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

Кроме того, при горении топлива образуются оксиды азота. Механизм образования топливных оксидов азота связывается с наличием радикалов NC , CN , NH , NH_2 и OH в зоне горения азотсодержащих топлив. Одним из наиболее распространенных и хорошо изученных методов снижения количества образующихся оксидов азота – является возврат продуктов сгорания в зону горения, что позволяет регулировать теплоотдачу к топочным экранам.

Пассивные методы предусматривают применение таких устройств, которые снижают вредность технологического процесса на его конечных стадиях (золоуловители, очистные сооружения, шумопоглотители и др.) или способствуют их разбавлению до концентраций, меньших предельно допустимых. Технологически наиболее простым способом борьбы с вредными выбросами является строительство высоких дымовых труб, обеспечивающих рассеяние вредных примесей на большие площади.

Продуктами полного сгорания топлива являются углекислый газ CO_2 , сернистый газ SO_2 и водяные пары.

Для АЭС основным фактором радиационной опасности является внешнее ионизирующее излучение. С точки зрения радиационного загрязнения окружающей среды АЭС – более чистые по сравнению с угольными электростанциями. В угле содержатся естественные ра-

диоактивные элементы – радий, торий, уран, полоний и др., которые вместе с золой выбрасываются в атмосферу.

В результате энергетические объекты, работающие на угле, загрязняют атмосферу в сотни раз больше, чем атомные станции аналогичной мощности. Так, пылеугольная ТЭС мощностью 1200 МВт, потребляя 3,4 млн. тон угля в год, выбрасывает в атмосферу ежегодно 130 тыс. тон золы. Их активность составляет 100 мбэр/год, для АЭС аналогичной мощности величина радиоактивных выбросов не превышает 0,5...1 мбэр/год.

При эксплуатации АЭС осуществляется тщательный контроль за образованием радиоактивных отходов, а перед поступлением их во внешнюю среду устанавливается многобарьерная система фильтров и защитных устройств.

Основной принцип при переработке и захоронении радиоактивных отходов заключается в их концентрировании в малых объемах с последующим вечным захоронением в таких местах, где обеспечивается полный радиоактивный распад вне контакта с биосферой (600 лет). Для связывания радиоактивных веществ отходы отверждаются (битумируются и остекловываются). Последующее хранение – в герметически железобетонных емкостях или металлических контейнерах. Лучшими местами для захоронения являются заброшенные соляные копи (отсутствие воды, спокойные в сейсмическом отношении районы, большие объемы подземных пустот).

Парниковый эффект – это свойство атмосферы пропускать солнечную радиацию, но задерживать земное излучение и тем самым способствовать аккумуляции тепла Землей. Атмосфера земли сравнительно хорошо пропускает коротковолновую солнечную радиацию, которая почти полностью поглощается земной поверхностью. Нагретая за счет поглощения солнечной радиации, земная поверхность становится источником земного, в основном длинноволнового излучения, прозрачность атмосферы для которого мала. Это излучение почти полностью поглощается в атмосфере. В случае парникового эффекта при ясном небе только 10...20 % земного излучения, проходя через атмосферу, может уходить в космическое пространство.

Глобальное потепление частично связано с повышением содержания в атмосфере CO_2 , выделяемого при сжигании ископаемого топлива.

Так например, в Европе общее количество выбросов CO_2 составляет 3000 млн. тон в год. Теплоизоляция объектов – весьма эффективный способ сократить расход топлива при отоплении, а следовательно, понизить содержание CO_2 в воздухе. Одновременно сокра-

щаются выбросы двуокиси серы SO_2 и других компонентов, что значительно уменьшает количество кислотных остатков.

Затраты на энергетику во всем мире непрерывно растут. Этот рост связан не только с увеличением стоимости топлива, но и со все увеличивающимися затратами на охрану окружающей среды, способности которой противостоять загрязнению газовыми выбросами и другими энергетическими отходами не безграничны. Так, в США за последние 20 лет затраты на сооружение объектов теплоэнергетики возросли на 25 %, а стоимость электроэнергии на тепловых и атомных электростанциях увеличилась более чем на 40 %.

Большинство промышленно развитых стран подошло к рубежу, когда с дальнейшим ростом производства энергии издержки начинают превышать прибыль. При этом основным лимитирующим фактором становятся вопросы экологии, связанные с улавливанием и очисткой вредных выбросов.

В экологических проблемах энергетики Беларуси важным являются вопросы ресурсо- и энергосбережения, использование нетрадиционных источников энергии, добычи и использования местных видов топлива. В настоящее время на электростанциях и в котельных используется органическое топливо (газ, мазут), и как следствие, имеет место загрязнение окружающей среды.

В Беларуси годовой выброс окислов серы и азота (основные выбросы, характерные для энергетики) от стационарных источников составил соответственно 637 и 104 тыс. тон в год, где доля предприятий энергетики составляет 353 тыс. тон (65,4 %) по окислам серы и 68,4 тыс. тон (65,7 %) по окислам азота. В настоящее время энергетика Беларуси является основным источником валовых выбросов серы и азота в республике от стационарных установок. Однако валовой выброс не является определяющим в загрязнении атмосферы городов и населенных пунктов, а зависит от приземных концентраций вредных веществ и их класса опасности.

Расчет индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) по веществам, определяющим приоритет городов Беларуси, показал, что доля энергетических объектов в локальном загрязнении не превышает 2 %, а по среднегодовой концентрации окислов азота – 13 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон Республики Беларусь «Об энергосбережении» №190-3 от 15.07.1998 г. Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2001 г., 2/718.
2. Закон Республики Беларусь «Об энергосбережении» №239-3 от 8.01.2015 г. Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2001 г., 2/718.
3. Мансуров В.А. Основы энергосбережения, учебно-метод. пособие / В.А. Мансуров. – Минск: БГМУ, 2010. – 68 с.
4. Основы энергосбережения: Курс лекций / под ред. Н.Г. Хутской. – Мн: Тэхналогія., 1999. – 100 с.
5. Гулбрандсен, Т. Х. Энергоэффективность и энергетический менеджмент: учебно-метод. пособие / Т. Х. Гулбрандсен, Л. П. Падалко, В. Л. Червинский. – Минск : БГАТУ, 2010. – 240 с.
6. Ольшанский, А. И. Основы энергосбережения : курс лекций / А. И. Ольшанский, В. И. Ольшанский, Н. В. Беляков ; УО «ВГТУ». – Витебск, 2007. – 223 с.
7. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Технология энергосбережения: Учебник. – М.: ФОРУМ:ИНФРА-М, 2006.– 352 с.
8. Сборник нормативно-технических материалов по энергосбережению сост. А.В. Филиппович. – Мн.: ОДО «ЛОРАНЖ-2», 2004. – 400 с.
9. Сборник нормативно-технических материалов по энергосбережению. Сост. А.В. Филиппович.– Мн. ОДО «ЛОРАНЖ-2», 2004 – 400 с.
10. Сборник нормативно-технических материалов по энергосбережению. Часть 2/Комитет по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь; сост. А.В. Филиппович. – Мн. ОДО «ЛОРАНЖ-2», 2006.– 400 с.
11. Кундас С.П. Возобновляемые источники энергии / С.П. Кундас, С.С. Позняк, Л.В. Шенец. – Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2009. – 315 с.

**Елкин Валерий Дмитриевич
Колесник Юрий Николаевич**

**ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ
И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ**

Пособие

**для слушателей специальности переподготовки
1-59 01 01 «Охрана труда в машиностроении
и приборостроении»
заочной формы обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 08.01.20.

Рег. № 97Е.

<http://www.gstu.by>