

Практическая работа №5

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ С УЧЕТОМ ИХ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ, СРОКОВ СЛУЖБЫ И ОКУПАЕМОСТИ

Экологические аспекты невозобновляемых источников энергии

Энергия – способность производить работу или какое-то другое действие. Для современного общества наиболее актуальными видами энергии являются электрическая и тепловая.

Энергетические ресурсы – это любые источники механической, химической и физической энергии.

Около 90% используемых в настоящее время энергоресурсов составляют невозобновляющиеся (уголь, нефть, природный газ, уран и т.п.). Состав топлива необходим для определения важнейшей характеристики топлива – теплоты сгорания топлива (теплотворная способность топлива).

Теплота сгорания топлива (Q) – это количество тепловой энергии, которая может выделиться в ходе химических реакций окисления горючих компонентов топлива, измеряется в кДж/кг для твердого или в кДж/м³ – для газообразного топлива.

Средняя теплота сгорания, кДж/кг или (кДж/м³)

- соляр.....42000
- мазут40200
- природный газ.....35800
- антрацит.....20900
- торф.....8120
- бурый уголь.....7900

Для сравнения различных видов топлива их приводят к единому эквиваленту – **условному топливу**, имеющему теплоту сгорания 20 308 кДж/кг (7000 ккал/кг). Для пересчета реального топлива в условное используется тепловой эквивалент

$$K = \frac{Q}{29308},$$

Тепловой эквивалент:

- нефти - 1,43;
- мазут - 1,37;
- газа природного - 1,22;
- для угля в среднем - 0,71;
- торфа - 0,27;
- дров - 0,25.

Важной характеристикой, влияющей на процесс горения твердого топлива, является выход летучих веществ (убыль массы топлива при нагреве его без

кислорода при 850 °С в течение 7 мин). По этому признаку *угли* делят на бурые (выход летучих более 40 %), каменные (10 – 40 %), антрациты (менее 10 %). Воспламеняемость антрацитов поэтому хуже, но теплота сгорания выше. Это надо учитывать при организации процесса сжигания.

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

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

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

Из композиционных топлив, как наиболее употребительное, можно назвать брикеты - механическая смесь угольной или торфяной мелочи со связующими веществами (битум и др.), спрессованная в специальных прессах.

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

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

Традиционная энергетика и ее характеристика

Традиционную энергетику главным образом разделяют на электроэнергетику и теплоэнергетику.

Преобразование первичной энергии в электрическую производится на электростанциях: ТЭС, ГЭС, АЭС.

Производство энергии необходимого вида и снабжение ею потребителей происходит в процессе энергетического производства, в котором можно выделить **пять стадий**:

1. **Получение и концентрация энергетических ресурсов**: добыча и обогащение топлива, концентрация напора воды с помощью гидротехнических сооружений и т.д.;

2. **Передача энергетических ресурсов к установкам, преобразующим энергию**; она осуществляется перевозками по суше и воде или перекачкой по трубопроводам;

3. **Преобразование первичной энергии во вторичную**, имеющую наиболее удобную для распределения и потребления форму (обычно в электрическую и тепловую энергию);

4. **Передача и распределение преобразованной энергии**;

5. **Потребление энергии**, осуществляемое как в той форме, в которой она доставлена потребителю, так и в преобразованной форме.

Потребителями энергии являются: промышленность, транспорт, сельское хозяйство, жилищно-коммунальное хозяйство, сфера быта и обслуживания.

Если общую энергию применяемых первичных энергоресурсов принять за 100%, то полезно используемая энергия составит только 35–40%, остальная часть теряется, причем большая часть – в виде теплоты.

Основные типы электростанций и их характеристики

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

- **ТЭС – тепловая электрическая станция** преобразует тепловую энергию в электрическую;

- **ГЭС – гидроэлектростанция** преобразует механическую энергию движения воды в электрическую;

- **ГАЭС – гидроаккумулирующая электростанция** преобразует механическую энергию движения, предварительно накопленной в искусственном водоеме воды, в электрическую;

- **АЭС – атомная электростанция** преобразует атомную энергию ядерного топлива в электрическую;

В Беларуси более 95% энергии вырабатывается на ТЭС. Поэтому рассмотрим процесс преобразования энергии на ТЭС.

Тепловые (ТЭС) – Используемое топливо – твердое (уголь, торф, горючие сланцы); жидкое (нефть); газообразное (природный, доменный, коксовый газ).

Практически с учетом потерь КПД ТЭС находится в пределах 36–39%. Это означает, что 64–61% топлива используется «впустую», загрязняя окружающую среду в виде тепловых выбросов в атмосферу. КПД ТЭЦ примерно в 2 раза выше, чем КПД ТЭС. Поэтому использование ТЭЦ является существенным фактором энергосбережения.

Наибольшее распространение получили две группы ТЭС с паровыми турбинами:

- **конденсационные (КЭС)** – (КПД 32...40 %) – снабжают потребителей только электрической энергией, преобразуемой из тепловой энергии сгораемого топлива. КЭС строят по возможности ближе к местам добычи топлива, удобным для водоснабжения. Особенность агрегатов КЭС заключается в том, что они недостаточно маневренны: подготовка к пуску, разворот и набор нагрузки требуют от 3 до 6 ч. Поэтому для них предпочтительным является режим работы

с равномерной нагрузкой. Они существенно влияют на окружающую среду – загрязняют атмосферу, изменяют тепловой режим источников водоснабжения

Крупные КЭС, обслуживающие потребителей значительного района страны, получили название государственных районных электростанций (ГРЭС)

– **теплофикационные**, теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) – (КПД 70-75%) – снабжают потребителей электрической и тепловой энергией (используется отработанный в турбинах пар); строятся рядом с потребителями тепла (города, крупные промышленные предприятия)

Экономическую эффективность мощных энергоблоков с высокими параметрами пара можно проиллюстрировать такими данными: электростанции с блоками по 300 МВт на 240атм обеспечивают экономию топлива почти на 44% по сравнению с электростанциями, сооружавшимися по плану ГОЭЛРО с агрегатами по 10-16 МВт на 16-18атм. Стоимость такой станции составляет от 1000 до 1400 USD/кВт, себестоимость электроэнергии – 5,2-6,3 центов/кВтч, а срок службы – 70 лет и более (для ТЭЦ), окупаемость – 7-10 лет.

Примерно половина всей белорусской электроэнергии производится на двух ГРЭС – Березовской и Новолукомльской. Новолукомльская ГРЭС была введена в эксплуатацию в 1969г. На ней установлено 8 турбин, общая мощность которых составляет 3400 МВт. Березовская ГРЭС строилась ещё в начале 60-х. С 1960 по 1967г.г. здесь было введено в строй 6 турбин общей мощностью 920 МВт.

Гидравлические (ГЭС) – (КПД 85...87%).

Снабжают потребителей электрической энергией, преобразуемой из механической энергии движущейся воды, строятся рядом с большим водоразделом. Не нуждаются в топливе, т.к. используют возобновляемый источник энергии (воду). Первичный двигатель – гидротурбина. Вырабатывают самую дешёвую электроэнергию – 2.1-6 центов/кВтч, основные затраты идут на строительство плотины – 1000-2500 USD/кВт.

ГЭС могут быть сооружены там, где имеются гидроресурсы и условия для строительства, что часто не совпадает с расположением потребителей электроэнергии. Гидроагрегаты высокоманевренны: разворот и набор нагрузки требуют от 1 до 5 мин. Одной из основных экономических особенностей эксплуатации ГЭС является высокая производительность труда. Затраты труда на единицу мощности на них почти в 10 раз меньше, чем на ТЭС (с учётом затрат труда на добычу топлива и его транспорт), а срок службы самый долгий – 100 лет при очень скорой окупаемости – в 8-10 лет.

Основные параметры, от которых зависит мощность ГЭС, – это расход воды, т.е. количество воды, подаваемой на турбину в единицу времени, и напор-перепад между водной поверхностью водохранилища и уровнем установки гидроагрегата. Поэтому мощность ГЭС, количество и стоимость вырабатываемой ею электроэнергии в конечном итоге зависят от топографических условий в районе размещения водохранилища и ГЭС. Наиболее сложные проблемы гидроэнергетики - ущерб, наносимый

окружающей среде водохранилищами (уничтожение уникальной флоры и фауны, затопление плодородных почв, климатические изменения, потенциальная угроза землетрясений и др.), заиливание гидротурбин, их коррозия, большие капитальные затраты на сооружение ГЭС.

Гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС) – (КПД составляет 70 ...75 %). Предназначены для выравнивания суточного графика энергосистемы по нагрузке. В часы минимальной нагрузки они работают в насосном режиме (перекачивают воду из нижнего водоема и запасают энергию); в часы максимальной нагрузки энергосистемы агрегаты ГАЭС работают в генераторном режиме, принимая на себя пиковую часть нагрузки. ГАЭС сооружают в системах, где отсутствуют ГЭС или их мощность недостаточна для покрытия нагрузки в часы пик. Агрегаты высокоманевренны и могут быть быстро переведены из насосного режима в генераторный режим.

Атомные электростанции (АЭС) – (КПД 35... 38 %).

Снабжают потребителей электрической энергией, получаемой в результате цепной реакции деления ядер урана ^{235}U . Строятся для электроснабжения целых регионов вблизи источников воды (для охлаждения реактора). Вырабатывают самую дорогую электроэнергию (3,6-4,5 центов/кВтч). Атомные электростанции могут быть сооружены в любом географическом районе, но при наличии источника водоснабжения, затраты на строительство также внушительные – 2000-3500 USD/кВт. Поэтому срок окупаемости 15-20 лет при эксплуатации в 30-40 лет. Агрегаты, в особенности на быстрых нейтронах, неманевренны, так же как и агрегаты КЭС. Атомные электростанции предъявляют повышенные требования к надежности работы оборудования. Так, в США были аннулированы заказы на 173 новых блока АЭС, в Германии не 27, в Англии на 13, во Франции на 12. Более жёсткими становятся экологические требования к АЭС. Экономисты Мирового банка заявляют, что атомная энергия не может соревноваться с энергией, производимой на тепловых станциях, стоит только подсчитать издержки от вывода из эксплуатации старых реакторов и утилизации отработанного топлива, а также постоянной реконструкции через каждые семь лет.

АЭС – это по существу тепловые электростанции, которые используют тепловую энергию ядерных реакций. В качестве ядерного горючего используют обычно изотоп урана ^{235}U , содержание которого в природном уране составляет 0,714%; Ядерное топливо используют обычно в твердом виде. Наиболее распространенным теплоносителем является вода. Ядерное топливо обладает очень высокой теплотворной способностью (1 кг ^{235}U заменяет 2900 т угля), поэтому АЭС особенно эффективны в районах, бедных топливными ресурсами.

В природном или слабообогащенном уране, где содержание ^{235}U невелико, цепная реакция на быстрых нейтронах не развивается. Быстрые нейтроны замедляют до тепловых (медленных) нейтронов. В качестве замедлителей используют вещества, которые содержат элементы с малой атомной массой,

обладающие низкой поглощающей способностью по отношению к нейтронам. Основными замедлителями являются вода, графит.

В настоящее время наиболее освоены реакторы на тепловых нейтронах. Такие реакторы конструктивно проще и легче управляемы по сравнению с реакторами на быстрых нейтронах.

РБМК (реактор большой мощности, канальный) – реактор на тепловых нейтронах, водо-графитовый;

ВВЭР (водо-водяной энергетический реактор) – реактор на тепловых нейтронах, корпусного типа;

БН – реактор на быстрых нейтронах с жидкометаллическим натриевым теплоносителем.

Во многих странах атомные станции уже вырабатывают более половины электроэнергии (во Франции – около 75%, в Бельгии – около 65 %), в России – 15 %.

Уроки аварии на Чернобыльской АЭС потребовали существенно повысить безопасность АЭС и заставили отказаться от строительства АЭС в густонаселенных и сейсмоактивных районах. Тем не менее с учетом экологической ситуации атомную энергетику следует рассматривать как перспективную.

Нетрадиционная энергетика и ее характеристика

Многие специалисты энергетики считают, что единственный способ преодоления энергодемографического кризиса – это масштабное использование возобновляемых источников энергии или нетрадиционных, к которым относятся: солнечная энергия; энергия ветра; геотермальная энергия; энергия океанов и морей в виде аккумулированной теплоты, морских течений, морских волн, приливов и отливов, использование отходов, биомассы.

- **ПЭС – приливная электростанция** преобразует энергию океанических приливов и отливов в электрическую;

- **ВЭС – ветряная электростанция** преобразует энергию ветра в электрическую;

- **СЭС – солнечная электростанция** преобразует энергию солнечного света в электрическую, и т.д.

- **ГТЭС – геотермальная электростанция** преобразует энергию земных недр в электрическую.

По прогнозу к 2020г. возобновляемые источники энергии должны были заменить около 2,5 млрд. т топлива, а их доля в производстве электроэнергии и теплоты составить около 8 %. Современные тенденции в энергопотреблении позволяют говорить о больших перспективах в развитии именно этого направления и уменьшении роли традиционных источников энергии (см. табл. 5.1).

Ресурсы возобновляемой энергии

Первичный вид энергии	Источник энергии	Мировые ресурсы 10^{15} кВт/ч/г.
	Сток рек	0,028
Механическая	Волны	0,005–0,05
	Приливы и отливы	0,09
	Ветер	0,5–5,2
Тепловая	Воды морей и океанов	0,1–1,0
	Недра земли	0,05–0,2
Лучистая	Солнечное излучение:	-
	На поверхности земли	200–280
Химическая	Биомасса и торф	10

В настоящее время возобновляемые энергоресурсы используются незначительно. Их применение крайне заманчиво, многообещающе, но требует больших расходов на развитие соответствующей техники и технологий. При ориентации части энергетики на возобновляемые источники важно правильно оценить их долю, технически и экономически оправданную для применения. Например, срок службы ветровых станций 20-25 лет, а срок окупаемости – 12 лет, при затратах на строительство в 300-1000 USD/кВт. При планировании энергетики на возобновляемых источниках важно учесть их особенности по сравнению с традиционными невозобновляемыми. К ним относятся следующие.

- Периодичность действия в зависимости от природных закономерностей и, как следствие, колебания мощности.

- Низкие, на несколько порядков ниже, чем у возобновляемых источников, плотности потоков энергии и рассеянность их в пространстве.

- Применение возобновляемых ресурсов эффективно лишь при комплексном подходе к ним. Например, отходы животноводства и растениеводства на агропромышленных предприятиях одновременно могут служить сырьем для производства метана, а также удобрений.

- Экономическую целесообразность использования того или иного источника возобновляемой энергии следует определять в зависимости от географических особенностей конкретного региона, с одной стороны, и в зависимости от потребностей в энергии с другой. Срок службы некоторых типов станций (20-25 лет) и срок их окупаемости (20 лет) почти одинаков, при высоких затратах на строительство (13000 USD/кВт) и высокой себестоимости энергии – более 15 центов/кВтч: (данные приведены для волновых электростанций).

Источники механической энергии, КПД:

- ветроустановки – порядка 30 %;
- гидроустановки – 85...87 %;
- волновые и приливные станции – 45 %.

Источники тепловой энергии:

- прямое или рассеянное солнечное излучение – 10 – 15 %;

- фотопреобразователи (арсенид галлия) – порядка 28,5 %;
- биотопливо – не более 35 %.

Солнечные электростанции. К сожалению, стоимость получаемой электроэнергии на гелиотермических электростанциях несопоставима с ее стоимостью на ТЭС и даже АЭС (от 10 центов/кВтч – для СЭУ и более 20 центов/кВтч – для гелиостанций). Серьезная проблема – непостоянство солнечного излучения в течение суток, его зависимость от времени года. Для обеспечения круглосуточного энергоснабжения требуется аккумулярование энергии. Затраты на строительство станции составляют от 14000 USD/кВт. В этой связи рациональна совместная работа гелиотермической и гидроаккумулирующей электростанций.

Заманчиво и многообещающе прямое превращение солнечной энергии в электрическую с помощью солнечных элементов, в которых используется явление фотоэффекта. В настоящее время наиболее совершенны кремниевые фотоэлементы. ФЭП на основе арсенида галлия очень дорогие: стоимость СБ в 1кВт. – 3100 USD.

Для территории Республики Беларусь свойственны относительно малая интенсивность солнечной радиации и существенное изменение ее в течение суток года. В этой связи необходимо отчуждение значительных участков земли для сбора солнечного излучения, весьма большие материальные и трудовые затраты.

Ветроэнергетика. В ветроэнергетической установке (ВЭУ) кинетическая энергия движения воздуха приводит в движение ротор генератора, который вырабатывает электроэнергию. Выходная мощность установки пропорциональна площади лопастей ветрового ротора. Поэтому ветроэнергетические установки большой мощности оказываются крупногабаритными. Для защиты от разрушения сильными порывами ветра установки проектируются со значительным запасом мощности. Трудности в использовании ветроустановок связаны с непостоянством скорости ветра. Для исключения перебоев в электроснабжении ВЭУ должны иметь аккумуляторы энергии. Крупномасштабное применение ВЭУ в каком-то одном районе может вызвать значительные климатические изменения, ВЭУ создают шум и электромагнитные помехи. Стоимость вырабатываемой ими электроэнергии (4,7 – 7,2 цента/кВтч) будет меньше, чем на ТЭС на жидком топливе. Устанавливаться такие ВЭУ могут на открытых равнинных местах.

Территория Республики Беларусь находится в умеренной ветровой зоне. Стабильная скорость ветра составляет 4 – 5 м/с и соответствует нижнему пределу устойчивой работы отечественных ВЭУ. Это позволяет использовать лишь 1.5 – 2.5% ветровой энергии.

Геотермальная электростанция преобразует энергию земных недр в электрическую. Электростанции, в работе которых используется пар, поступающий непосредственно из скважин в турбину генератора, называют станциями прямого типа. Наибольшее распространение получили

геотермальные электростанции непрямого типа. Принцип работы заключается в подаче подземной горячей воды под высоким давлением в генераторные установки, расположенные на поверхности. Наиболее экологически чистыми являются геотермальные электростанции смешанного типа. Удачным решением стало то, что кроме подземной воды используют дополнительную жидкость или газ с более низкой точкой кипения. При пропускании через теплообменник, горячая вода преобразует дополнительную жидкость до состояния пара, который приводит в действие турбины. Учитывая, что это неисчерпаемый источник энергии, себестоимость вырабатываемой энергии составляет 4 – 5 центов/ кВт · ч, затраты на строительство – 1500 долл./кВт. Срок службы геотермальных электростанций – 20-25 лет, срок окупаемости, как правило, не превышает 7 – 10 лет.

Энергия биомассы. Под действием солнечного излучения в растениях образуются органические вещества и аккумулируется химическая энергия. В результате фотосинтеза происходит естественное преобразование солнечной энергии.

Существуют различные энергетические способы переработки биомассы:

- термохимические (прямое сжигание, газификация);
- биохимические (спиртовая ферментация, анаэробная переработка);
- агрохимические (экстракция топлива).

Получаемые в результате переработки виды биотоплива и ее КПД приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2

Источники биомассы и производимые биотоплива

Источник биомассы	Производимое биотопливо	Технология переработки	КПД переработки, %
Древесные отходы	теплота	сжигание	70
Зерновые	солома	сжигание	70
Сахарный тростник, сок	этанол	сбраживание	80
Сахарный тростник, отходы	жмых	сжигание	65
Отходы животноводства	метан	Анаэробное разложение	50

В климатических условиях Беларуси с 1га энергетических плантаций собирается масса растений в количестве до 10 т сухого вещества, что эквивалентно примерно 5 т.усл.т. Наиболее целесообразно использовать для получения сырья выработанные торфяные месторождения. Весьма многообещающе использование в качестве биомассы отходов животноводческих ферм. Получение из них биогаза может составить 890 млн. куб. м в год, что эквивалентно 160 тыс. т.усл.т. Сдерживающим фактором развития биогазовых установок в республике являются продолжительные зимы,

большая металлоемкость установок, неполная обеззараженность органических удобрений.

Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР) – энергетический потенциал продукции, отходов, побочных и промежуточных продуктов, образующихся в технологических агрегатах (установках), который не используется в самом агрегате, но может быть частично или полностью использован для энергоснабжения других агрегатов.

По виду энергии ВЭР разделяются на 3 группы:

- Горючие (или топливные) ВЭР (отходы, содержащие углеродные и углеводородные включения: доменный газ, городской мусор, органические отработанные растворители и т.д.);

- Тепловой ВЭР (любые теплоносители, имеющие температуру выше температуры окружающей среды, способные передать тепло для последующего использования: горячие газы и жидкости, являющиеся промежуточными или сбросными в данном технологическом процессе);

- ВЭР избыточного давления (газы и жидкости под давлением, которое можно использовать перед сбросом в окружающую среду).

Энергетический потенциал ВЭР реализуется в утилизационных установках (котлы-утилизаторы, теплообменники, печи, турбины и т.д.). При создании такой техники возникают объективные трудности, связанные с различными ограничениями в транспортировке теплоты и необходимостью ее использования вблизи мест образования тепловых отходов. Применение теплонасосных установок и трансформаторов для утилизации тепловых ВЭР и других местных низкотемпературных источников теплоты позволяет на 20...60 % снизить расходы топлива. Эти системы используют не только тепловые отходы производства, но и теплоту грунта и коммунальных стоков и др. Следовательно, теплонасосные установки, или термотрансформаторы, могут заменить традиционно используемые малоэкономичные паровые или водогрейные котлы.

Кроме того, огромный резерв теплоты одержит оборотная и повторно используемая вода систем охлаждения машин и рабочих тел в различных технологических процессах. Такая вода имеет температуру 20..40°С. что не позволяет использовать ее теплоту непосредственно, Выделение же ее в атмосферу наносит природе большой урон из-за теплового загрязнения биосферы. Следует отметить, что уровень внедрения теплонасосных установок в республике еще невелик. Между тем тепловые отходы образуются практически во всех отраслях промышленности, на всех предприятиях. Только использование теплоты охлаждающей воды позволит в масштабах страны ежегодно экономить до 50 млн т топлива (условного).

Основные факторы воздействия энергетических объектов на окружающую среду

В процессе горения топлива выбрасывается ряд веществ, оказывающих отрицательное воздействие на окружающую среду. Их характеристика дана в таблице 5.3.

Таблица 5.3

Сравнительные данные вредности различных видов органического топлива, в относительных единицах (о.е.)

ТОПЛИВО	Относительные слагаемые вредности, о.е.			Суммарная вредность, о.е.
	Зола	SO ₂	NO ₂	
Природный газ	-	-	4.07	4.07
Мазут	-	5.34	6.41	25.11
Горючие сланцы	2.59	8.57	8.16	19.32
Антрацит	0.46	3.17	6.90	11.07
Бурый уголь	0.33	3.87	7.56	11.76

Ежегодно в мире в результате сжигания органических топлив в атмосферу выбрасывается до 100 млн. т золы и около 150 млн. т сернистого ангидрида. При взаимодействии с атмосферной влагой эти оксиды образуют кислоты, выпадающие в районе высокой концентрации промышленных предприятий в виде «кислотных дождей».

Таблица 5.4

Годовые расходы топлива и выбросы ТЭС на органическом топливе мощностью 1000 МВт

ВЫБРОС млн. кг.	Вид топлива и его годовой расход		
	ГАЗ 1,9·10 ⁹ м ³ /год	МАЗУТ 1,57·10 ⁶ т/год	УГОЛЬ 2,3·10 ⁶ т/год
SO ₂	0,012	52,66	139,0
NO ₂	12,08	21,70	20,88
Твердые частицы	0,46	0,73	4,49

В настоящее время электростанции Республики Беларусь работают на мазуте и природном газе, поэтому основная доля газообразных токсичных выбросов приходится на SO₂ и NO₂.

Исследования показывают, что комбинированное производство электрической энергии и тепла на ТЭЦ является самым важным направлением в снижении выбросов CO₂. Кроме диоксида углерода уменьшается количество выбросов SO₂ и NO₂ (рисунок 5.1).

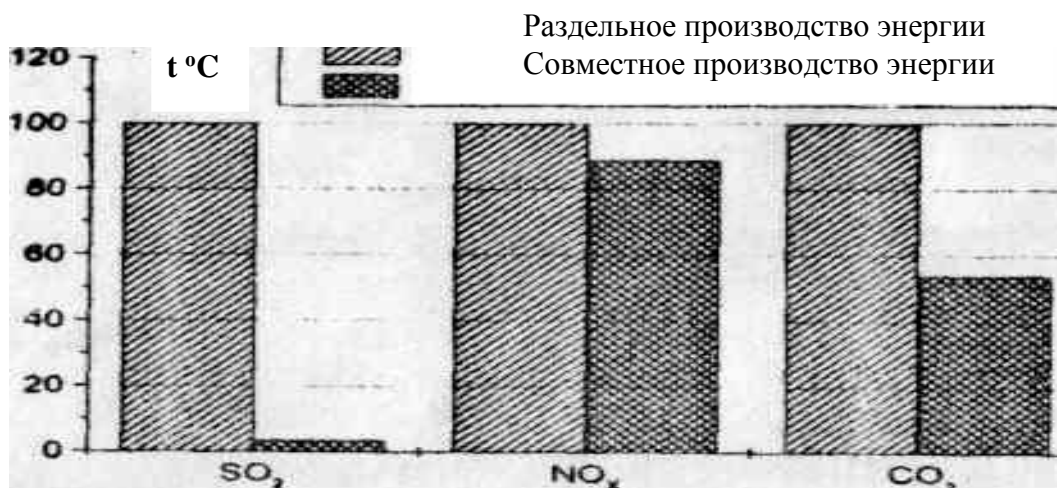


Рис. 5.1 – Влияние технологии производства теплоты и электроэнергии на загрязнение окружающей среды.

В отличие от традиционных установок работа АЭС практически не влияет на содержание кислорода и углекислого газа в атмосфере. Основными факторами взаимодействия АЭС с окружающей средой являются радиационное воздействие и тепловое загрязнение. Максимально допустимые выбросы с воздушными потоками АЭС представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5

Максимально допустимые выбросы АЭС при высоте вентиляционной трубы 100 м.

ВИД ВЫБРОСА	Активность выброса, Бк/сут
Стронций-90 и Стронций-89	$3,7 \cdot 10^7$
Йод-131	$3,7 \cdot 10^9$
α и β -активные аэрозоли, кроме изотопов стронция и йода	$1,85 \cdot 10^{10}$
Радиоактивные инертные газы (изотопы криптона и аргона)	$1,33 \cdot 10^{14}$

Актуальность рационального использования энергии

Взаимосвязь экологии и энергосбережения выражается простой формулой: экономить энергию – уменьшается отрицательное воздействие на окружающую среду. Образцом рационального использования ресурсов среди развитых стран является Япония. Примером же расточительства могут служить США. Так, если Япония для производства валового национального продукта стоимостью в 1 доллар тратит 0,266 кг нефти, то США – 0,436 кг. Какими путями может быть достигнуто снижение потребления топлива? Эти мероприятия относятся к нескольким направлениям и включают следующий перечень, непосредственно связанный с энергетикой.

1. Разработка эколого-безопасных и экономически эффективных технологий добычи, переработки минерального сырья, повышения

коэффициента извлечения полезных ископаемых на эксплуатируемых месторождениях. Особенно актуально это в отношении добычи нефти, извлечение которой в условиях Беларуси не превышает 40 %, в то время как новейшие технологии позволяют повысить этот показатель до 60 %. Эффективность использования энергоресурсов определяется степенью преобразования их энергетического потенциала в конечную используемую продукцию, что характеризуется коэффициентом полезного использования энергоресурсов $\eta_{\text{эр}}$:

$$\eta_{\text{эр}} = \eta_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{и}}$$

где $\eta_{\text{д}}$ – коэффициент добычи, извлечения потенциального запаса энергоресурса (отношение добытого ко всему количеству ресурса);

$\eta_{\text{п}}$ – коэффициент преобразования (отношения полученной энергии ко всей подведенной энергоресурсом);

$\eta_{\text{и}}$ – коэффициент использования энергии (отношение использованной энергии к подведенной к потребителю).

Для нефти $\eta = 30 \dots 40 \%$, для газа – 80 %, угля – 40 %.

2. Более эффективное производство, передача и распределение энергии.

Реальной экономии топлива можно добиться использованием тепловых энергетических отходов в котельных установках и промышленных печах. Повышенная влажность топлива также снижает температуру его горения и снижает эффективность процесса горения. **Не рекомендуются системы отопления с использованием электроэнергии.** Рефлекторные отопительные системы не могут быть рекомендованы с экологической точки зрения, к тому же, электрические теплонасосы значительно дороже газовых систем.

3. Использование возобновляемых видов энергии (фотоэлектрическая, солнечная энергия, энергия ветра). Установки, работающие на возобновляемых источниках, оказывают гораздо меньшее воздействие на окружающую среду, чем традиционные. Затраты на производство возобновляемой энергии постоянно снижаются, и она со временем может стать конкурентоспособной. Затраты на строительство даже такой дорогостоящей станции как приливная могут варьироваться от 3500 до 1000 USD/кВт; стоимость произведенной энергии – 5-9 центов/кВтч и окупается она уже на 15 году двадцатипятилетнего срока службы. *Получение горячей воды с помощью солнечной энергии.* Для частичного домашнего хозяйства это является самой эффективной возможностью использования обновляемой энергии. Солнечные батареи могут обеспечить около 50% годовой потребности в горячей воде. Причем с мая по сентябрь они могут полностью обеспечивать эту потребность. Эксплуатационный период таких СЭУ составляет до 25 лет, а окупиться они могут уже через 6 лет. Для гелиостанций – 40 лет и 25 лет соответственно.

4. Устойчивое производство биомассы для замены ископаемого топлива. Использование биомассы в виде топлива также дает преимущества для экологии. Биомасса может быть использована в сочетании с органическим топливом – углем, торфом.

5. Производство энергии за счет переработки бытовых и производственных отходов. Утилизация тепловых энергетических отходов способствует снижению вредных выбросов пропорционально сэкономленному топливу. Особенно наглядной и ощутимой является организация оптимальных топочных процессов и утилизация сбросного тепла в промышленных печах, котельных установках и на других объектах электроэнергетики.

6. Развитие микрогидроэнергетики.

Показатели использования гидроэнергоресурсов Республики Беларусь в сопоставлении с их техническим потенциалом и аналогичными показателями по другим странам мира приведены в таблице 5.6. Как следует из таблицы, состояние освоения гидроэнергоресурсов Беларуси оставляет желать лучшего.

Таблица 5.6

Технический гидроэнергетический потенциал и освоение гидроэнергоресурсов в ряде стран мира

Страна	Технический потенциал, млрд. кВт ч/г	Действующие ГЭС			Доля ГЭС, %
		общей мощности, МВт	в т. ч. малые		
			мощность, МВт	число ГЭС	
Беларусь	3,0	8,0	8,0	15,0	0,1
Латвия	4,0	1512,0	2,3	9	74,0
Польша	12,0	535,0	115,0	250	1,0
Россия	1 670,0	39 986,0	53,0	29	26,8
Украина	23,5	4465,0	100,0	149	8,7
Австрия	53,7	1 140,0	95,0	1580	68,0
Исландия	64,0	880,0	68,0	84	95,0
Канада	631,7	64 770,0	700,0	200	62,0
Норвегия	200,0	26 000,0	746,0	346	99,6
США	528,5	74 856,0	2957,0	842	9,9
Швеция	130,0	16 450,0	250,0	600	52,0

Согласно водноэнергетическому кадастру потенциальная мощность рек Беларуси в год составляет 855 МВт, или около 7,5 млрд. кВт · ч/год. Технически возможные к использованию гидроэнергоресурсы оцениваются в 3 млрд кВт·ч/год. В настоящее время нет общепринятого для всех стран понятия малой гидроэлектростанции. Наиболее часто к малым ГЭС относят гидроэнергетические установки, мощность которых не превышает 5 МВт. Нижним пределом мощности малых ГЭС принято считать 0,1 МВт, гидроэнергетические установки с меньшей мощностью обычно относят к категории микроГЭС [1].

7. Использование эффективных газотурбинных циклов.

В 2006 году на Белорусском газоперерабатывающем заводе (БГПЗ) Республиканского унитарного предприятия «Производственное объединение «Белоруснефть» официально введена в эксплуатацию когенерационная ТЭЦ на

попутном газе (когенерация – комбинированное производство тепловой и электрической энергии), генеральным подрядчиком и системным интегратором пусконаладки которой был Институт информационных технологий БГУИР. Строительство подобных ТЭЦ является одним из актуальнейших для Республики Беларусь направлений обеспечения энергетической безопасности, экономии топливно-энергетических ресурсов и повышения экономической эффективности предприятий. При этом на выработку электрической энергии расходуется условного топлива 140 – 180 грамм на кВт · ч, почти в два раза ниже, чем на вырабатываемой только электроэнергию конденсационной электростанции традиционной энергетики. Так, на Лукомльской ГРЭС - одной из лучших конденсационных электростанций – удельный расход условного топлива составляет 320 г/ кВт · ч; на Минской ТЭЦ 4, одной из наиболее эффективной в Европе теплофикационной ТЭЦ – 212 г/ кВт · ч. Срок окупаемости энерготехнологических комплексов на базе газопоршневых и газотурбинных агрегатов составляет 1-3 года, традиционных паротурбинных энергоблоков – 8 – 12 лет.

Без традиционной большой энергетики на базе мощных паровых турбоагрегатов невозможно обеспечить все потребности электроэнергии нашей республики. Однако по оценкам специалистов на белорусских предприятиях могут быть введены в эксплуатацию тысячи эффективнейших энерготехнологических установок и комплексов с суммарной электрической мощностью, превышающей 40 действующих мощностей энергосистемы Республики Беларусь.

Примеры выполнения задания

Экономическая оценка предприятия и анализ зависимости прибыли предприятия от выбросов в окружающую среду

Следующие числовые примеры показывают влияние загрязнения окружающей среды на прибыль предприятия:

Е – двукратное превышение нормативных выбросов; 15 % прибыли должно дополнительно отводиться в бюджет района или государства;

Е – соблюдение нормы по вредным выбросам; прибыль предприятия при этом не меняется;

Е – вредные выбросы вдвое ниже плановых величин; предприятие получает дополнительно 30 % от величины прибыли региона.

Задания для самостоятельной работы

Задание 1. Произведите экономическую оценку и анализ возможности получения дополнительной прибыли для энергосистемы (табл. 5.7)

Исходные данные:

Вариант	$W_э$, млн кВт ч	W_m , Гкал	Выбросы, тыс. т	Годовой норматив выбросов, тыс. т
1	4,81	3521	3,794	12,237
2	4,20	3763	3,927	
3	2,98	2441	3,807	4,518
4	2,80	2687	3,644	
5	7,43	2443	2,331	3,699
6	7,59	2538	2,166	
7	14,68	3301	14,294	20,661
8	14,91	3383	12,042	
9	18,90	4112	11,802	23,135
10	18,49	4257	15,088	
11	11,62	2139	6,502	8,233
12	12,40	2168	6,318	
13	3,85	3736	8,848	1,11
14	4,05	3919	14,250	

Себестоимость тепло- и электроэнергии:

$$C_m = 32 \text{ руб./Гкал};$$

$$C_э = 0,4 \text{ руб./кВт ч}$$

Цена отпускаемой тепло и электроэнергии:

$$Ц_m = 70 \text{ руб./Гкал};$$

$$Ц_э = 1 \text{ руб./кВт ч}$$

Пример решения задачи.

Пусть имеются следующие числовые данные для расчетов:

годовой норматив выбросов (W_m) 12 тыс. т.; вредные выбросы предприятия в атмосферу 3 тыс. т.; $W_m = 3500$ Гкал; $W_э = 5$ млн. кВт. ч.

1. *Рассчитываем превышение выбросов по отношению к годовому нормативу:* $12/3 = 4$, т.е. выбросы предприятия в 4 раза меньше нормативных.

2. Зная, что вредные выбросы вдвое ниже плановых величин, предприятие помимо основной прибыли получает еще 30 % дополнительной прибыли, в нашем случае при составлении пропорции имеем, что предприятие получает 60% дополнительных дотаций от основной прибыли. Теперь можно высчитать основную прибыль предприятия.

3. *Рассчитаем прибыль от производства тепловой энергии по формуле*

$$\text{Прибыль} = \text{Цена} - \text{Себестоимость.}$$

Зная, что себестоимость всей вырабатываемой тепловой энергии равна

$$C_{\text{общ}} = W_m \cdot C_m = 3\,500 \cdot 32 \text{ р.} = 112\,000 \text{ р.},$$

а цена всей вырабатываемой тепловой энергии равна

$$C_{т.общ.} = W_m \cdot C_T = 3\,500 \cdot 70 \text{ р} = 245\,000 \text{ р}$$

Найдем прибыль от производства тепловой энергии:

$$П_T = C_T - C_{общ.} = 245\,000 - 112\,000 = 133\,010 \text{ р.}$$

4. Аналогично рассчитаем прибыль от производства электрической энергии.

Себестоимость всей вырабатываемой электрической энергии равна:

$$C_{э.общ.} = W_T \cdot C_T = 5\,000\,000 \cdot 0,4 = 2\,000\,000 \text{ р.}$$

Цена всей вырабатываемой электрической энергии равна:

$$C_{э.общ.} = W_э \cdot C_э = 5\,000\,000 \cdot 1 \text{ р./кВт ч.} = 5\,000\,000 \text{ р.}$$

Прибыль от производства электрической энергии:

$$П_э = C_э - C_{э.общ.} = 5\,000\,000 - 2\,000\,000 = 3\,000\,000 \text{ р.}$$

Прибыль от реализации теплоэнергии и прибыль от реализации электроэнергии в совокупности – это основная прибыль предприятия:

$$П_{осн} = П_T + П_э = 133\,010 + 3\,000\,000 = 3\,133\,010 \text{ р.}$$

Рассчитываем возможность получения дополнительной прибыли (в нашем случае – 60 % от основной прибыли предприятия):

$$П_{доп} = 0,6 \cdot 3\,133\,010 = 1\,879\,806 \text{ р.}$$

Общая прибыль предприятия составляет:

$$П_{общ.} = 3\,133\,010 + 1\,879\,806 = 5\,012\,816 \text{ р.}$$

Ответ: Общая прибыль предприятия составляет 5 012 816 р.

Задание 2. Используя информацию в текстовой учебно-методической части задания и данные для использования, составить сравнительную характеристику различных типов электростанций и заполнить таблицу.

Данные для использования:

Преимущества и достоинства различных типов электростанций (выбрать соответствующий вариант): самый распространённый тип; не «привязан» к ресурсам, т.к. хорошо отлажены поставки сырья; проста в

обслуживании; не требует наличия высококвалифицированных кадров; возможность получить дополнительные ценные химические элементы из природной среды; использует неисчерпаемый источник энергии; использует возобновляемый источник энергии; небольшие затраты на строительство; мобильна в регулировании мощности и количества производимой энергии; высокая мощность станции; требует минимальное количество органического сырья; большой срок службы; высокий КПД; малый срок окупаемости; экологически чистый тип - не производит вредных выбросов в окружающую среду; использует дешевое сырье; географически может размещаться вдали от крупных потребителей энергии - городов; вырабатывает два типа энергии одновременно; отсутствие подвижных частей; снабжение энергией труднодоступных районов; полная независимость от времени суток и года; высокая надёжность и стабильность; модульный тип; обеспечение гарантированного энергоснабжения в зонах неустойчивого энергоснабжения, предотвращение аварийных отключений; возможность использования для нужд горячего водо- и теплоснабжения и для выработки электроэнергии.

Недостатки различных типов электростанций (выбрать соответствующий вариант): использует исчерпаемый и невозобновляемый источник энергии; осуществляет вредные выбросы в окружающую среду; нарушают водообмен, изменяют скорость вод; «привязан» к природным условиям – не везде можно построить; проблемы при монтаже - требует кранов с грузоподъемностью 600-800 т и специальных дорог с разрешенной нагрузкой; тяготеет к источнику потребления энергии – рационально размещение только в городах; оказывает «тепловое» загрязнение природного компонента; высокая минерализация вод и наличие токсичных соединений, что исключает возможность сброса этих вод в водные системы; малый срок службы; низкий КПД; небольшая мощность станции; большой срок окупаемости; шумность; для размещения требуются значительные площади; приводит к подтоплению прилегающих территорий; затраты на строительство; значительные капитальные затраты на бурение скважин и на создание коррозионно-стойкого теплотехнического оборудования; проблема утилизации отходов; в результате аварии – последствия глобального масштаба; локальное оседание грунта; визуальная дисгармония с окружающей средой; требует наличия высококвалифицированных кадров; требует наличия развитой инфраструктуры, транспортных сообщений; необходимость обратной закачки отработанной воды в подземный водоносный горизонт; трудоемкость в обслуживании; производство многослойных элементов сопровождается вредными выбросами; большой расход холодной воды из окружающей среды на конденсаторы; являются препятствием для военных радаров; эффективны только для использования мелкомасштабных производств.

Таблица 5.8

Сравнительная характеристика различных типов электростанции

Аббревиатура ЭС	Тип ЭС	Источник энергии	Затраты на строительство, Дол./кВт	Стоимость произведенной энергии, цент/кВтч	Срок окупаемости, лет	Срок службы, лет	КПД работы, %	Преимущества данного типа	Недостатки данного типа	Наличие в Республике Беларусь
ГЭС										
ГАЭС										
АЭС										
ТЭС										
ТЭЦ										
ВЭС										
ВЭУ										
ПЭС										
Волновые										
СЭС										
СЭУ										
ГЕОТЭС										

Контрольные вопросы

1. Источником каких вредных веществ, поступающих в атмосферу, являются энергетические объекты?
2. За счет каких мероприятий можно уменьшить потребление органического топлива?
3. В чем проявляется воздействие вредных выбросов на окружающую среду?
4. Оказывают ли возобновляемые источники энергии отрицательное воздействие на окружающую среду?
5. Чем измеряется потенциальная мощность рек Республики Беларусь?
6. Чему равна установленная мощность малых ГЭС?
7. Какие экологические параметры должны учитываться при строительстве малых ГЭС?
8. Что такое когенерация?
9. Наиболее перспективные реки для строительства ГЭС.
10. Какие вещества выделяются в результате неполного сгорания топлива?

Литература:

1. Современное состояние и возможные пути развития гидроэнергетики Беларуси. А. Н. Альферович, Л. А. Гриневич, П. М. Богославчик [и др.] // Энергетика (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объедин. СНГ). 1993. № 3-4.
2. Малая гидроэнергетика. Л. П. Михайлов, Б. Н. Фельдман, Т. К. Марканова [и др.] – М. : Энергоатомиздат, 1989.
3. Гидроэлектростанция в энергетических системах России. А.Ш. Резниковский, М.И. Рубинштейн – М.: Гидротехническое строительство, 1997.