

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра медицинской и биологической физики

П. О. ФИЛОН

ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

**Учебно-методическое пособие
для студентов всех факультетов медицинских вузов**



**Гомель
ГомГМУ
2014**

УДК 620,9 (072)
ББК 31.19я 73
Ф 55

Рецензенты:

доктор физико-математических наук,
профессор кафедры оптики Гомельского государственного
университета им. Ф. Скорины

С. С. Гиргель;

старший преподаватель кафедры
промышленной теплоэнергетики и экологии

Гомельского государственного технического университета им. П. О. Сухого

Н. В. Широкоглазова

Филон, П. О.

Ф 55 Основы энергосбережения: учеб.-метод. пособие для студентов всех факультетов медицинских вузов / П. О. Филон. — Гомель: ГомГМУ, 2014. — 92 с.

ISBN 978-985-506-635-5

В учебно-методическом пособии представлены основные сведения о топливно-энергетическом комплексе Республики Беларусь, законодательстве в области энергосбережения и возобновляемых источников энергии, истории развития энергетики в нашей стране, способах получения и преобразования энергии, устройстве и работе электростанций, видах топлива, альтернативных источниках энергии, экологические аспекты энергетики. Рассматриваются способы экономии энергии в быту и промышленности, учет потребления энергии, энергетический менеджмент и аудит, использование вторичных материальных ресурсов. Приведена библиография.

Предназначена для студентов всех факультетов медицинских вузов. Подготовлено в соответствии с программой по основам энергосбережения, утвержденной Министерством образования Республики Беларусь, учебно-методическим объединением вузов РБ по медицинскому образованию 13 июня 2010 года.

Утверждено и рекомендовано к изданию научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный медицинский университет» 30 декабря 2013 г., протокол № 10.

УДК 620,9 (072)
ББК 31.19я 73

ISBN 978-985-506-635-5

© Учреждение образования
«Гомельский государственный
медицинский университет», 2014

СОДЕРЖАНИЕ

1. Предмет и задачи энергосбережения	5
1.1. Предмет энергосбережения	5
1.2. Актуальность энергосбережения	6
1.3. Основные понятия в энергосбережении	8
1.4. Топливо-энергетический комплекс Республики Беларусь	9
1.5. Закон Республики Беларусь об энергосбережении	13
1.6. История развития энергетики в Республике Беларусь	15
2. Энергия и энергетические ресурсы	19
2.1. Виды энергии	19
2.2. Условное топливо	21
2.3. Вторичные энергоресурсы	21
2.4. Возобновляемые и невозобновляемые энергетические ресурсы	23
2.5. Основные виды энергоресурсов	25
2.5.1. Нефть	25
2.5.2. Природный газ	27
2.5.3. Уголь	28
2.5.4. Ядерное топливо	30
3. Способы получения и преобразования энергии. Виды электростанций	32
3.1. Тепловая электростанция	32
3.2. Теплоэлектроцентраль	37
3.2.1. Мини-ТЭЦ	38
3.3. Атомная электростанция	40
3.4. Гидроэлектростанции	44
3.5. Пиковые и аварийные электростанции	48
3.6. Транспорт энергии. Качество энергии	48
3.7. Особенности снабжения энергией учреждений здравоохранения	50
4. Альтернативная энергетика	51
4.1. Законодательство Республики Беларусь в области альтернативной энергетике	51
4.2. Гидроэнергетические ресурсы	53
4.3. Ветроэнергетические ресурсы	54
4.4. Использование солнечной энергии	55
4.5. Геотермальные ресурсы	58
5. Учет потребления энергии	59
5.1. Учет электрической энергии, системы учета	59
5.2. Учет тепловой энергии и типы приборов учета	59
5.3. Учет расхода холодной и горячей воды, учет расхода газа	61
5.4. Понятие об энергетическом тарифе	61
6. Способы экономии энергии в быту	62
6.1. Рациональное освещение квартиры	63
6.2. Экономия электроэнергии при приготовлении пищи	65
6.3. Экономия электроэнергии при пользовании электронной аппаратурой	68
6.4. Экономия электроэнергии при пользовании электробытовыми приборами	69
7. Способы экономии энергии в промышленности и офисных зданиях	71
8. Экологические проблемы энергетики	74
9. Энергетический менеджмент и аудит	79
9.1. Порядок проведения энергетического аудита на предприятии	83
9.2. Энергетический баланс	85
10. Вторичные материальные ресурсы и их использование	87
Литература	91

Список условных обозначений:

ТЭР	— топливно-энергетические ресурсы
ВЭР	— вторичные энергетические ресурсы
ТЭК	— топливно-энергетический комплекс
КЭС	— конденсационная электростанция
ТЭС	— тепловая электростанция
ТЭЦ	— теплоэлектроцентраль
АЭС	— атомная электростанция
ГЭС	— гидроэлектростанция
ГРЭС	— государственная районная электростанция
ГАЭС	— гидроаккумулирующая электростанция
ПЭС	— приливная электростанция
ПС	— подстанция (электрическая)
ВЛ	— высоковольтная линия
АСУ	— автоматические системы управления
ОДУ	— оперативно-диспетчерское управление
ОРУ	— открытые распределительные устройства
ПГУ	— парогазовые установки
Твэл	— тепловыделяющий элемент
ДВС	— двигатель внутреннего сгорания
АСТ	— атомная станция теплоснабжения
ВЭУ	— ветроэнергетическая установка
т.у.т.	— тонна условного топлива

1. ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

1.1. Предмет энергосбережения

Среди важнейших проблем, поставленных наукой и практикой особое место занимает проблема энергосбережения. Энергосбережение в народном хозяйстве Республики Беларусь поднято на уровень государственной политики. Главные направления и важнейшие мероприятия по развитию топливно-энергетического комплекса страны и повышению эффективности энергоиспользования отражены в Законе Республики Беларусь «Об энергосбережении» и закреплены энергетической программой до 2020 года.

Энергосберегающая политика имеет особо важное значение для отраслей промышленного производства, основанных на теплотехнологии с большой энергоемкостью и с низким уровнем полезного использования топлива. Во многих отраслях легкой промышленности имеются особо крупные резервы экономии топлива и тепла и возможности их практической реализации. Значительное место занимает проблема рационального использования вторичных энергетических ресурсов [1].

Энергосбережение — процесс многогранный и охватывает разные сферы человеческой деятельности. По сути, это культура и образ жизни народа, общества, вырабатывающие определенный психологический алгоритм поведения. Развитие экономики республики как суверенного государства невозможно без выработки национальной идеи, психологии бережного и экономного использования имеющихся энергетических и сырьевых ресурсов, использования наработанного опыта в этой области другими странами. Это важнейшая на сегодня сфера деятельности, ресурс повышения конкурентоспособности промышленного производства, способ интеграции экономики в международный рынок.

Энергосбережение — это процесс, при котором сокращается потребность в энергоресурсах и энергоносителях в расчете на единицу конечного полезного эффекта, на единицу веса продукции, на единицу площади производственных и жилых зданий для поддержания в них требуемых температуры и влажности. Энергосбережение — это не только экономия энергии, но и обеспечение условий для наиболее эффективного ее использования а также повышение конкурентоспособности выпускаемой продукции [12].

Целью данного курса является формирование у будущих специалистов важности понимания энергосбережения как обязательного процесса, как системы при осуществлении своей деятельности и реализации своего интеллектуального потенциала.

История энергетики насчитывает тысячелетия. Процесс потребления энергии на нашей планете исторически протекал крайне неравномерно.

Человечество за всю историю своего существования израсходовало около 900–950 тыс. ТВт×ч энергии всех видов причем почти 2/3 этого количества приходится на последние 40–50 лет. Поэтому сегодня энергосбережение является актуальным и востребованным [12].

1.2. Актуальность энергосбережения

В 1970–1980-х гг. потребление энергии стало соизмеримо с ресурсами органического топлива. Миллионы лет понадобилось природе, чтобы создать запасы нефти, газа, угля, расходуются же они несравнимо быстрее. Наиболее остро стоял (и стоит) вопрос с нефтью. Из-за нее вспыхивают войны, сменяются правительства. Быстрое развитие автомобильного транспорта и авиации, использующих в качестве топлива практически только продукты нефтепереработки (бензин, дизельное топливо, керосин), привело к большому увеличению потребления нефти. В 1970 г. доля нефти и газа в потреблении органического топлива поднялась почти до 70 %, хотя в ресурсах органического топлива нефть и газ составляют менее 20 %. Повышение мировых цен на нефть, неравномерность распределения ее запасов между странами мира подчеркивают неоправданность ее гипертрофированно высокого потребления по сравнению с другими источниками энергии. Хотя в целом (по оценке экспертов) ресурсы органического и ядерного топлива велики, и человечеству не придется столкнуться с энергетическим голодом. Тем более что наука непрерывно ищет и находит новые технические решения преобразования энергии. В чем же тогда причины возникновения и суть современных энергетических кризисов [1]?

В 1970-1980-х гг. международный картель, состоящий из семи монополий, практически полностью контролировал добычу нефти в странах Арабского Востока и прочно захватил доминирующие позиции на рынках государств-потребителей нефти. Этот картель в целях извлечения максимальных прибылей тормозил работы по использованию других видов энергии. В связи с этим до 70-х гг. экономика стран Западной Европы, США, Японии была практически целиком ориентирована на потребление нефти и газа. Сокращалась добыча каменного угля, закрывались шахты, придерживалось развитие атомной энергетики. Одностороннее развитие энергетических ресурсов на фоне межгосударственной конкуренции между монополиями привело к острому энергетическому кризису в этих странах, на долю которых приходилось 92 % потребления энергии. Кризис резко ускорил инфляцию, резко снизил темпы развития промышленности и оставил без работы миллионы рабочих. Каждая из стран искала свой путь выхода из кризиса, коренным образом изменяя структуру топливно-энергетической базы экономики путем переориентации ее на другие источники. Например, Франция создала систему мощных АЭС; Дания переориентировалась на собственный природный газ, каменный уголь, завозимый на огромных танкерах через океан, ветроэнергоресурсы.

В те годы в Советском Союзе были построены крупнейшие в мире тепловые, атомные и гидроэлектростанции, сооружены линии передачи электрической энергии высокого и сверхвысокого напряжения, созданы мощные энергосистемы, разработаны новые способы производства (управляемая термоядерная реакция, магнетогидродинамический генератор, сверхпроводниковые турбогенераторы и т. д.), преобразования и передачи электроэнергии.

Были созданы также мощные системы нефте- и газоснабжения. Электроэнергетика и энергетика в целом в СССР занимали передовые позиции в мире и долгое время обеспечивали стабильность его экономики.

После распада СССР новые независимые государства СНГ оказались в условиях жесткого экономического и, как следствие, энергетического кризиса. Работавшие в рамках уникальной единой энергетической системы региональные энергосистемы вынуждены были адаптироваться к новым экономическим и техническим условиям самостоятельного функционирования.

Таким образом, энергетический кризис, как правило, следствие экономического и политического кризисов в стране и вызывается он нерациональной структурой топливно-энергетической базы экономики.

Бурно развивающаяся экономика стран планеты Земля в XX в. требовали все больше затрат ТЭР. Добыча нефти, угля, газа с каждым годом возрастала. Эти источники казались неистощимыми. Разразившийся в 1973–1974 гг. нефтяной кризис заставил многие страны задуматься над использованием альтернативных источников энергии и экономным использованием ТЭР, что и обусловило повышение многими странами уровня само обеспечения энергоресурсами. Однако энергетическая проблема остается актуальной и в настоящее время практически для всех стран Европы, поскольку степень обеспеченности собственными ресурсами составляет в отдельных странах Европы 40–50 %. Остро она ощутима и в Республике Беларусь, способной обеспечить себя примерно на 15 % собственными топливными ресурсами, остальное количество их приходится завозить из-за рубежа и платить большие деньги. Удельный вес ввоза топливно-энергетических сырьевых и материально-технических ресурсов в валовом внутреннем продукте составляет около 50 %. Республика импортирует (в основном из России) весь потребляемый каменный уголь, более 90 % нефти, 100 % природного и четверть сжиженного газа.

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

Энергоемкость валового внутреннего продукта в нашей стране составляет 165 т условного топлива на 1 млрд рублей, что в 4–5 раз выше, чем в странах ЕС.

Не лучшее положение с энергоемкостью и в агропромышленном комплексе. Энергоемкость нашей сельхозпродукции в 3–5 раз выше, чем в развитых странах. Так, на 1 т говядины тратится 550 кВт×ч электроэнергии, на одну тонну свинины — в 2,5 раза больше. Совокупный расход энергоресурсов в производстве 1 тонны зерна составляет 28–30 кг условного топлива. Современное энергосбережение базируется на трех основных принципах:

1. Важна не столько жесткая экономия ТЭР, сколько их рациональное использование, включая поиск и разработку новых нетрадиционных источников энергоснабжения.

2. Повсеместное использование как бытовых, так и промышленных приборов учета и регулирования (желательно автоматического) расхода электрической и тепловой энергии.

3. Внедрение новейших технологий, способствующих сокращению энергетических потерь как при изготовлении элементов зданий, так и при их эксплуатации [1].

1.3. Основные понятия в энергосбережении

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

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

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

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

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

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

ТЭР — совокупность природных и производственных энергоносителей, запасенная энергия которых при существующем уровне развития техники и технологии доступна для использования в хозяйственной деятельности предприятий, транспорта, жилищно-коммунальном комплексе.

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

ТЭР подразделяются на **истощаемые, возобновляемые и вторичные**.

Истощаемыми ТЭР являются запасы природных ископаемых, используемые в качестве сырья для производства энергии (уголь, нефть, расщепляющиеся материалы и др.).

По определению, даваемому законом Республики Беларусь «Об энергосбережении», под нетрадиционными и возобновляемыми ТЭР понимают природные энергоносители, постоянно пополняемые в результате естественных (природных) процессов. Возобновляемые ТЭР основаны на использовании:

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

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

Энергия, как товар, обладает особенностями, обусловленными ее физическими свойствами:

- совпадение во времени процессов производства и потребления энергии и равенство объема выработанной и потребленной электроэнергии в каждый момент времени;
- невозможность запасания энергии в достаточных в масштабе энергосистемы количествах;
- невозможность заранее точно оговорить объемы генерации и потребления энергии;
- невозможность с физической точки зрения определить, кто произвел энергию, использованную тем или иным потребителем [2].

1.4. Топливо-энергетический комплекс Республики Беларусь

ТЭК является важнейшей структурной составляющей национальной экономики, которая обеспечивает функционирование всех ее звеньев и повышение уровня жизни населения. ТЭК 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.

В ТЭК Беларуси выделяют: 1) топливную промышленность (нефтяную, газовую, торфяную); 2) электроэнергетическую промышленность. ТЭК имеет развитую производственную инфраструктуру, включая сеть нефтепроводов и газопроводов, в том числе магистральных, а также высоковольтные линии электропередач.

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. Нефть в них залегают в средних и малых месторождениях площадью от 50 до 1–2 км². Дебит скважин небольшой, основной способ добычи — насосный. Более крупные месторождения выработаны, и годовой объем добычи нефти в будущем упадет. Прогнозируются следующие объемы нефтедобычи: если в 2010 г. добывалось 1,5 млн тонн, то в 2015 г. прогнозируется 1,3, а в 2020 г. — 1–1,2 млн тонн. 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 тонн 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 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 отвления 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: 1965 г. — 2,2 млрд м³; 1970 г. — 3,1; 1975 г. — 3,5; 1980 г. — 14,8; 1995 г. — 13,5; 2003 г. — 18,1 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 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 тонн, в том числе торфа, пригодного для брикетирования — 100 млн тонн.

Электроэнергетика осуществляет выработку, передачу и распределение электрической и тепловой энергии. На ее долю приходится 7,3 % валовой продукции промышленности, 15,9 % основных промышленно-производственных фондов.

Белорусская энергетическая система — это сложный комплекс, включающий электростанции, котельные, электрические и тепловые сети, которые связаны общностью режима их работы на территории всей республики (рисунок 1). Управляет электроэнергетическим комплексом Министерство энергетики Республики Беларусь. Функции управления хозяйственной деятельностью Белорусской энергосистемы осуществляет Государственное производственное объединение электроэнергетики «Белэнерго». В состав ГПО «Белэнерго» входят шесть республиканских унитарных предприятий электроэнергетики (РУП-облэнерго), РУП «Объединенное диспетчерское управление», а также организации строительно-монтажного комплекса, ряд заводов, ремонтно-наладочные предприятия, учреждения образования. Научно-исследовательские и проектные организации подчиняются Минэнерго.

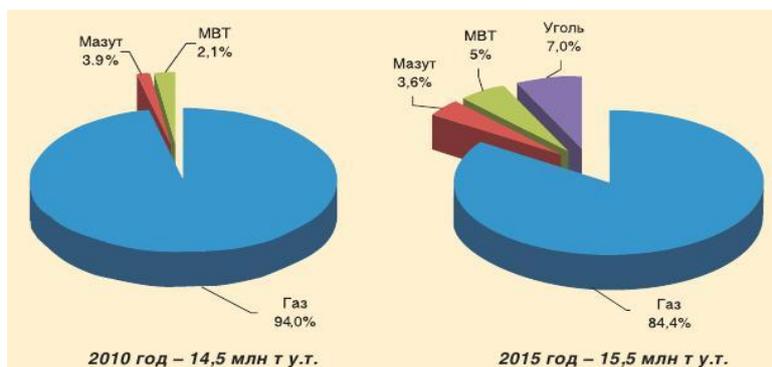


Рисунок 1 — Структура топливного баланса Белорусской энергосистемы

Областные предприятия электроэнергетики имеют в своем составе 35 тепловых электростанций установленной мощностью 7,8 тыс. МВт, 34 районные котельные, электросетевые и тепло-сетевые структурные подразделения, 22 малые ГЭС установленной мощностью 9,4 МВт. Сегодня в Белорусской энергосистеме работает более 70 тыс. человек. Существующая структура и соотношение конденсационных и теплофикационных мощностей на электростанциях республики позволяют эффективно использовать топливо, в результате чего в Белорусской энергосистеме удельные расходы условного топлива на отпуск электрической и тепловой энергии — одни из самых низких в странах СНГ. Постоянная работа по совершенствованию, модернизации и дальнейшему развитию предприятий электроэнергетики позволяет обеспечивать стабильное функционирование отрасли, надежное и бесперебойное снабжение потребителей энергией, увеличивать экспортный потенциал республики [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 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 (2,2 тыс. кВт), Свислочская и Чигиринская (1,5 тыс. кВт).

В целях развития технического потенциала Белорусской энергосистемы разработана государственная программа развития энергетики на 2011–2015 гг., предусматривающая ряд мероприятий, выполнение которых позволит повысить уровень энергетической безопасности нашей страны. В первую очередь программа направлена на повышение эффективности производства электрической и тепловой энергии и предусматривает реконструкцию ряда электростанций с применением новых современных парогазовых технологий, что позволит ввести в эксплуатацию более 3 тыс. МВт эффективных энергетических мощностей и вывести более 2 тыс. МВт уже отработавших. Программой предусматриваются также продолжение модернизации и развития основных конденсационных электростанций — Лукомльской и Березовской ГРЭС, где запланировано строительство крупных парогазовых энергоблоков мощностью 400 МВт, ввод в эксплуатацию энергоблока Минской ТЭЦ-5, установка газовых турбин мощностью 70 МВт на Витебской, Новополоцкой ТЭЦ и

Бобруйской ТЭЦ-2, установка на базе существующих котельных в городах Борисове и Могилеве парогазовых энергоблоков мощностью 64 и 15 МВт соответственно, будут продолжены работы по замене физически изношенного оборудования на других электростанциях энергосистемы.

Выполнение мероприятий по модернизации и реконструкции энергоисточников даст возможность снизить удельный расход топлива в энергосистеме до 10 %. В целях диверсификации топливно-энергетического баланса планируется строительство к 2015 г. угольной электростанции в г.п. Зельва, мини-ТЭЦ на местных видах топлива, гидроэлектростанций и ветроустановок.

Значительное внимание будет уделяться реализации государственной программы строительства энергоисточников на местных видах топлива, которой предусматривается строительство 161 энергоисточника на местных ресурсах суммарной электрической мощностью около 48 МВт и тепловой мощностью до 1026 МВт. Из них в Белорусской энергосистеме планируется установка энергомодулей на трех существующих котельных и сооружение работающего на торфе парового котла на Мозырской ТЭЦ производительностью 200 МВт. В 2011–2015 гг. предусматривается строительство ГЭС мощностью около 120 МВт, в том числе двух ГЭС на реке Западная Двина суммарной мощностью 63 МВт (Полоцкая и Витебская) и двух — на реке Неман суммарной мощностью 7 МВт (Гродненская и Немновская).

В 2015 г. согласно программе планируется, что за счет увеличения объемов использования местных видов топлива и возобновляемых источников энергии доля собственных энергоресурсов в балансе котельнопечного топлива составит не менее 28 %, а в 2020 — не менее 32 %. Также в соответствии с государственными программами будут продолжены работы по увеличению объемов добычи и переработки торфа и древесины для энергетических нужд. Ввод новых мощностей до 2016 г. составит 3203 МВт с выводом из эксплуатации 2351 МВт физически изношенных и морально устаревших [3].

1.5. Закон Республики Беларусь об энергосбережении

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

Законом «Об энергосбережении» утверждается, что энергосбережение является приоритетом государственной политики в решении энергетической проблемы в Республике Беларусь, а также этим законом регулируются отношения, возникающие в процессе деятельности юридических и физических лиц в сфере энергосбережения в целях повышения эффективности использования ТЭР, и устанавливаются правовые основы этих отношений.

В первой главе определяются основные понятия данного закона, определяются субъекты энергетической сферы. Субъектами отношений в сфере энергосбережения являются юридические и физические лица (пользователи и производители ТЭР), осуществляющие следующие виды деятельности:

- добычу, переработку, транспортировку, хранение, производство, использование и утилизацию всех видов ТЭР;
- производство и поставку энергогенерирующих и энергопотребляющих оборудования, машин, механизмов, материалов, а также приборов учета, контроля и регулирования расхода ТЭР;
- проведение научно-исследовательских, опытно-конструкторских, опытно-технологических, экспертных, специализированных, монтажных, наладочных, ремонтных и других видов работ (услуг), связанных с повышением эффективности использования и экономии ТЭР.

Во второй главе закона устанавливаются основы государственного управления энергосбережением. Основными принципами государственного управления в сфере энергосбережения являются

- осуществление государственного надзора за рациональным использованием ТЭР;
- разработка государственных и межгосударственных научно-технических, республиканских, отраслевых и региональных программ энергосбережения и их финансирование;
- приведение технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации в соответствие с требованием снижения энергоемкости материального производства, сферы услуг и быта;
- создание системы финансово-экономических механизмов, обеспечивающих экономическую заинтересованность производителей и пользователей в эффективном использовании ТЭР.

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

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

Энергетическое обследование предприятий, учреждений, организаций, расположенных на территории Республики Беларусь, проводится в целях оценки эффективности использования ТЭР и обеспечения их экономии. Обязательному энергетическому обследованию подлежат предприятия, учреждения, организации, если годовое потребление ими ТЭР составляет более 1,5 тыс. тонн условного топлива.

В третьей главе устанавливаются экономические и финансовые механизмы энергосбережения. Финансирование мероприятий по энергосбереже-

нию осуществляется за счет средств республиканского и местных бюджетов, республиканского фонда «Энергосбережение», средств юридических и физических лиц, направляемых добровольно на эти цели, а также других источников в порядке, установленном законодательством Республики Беларусь.

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

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

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

1. Обеспечить энергетическую безопасность и энергетическую независимость страны.

2. Принять кардинальные меры по экономии и бережливому использованию топливно-энергетических и материальных ресурсов во всех сферах производства и в жилищно-коммунальном хозяйстве.

3. Совету Министров Республики Беларусь определить и довести государственным органам и иным государственным организациям показатели по экономии ресурсов на текущий год и доводить им такие показатели ежегодно.

4. Ускорить техническое переоснащение и модернизацию производства на основе внедрения энерго- и ресурсосберегающих технологий и техники.

5. Повысить эффективность научно-технической и инновационной деятельности.

6. Обеспечить стимулирование экономии топливно-энергетических и материальных ресурсов.

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

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

9. Повысить ответственность руководителей государственных органов и иных организаций, граждан за неэффективное использование топливно-энергетических и материальных ресурсов, имущества [2].

1.6. История развития энергетики в Республике Беларусь

На январь 2013 г. энергосистема Беларуси представляет собой огромный комплекс:

- Установленная мощность электростанций энергосистемы составляет 8,863 тыс. МВт.

- Протяженность электросетей — 256 тыс. км.
- Протяженность тепловых сетей — 5,7 тыс. км.
- КЭС — 3 шт., 4137 МВт.
- ТЭЦ высокого давления — 33 шт, 4060 МВт.
- ГЭС — 23 шт., 26 МВт.
- Промышленных блок-станций — 498 МВт.
- ТЭЦ среднего и малого давления — 141 МВт.

Становление энергетики было непростым и долгим. Началом развития энергетики в Республике Беларусь можно считать 1895 г., когда была пущена первая электростанция постоянного тока в г. Минске. Далее в хронологическом порядке перечислены основные этапы развития энергетики и энергосистемы в нашей стране:

1898 — пущена первая электростанция постоянного тока в г. Витебске.

1910 — пущена первая электростанция постоянного тока в г. Могилеве.

1911 — пущена первая государственная дизельная электростанция в г. Гродно.

1913 — пущена первая паротурбинная электростанция переменного тока в г. Могилеве.

1920 — пущена первая электростанция в г. Бресте.

1922 — пущена первая электростанция в г. Пинске.

Апрель 1923 г. — ввод в эксплуатацию Гомельской ТЭЦ-1.

1928 — пущена паротурбинная электростанция в г. Гродно.

1929 — пущена ТЭЦ Бобруйского лесокомбината.

1930 — пущена первая очередь Белорусской ГРЭС, введены первые подстанции ВЛ 35 кВ и ВЛ 110 кВ в Орше, Витебске, Могилеве, Шклове.

1931 — создана Белорусская энергосистема с органом управления РЭУ «Белэнерго».

1932 — РЭУ «Белэнерго» переименовано в Белорусский энергокомбинат.

1933 — пущена Могилевская ТЭЦ.

1934 — пущена Минская ГЭС-2, началась теплофикация г. Минска.

1939 — пущена вторая очередь Белорусской ГРЭС.

1940 — Совнаркомом СССР утверждена схема электроснабжения Белорусской ССР.

1944 — Белорусский энергокомбинат переименован в районное управление энергетического хозяйства «Белорусэнерго». Началось восстановление энергетического оборудования, разрушенного в годы Великой Отечественной войны.

1947 — в «Белорусэнерго» организована диспетчерская служба.

1948 — пущена Брестская ТЭЦ.

1949 — пущены электростанция в г. Молодечно, паротурбинная электростанция в г. Волковыске.

1950 — включена первая ВЛ 35 кВ в г. Бобруйске.

1951 — пущены Барановичская ТЭЦ, первая теплоэлектроцентраль высокого давления — Минская ТЭЦ-3, первая блочная ГРЭС высокого давления — Смолевичская, начата теплофикация г. Гродно.

1952 — включена первая подстанция ПС 35 кВ «Западная».

1953 — включены первые ПС 110 кВ «Западная» в г. Минске и ПС 110 кВ в г. Орша.

1954 — пущены Витебская и Лидская ТЭЦ.

1955 — пущена ГЭС «Дружба народов».

1956 — начата теплофикация г. Лида.

1957 — начата теплофикация г. Молодечно, «Белорусэнерго» преобразовано в Управление энергетики Совнархоза БССР.

1958 — пущены Пинская ТЭЦ и Василевичская ГРЭС, включена первая в БССР ВЛ 220 кВ «Василевичская ГРЭС – Речица – Гомель» на железобетонных опорах.

1959 — включены ПС 220 кВ «Мирадино», первая ПС 110 кВ в г. Слуцке, первая кабельная линия 35 кВ в Минских городских сетях.

1960 — включены первая ПС 220 кВ «Колядичи» в Минском районе и ВЛ «Василевичская ГРЭС – Бобруйск – Колядичи».

1961 — пущены блочная Березовская ГРЭС и Оршанская ТЭЦ, начата теплофикация городов Полоцка и Жодино.

1962 — Управление энергетики Совнархоза БССР преобразовано в Главное управление энергетики и электрификации при Совете Министров БССР — «Белглавэнерго». Пущена Новополоцкая ТЭЦ, впервые включен головной теплофикационный агрегат на Минской ТЭЦ-3.

1963 — на базе областных электрических сетей образованы районные энергетические управления «Брестэнерго», «Витебскэнерго», «Гомельэнерго», «Гродноэнерго», «Минскэнерго», «Могилевэнерго». Начата теплофикация г. Витебска.

1964 — создан Белорусский филиал Государственного научно-исследовательского института им. Г.М. Кржижановского (БелЭНИИ), ныне научно-исследовательское и проектное республиканское унитарное предприятие «БелТЭИ».

В конце 1964 года впервые в Беларуси заработала линия электропередачи 330 кВ «Минск-Вильнюс», которая интегрировала энергосистему республики в объединенную энергосистему Северо-Запада, связанную с единой энергосистемой Европейской части СССР.

1966 — начата теплофикация г. Могилева, повсеместная установка железобетонных опор при строительстве ВЛ 10 кВ и выше.

1967 — завершена электрификация сельских районов с числом дворов десять и более, начата теплофикация г. Бобруйска.

1968 — районы электрических сетей преобразованы в предприятия электрических сетей, включена ПС 330 кВ «Северная» в Минских электрических сетях.

1968 — ПС «Колядичи» и ВЛ № 343 на ПС «Минск-Северная», а от нее ВЛ 330 кВ № 335 на ГРЭС-20.

1969 — пущена блочная Лукомльская ГРЭС с агрегатом 300 МВт.

1970 — создано Главное производственное управление энергетики и электрификации Белорусской ССР, входящее в состав Минэнерго СССР.

1971 — начато осуществление перевода электростанций с твердого на жидкое топливо.

1974 — пущена Мозырская ТЭЦ на мазуте, введена 1-я очередь АСУ «Белглавэнерго».

1975 — создано Гродненское предприятие тепловых сетей.

1976 — включена ВЛ 330 кВ «Лукомльская ГРЭС – Мирадино» и ПС 330 кВ «Мирадино». Открыт первый учебный центр и тренажер для оперативного персонала на Минской ТЭЦ-3.

1977 — пущена Минская ТЭЦ-4 на мазуте.

1978 — организована центральная база материально технического снабжения «Белглавэнерго».

1979 — включена ПС 330 кВ в г. Жлобине.

1981 — проведены первые опытные работы по ремонту без отключения ВЛ 330 кВ «Колядичи – Восточная» в Минских электросетях.

1982 — включена ПС 330 кВ «Кричевская» и ВЛ 330 кВ «Смоленская АЭС – Кричев».

1983 — включена первая кабельная линия 110 кВ в г. Минске.

1983 — разработан и внедрен уникальный теплофикационный комплекс на базе Минской ТЭЦ-4 и 5 районных котельных для работы в пиковом режиме, отмеченный премией Совета Министров СССР.

1986 — включена ВЛ 750 кВ «Игналинская АЭС – ПС «Белорусская» в г. Слуцке.

1988 — «Белглавэнерго» преобразовано в территориальное энергетическое объединение «Белорусэнерго», создано ОДУ БССР, начался перевод станций на газ.

1989 — впервые выполнены ремонтные работы под напряжением на ВЛ 330 кВ «Алитус – Гродно».

1991 — начато внедрение компьютерной техники в ПО «Брестэнерго».

1992 — введена в эксплуатацию ВЛ 750 кВ «Смоленская АЭС – ПС «Белорусская». ОРУ 750 кВ ВЛ «Белорусская – Смоленская АЭС».

1995 — начато применение предизолированных труб при реконструкции Гродненских тепловых сетей.

1998 — на Оршанской ТЭЦ введена в эксплуатацию ПГУ мощностью 69,4 МВт.

1999 — на Минской ТЭЦ-5 введен в эксплуатацию первый энергоблок мощностью 320 МВт, газопровод протяженностью 7,8 км.

Турбина блока № 1 ТЭЦ-5.

2000 — на Лукомльской ГРЭС впервые в республике введена турбодетандерная установка мощностью 5 МВт.

Турбодетандер 5 МВт Лукомльской ГРЭС.

2003 — состоялся пуск ВЛ 110 кВ для экспорта электрической энергии в Польшу.

2006 — введена в эксплуатацию мини-ТЭЦ на древесных отходах в г. Осиповичи мощностью 1,2 МВт.

2007 — начала функционировать мини-ТЭЦ в г. Вилейка мощностью 2,4 МВт, работающая на местных видах топлива.

2000 — на Минской ТЭЦ-3 введен в эксплуатацию крупнейший в республике парогазовый блок мощностью 230 МВт.

Введена в эксплуатацию мини-ТЭЦ на местных видах топлива с использованием современных европейских технологий в г. Пружаны мощностью 3,7 МВт.

Заработала когенерационная газопоршневая установка мощностью 26,1 МВт в Жлобинской котельной.

2005–2010 — модернизированы энергоблок № 3 Березовской ГРЭС с увеличением мощности станции на 65 МВт; энергоблоки ст. № 1, 2, 4 Лукомльской ГРЭС с увеличением мощности станции на 57,5 МВт; турбоагрегат № 1 Гродненской ТЭЦ-2 с увеличением мощности на 10,0 МВт.

2011 — пуск 2-го энергоблока Минской ТЭЦ-5, самый мощный в республике блок ПГУ мощностью 399 МВт.

2012 — пуск Гродненской ГЭС мощностью 17 МВт [3].

2. ЭНЕРГИЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

2.1. Виды энергии

В настоящее время имеется научно-обоснованная классификация видов энергии. Их много — около двадцати. Рассмотрим только те виды энергии, которые сейчас наиболее часто используются как в повседневной жизни, так и в научных исследованиях.

1. Ядерная энергия — энергия связи нейтронов и протонов в ядре, освобождающаяся в различных видах при делении тяжелых и синтезе легких ядер; в последнем случае ее называют термоядерной.

2. Химическая (логичнее — атомная) энергия — энергия системы из двух или более реагирующих между собой веществ. Эта энергия высвобождается в результате перестройки электронных оболочек атомов и молекул при химических реакциях. Когда мы говорим — АЭС (атомная электростанция), это не совсем точно. Точнее было бы — ЯЭС (ядерная электростанция).

3. Электростатическая энергия — потенциальная энергия взаимодействия электрических зарядов, то есть запас энергии электрически заряженного тела, накапливаемый в процессе преодоления им сил электрического поля.

4. Магнитостатическая энергия — потенциальная энергия взаимодействия «магнитных зарядов», или запас энергии, накапливаемый телом, способным преодолеть силы магнитного поля в процессе перемещения

против направления действия этих сил. Источником магнитного поля может быть постоянный магнит, электрический ток.

5. Упругостная энергия — потенциальная энергия механически упруго измененного тела (сжатая пружина, газ), освобождающаяся при снятии нагрузки чаще всего в виде механической энергии.

6. Тепловая энергия — часть энергии теплового движения частиц тел, которая освобождается при наличии разности температур между данным телом и телами окружающей среды.

7. Механическая энергия — кинетическая энергия свободно движущихся тел и отдельных частиц.

8. Электрическая (электродинамическая) энергия — энергия электрического тока во всех его формах.

9. Электромагнитная (фотонная) энергия — энергия движения фотонов электромагнитного поля.

Часто в особый вид энергии выделяют биологическую. Биологические процессы — это особая группа физико-химических процессов, но в которых участвуют те же виды энергии, что и в других.

Из всех известных видов энергии, а также и перечисленных выше, в практике непосредственно используются всего четыре вида: **тепловая** (около 70–75 %), **механическая** (около 20–22 %), **электрическая** (около 3–5 %) и **электромагнитная — световая** (менее 1 %) [1].

Главным источником непосредственно используемых видов энергии служит пока химическая энергия минеральных органических горючих (уголь, нефть, природный газ и др.), запасы которой, составляющие доли процента всех запасов энергии на Земле, вряд ли могут быть бесконечными (т. е. возобновляемыми).

В настоящее время в ряде стран все шире используются возобновляемые источники энергии (ветровая, речной воды и др.)

Практически в любом технологическом процессе используется несколько видов энергии. Топливо-энергетические балансы при этом составляются обычно по видам используемого топлива, энергии для каждого технологического цикла отдельно. Это не позволяет провести объективное сравнение различных технологических процессов для производства одного и того же вида продукции. Для энергоемкости какого-либо технологического продукта было предложено все виды энергии классифицировать на 3 группы:

1. Первичная энергия (Э1) — химическая энергия ископаемого первичного топлива, с учетом энергетических затрат на добычу, подготовку (обогащение), транспортировку и т. д.

2. Производная энергия (Э2) — энергия преобразованных энергоносителей, например, пара, горячей воды, электроэнергии, сжатого воздуха, кислорода, воды и др., с учетом затрат на их преобразование.

3. Скрытая энергия (Э3) — энергия, израсходованная в предшествующих технологиях и овеществленная в сырьевых исходных материалах процесса, технологическом, энергетическом и т. п. оборудовании, капи-

тальных сооружениях, инструменте и т.д.; к этой же форме энергии относятся энергозатраты по поддержанию оборудования в работоспособном состоянии (ремонт), энергозатраты на внутри- и межзаводские перевозки и другие вспомогательные операции.

Для многих массовых видов продукции величина энергетических затрат в виде скрытой энергии, т. е. вносимой оборудованием и капитальными сооружениями, является относительно незначительной по сравнению с другими двумя видами энергии, и поэтому в первом приближении может включаться в расчет по примерной оценке.

Полные сквозные энергозатраты на производство единицы какой-либо продукции в этом случае можно записать в виде формулы 1:

$$\mathcal{E}_{\text{сум}} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 - \mathcal{E}_4, \quad (1)$$

где \mathcal{E}_4 — энергия вторичных энергоресурсов, которая вырабатывается в процессе производства данной продукции, но передается для использования в другой технологический процесс;

$\mathcal{E}_{\text{сум}}$ — суммарная энергия.

Суммарные энергозатраты называют также технологическим топливным числом (ТТЧ) конкретного вида продукции (бензина, кирпича и др.).

2.2. Условное топливо

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

Условное топливо — гипотетическое топливо, теплота сгорания которого принимается равным 29 308 кДж/кг (29,3 МДж/кг) или 7000 ккал/кг. **Условное топливо** — это принятая при технико-экономических расчетах единица, служащая для сопоставления тепловой ценности различных видов органического топлива [2].

2.3. Вторичные энергоресурсы

В энергетических балансах предприятий особенно энергоемких отраслей значительное место занимают ВЭР.

Экономия ТЭР может быть реализована в 2 направлениях. Во-первых, за счет усовершенствования технологических процессов и аппаратов (новых энергосберегающих технологий), благодаря чему достигается повышение КПД и снижается расход топлива и энергии. Во-вторых, посредством утилизации ВЭР, которые неизбежно возникают в больших объемах особенно в энергоемких производствах, и за счет которых можно получить 30–35 % сбережения ТЭР.

Под ВЭР понимают энергетический потенциал отходов продукции, побочных и промежуточных продуктов, образующихся в теплотехнологических агрегатах (установках), который может быть частично или полностью использован для энергоснабжения других агрегатов или в самом аппарате.

Энергетические отходы, которые возвращаются обратно на вход в технологический агрегат, называются ВЭР внутреннего использования, а ВЭР, утилизируемые в других установках — внешнего использования. Сам технологический агрегат, который является источником энергетических отходов, называется источником ВЭР.

Все ВЭР подразделяют на три основные группы.

Горючие (топливные) ВЭР — химическая энергия отходов от огне-технического оборудования. Это горючие газы плавильных печей, вагранок и т.д., горючие отходы процессов химической и нефтехимической промышленности, горючие отходы черной и цветной металлургии, газовой промышленности. Источником горючих ВЭР являются также лесная и деревообрабатывающая промышленность.

Тепловые ВЭР — физическая теплота отходящих дымовых газов и тепловых отходов от теплотехнологических аппаратов в виде теплоты горячей воды, пара, паровоздушной смеси, тепла конденсата пара и т.д.

ВЭР избыточного давления — энергия газов, жидкостей, пара, покидающие агрегаты с избыточным давлением ($P > P_{атм}$), которое необходимо снижать при выбросе в атмосферу. 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 КПИ очень велики. Современный уровень развития производства и техники позволяет свести потери энергии до 10–15 % от расхода первичных ТЭР. Только применение новейших энергосберегающих технологий позволит дополнительно уменьшить расход энергоресурсов в 2–4 раза.

Особенно значительны 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 ТЭР.

Применительно к ВЭР используются следующие понятия и термины:

- Общие энергетические отходы — это энергетический потенциал всех материальных потоков на выходе из теплотехнологического агрегата (аппарата) и все потери энергии в агрегате.

Общие энергетические отходы подразделяются на 3 потока:

- 1) неизбежные потери энергии в технологическом аппарате;
- 2) энергетические отходы внутреннего использования, — которые возвращаются обратно в агрегат за счет регенерации или рециркуляции;

3) энергетические отходы внешнего использования, — которые используются в других агрегатах.

- Полный выход ВЭР — масса вторичных энергоресурсов, которые образуются в данной установке за определенный период времени.

- Возможный выход ВЭР — возможное (максимальное) количество энергии, которое экономически целесообразно можно использовать в утилизационных установках.

- Коэффициент использования (выработки) энергии за счет ВЭР — отношение фактического использования энергии, полученной за счет ВЭР, к планируемой выработке.

- Резерв утилизации ВЭР — количество энергии, которое может быть дополнительно вовлечено в производство.

- Возможная экономия топлива за счет ВЭР — количество энергии, которое было бы получено при полном использовании всего выхода ВЭР.

- Коэффициент утилизации ВЭР — отношение фактической экономии топлива за счет ВЭР к возможной. Определяется как для одного агрегата-источника ВЭР, так и группы агрегатов, так и суммарно для всех видов ВЭР.

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 [1].

2.4. Возобновляемые и невозобновляемые энергетические ресурсы

Общие запасы энергии оцениваются ресурсами, которые можно разделить на две большие группы — невозобновляющиеся и возобновляющиеся.

К первой группе следует отнести запасы органического топлива, ядерной энергии деления. К этой группе некоторые специалисты относят также и геотермальную энергию.

Возобновляющаяся энергия:

- падающая на поверхность Земли солнечная энергия;
- геофизическая энергия (ветра, рек, морских приливов и отливов);
- энергия биомассы, древесины, биологических отходов и др.

Из разведанных и легко добываемых запасов органического топлива на Земле можно назвать следующие объемы (в млрд. т у.т.): уголь (включая бурый) — 800; нефть — 90; газ — 85; торф — 5.

Так что легко добываемые запасы энергоресурсов никак нельзя назвать значительными.

Следует отметить, что распределение запасов органического топлива на земле очень неравномерно. Более 80 % сосредоточено на территории Северной Америки, бывшего СССР и развивающихся стран. Это уже служит основанием для возникновения всякого рода чрезвычайных ситуаций и кризисов.

В настоящее время мировое потребление невозобновляемых энерго-ресурсов в год составляет, по разным данным, 12–15 млрд. т у.т. Из них более 50 % составляют нефть и газ.

Из возобновляемых источников энергии наибольшее развитие получила гидроэнергетика, до 9 % от общей выработки электроэнергии. Пока возможный технически гидроэнергетический потенциал используется в мировой практике примерно на 0,1 % из общего мирового потенциала в 7 млрд. т у.т./год.

Общий вклад в современное энергопроизводство таких источников энергии, как солнечная, ветровая, приливная, очень мал и не превышает 0,1 %. Оценки, выполненные в Японии, свидетельствуют, что максимальный вклад этих источников при современных методах использования предельно может достичь 3 % от современного уровня энергообеспечения (для Японии). Следует учесть, что не каждая страна может себе позволить необходимые инвестиции в освоение этих видов энергоресурсов.

Достаточно перспективно использование энергии биомассы. Общий энергетический потенциал биомассы оценивается в 5,5 млрд. т у.т./год. В ряде стран (Китай, США, Индия) для освоения энергии биомассы широко используются биогазовые установки для получения искусственного горючего газа. Подобные установки имеются и в нашей стране, которые также производят высокоэффективные удобрения.

ТЭР относятся к минеральным ресурсам (полезным ископаемым) — это часть природных ресурсов, скопления минералов в недрах земной коры промышленных концентрациях. Как и все минеральные ресурсы, ТЭР относятся к категории исчерпаемых и невозобновляемых.

Рациональность их использования определяется полнотой отбора, степенью использования, удельными затратами на производство конечного продукта, окупаемостью использования данного вида полезного ископаемого, степенью сохранения окружающей среды и др., т. е. всем тем, что и определяет политику энергосбережения.

Топливные (энергетические) полезные ископаемые заключены прежде всего в угольных и нефтегазоносных бассейнах, которые имеют осадочное происхождение и обычно сопутствуют чехлу древних платформ и их внутренним и краевым прогибам.

Основная часть мировых угольных ресурсов приходится на Азию, Северную Америку и Европу и залегают в 10 крупнейших угольных бассейнах, находящихся на территории России, США и ФРГ. Основные нефтегазоносные ресурсы сосредоточены в Азии, Северной Америке и Африке.

Использование энергетических ресурсов разнообразно. Во-первых, можно получать тепловую энергию, сжигая ископаемое топливо, и использовать эту энергию. Во-вторых, можно преобразовать заключенную в топливе тепловую энергию в работу, например, использовать продукты перегонки нефти для приведения в действие различных механизмов. В-третьих, можно преобразовать тепловую энергию, высвобождающуюся при сгора-

нии топлива или выделяющуюся при делении ядер урана, в электрическую, а потом направить полученную электрическую энергию либо для производства тепла, либо для выполнения механической работы.

Электроэнергию можно получить за счет преобразования других видов энергии (например, за счет энергии падающей воды). Электроэнергия играет роль посредника между источником энергии и ее потребителями на месте.

Энергетические проблемы на современном этапе можно разделить на проблему энергообеспечения и проблему энергосбережения. Естественно эти проблемы теснейшим образом связаны между собой.

В проблеме энергообеспечения и энергосбережения возникают глобальные стратегические вопросы, связанные и с уровнем добычи топлив, КПД электростанций, уровнем потерь энергии, т.е. с глобальным потенциалом энергосбережения.

Кроме того, разумеется имеются и тактические проблемы энергосбережения, связанные с разработкой конкретных энергосберегающих технологий, вопросами учета, контроля и управления энергоресурсами, использованием различного рода регенераций, утилизаций и ВЭР тепловой и химической энергии.

Вопросы энергоснабжения и энергосбережения волнуют все мировые сообщества, при этом разные страны, естественно, имеют свои подходы и возможности в решении этих проблем.

2.5. Основные виды энергоресурсов. Нефть, природный газ, уголь, ядерное топливо

2.5.1. Нефть

Нефть — маслянистая жидкость темно-бурого или почти черного цвета с характерным запахом. Она легче воды (плотность $0,73-0,97 \text{ г/см}^3$), в воде практически нерастворима. По составу нефть — сложная смесь углеводородов различной молекулярной массы, главным образом жидких (в них растворены твердые и газообразные углеводороды). Обычно это углеводороды парафиновые, циклоалканы, ароматические, соотношение которых в нефти различных месторождений колеблется в широких пределах. Кроме углеводородов нефть содержит кислородные, сернистые и азотистые органические соединения. Сырая нефть обычно не применяется.

Для получения из нефти технически ценных продуктов ее подвергают переработке. Первичная переработка нефти заключается в ее перегонке. Перегонку производят на нефтеперерабатывающих заводах после отделения попутных газов. При перегонке нефти получают светлые нефтепродукты: бензин ($t.^{\circ}$ кип. от 40 до $150-200^{\circ}\text{C}$), дизельное топливо ($t.^{\circ}$ кип. $120-240^{\circ}\text{C}$), керосин ($t.^{\circ}$ кип. $150-300^{\circ}\text{C}$), газойль-соляровое масло ($t.^{\circ}$ кип. выше 300°C), а в остатке — вязкую черную жидкость мазут. Мазут подвергают дальнейшей переработке. Его перегоняют под уменьшенным давлением (чтобы предупредить разложение) и выделяют смазочные мас-

ла: веретенное, машинное, цилиндрическое и др. Из мазута некоторых сортов нефти выделяют вазелин и парафин. Остаток мазута после отгонки называют нефтяным пеком или гудроном. Продукты перегонки нефти имеют различное применение. Бензин в больших количествах используют как авиационное и автомобильное топливо. Он состоит обычно из углеводородов, содержащих в молекулах в среднем от 5 до 9 атомов углерода. Керосин применяют как горючее для реактивных и тракторных двигателей, а также для бытовых нужд. Он состоит из углеводородов, содержащих в молекулах в среднем от 9 до 16 атомов углерода. Соляровое масло используют как моторное топливо, а смазочные масла — для смазки механизмов. Вазелин используют в медицине. Он состоит из смеси жидких и твердых углеводородов. Парафин применяют для получения высших карбоновых кислот, для пропитки древесины в производстве спичек и карандашей, для изготовления свечей, гуталина и т. д. Он состоит из смеси твердых углеводородов. Гудрон — нелетучая темная масса, после частичного окисления его применяют для получения асфальта. Мазут помимо переработки на смазочные масла и бензин используют в качестве котельного жидкого топлива.

При вторичных методах переработки нефти происходит изменение структуры углеводородов, входящих в ее состав. Среди этих методов большое значение имеет крекинг (расщепление) углеводородов нефти, проводимый для повышения выхода бензина. Термический крекинг проводится при нагревании исходного сырья (мазута и др.) при температуре 450–550 °С и давлении 2–7 МПа. При этом молекулы углеводородов с большим числом атомов углерода расщепляются на молекулы с меньшим числом атомов как предельных, так и непредельных углеводородов. Например: таким способом получают главным образом автомобильный бензин. Выход его из нефти достигает 70 %. Термический крекинг открыт русским инженером В. Г. Шуховым в 1891 г. Каталитический крекинг производится в присутствии катализаторов (обычно алюмосиликатов) при 450 °С и атмосферном давлении. Этим способом получают авиационный бензин с выходом до 80 %. Такому виду крекинга подвергается преимущественно керосиновая и газойлевая фракции нефти. При каталитическом крекинге наряду с реакциями расщепления протекают реакции изомеризации. В результате последних образуются предельные углеводороды с разветвленным углеродным скелетом молекул, что улучшает качество бензина. Важным каталитическим процессом является ароматизация углеводородов, т. е. превращение парафинов и циклопарафинов в ароматические углеводороды. При нагревании тяжелых фракций нефтепродуктов в присутствии катализатора (платины или молибдена) углеводороды, содержащие 6–8 атомов углерода в молекуле, превращаются в ароматические углеводороды. Эти процессы протекают при риформинге (облагораживании бензинов). При крекинг-процессах образуется большое количество газов (газы крекинга), которые содержат главным образом предельные и непредельные углеводороды. Эти газы используют в качестве сырья для химической промышленности. При температурах 700–1000 °С проводят пиролиз (термическое разложение) нефте-

продуктов, в результате которого получают главным образом легкие алкены — этилен, пропилен и др. и ароматические углеводороды. При пиролизе возможно протекание следующих реакций: для улучшения свойств бензиновых фракций нефти они подвергаются каталитическому риформингу, который проводится в присутствии катализаторов из платины или платины и рения. При каталитическом риформинге бензинов происходит образование ароматических соединений из алканов. Например: циклоалканы превращаются в ароматические соединения, подвергаются изомеризации, гидрированию. В последние годы (наряду с увеличением выработки топлива и масел) углеводороды нефти широко используют как источник химического сырья. Различными способами из них получают вещества, необходимые для производства пластмасс, синтетического текстильного волокна, синтетического каучука, спиртов, кислот, синтетических моющих средств, взрывчатых веществ, ядохимикатов, синтетических жиров и т. д.

2.5.2. Природный газ

Природный газ — одно из важнейших горючих ископаемых, занимает ключевые позиции в топливно-энергетических балансах многих государств, важное сырье для химической промышленности.

В природном газе содержатся углеводороды с небольшой относительной молекулярной массой. Он имеет следующий примерный состав (по объему): 80–90 % метана, 2–3 % его ближайших гомологов — этана, пропана, бутана и небольшое содержание примесей — сероводорода, азота, благородных газов, оксида углерода (IV) и паров воды. Так, например, газ Ставропольского месторождения содержит 97,7 % метана и 2,3 % прочих газов, газ Саратовского месторождения — 93,4 % метана, 3,6 % этана, пропана, бутана и 3 % негорючих газов. К природным газам относятся и так называемые попутные газы, которые обычно растворены в нефти и выделяются при ее добыче. В попутных газах содержится меньше метана, но больше этана, пропана, бутана и высших углеводородов. Кроме того, в них присутствуют в основном те же примеси, что и в других природных газах, не связанных с залежами нефти, а именно: сероводород, азот, благородные газы, пары воды, углекислый газ. Раньше попутные газы не находили применения и при добыче нефти и сжигались факельным способом. В настоящее время их стремятся улавливать и использовать как в качестве топлива, так и, главным образом, в качестве ценного химического сырья. Из попутных газов, а также газов крекинга нефти путем перегонки при низких температурах получают индивидуальные углеводороды. Из пропана и бутана путем дегидрирования получают непредельные углеводороды — пропилен, бутутилен и бутадиев, из которых затем синтезируют каучуки и пластмассы.

Энергетическая и химическая ценность природного газа определяется содержанием в нем углеводородов. Очень часто в месторождениях он сопутствует нефти. Разница в составе природного и попутного нефтяного газа имеется. В последнем, как правило, больше сравнительно тяжелых углеводородов, которые обязательно отделяются, прежде чем использовать газ.

Метан, содержащийся в природном газе, представляет немалую ценность для химической промышленности. При неполном сгорании его образуется водород, оксид углерода, ацетилен, а от них начинаются разнообразные цепи химических превращений, приводящих к образованию альдегидов, спиртов, ацетона, уксусной кислоты, аммиака. Природный газ, а не вода, является главным источником промышленного получения водорода. И все же в основном метан идет на сжигание. Синтетические возможности других углеводородов, содержащихся в природном газе, более богатые, чем метана. Эти углеводороды превращают, прежде всего, в этилен и пропилен — важнейшее сырье для производства пластических масс. Главная ветвь превращения бутана выглядит так: бутан-бутилен-бутадиен-изопрен-синтетические каучуки. К сожалению, бутановая фракция природного газа составляет в среднем около 1 %.

Очень важно и ценно, что природный газ можно транспортировать на значительные расстояния с относительно небольшими затратами — по газопроводам.

Часть мирового запаса газа сосредоточена в виде так называемых газовых гидратов или клатратов. Внешне они напоминают спрессованный снег. Их месторождения существуют в условиях вечной и многолетней мерзлоты и представляют собой потенциальный источник добычи газа методами, сходными с традиционными способами добычи твердых горючих ископаемых. Но пока газовые гидраты осложняют работы газодобытчиков Севера — забивают скважины и трубопроводы, уменьшают их пропускную способность. Для борьбы с ними в скважины закачивают некоторые химикаты или сжигают часть газа.

Хранят природный газ в подземных газохранилищах, нередко используя для этого прежние выработки и огромные естественные пещеры. В газгольдерах же (держателях) хранится лишь минимально необходимый запас газа. Газгольдеры предназначены главным образом для того, чтобы с их помощью регулировать суточные неравномерности потребления газа на производстве.

2.5.3. Уголь

Уголь — это не что иное, как отложение горючих углеводородов, способных быть источниками тепловой энергии. Он залегает слоями (пластами), чаще под землей, реже — у самой поверхности земли под слоем почвы. Обычно уголь твердый, непрозрачный, черного цвета. До XVI в. его использовали слабо, но затем он стал основой гигантской топливной промышленности, сначала в Англии, затем повсеместно в Европе и во всем мире.

Уголь — продукт разложения болотистых лесных растений (их возраст от нескольких десятков млн. лет до 300 млн. лет. Растения отмирали, погружались в болото и были погребены под слоями песка и тины. Этот процесс повторялся многократно. Отложения подвергались воздействию давления, температуры и микроорганизмов; в результате они превратились в горючие ископаемые.

Этот процесс часто называют углефикацией; степень углефикации определяет сорт угля. Высший сорт каменного угля — антрацит. Сорт может меняться внутри одного пласта. В ненарушенных вертикальных срезках более

глубокие пласты выше качеством, чем лежащие ближе к поверхности. Это правило, впрочем не свободное от исключений, известно как закон Хилта.

Для упрощения контроля за качеством уголь часто оценивают по данным технического анализа, в котором указываются влажность и качество летучих веществ, связанного углерода и золы, определенные стандартными методами. Полным элементарным анализом определяются количество углерода, водорода, кислорода, азота и серы в угле. Теплотворная способность, или тепловой эквивалент угля, выражается в единицах теплоты, выделяемой при его сжигании на единицу массы сжигаемого угля.

Рост угольной промышленности был одним из наиболее существенных последствий общего промышленного подъема в XVII–XX вв. Сейчас уголь используется не только как топливо, но и как сырье для производства самых разнообразных товаров потребления, например, духов, нейлона, обезболивающих средств и красителей для тканей.

До Второй мировой войны угольная промышленность имела определяющее значение в экономике промышленно развитых стран. Еще в 1950 г. уголь обеспечивал 56 % мирового потребления энергии, однако к 1974 г. его доля уменьшилась до 29 %; так как заметно возросла добыча нефти и природного газа. Когда цены на нефть непомерно возросли в 1973 г., а оценка запасов нефти и газа показала, что они ограничены, производство угля вновь возросло даже в тех странах, где в середине 50-х гг. наблюдалось свертывание его добычи.

Вначале уголь просто подбирали с поверхности земли. Позднее его стали добывать из штреков (наклонных туннелей, следующих за пластом под землей), а еще позже — из шахт. Сейчас разведка угля производится геофизиками с помощью современных приборов, и лишь после этого осуществляется пробное бурение. Проходка шахты, занимающая 5–10 лет, требует многомиллионных затрат, так как глубина шахт нередко достигает нескольких сотен метров.

Первоначально уголь добывался киркой и лопатой и доставлялся в корзинах. Сегодня во всех промышленно развитых странах добыча угля полностью механизирована, и годовая добыча шахты может превышать 1 млн тонн. Горняки располагают врубовыми машинами, уголь транспортируется либо с помощью конвейера, либо в подземных поездах. Развитие угольной промышленности идет к тому, чтобы управление основным оборудованием осуществлялось дистанционно, это позволит вывести людей из опасных зон добычи угля.

Хотя добыча угля по-прежнему сопряжена с особой внимательностью и осторожностью, число несчастных случаев среди шахтеров в промышленно развитых странах неуклонно уменьшается.

В процессе разработки пласта иногда выделяется легко-воспламеняемый газ — метан, поэтому все используемое в шахте оборудование должно быть невзрывоопасным.

Уголь — важный источник газа и химических продуктов, получаемых при его нагреве без доступа воздуха. К этому процессу, называемому сухой перегонкой, с середины 50-х гг. был резко утерян интерес, и сейчас ве-

дуются широкие исследования, чтобы вернуть углю его роль в химической промышленности: изучаются новые процессы, в частности гидрогенизация, позволяющие превратить уголь в газ и жидкое топливо. Из всех горючих ископаемых уголь наиболее широко распространен, его запасов хватит, вероятно, на сотни лет, так что уголь «переживет» и газ, и нефть.

Нагревание угля без доступа воздуха дает кокс — неотъемлемый компонент выплавки чугуна и стали. Коксовый газ, получаемый из коксовых печей, горюч, имеет высокую теплотворную способность.

2.5.4. Ядерное топливо

Ядерное топливо — вещество, которое используется в ядерных реакторах для осуществления ядерной цепной реакции деления. Существует только одно природное ядерное топливо — урановое, которое содержит делящиеся ядра ^{235}U , обеспечивающие поддержание цепной реакции (ядерное горючее), и т. н. «сырьевые» ядра ^{238}U , способные, захватывая нейтроны, превращаться в новые делящиеся ядра ^{239}Pu , не существующие в природе (вторичное горючее).

Ядерное топливо используемое в ядерных реакторах помещается в тепловыделяющие элементы (ТВЭЛы) которые представляют собой обычно металлические оболочки различной формы и длины герметично заваренные. По химическому составу ядерное топливо может быть металлическим (включая сплавы), окисным, карбидным, нитридным и др.

Урановое ядерное топливо для ядерных реакторов на тепловых нейтронах, составляющих основу ядерной энергетики, имеет обычно повышенное содержание изотопа ^{235}U (2–4 % по массе вместо 0,71 % в естественном уране). Существенный недостаток реакторов на тепловых нейтронах — низкий коэффициент использования природного урана. Несравнимо более высокий коэффициент использования урана может быть достигнут в реакторах-размножителях на быстрых нейтронах. В них используется уран с более высоким содержанием урана ^{235}U (до 30%), а в будущем, по мере накопления запасов ^{239}Pu , будет использоваться смешанное уран-плутониевое ядерное топливо с 15–20 % Pu. В этом случае вместо обогащенного урана может быть использован природный и даже уран, обедненный ^{235}U , которого накопилось в мире уже достаточно большое количество. Обедненный уран (без Pu) используется также в экранной зоне реактора-размножителя (зоне воспроизводства), по весу превышающей в несколько раз активную зону. В реакторах на быстрых нейтронах, работающих на уран-плутониевом ядерном топливе, количество накапливающегося ^{239}Pu может существенно превышать количество сгораемого, т. е. имеет место воспроизводство ядерного топлива. Коэффициент воспроизводства зависит от состава ядерного топлива. По степени его возрастания ядерное топливо располагается в следующем порядке: окисное (U, Pu) O_2 , карбидное (U, Pu) C, нитридное (U, Pu) N и металлическое в виде различных сплавов.

Производство уранового ядерного топлива начинается с переработки руд с целью извлечения из них урана. При предварительной сортировке руды по гамма-излучению в отвал удаляют 20–30 % породы с содержанием урана $\leq 0,01$ % (применяются и обычные методы обогащения). Гидрометаллургическая переработка руды состоит в ее дроблении, кислотном выщелачивании, сорбционном или экстракционном извлечении U из осветленных растворов или пульп и получении очищенной закиси-окиси урана U_3O_8 . Для руд, бедных ураном и легких для выщелачивания (особенно в трудных для горных работ условиях), применяют подземное выщелачивание в самом месторождении (для пластовых месторождений — через систему скважин, для жильных — в подземных камерах с предварительной отбойкой и дроблением руды взрывными методами).

Далее U_3O_8 переводят или в тетрафторид UF_4 для последующего получения металлического урана или в гексафторид UF_6 — единственное устойчивое газообразное соединение урана, используемое для обогащения урана изотопом ^{235}U . Обогащение осуществляется методом газовой термодиффузии или центрифугированием. Далее UF_6 переводят в двуокись урана, которая используется для изготовления сердечников твэлов или для получения других соединений урана с той же целью.

К сердечникам твэлов предъявляются высокие требования в отношении стехиометрического состава и содержания посторонних примесей. Так, в сердечниках UO_2 соотношение (по массе) кислорода и металла должно быть в пределах 2,00–2,02; допустимое содержание F и H_2O (по массе) соответственно не более 0,01–0,006 % и 0,001 %.

В процессе эксплуатации твэлов ядерное топливо выгорает далеко не полностью, в реакторах-размножителях имеет место воспроизводство ядерного топлива (Pu). Поэтому отработанные твэлы направляют на переработку с целью регенерации для повторного его использования; уран и плутоний очищают от продуктов деления. Затем плутоний в виде PuO_2 направляют для изготовления сердечников, а уран, в зависимости от его изотопного состава, или также направляют для изготовления сердечников, или переводят в UF_6 с целью обогащения ^{235}U .

Регенерация ядерного топлива — сложный и дорогостоящий процесс переработки высокорadioактивных веществ, требующий защиты от радиоактивных излучений и дистанционного управления всеми операциями даже после длительной выдержки отработавших твэлов в специальных хранилищах. При этом в каждом аппарате ограничивается допустимое количество делящихся веществ, чтобы предупредить возникновение самопроизвольной цепной реакции. Большие трудности связаны с переработкой и захоронением радиоактивных отходов. Разрабатываются методы остекловывания и битумирования отходов, «закачка» слабоактивных растворов в глубокие недра Земли. Стоимость процессов регенерации ядерного топлива и переработки радиоактивных отходов оказывает существенное влияние на экономические показатели атомных электростанций.

Весь цикл производства ядерного топлива имеет значительное негативное влияние на окружающую среду, этот вопрос будет рассмотрен ниже.

3. СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ. ВИДЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Электрическая станция — совокупность установок, оборудования и аппаратуры, используемых непосредственно для производства электрической энергии, а также необходимые для этого сооружения и здания, расположенные на определенной территории.

Существует множество типов электростанций. Отличия заключаются в технических особенностях и исполнении, а также в виде используемого источника энергии. Но несмотря на все различия большинство электростанций используют для своей работы энергию вращения вала генератора.

Станции разных типов объединены в единую энергетическую систему, позволяющую рационально использовать их мощности, снабжать всех потребителей.

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

- ТЭС — тепловая электрическая станция преобразует тепловую энергию в электрическую;
- ГЭС — гидроэлектростанция преобразует механическую энергию движения воды в электрическую;
- ГАЭС — гидроаккумулирующая станция преобразует механическую энергию движения предварительно накопленной в искусственном водоеме воды в электрическую;
- АЭС — атомная электростанция преобразует атомную энергию ядерного топлива в электрическую;
- ПЭС — приливная электростанция преобразует энергию приливов в электрическую, и т. д.

В Республике Беларусь более 95 % энергии вырабатывается на ТЭС, поэтому процесс преобразования энергии на электростанции рассмотрим на примере этого вида станции. По назначению ТЭС делятся на два типа:

- КЭС — конденсационные тепловые электростанции, предназначенные для выработки только электрической энергии;
- ТЭЦ — теплоэлектроцентрали, на которых осуществляется совместное производство электрической и тепловой энергии [1].

3.1. Тепловая электростанция

На ТЭС вырабатывается около 76 % электроэнергии, производимой на нашей планете, и около 95 % электроэнергии в нашей стране. Это обусловлено следующими факторами, делающими использование ТЭС удобным и практичным:

- наличием органического топлива почти во всех районах нашей планеты;
- возможностью транспорта органического топлива с места добычи на электростанцию, размещаемую близ потребителей энергии;

- техническим прогрессом на тепловых электростанциях, обеспечивающим сооружение ТЭС большой мощностью;
- возможностью использования отработавшего тепла рабочего тела и отпуска потребителям, кроме электрической, также и тепловой энергии (с паром или горячей водой) и т. п.

ТЭС характеризуются большим разнообразием и их можно классифицировать по различным признакам.

По назначению и виду отпускаемой энергии электростанции разделяются на районные и промышленные.

Тепловая электрическая станция (рисунок общего вида).

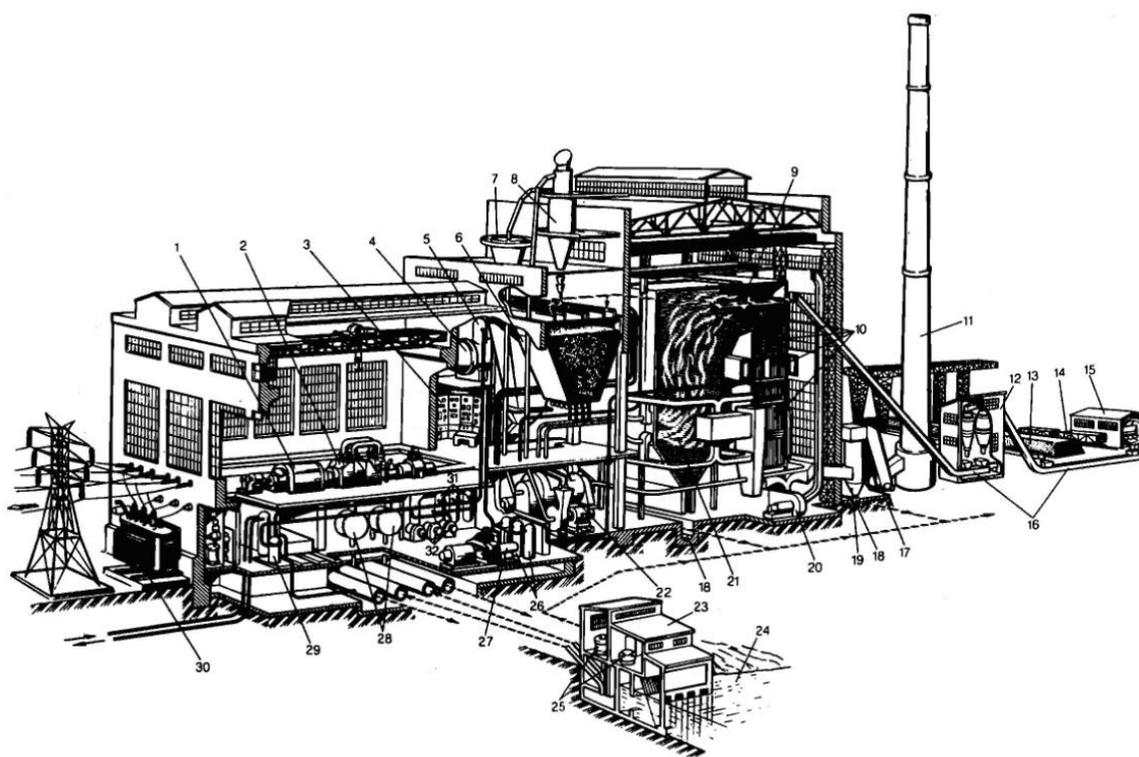


Рисунок 2 — Общий вид ТЭС:

- 1 — электрический генератор; 2 — паровая турбина; 3 — пульт управления;
 4 — деаэратор; 5 и 6 — бункеры; 7 — сепаратор; 8 — циклон; 9 — котел;
 10 — поверхность нагрева (теплообменник); 11 — дымовая труба; 12 — дробильное помещение; 13 — склад резервного топлива; 14 — вагон; 15 — разгрузочное устройство;
 16 — конвейер; 17 — дымосос; 18 — канал; 19 — золоуловитель; 20 — вентилятор;
 21 — топка; 22 — мельница; 23 — насосная станция; 24 — источник воды; 25 — циркуляционный насос; 26 — регенеративный подогреватель высокого давления;
 27 — питательный насос; 28 — конденсатор; 29 — установка химической очистки воды; 30 — повышающий трансформатор; 31 — регенеративный подогреватель низкого давления; 32 — конденсатный насос

На рисунках 2, 3 отображен состав основного оборудования ТЭС и взаимосвязь ее систем. По ним можно проследить общую последовательность технологических процессов протекающих на ТЭС.

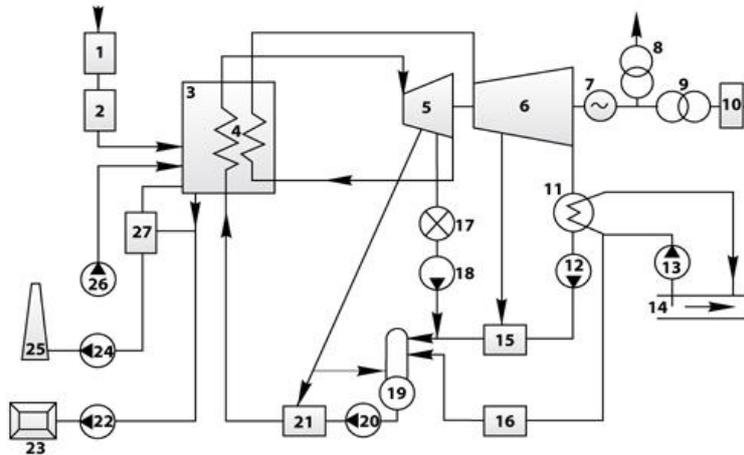


Рисунок 3 — Схема теплоэлектростанции:

1 — топливное хозяйство; 2 — подготовка топлива; 3 — котел; 4 — промежуточный пароперегреватель; 5 — часть высокого давления паровой турбины (ЧВД или ЦВД); 6 — часть низкого давления паровой турбины (ЧНД или ЦНД); 7 — электрический генератор; 8 — трансформатор собственных нужд; 9 — трансформатор связи; 10 — главное распределительное устройство; 11 — конденсатор; 12 — конденсатный насос; 13 — циркуляционный насос; 14 — источник водоснабжения (например, река); 15 — подогреватель низкого давления (ПНД); 16 — водоподготовительная установка (ВПУ); 17 — потребитель тепловой энергии; 18 — насос обратного конденсата; 19 — деаэратор; 20 — питательный насос; 21 — подогреватель высокого давления (ПВД); 22 — шлакозолоудаление; 23 — золоотвал; 24 — дымовой насос; 25 — дымовая труба; 26 — дутьевой вентилятор; 27 — золоуловитель

Обобщая все вышеописанное, получаем состав ТЭС:

- топливное хозяйство и система подготовки топлива;
- котельная установка (совокупность самого котла и вспомогательного оборудования);
- турбинная установка (паровая турбина и ее вспомогательное оборудование);
- установка водоподготовки и конденсатоочистки;
- система технического водоснабжения;
- система золошлакоудаления (для ТЭС, работающих на твердом топливе);
- электротехническое оборудование и система управления электрооборудованием.

Районные электростанции — это самостоятельные электростанции общего пользования, которые обслуживают все виды потребителей района (промышленные предприятия, транспорт, население и т. д.). Районные КЭС, вырабатывающие в основном электроэнергию, часто сохраняют за собой историческое название — ГРЭС. Районные электростанции, вырабатывающие электрическую и тепловую энергию (в виде пара или горячей воды), называются ТЭЦ. Как правило, ГРЭС и районные ТЭЦ имеют мощность более 1 млн кВт.

Промышленные электростанции — это электростанции, обслуживающие тепловой и электрической энергией конкретные производственные предприятия или их комплекс, например, завод по производству химической продукции. Промышленные электростанции входят в состав тех

промышленных предприятий, которые они обслуживают. Их мощность определяется потребностями промышленных предприятий в тепловой и электрической энергии и, как правило, она существенно меньше, чем районных ТЭС. Часто промышленные электростанции работают на общую электрическую сеть, но не подчиняются диспетчеру энергосистемы.

В качестве органического топлива для ТЭС используют газообразное, жидкое или твердое топливо. Часто ТЭС в качестве основного топлива потребляют природный газ, а в качестве резервного топлива мазут, используя последний ввиду его высокой стоимости только в крайних случаях; такие ТЭС называют газомазутными.

По типу теплосиловых установок, используемых на ТЭС для преобразования тепловой энергии в механическую энергию вращения роторов турбоагрегатов, различают паротурбинные, газотурбинные и парогазовые электростанции.

Основой паротурбинных электростанций являются паротурбинные установки (ПТУ), которые для преобразования тепловой энергии в механическую используют самую сложную, самую мощную и чрезвычайно совершенную энергетическую машину — паровую турбину.

Газотурбинные тепловые электростанции (ГТЭС) оснащаются газотурбинными установками (ГТУ), работающими на газообразном или, в крайнем случае, жидком (дизельном) топливе. Поскольку температура газов за ГТУ достаточно высока, то их можно использовать для отпуска тепловой энергии внешнему потребителю.

Традиционная современная газотурбинная установка (ГТУ) — это совокупность воздушного компрессора, камеры сгорания и газовой турбины, а также вспомогательных систем, обеспечивающих ее работу. Совокупность ГТУ и электрического генератора называют газотурбинным агрегатом.

Рассмотрим некоторые особенности работы ТЭС.

Топливо и окислитель, которым обычно служит воздух, непрерывно поступает в топку котла. В качестве топлива чаще всего используются уголь, сланцы, природный газ и мазут (продукт переработки нефти — остаток после отгонки из нефти бензина, керосина и других легких фракций). Однако использование природного газа и особенно мазута в перспективе должно сокращаться, так как это слишком ценные вещества, чтобы их использовать в качестве котельного топлива. За счет тепла, образующегося в результате сжигания топлива, в паровом котле вода превращается в пар с температурой около 550 °С. Можно было бы получить пар и с более высокой температурой, но это не выгодно. КПД ТЭС — это отношение полученной электрической энергии к тепловой энергии, образовавшейся при сжигании топлива; он растет при повышении начальной температуры пара. Но при этом для наиболее ответственных деталей установки, испытывающих большие механические нагрузки в сочетании с высокой температурой, приходится применять высококачественные, дорогие стали. Выигрыш в КПД не компенсирует повышенных затрат на металл.

В турбине способ преобразования тепловой энергии пара в механическую энергию состоит в следующем. Пар высокого давления и температуры, имеющий большую тепловую энергию, из котла поступает в сопла турбины. Сопла — это неподвижно укрепленные, не вращающиеся вместе с валом турбины, сделанные из металла каналы, в которых температура и давление пара уменьшаются, а значит, уменьшается и его тепловая энергия, но зато увеличивается скорость движения потока пара. Таким образом, за счет уменьшения тепловой энергии пара возрастает его механическая (кинетическая) энергия. Струя пара с высокой скоростью непрерывно вытекает из сопел и поступает на рабочие лопатки турбины, укрепленные на диске, жестко связанном с валом. Вал, диск и рабочие лопатки вращаются совместно с большой скоростью (3000 об/мин). Скорость потока пара на рабочих лопатках, его механическая энергия уменьшается следующим образом. Канал между рабочими лопатками криволинейен. Поток пара, протекая по криволинейному каналу, меняет направление и величину скорости. Благодаря центробежной силе он оказывает давление на вогнутые поверхности лопаток. Вследствие этого рабочие лопатки, диск, вал — весь ротор приходит во вращение. При этом механическая энергия потока пара превращается в механическую энергию ротора турбины, а точнее — в механическую энергию турбогенератора, так как валы турбины и электрического генератора соединены между собой.

Современные паровые турбины для ТЭС — весьма совершенные, быстроходные, высокоэкономичные машины. Они многоступенчаты, т.е. имеют обычно несколько десятков дисков с рабочими лопатками и такое же количество перед каждым диском групп сопел, через которые протекает струя пара. Давление и температура пара постепенно снижаются.

После паровой турбины водяной пар, имея уже низкое давление — около 0,04 бара и температуру 25–23 °С, поступает в конденсатор. Здесь пар с помощью охлаждающей воды, прокачиваемой по расположенным внутри конденсатора трубкам, превращается в воду, которая с помощью насоса снова подается в котел. Цикл начинается заново.

Количество охлаждающей воды должно быть в несколько десятков раз больше, чем количество конденсируемого пара. Поэтому ТЭС строят поблизости от крупных водных источников.

Процесс производства электроэнергии на ТЭС условно можно разделить на 3 цикла:

1. Химический — горение, в результате которого внутренняя химическая энергия топлива превращается в тепловую и передается пару.

2. Механический — тепловая энергия пара превращается в энергию вращения турбины и ротора турбогенератора.

3. Электрический — механическая энергия превращается в электрическую. Тепловые электростанции используют широко распространенные топливные ресурсы, относительно свободно размещаются и способны вырабатывать электроэнергию без сезонных колебаний. Их строительство ве-

дется быстро и связано с меньшими затратами труда и материальных средств. Но у ТЭС есть существенные недостатки. Они используют невозобновляемые ресурсы, обладают низким КПД (30–35 %), оказывают влияние на экологическую обстановку. ТЭС всего мира ежегодно выбрасывают в атмосферу 200–250 млн. т золы и около 60 млн. т зернистого ангидрида, а также поглощают огромное количество кислорода [6].

Установлено, что уголь в микродозах почти всегда содержит U^{238} , Th^{232} и радиоактивный изотоп углерода. Большинство ТЭС не оснащены эффективными системами очистки уходящих газов от оксидов серы и азота.

3.2. Теплоэлектроцентраль

ТЭЦ — предназначены для централизованного снабжения потребителей теплом и электроэнергией. Их отличие от КЭС в том, что они используют тепло отработавшего в турбинах пара для нужд производства, отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Из-за такого совмещения выработки электроэнергии и тепла достигается значительная экономия топлива в сравнении с отдельным энергоснабжением (выработкой электроэнергии на КЭС и тепловой энергии на местных котельных). Благодаря такому способу комбинированного производства, на ТЭЦ достигается достаточно высокий КПД, достигающий до 70 %. Поэтому ТЭЦ получили широкое распространение в районах и городах с высоким потреблением тепла. Максимальная мощность ТЭЦ меньше, чем КЭС.

ТЭЦ привязаны к потребителям, т. к. радиус передачи теплоты (пара, горячей воды) составляет приблизительно 15 км. Загородные ТЭЦ передают горячую воду при более высокой начальной температуре на расстояние до 30 км. Пар для производственных нужд давлением 0,8–1,6 МПа может быть передан на расстояние не более 2–3 км. При средней плотности тепловой нагрузки мощность ТЭЦ обычно не превышает 300–500 МВт.

Мощность ТЭЦ и тип турбогенератора выбирают в соответствии с потребностями в тепле и параметрами пара, используемого в производственных процессах и для отопления. Наибольшее применение получили турбины с одним и двумя регулируемыми отборами пара и конденсаторами. Регулируемые отборы позволяют регулировать выработку тепла и электроэнергии.

Режим ТЭЦ — суточный и сезонный — определяется в основном потреблением тепла. Станция работает наиболее экономично, если ее электрическая мощность соответствует отпуску тепла. При этом в конденсаторы поступает минимальное количество пара. Зимой, когда спрос на тепло максимален, при расчетной температуре воздуха в часы работы промпредприятий нагрузка генераторов ТЭЦ близка к номинальной. В периоды, когда потребление тепла мало, например летом, а также зимой при температуре воздуха выше расчетной и в ночные часы электрическая мощность ТЭЦ, соответствующая потреблению тепла, уменьшается. Если энергосистема нуждается в электрической мощности, ТЭЦ должна перейти в смешанный режим, при ко-

тором увеличивается поступление пара в части низкого давления турбин и в конденсаторы. Экономичность электростанции при этом снижается.

Максимальная выработка электроэнергии теплофикационными станциями «на тепловом потреблении» возможна только при совместной работе с мощными КЭС и ГЭС, принимающими на себя значительную часть нагрузки в часы снижения потребления теплах [6].

3.2.1. Мини-ТЭЦ

Мини-ТЭЦ (ТЭС) — компактная энергетическая установка на базе поршневого двигателя внутреннего сгорания, работающая на природном газе и вырабатывающая одновременно тепловую и электрическую энергию.

Мини-ТЭЦ предназначены для комбинированного производства электрической энергии переменного тока и тепловой энергии в виде горячей воды или пара.

Использование этого оборудования позволяет потребителю стать независимым от перебоев электроэнергии или ее нехватки, одновременно получая автономное теплообеспечение. С учетом тенденции ежегодного роста стоимости электрической энергии применение когенератора дает значительный экономический эффект.

Мини-ТЭЦ (ТЭС) может располагаться вне здания или внутри, за счет чего имеет несколько вариантов исполнения: базовое, открытое (без кожуха шумоглушения), в кожухе или в контейнере.

Мини-ТЭЦ (ТЭС) можно устанавливать на любых новых строящихся объектах, промышленных производствах, торговых комплексах, офисных центрах, жилых микрорайонах и коттеджных поселках.

В настоящее время нашли широкое применение в зарубежной и отечественной теплоэнергетике следующие установки: противодавленческие паровые турбины, конденсационные паровые турбины с отбором пара, газотурбинные установки с водяной или паровой утилизацией тепловой энергии, газопоршневые, газодизельные и дизельные агрегаты с утилизацией тепловой энергии различных систем этих агрегатов.

Термин «когенерационные установки» используется в качестве синонима терминов мини-ТЭЦ и ТЭЦ, однако он является более широким по значению, так как предполагает совместное производство различных продуктов, которыми могут быть, как электрическая и тепловая энергия, так и другие продукты, например, тепловая энергия и углекислый газ, электрическая энергия и холод и т. д.

Отличительной особенностью мини-ТЭЦ является более экономичное использование топлива для произведенных видов энергии в сравнении с общепринятыми отдельными способами их производства.

Мини-ТЭЦ обладают рядом достоинств в сравнении с обычными ТЭС:

- Комбинирование процесса производства электроэнергии и тепла.
- Низкая стоимость единицы тепловой и электрической мощности.
- Качество и бесперебойность энергоснабжения.

- Соответствие европейским экологическим стандартам.
- Низкий срок окупаемости и большой ресурс энергоблока.
- Непосредственная близость к конечному потребителю и связанное с этим отсутствие затрат на сооружение коммуникаций и неизбежных потерь при передаче энергии по сетям.
- Позволяет избежать затрат на строительство дорогостоящих высоковольтных линий электропередач.
- Компактность установок мини-ТЭЦ.
- Оперативность ввода в эксплуатацию мини-ТЭЦ.
- Оптимальное соответствие режиму многократного пуска и остановки.
- Низкая себестоимость производимой энергии мини-ТЭЦ.
- Низкие сроки окупаемости оборудования.
- Простота и удобство в эксплуатации — весь процесс управления работой станции полностью автоматизирован.
- Высокая надежность основных узлов и агрегатов.

Топливо для мини-ТЭЦ:

— **газ:** природный газ магистральный, природный газ сжиженный и другие горючие газы;

— **жидкое топливо:** нефть, мазут, дизельное топливо, биодизель и другие горючие жидкости;

— **твердое топливо:** уголь, древесина, торф и прочие разновидности биотоплива.

Мини-ТЭЦ (ТЭС) состоит из следующих узлов:

- газового двигателя;
- электрогенератора;
- системы теплообменников;
- системы принудительного охлаждения;
- системы отвода газов;
- распределительного щита;
- системы автоматики и контроля, которые являются неотъемлемыми частями газопоршневой мини-ТЭЦ (ТЭС) и обеспечивают ее надежную работу.

Главными модулями установки являются газопоршневой двигатель, вращающий вал генератора, и электрогенератор, преобразующий механическую энергию в электрическую.

Система теплообменников осуществляет отведение тепла, выделяющегося при работе ДВС, в систему отопления или горячего водоснабжения.

Система принудительного охлаждения, представляющая собой радиатор, отводит излишки тепла в атмосферу.

Система отвода отходящих газов с глушителем выводит в атмосферу переработанный установкой газ.

Распределительное устройство и система управления и контроля, как правило, располагаются в диспетчерских помещениях.

Индикаторы, расположенные на дверцах распределительных устройств сигнализируют о состоянии энергоцентра.

Так как работа установки полностью автоматизирована, постоянного нахождения оператора на рабочем месте не требуется. При необходимости, мониторинг работы мини-ТЭЦ (ТЭС) можно отслеживать удаленно через интернет-сеть.

В качестве двигателя мини-ТЭЦ могут использоваться поршневой двигатель (внутреннего сгорания), газовая турбина, паровая турбина, а также их комбинации.

Еще одним фактором, выступающим в пользу автономных ТЭЦ, является их экологическая безопасность. Подобные установки имеют низкий уровень вредных выбросов в атмосферу и соответствуют нормам по выбросам. При необходимости уровень выбросов можно снизить в 2 раза регулировкой двигателя (за счет незначительного снижения КПД порядка 1–2 %), уровень выбросов СО можно снизить установкой в систему выхлопа дополнительных окислительных катализаторов.

И, наконец, использование когенерационных установок экономически выгодно, так как нет необходимости в строительстве подводящих кабельных линий электроснабжения и тепловых сетей, а в совокупности выработка электрической и тепловой энергии экономит до 40 % средств. Доход (или экономия) от реализации тепловой и электрической энергии покрывает все расходы на установку мини-ТЭЦ. Окупаемость капитальных вложений на когенераторы происходит быстрее окупаемости средств, затраченных на подключение к тепловым сетям, обеспечивается тем самым быстрой и устойчивый возврат инвестиций [6].

3.3. Атомная электростанция

АЭС — это тепловые станции, использующие энергию ядерных реакций. В качестве ядерного горючего используют обычно изотоп урана ^{235}U , содержание которого в природном уране составляет 0,714 %. Основная масса урана — изотоп ^{238}U (99,28 % всей массы) при захвате нейтронов превращается во вторичное горючее — плутоний ^{239}Pu . Возможно также использование тория, который при захвате нейтронов превращается в делящийся изотоп урана ^{233}U . Реакция деления происходит в ядерном реакторе. Ядерное топливо используют обычно в твердом виде. Его заключают в предохранительную оболочку. Такого рода тепловыделяющие элементы называют ТВЭлами. Их устанавливают в рабочих каналах активной зоны реактора. Тепловая энергия, выделяющаяся при реакции деления, отводится из активной зоны реактора с помощью теплоносителя, который прокачивают под давлением через каждый рабочий канал или через всю активную зону. Наиболее распространенным теплоносителем является вода, которую подвергают тщательной очистке в неорганических фильтрах.

Тепло, выделяющееся в активной зоне реактора, отбирается водой (теплоносителем) 1-го контура, которая прокачивается через реактор циркуляционным насосом. Нагретая вода из реактора поступает в теплообменник (парогенератор), где передает тепло, полученное в реакторе, воде 2-го контура. Вода 2-го контура испаряется в парогенераторе и образующийся пар поступает в турбину.

При делении 1 г изотопов урана или плутония высвобождается 22 500 кВт·ч, что эквивалентно энергии, содержащейся в 2800 кг условного топлива.

Первая в мире АЭС опытно-промышленного назначения мощностью 5 Мвт была пущена в СССР 27 июня 1954 г. в г. Обнинске. До этого энергия атомного ядра использовалась преимущественно в военных целях. Пуск первой АЭС ознаменовал открытие нового направления в энергетике, получившего в то время признание на 1-й Международной научно-технической конференции по мирному использованию атомной энергии (август 1955, Женева).

Реакторы АЭС с водяным теплоносителем могут работать в водном или паровом режиме. Во втором случае пар получается непосредственно в активной зоне реактора.

При делении ядер урана или плутония образуются быстрые нейтроны, энергия которых велика. В природном или слабообогащенном уране, где содержание ^{235}U невелико, цепная реакция на быстрых нейтронах не развивается. Поэтому быстрые нейтроны замедляют до тепловых (медленных) нейтронов. В качестве замедлителей на АЭС используют вещества, которые содержат элементы с малой атомной массой, обладающие низкой поглощающей способностью по отношению к нейтронам. Основными замедлителями являются вода, тяжелая 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. Однако перспективным направлением является использование реакторов на быстрых нейтронах с расширенным воспроизводством ядерного горючего — плутония; таким образом может быть использована большая часть ^{238}U .

На последующем этапе развития атомной энергетики намечается освоение термоядерных реакторов, в которых используется энергия реакций синтеза легких ядер дейтерия и трития.

Типы ядерных реакторов

На АЭС используют ядерные реакторы следующих основных типов:

- водо-водяные с обычной водой в качестве замедлителя и теплоносителя;
- графито-водные с водяным теплоносителем и графитовым замедлителем;
- тяжеловодные с водяным теплоносителем и тяжелой водой в качестве замедлителя;
- графито-газовые с газовым теплоносителем и графитовым замедлителем.

Выбор преимущественно применяемого типа реактора определяется главным образом накопленным опытом в реакторостроении, а также наличием необходимого промышленного оборудования, сырьевых запасов и т. д. На АЭС США наибольшее распространение получили водо-водяные реакторы. Графито-газовые реакторы применяются в Англии. В атомной энергетике Канады преобладают АЭС с тяжеловодными реакторами.

В зависимости от вида и агрегатного состояния теплоносителя создается тот или иной термодинамический цикл АЭС. Выбор верхней темпера-

турной границы термодинамического цикла определяется максимально допустимой твэл, содержащих ядерное горючее, допустимой температурой собственно ядерного горючего, а также свойствами теплоносителя, принятого для данного типа реактора.

На рисунке 5 представлена принципиальная схема атомной электростанции.



Рисунок 5 — Схема АЭС

На АЭС, тепловой реактор которой охлаждается водой, обычно пользуются низкотемпературными паровыми циклами. Реакторы с газовым теплоносителем позволяют применять относительно более экономичные циклы водяного пара с повышенными начальными давлением и температурой. Тепловая схема АЭС в этих двух случаях выполняется 2-контурной: в 1-м контуре циркулирует теплоноситель, 2-й контур — пароводяной. При реакторах с кипящим водяным или высокотемпературным газовым теплоносителем возможна одноконтурная тепловая АЭС. В кипящих реакторах вода кипит в активной зоне, полученная пароводяная смесь сепарируется, и насыщенный пар направляется или непосредственно в турбину, или предварительно возвращается в активную зону для перегрева. В высокотемпературных графито-газовых реакторах возможно применение обычного газотурбинного цикла. Реактор в этом случае выполняет роль камеры сгорания.

При работе реактора концентрация делящихся изотопов в ядерном топливе постепенно уменьшается, т. е. твэлы выгорают. Поэтому со временем их заменяют свежими. Ядерное горючее перезагружают с помощью механизмов и приспособлений с дистанционным управлением. Отработавшие твэлы переносят в бассейн выдержки, а затем направляют на переработку.

К реактору и обслуживающим его системам относятся: собственно реактор с биологической защитой; теплообменники; насосы или газодувные установки, осуществляющие циркуляцию теплоносителя; трубопроводы и арматура циркуляционного контура; устройства для перезагрузки ядерного горючего; системы спец. вентиляции, аварийного расхолаживания и др.

В зависимости от конструктивного исполнения реакторы имеют отличительные особенности: в корпусных реакторах твэлы и замедлитель расположены

внутри корпуса, несущего полное давление теплоносителя; в канальных реакторах твэлы, охлаждаемые теплоносителем, устанавливаются в специальных трубах-каналах, пронизывающих замедлитель, заключенный в тонкостенный кожух. Такие реакторы применялись в СССР (Сибирская, Белоярская АЭС и др.).

При авариях в системе охлаждения реактора для исключения перегрева и нарушения герметичности оболочек твэлов предусматривают быстрое (в течение нескольких секунд) глушение ядерной реакции; аварийная система расхолаживания имеет автономные источники питания.

Оборудование машинного зала АЭС аналогично оборудованию машинного зала ТЭС. Отличительная особенность большинства АЭС — использование пара сравнительно низких параметров, насыщенного или слабоперегретого.

При этом для исключения эрозионного повреждения лопаток последних ступеней турбины частицами влаги, содержащейся в пару, в турбине устанавливают сепарирующие устройства. Иногда необходимо применение выносных сепараторов и промежуточных перегревателей пара. В связи с тем что теплоноситель и содержащиеся в нем примеси при прохождении через активную зону реактора становятся радиоактивными, конструктивное решение оборудования машинного зала и системы охлаждения конденсатора турбины одноконтурных АЭС должно полностью исключать возможность утечки теплоносителя. На двухконтурных АЭС с высокими параметрами пара подобные требования к оборудованию машинного зала не предъявляются.

К недостаткам АЭС относятся трудности, связанные с захоронением ядерных отходов, радиоактивным загрязнением прилегающих территорий, катастрофические последствия аварий и тепловое загрязнение используемых водоемов, высокие затраты на последующее обслуживание остановленных реакторов.

Единичная мощность ядерных энергоблоков достигла 1500 МВт.

Технологическая схема АЭС зависит от типа реактора, вида теплоносителя и замедлителя, а также от ряда других факторов. Схема может быть одноконтурной, двухконтурной и трехконтурной.

Одноконтурная технологическая схема АЭС

Одноконтурная схема с кипящим реактором и графитовым замедлителем типа РБМК-1000 применена на Ленинградской АЭС. Реактор работает в блоке с двумя конденсационными турбинами типа К-500-65/3000 и двумя генераторами мощностью 500 МВт. Кипящий реактор является парогенератором и тем самым предопределяет возможность применения одноконтурной схемы. Начальные параметры насыщенного пара перед турбиной: температура 284 °С, давление пара 7,0 МПа. Одноконтурная схема относительно проста, но радиоактивность распространяется на все элементы блока, что усложняет биологическую защиту.

Двухконтурная технологическая схема АЭС

Двухконтурную схему применяют в водо-водяном реакторе типа ВВЭР. В активную зону реактора подается под давлением вода, которая

нагревается до температуры 568–598 °С при давлении 12,25–15,7 МПа. Энергия теплоносителя используется в парогенераторе для образования насыщенного пара. Второй контур нерадиоактивен. Блок состоит из одной конденсационной турбины мощностью 1000 МВт или двух турбин мощностью по 500 МВт с соответствующими генераторами.

Трехконтурная технологическая схема АЭС

Трехконтурную схему применяют на АЭС с реакторами на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем типа БН-600. Чтобы исключить контакт радиоактивного натрия с водой, сооружают второй контур с нерадиоактивным натрием. Таким образом схема получается трехконтурной. Реактор БН-600 работает в блоке с тремя конденсационными турбинами К-200–130 с начальным давлением пара 13 МПа и температурой 500 °С.

В некоторых странах атомные станции вырабатывают более половины электроэнергии: во Франции около 75 %, в Бельгии около 65%. В России — только 12 %.

При работе АЭС, не потребляющих органическое топливо (уголь, нефть, газ), в атмосферу не выбрасываются окислы серы, азота, углекислый газ, тем не менее, при производстве ядерного топлива в атмосферу выбрасывается не меньшее количество парниковых газов чем и при работе обычных ТЭС, которые в отличие от АЭС, не производят множество радиоактивных отходов [6].

3.4. Гидроэлектростанции

ГЭС являются весьма эффективными источниками энергии. Они используют возобновимые ресурсы — механическую энергию падающей воды. Необходимый для этого подпор воды создается плотинами, которые воздвигают на реках и каналах. Гидравлические установки позволяют сокращать перевозки и экономить минеральное топливо (на 1 кВт·ч расходуется примерно 0,4 т угля). Они достаточно просты в управлении и обладают очень высоким коэффициентом полезного действия (более 80 %). Себестоимость этого типа установок в 5–6 раз ниже, чем ТЭС, и они требуют намного меньше обслуживающего персонала. Стоимость строительства полностью всей ГЭС выше, чем тепловой, и может занять не один десяток лет, но сроком ее окупаемости может быть всего одно десятилетие, далее, она будет приносить практически бесплатную энергию.

Самой крупной ГЭС в мире является ГЭС «Три ущелья» на реке Янцзы в Китае, ее мощность составляет 24500 МВт. Второй крупнейшей ГЭС является ГЭС «Итайпу» на реке Парана, — это трансграничная Бразильско-Парагвайская ГЭС мощностью 14000 МВт. Для сравнения, мощность самой крупной ГЭС бывшего Советского Союза Российской Саяно-Шушенской ГЭС — 6400 МВт.

Гидравлические установки представлены ГЭС, ГАЭС и ПЭС. Их размещение во многом зависит от природных условий, например, характера и режима реки. В горных районах обычно возводятся высоконапорные ГЭС, на равнин-

ных реках действуют установки с меньшим напором, но большим расходом воды. Гидростроительство в условиях равнин сложнее из-за преобладания мягких оснований под плотинами и необходимости иметь крупные водохранилища для регуляции стока. Сооружение ГЭС на равнинах вызывает затопление прилегающих территорий, что приносит значительный материальный ущерб.

ГЭС состоит из последовательной цепи гидротехнических сооружений (рисунок 6), обеспечивающих необходимую концентрацию потока воды и создание напора, и энергетического оборудования, преобразующего энергию движущейся под напором воды в механическую энергию вращения, которая, в свою очередь, преобразуется в электрическую энергию.

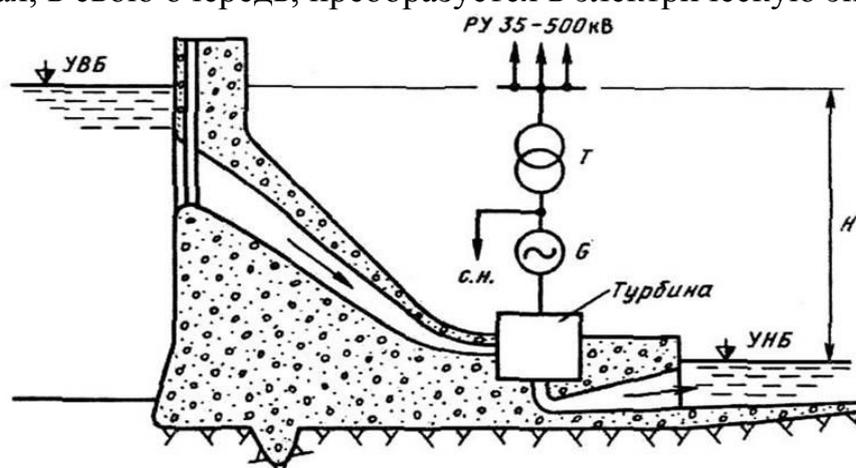


Рисунок 6 — Принципиальная технологическая схема ГЭС

Примечание. Водное пространство перед плотиной называется верхним бьефом, а ниже плотины — нижним бьефом. Разность уровней верхнего (УВБ) и нижнего бьефа (УНБ) определяет напор H . Верхний бьеф образует водохранилище, в котором накапливается вода, используемая по мере необходимости для выработки электроэнергии.

Напор ГЭС создается концентрацией падения реки на используемом участке плотиной, либо деривацией, либо плотиной и деривацией совместно. Основное энергетическое оборудование размещается в здании ГЭС: в машинном зале электростанции — гидроагрегаты, вспомогательное оборудование, устройства автоматического управления и контроля; в центральном посту управления — пульт оператора-диспетчера или автооператор гидроэлектростанции. Повышающая трансформаторная подстанция размещается как внутри здания ГЭС, так и в отдельных зданиях или на открытых площадках. Распределительные устройства зачастую располагаются на открытой площадке. Здание ГЭС может быть разделено на секции с одним или несколькими агрегатами и вспомогательным оборудованием, отделенные от смежных частей здания. При здании ГЭС или внутри него создается монтажная площадка для сборки и ремонта различного оборудования и для вспомогательных операций по обслуживанию ГЭС.

По установленной мощности (в Мвт) различают ГЭС мощные (свыше 250), средние (до 25) и малые (до 5). Мощность ГЭС зависит от напора

(разности уровней верхнего и нижнего бьефа), расхода воды ($\text{м}^3/\text{сек}$), используемого в гидротурбинах, и КПД гидроагрегата. По ряду причин (вследствие, например, сезонных изменений уровня воды в водоемах, непостоянства нагрузки энергосистемы, ремонта гидроагрегатов или гидротехнических сооружений и т.п.) напор и расход воды непрерывно меняются, а кроме того, меняется расход при регулировании мощности ГЭС. Различают годичный, недельный и суточный циклы режима работы ГЭС.

По максимально используемому напору ГЭС делятся на *высоконапорные* (более 60 м), *средненапорные* (от 25 до 60 м) и *низконапорные* (от 3 до 25 м). На равнинных реках напоры редко превышают 100 м, в горных условиях посредством плотины можно создавать напоры до 300 м и более, а с помощью деривации — до 1500 м. Классификация по напору приблизительно соответствует типам применяемого энергетического оборудования: на высоконапорных ГЭС применяют ковшовые и радиально-осевые турбины с металлическими спиральными камерами; на средненапорных — поворотлопастные и радиально-осевые турбины с железобетонными и металлическими спиральными камерами, на низконапорных — поворотлопастные турбины в железобетонных спиральных камерах, иногда горизонтальные турбины в капсулах или в открытых камерах. Подразделение ГЭС по используемому напору имеет приблизительный, условный характер.

По схеме использования водных ресурсов и концентрации напоров ГЭС обычно подразделяют на *русловые, приплотинные, деривационные с напорной и безнапорной деривацией, смешанные, гидроаккумулирующие и приливные*. В русловых и приплотинных ГЭС напор воды создается плотиной, перегородаживающей реку и поднимающей уровень воды в верхнем бьефе. При этом неизбежно некоторое затопление долины реки. В случае сооружения двух плотин на том же участке реки площадь затопления уменьшается. На равнинных реках наибольшая экономически допустимая площадь затопления ограничивает высоту плотины. Русловые и приплотинные ГЭС строят и на равнинных многоводных реках и на горных реках, в узких сжатых долинах.

В состав сооружений русловой ГЭС, кроме плотины, входят здание ГЭС и водосбросные сооружения. Состав гидротехнических сооружений зависит от высоты напора и установленной мощности. У русловой ГЭС здание с размещенными в нем гидроагрегатами служит продолжением плотины и вместе с ней создает напорный фронт. При этом с одной стороны к зданию ГЭС примыкает верхний бьеф, а с другой — нижний бьеф. Подводящие спиральные камеры гидротурбин своими входными сечениями закладываются под уровнем верхнего бьефа, выходные же сечения отсасывающих труб погружены под уровнем нижнего бьефа.

В соответствии с назначением гидроузла в его состав могут входить судоходные шлюзы или судоподъемник, рыбопропускные сооружения, водозаборные сооружения для ирригации и водоснабжения. В русловых ГЭС иногда единственным сооружением, пропускающим воду, является здание станции. В этих случаях полезно используемая вода последовательно про-

ходит входное сечение с мусорозадерживающими решетками, спиральную камеру, гидротурбину, отсасывающую трубу, а по специальным водоводам между соседними турбинными камерами производится сброс паводковых расходов реки. Для русловых ГЭС характерны напоры до 30–40 м; к простейшим русловым ГЭС относятся также ранее строившиеся сельские (гидроэлектростанции) ГЭС небольшой мощности. На крупных равнинных реках основное русло перекрывается земляной плотиной, к которой примыкает бетонная водосливная плотина и сооружается здание ГЭС.

Каскад ГЭС представляет собой группу ГЭС, расположенных ступенями по течению водного потока с целью полного последовательного использования его энергии. Установки в каскаде обычно связаны общностью режима, при котором водохранилища верхних ступеней регулирующие влияют на водохранилища нижних ступеней.

При сооружении ГЭС обычно преследуют цель выработки электроэнергии, улучшения условий судоходства по реке и орошения земель. ГЭС обычно имеют водохранилища, позволяющие запастись водой и регулировать ее расход и, следовательно, рабочую мощность станции так, чтобы обеспечить наиболее выгодный режим для энергосистемы в целом.

Процесс регулирования заключается в следующем. В период времени, когда нагрузка энергосистемы мала (или естественный приток воды в реке велик), ГЭС расходует воду в количестве меньшем естественного притока. При этом вода накапливается в водохранилище, а рабочая мощность станции относительно мала. В другой период времени, когда нагрузка системы велика (или приток воды мал), гидроэлектростанция расходует воду в количестве, превышающем естественный приток. При этом расходуются вода, накопленная в водохранилище, а рабочая мощность станции увеличивается до максимальной. В зависимости от объема водохранилища период регулирования или время, необходимое для наполнения и срабатывания водохранилища, может составлять сутки, неделю, несколько месяцев и более. В течение этого времени ГЭС может израсходовать строго определенное количество воды, определяемое естественным притоком.

При совместной работе ГЭС с тепловыми и атомными станциями нагрузку энергосистемы распределяют между ними так, чтобы при заданном расходе воды в течение рассматриваемого периода обеспечить спрос на электрическую энергию с минимальным расходом топлива (или минимальными затратами на топливо) в системе. Опыт эксплуатации энергосистем показывает, что в течение большей части года ГЭС целесообразно использовать в пиковом режиме. Это означает, что в течение суток рабочая мощность гидроэлектростанции должна изменяться в широких пределах — от минимальной в часы, когда нагрузка энергосистемы мала, до максимальной в часы наибольшей нагрузки системы. При таком использовании гидроэлектростанции нагрузка тепловых станций выравнивается и работа их становится более экономичной.

В периоды паводка, когда естественный приток воды в реке велик, целесообразно использовать ГЭС круглосуточно с рабочей мощностью,

близкой к максимальной, и таким образом уменьшить холостой сброс воды через плотину. Наиболее выгодный режим ГЭС зависит от множества факторов и должен быть определен соответствующим расчетом.

Работа ГЭС характеризуется частыми пусками и остановами агрегатов, быстрым изменением рабочей мощности от нуля до номинальной. Гидравлические турбины по своей природе приспособлены к такому режиму. Для гидрогенераторов этот режим также приемлем, так как в отличие от паротурбинных генераторов осевая длина гидрогенератора относительно мала и температурные деформации стержней обмотки проявляются меньше. Процесс пуска гидроагрегата и набора мощности полностью автоматизирован и требует всего несколько минут.

Продолжительность использования установленной мощности ГЭС, как правило, меньше, чем тепловых электростанций. Она составляет 1500–3000 ч для пиковых станций и до 5000–6000 ч для базовых.

ГЭС целесообразно строить на горных и полуплоских реках. На равнинных реках их сооружение может приводить к затоплению больших площадей пойменных лугов и пахотных земель, лесов, снижению рыбных запасов и другим последствиям [6].

3.5. Пиковые и аварийные электростанции

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

Целесообразно применение пиковых электростанций аккумулярующего типа, которые способны в ночные часы, когда потребление электроэнергии незначительно, запасать энергию, создавая нагрузку базисным паротурбинным электростанциям, а в дневные часы использовать запасенную энергию для покрытия пиков нагрузки. К таким станциям относятся ГАЭС, а также газотурбинные установки, работающие с использованием воздуха, нагнетаемого в ночные часы и сохраняемого под давлением в емкостях с непроницаемой оболочкой, например в подземных выемках.

Современные пиковые электростанции одновременно выполняют функции резервных установок, они автоматизированы и управляются на расстоянии из диспетчерского пункта [2].

3.6. Транспорт энергии и энергоресурсов. Качество энергии

Транспорт нефти и нефтепродуктов. В настоящее время наиболее выгодным видом транспорта энергии является перекачка нефти и нефте-

продуктов по трубопроводам. Близка к ней по экономичности перевозка нефти и продуктов ее переработки на больших танкерах по морям, океанам. Именно вследствие малых затрат на транспортировку мировые цены на нефть мало зависят от места ее потребления.

Транспорт газа. Перекачка по трубопроводам природного газа стоит уже значительно дороже. Так как газ сжимаем, то вместо употребляемых на нефтепроводах насосов здесь приходится использовать компрессоры. Представляет интерес перекачка газа в сжиженном состоянии. Расход энергии на перекачку резко снижается, а диаметр трубопровода при том же количестве транспортируемого газа может быть выбран гораздо меньший. Наряду с природным газом используются и некоторые другие источники газового топлива: попутный газ нефтедобычи, коксовый и доменный газы, получаемые как побочный продукт производства кокса и чугуна, и пр. Ведутся работы по так называемой энерготехнологической переработке твердых топлив, в ряде схем которой наряду с другими продуктами получается искусственный газ.

Транспорт **угля** на дальние расстояния. Для этой цели используется только железнодорожный и водный транспорт.

Транспортирование электрической энергии

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

К основному оборудованию, производящему и распределяющему электроэнергию, относятся:

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

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

Качество электроэнергии

Существует 11 показателей качества электроэнергии. Наиболее часто встречаются следующие проблемы качества электроэнергии:

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

- Пропадания напряжения — кратковременное снижение напряжения в сети до нуля. Пропадание напряжения может быть на одной или нескольких фазах, имеет короткую продолжительность менее 30 с.

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

Транспортировка теплоты

Передача теплоты от источника потребителям осуществляется с помощью систем теплоснабжения, которые включают источник, тепловую сеть и потребителей. Наиболее распространенными источниками теплоснабжения являются энергетические установки: ТЭЦ, АСТ и котельные. Тепловая сеть включает систему трубопроводов (теплопроводов), по которым теплоноситель (горячая вода или пар) переносит теплоту от источника к потребителям и возвращается обратно к источнику. Потребителями теплоты являются промышленные и коммунально-бытовые предприятия, жилые, общественные и административные здания. Отпускаемая теплота расходуется на технологические нужды, отопление, горячее водоснабжение, вентиляцию. Транспортировка теплоты осуществляется с помощью теплопроводов. Современные теплопроводы изготавливаются в заводских условиях и конструктивно включают:

- стальную трубу для транспортировки энергоносителя;
- тепловую изоляцию;
- защитный кожух из пластмассы.

Качество тепловой энергии

Качество тепловой энергии — совокупность теплофизических параметров теплоносителя обеспечивающих пригодность тепловой энергии для удовлетворения энергетических потребностей потребителя.

Качество тепловой энергии детально определяется правилами пользования тепловой энергией, утвержденные постановлением Министерства экономики Республики Беларусь [2].

3.7. Особенности снабжения энергией учреждений здравоохранения

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

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

По надежности теплоснабжения учреждения здравоохранения разделяются на 2 категории:

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

Системы теплоснабжения потребителей тепла I категории предусматриваются 2 ввода тепла от независимых источников. При этом предусматривается резервирование подачи тепла тепловыми сетями. При наличии только одного ввода тепла предусматриваться резервная котельная.

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

Для потребителей тепла II категории предусматривается 1 ввод от внешних тепловых сетей.

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

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

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

Остальные электроприемники относятся ко II категории и частично к III категории [2].

4. АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

4.1. Законодательство Республики Беларусь в области альтернативной энергетики

Основным законом Республики Беларусь в области альтернативной энергетики является закон «О возобновляемых источниках энергии» (от 27 декабря 2010 г. № 204-З). В соответствии с ним производители энергии из ВИЭ имеют право на:

- гарантированное подключение к государственным энергетическим сетям установок по использованию ВИЭ;

- гарантированное приобретение государственными энергоснабжающими организациями всей предложенной энергии, произведенной из ВИЭ, а также ее оплату по стимулирующим тарифам (в части оплаты электроэнергии);

- защиту от недобросовестной конкуренции, в том числе со стороны юридических лиц, занимающих доминирующее положение в сфере производства энергии;

- расширение (реконструкцию, модернизацию) установок по использованию ВИЭ;

- самостоятельное выявление площадок возможного размещения установок по использованию ВИЭ;

- высокие стимулирующие тарифы по сравнению со странами ЕС;

- заключение инвестиционного договора, предусматривающего значительные льготы и преференции инвесторам;

- установки по использованию ВИЭ освобождаются от НДС при ввозе на территорию Республики Беларусь;

- земельные участки, занятые объектами и установками по использованию ВИЭ, а также земельные участки, предоставленные на период строительства (реконструкции) объектов и установок по использованию возобновляемых источников энергии, освобождаются от земельного налога;

- высокий уровень покрытия страны государственными энергетическими сетями.

Тарифы на электрическую энергию, производимую из ВИЭ, устанавливаются на уровне тарифов на электрическую энергию для промышленных и приравненных к ним потребителей с присоединенной мощностью до 750 кВт, установленных и проиндексированных на изменение курса белорусского рубля по отношению к доллару США с применением повышающих коэффициентов:

1. С использованием энергии ветра, биогаза, древесного топлива, воды, геотермальной энергии:

- первые 10 лет со дня ввода в эксплуатацию установок по использованию ВИЭ — 1,3;

- последующие 10 лет эксплуатации установок — 0,85.

2. С использованием энергии солнца:

- первые 10 лет со дня ввода в эксплуатацию установок ВИЭ — 3;

- последующие 10 лет эксплуатации установок ВИЭ — 0,85.

Цели Республики Беларусь по повышению энергоэффективности и использованию местных видов топлива до 2020 г.:

1. Снизить энергоемкость ВВП по сравнению с уровнем 2005 г.:

- по крайней мере на 50 % к 2015 г.;

- по крайней мере на 60 % к 2020 г.

2. Обеспечить использование местных видов топлива (в том числе ВИЭ) в энергетическом балансе производства тепла и электроэнергии.

Список законодательных актов, применяемых в области ВИЭ:

1. Закон Республики Беларусь «О возобновляемых источниках энергии» (от 27 декабря 2010 г. № 204-З).
2. Инвестиционный кодекс Республики Беларусь от 22 июня 2001 г. № 37-З.
3. Декрет Президента Республики Беларусь от 7 мая 2012 г. № 6 «О стимулировании предпринимательской деятельности на территории средних, малых городских поселений, сельской местности».
4. Декрет Президента Республики Беларусь от 6 августа 2009 г. № 10 «О создании дополнительных условий для инвестиционной деятельности в Республике Беларусь».
5. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 06.08.2011 г. № 1058 «О мерах по реализации Декрета Президента Республики Беларусь от 6 июня 2011 г. № 4».
6. Указ Президента Республики Беларусь от 27 декабря 2007 г. № 667 «Об изъятии и предоставлении земельных участков».
7. Постановление Министерства экономики от 30 июня 2011 г. № 100 «О тарифах на электрическую энергию, производимую из возобновляемых источников энергии, и признании утратившими силу некоторых постановлений Министерства экономики Республики Беларусь».
8. Постановление Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь от 27 февраля 2009 г. № 10 «Об утверждении инструкции о порядке выдачи заключения об отнесении ввозимых товаров к оборудованию, используемому в производстве либо приеме (получении), преобразовании, аккумуляции и (или) передаче энергии, производимой из нетрадиционных и возобновляемых источников энергии» [4].

4.2. Гидроэнергетические ресурсы

Гидроэнергетика — это область наиболее развитой на сегодня энергетики на возобновляемых ресурсах, использующая энергию падающей воды, волн (амплитуда волн в некоторых районах мирового океана достигает 10 м) и приливов. Цель гидроэнергетических установок — преобразование потенциальной энергии воды в механическую энергию вращения гидротурбины. В разделе 3.4 были рассмотрены основы работы ГЭС и ГАЭС, указаны их характеристики и роль в энергосистеме. Преобразование гидроэнергии в электрическую стало возможным в конце XIX в. Крупные ГЭС начали строиться на рубеже XIX и XX вв. Наносимый окружающей среде их водохранилищами ущерб: уничтожение флоры, фауны, плодородных земель в результате затопления, климатические изменения, потенциальная угроза землетрясений и др., заиливание гидротурбин, их коррозия, большие капитальные затраты на сооружение — вот наиболее сложные проблемы, связанные с сооружением и эксплуатацией ГЭС. Гидроэнергетический потенциал всех рек мира оценивается в 2857 ГВт, приливов — в 13 ГВт. Ма-

вероятно, что когда-либо он будет полностью освоен. В ближайшие десятилетия установленная мощность ГЭС в целом будет расти при одновременном снижении их доли в суммарной выработке электроэнергии в мире. Вырабатываемую ГЭС энергию легко регулировать, и она преимущественно используется для покрытия пиковой части графика нагрузки энергосистем с целью улучшения работы базисных электростанций (ТЭС, КЭС, АЭС). Гидро-ресурсы Беларуси оцениваются в 850–1000 МВт. Однако практически реализуемый потенциал малых рек и водотоков составляет едва ли 10 % этой величины, что эквивалентно экономии 0,1 млн т.у.т. Для достижения большего пришлось бы затопить значительные площади из-за равнинного характера рек. Республика Беларусь — преимущественно равнинная страна, тем не менее ее гидроэнергетические ресурсы достаточно существенны. Энергетическая программа Республики Беларусь в качестве основных направлений развития малой гидроэнергетики в стране предусматривает:

- восстановление ранее действовавших малых ГЭС на существующих водохранилищах путем капитального ремонта и частичной замены оборудования;

- строительство новых малых ГЭС на водохранилищах неэнергетического назначения без затопления

- создание малых ГЭС на промышленных водосбросах;

- сооружение бесплотинных (русловых) ГЭС на реках со значительными расходами воды.

Как правило, все восстанавливаемые и вновь сооружаемые малые ГЭС будут работать параллельно с действующей энергосистемой, что позволит значительно упростить схемные и конструктивные решения.

4.3. Ветроэнергетические ресурсы

Энергия ветра на земном шаре оценивается в 175–219 тыс. ТВт×ч в год. Это примерно в 2,7 раза больше суммарного расхода энергии на планете. Постоянные воздушные течения к экватору со стороны северного и южного полушарий образуют систему пассатов. Существуют периодические движения воздуха с моря на сушу и обратно в течение суток (бризы) и года (муссоны). Полезно может быть использовано лишь 5 % указанной величины энергии ветра. Используется же значительно меньше. Выявим причины этого и перспективы развития ветроэнергетики.

Наиболее эффективный способ использования энергии ветра — производство электроэнергии. В ВЭУ кинетическая энергия движения воздуха превращается в энергию вращения ротора генератора, который вырабатывает электроэнергию. Выходная мощность установки пропорциональна площади лопастей ветрового ротора и скорости ветра в кубе. Поэтому ВЭУ большой мощности оказываются крупногабаритными, ведь скорость ветра в среднем бывает небольшой. Для защиты от разрушения сильными случайными порыв-

вами ветра установки проектируются со значительным запасом прочности. Трудности в использовании ВЭУ связаны с непостоянством скорости ветра.

Приходится управлять частотой вращения ветроколеса и согласовывать ее с частотой вращения электрогенератора. Кроме того, в периоды безветрия электроэнергия не производится. Для исключения перерывов в электроснабжении ВЭУ должны иметь аккумуляторы энергии. Крупномасштабное применение ВЭУ в каком-то одном районе может создавать шум и электромагнитные помехи.

Научные разработки и исследования ориентированы на использование ВЭУ по двум направлениям: в региональных энергосистемах и для местного (автономного) энергоснабжения. Функционируют ВЭУ мощностью до 200 кВт, и созданы установки мощностью 3–4 МВт. Срок службы таких генераторов около 20 лет. Стоимость вырабатываемой ими электроэнергии будет меньше, чем ТЭС на жидком топливе. Устанавливаться такие ВЭУ могут на открытых равнинных местах. Ветроустановки мощностью от 10 до 100 кВт для автономного энергоснабжения жилых помещений, ферм и других потребителей могут применяться в странах с высоким жизненным уровнем.

Доля ветроэнергетики Великобритании и Германии оценена в 20 %. Наибольшая доля (до 30 %) в производстве электроэнергии получена в 1993 г. в Дании, где ветровые турбины рассеяны по всей стране. Строительство современных ВЭУ началось здесь в конце 70-х г. А в начале 80-х в штате Калифорния (США) наблюдался особенно интенсивный рост ВЭУ. Принятие здесь закона о налоговых льготах на инвестиции в ВИЭ в дополнение к федеральным налоговым льготам создало благоприятную обстановку. В результате Калифорния превратилась в мирового лидера по производству электроэнергии из ветра. США могут потерять это лидерство, так как в Европейском союзе постоянно растет доля ветроэнергетики в общем производстве энергии [1].

4.4. Использование солнечной энергии

Лучистая энергия Солнца, поступающая на Землю, — практически неисчерпаемый источник. Огромная энергия образуется на Солнце за счет синтеза легких элементов — водорода и гелия.

Радиационное излучение характеризуется также числом часов солнечного сияния, которое для Беларуси и средневропейской части России составляет от 1750 до 1850 ч в год в зависимости от региона. Такая же величина характерна, например, и для Швеции, где солнечная энергетика имеет достижения и поддерживается государством. Минимальное число дней без солнца приходится на декабрь. По данным многочисленных наблюдений, таких дней бывает один или два. Напротив, в июле наибольшее количество солнечных дней — 19–22.

Известно 2 направления использования солнечной энергии. Наиболее реальным, находящим относительно широкое распространение в таких странах, как Австралия, Израиль, США, Япония, является преобразование

солнечной энергии в тепловую и использование в нагревательных системах. Второе направление — системы непрямого и прямого преобразования в электрическую энергию.

Солнечные нагревательные системы могут выполнять ряд функций:

- подогрев воздуха, воды для отопления и горячего водоснабжения зданий;
- сушку пшеницы, риса, кофе, других сельскохозяйственных культур, лесоматериалов, также для предупреждения их поражения насекомыми и плесневыми грибами;
- поставку теплоты для работы абсорбционных холодильников;
- опреснение воды в солнечных дистилляторах;
- приготовление пищи;
- привод насосов.

В системах горячего водоснабжения и отопления используются плоские солнечные коллекторы.

Солнечный коллектор представляет собой теплообменный аппарат с каналами, через которые проходит теплоноситель. Часть солнечной радиации поглощается поверхностью теплообмена и передается теплоносителю.

Солнечное отопление делится на активное и пассивное. Активное солнечное отопление основано на применении инженерных систем, которые, как и системы горячего водоснабжения, включают контур циркуляции жидкого теплоносителя или воздуха. На практике жидкостные системы солнечного отопления встречаются чаще, однако они требуют наличия отопительных приборов и дополнительных мер для защиты от замерзания и коррозии.

Пассивные системы солнечного отопления используют ориентированные в южном направлении остекленные элементы строительных конструкций больших площадей для накопления и переноса теплоты потребителю. В течение отопительного сезона трехслойные окна могут обеспечить такие же тепловые поступления, как и тепловые потери. Другой подход включает строительство зданий с теплоаккумулирующей стеной, расположенной за остеклением. Большая тепловая инерционность строительных стеновых материалов позволяет использовать накопленную теплоту в пасмурные дни и ночное время. Стены также могут являться пассивными солнечными коллекторами, если они будут включать конвективные каналы.

Получение электроэнергии. В основе фотоэлектрического способа прямого преобразования солнечного излучения в электроэнергию лежит явление фотоэффекта. Базовыми элементами данной технологии являются устройства, называемые соответственно фотоэлементами или солнечными элементами. Некоторые из фотоэлементов представляют собой кремниевые полупроводниковые фотодиоды, где происходит разделение положительных и отрицательных носителей заряда при поглощении электромагнитного излучения.

При плотности потока солнечного излучения около 1 кВт/м^2 создается разность потенциалов $0,5 \text{ В}$ и плотность тока около 200 А/м^2 . При таких параметрах современные преобразователи с КПД порядка $15\text{--}20 \%$ позво-

ляют получить напряжение 120 В с 1 м². В настоящее время стоимость электроэнергии, получаемой с помощью фотоэлектрических установок, превышает стоимость энергии, получаемой на традиционных энергоустановках. Однако она постепенно снижается.

Перспективными могут быть следующие фотоэлектрические установки:

- солнечные батареи с пиковой мощностью 3 кВт, сооружаемые на крышах зданий для энергоснабжения автономных объектов;
- установки мощностью 100–500 кВт, устанавливаемые на открытых пространствах;
- комбинированные установки мощностью 4–40 кВт с аккумулятором, работающие параллельно с дизельным или газовым генератором.

Практические области применения фотоэлектрического преобразования солнечной энергии сегодня:

- уличное освещение, зарядные устройства, потребительские товары (фотоаппараты, калькуляторы, часы и т. д.);
- электромобили;
- автономные потребители (0,01–10 кВт): насосы, ирригация, холодильники, вентиляторы, аэрация водоемов, мобильные сельскохозяйственные установки, энергообеспечение домов, системы телекоммуникации и сигнализации;
- так называемые солнечные дома, имеющие солнечные модули (1–20 кВт) на крышах, объединенные с энергосистемой;
- центральные солнечные станции (50–5000 кВт), снабжающие энергией поселки и небольшие города.

Что касается крупных электростанций, то предложено 2 варианта реализации принципа фотоэлектрического преобразования. Первый заключается в создании солнечных станций на искусственных спутниках Земли, оборудованных солнечными панелями из фотоэлементов площадью от 20 до 100 км² в зависимости от мощности станции.

Вырабатываемая на спутниках электроэнергия будет преобразовываться в электромагнитные волны в микроволновом диапазоне частот, направляться на Землю, где приниматься приемной антенной. Второй вариант предполагает монтаж сборных панелей солнечных фотоэлектрических элементов в малонаселенных и малоиспользуемых пустынных районах Земли. Для реализации этих проектов предстоит провести большой объем научных исследований и решить серьезные научно-технические проблемы.

Интересны примеры использования солнечной энергии в разных странах.

В условиях Великобритании жители сельской местности покрывают потребность в тепловой энергии на 40–50 % за счет использования энергии Солнца. В Германии (под Дюссельдорфом) проводились испытания солнечной водонагревательной установки площадью коллекторов 65 м². Эксплуатация установки показала, что средняя экономия тепла, расходуемого на обогрев, составила 60 %, а в летний период — 80–90 %. Для условий

Германии семья из 4 человек может обеспечить себя теплом при наличии энергетической крыши площадью 6–9 м².

Современные солнечные коллекторы могут обеспечить нужды сельского хозяйства в теплой воде в летний период на 90 %, в переходный период — на 55–65 %, в зимний — на 30 %.

В Австрии установлено, что для обеспечения 80 % теплой водой в жилых сельских домах на 1 человека требуется установка солнечных коллекторов с поверхностью 2–3 м² и емкостью бака для воды 100–150 л. Установка площадью 25 м² с емкостью для нагретой воды на 1000–1500 л обеспечивает теплой водой 12 человек или небольшой сельский двор.

Для территории Беларуси свойственны относительно малая интенсивность солнечной радиации и существенное изменение ее в течение суток и года. В этой связи необходимо отчуждение значительных участков земли для сбора солнечного излучения, весьма большие материальные и трудовые затраты. По оценкам, для обеспечения потребностей Беларуси в электроэнергии при современном техническом уровне требуемая площадь фотоэлектрического преобразования составляет 200–600 км², т.е. 0,1–0,3 % площади республики. Появились предложения об использовании территории Чернобыльской зоны для строительства площадок солнечных и ветровых электростанций. Для нашей республики реально использование солнечной энергии для сушки кормов, семян, фруктов, овощей, подъема и подогрева воды на технологические и бытовые нужды. В результате возможная экономия ТЭР оценивается всего в 5 тыс. т.у.т./год. В республике начат выпуск гелиоводонагревателей и уже накоплен некоторый опыт их эксплуатации [1].

4.5. Геотермальные ресурсы

В ядре Земли максимальная температура достигает 4000 °С. Земля непрерывно отдает теплоту, которая восполняется за счет распада радиоактивных элементов. Выход теплоты через твердые породы суши и океанского дна происходит за счет теплопроводности и реже — с потоками расплавленной магмы при извержении вулканов, с потоками воды горячих ключей и гейзеров.

Термальные воды широко применяются для отопления и горячего водоснабжения в ряде стран: Исландии, Австралии, Новой Зеландии, Италии. Столица Исландии Рейкьявик почти полностью обогревается теплотой подземных вод.

В Новой Зеландии, Италии, США работают геотермальные электростанции (ГеоТЭС). Теплота из недр Земли на этих станциях поступает с паром, извлекаемым через пробуренные скважины или естественные трещины и расщелины. Со временем давление и температура в скважине падают, поверхность вокруг нее на площади в 6 км² оседает, производительность убывает. Чтобы предотвратить этот процесс, под землю под высоким давлением должна закачиваться вода, что связано с риском возникновения землетрясений.

Температурные условия недр территории Беларуси изучены недостаточно. По предварительным данным, наиболее благоприятные условия для

образования термальных вод имеются в Припятской впадине. Температура воды на устье скважин составляет 35–50 °С. Относительно низкая температура вод, большая глубина залегания (2000–3000 м), их высокая минерализация (330–450 г/дм³), низкий дебит скважин (100–150 м³/сут) не позволяют в настоящее время рассматривать термальные воды в качестве заслуживающего внимания источника энергии [1].

5. УЧЕТ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ

5.1. Учет электрической энергии, системы учета

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

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

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

- механический (индукционный);
- электронный счетчики [2].

5.2. Учет тепловой энергии и типы приборов учета

Учет тепловой энергии в Беларуси осуществляется согласно правил учета тепловой энергии и теплоносителя, принятых Советом Министров. *Системы теплоснабжения* подразделяются на: 1) *закрытую водяную* систему теплоснабжения; 2) *открытую водяную* систему теплоснабжения. *Закрытая* водяная система теплоснабжения является системой теплоснабжения, в которой вода, циркулирующая в тепловой сети, из сети не отбирается. *Открытой* водяной системой теплоснабжения считается водяная система теплоснабжения, в которой вода частично или полностью отбирается из системы потребителями теплоты.

Энергия может поставляться потребителю по независимой и зависимой схемам. Независимая схема подключения системы теплоснабжения — это

схема присоединения системы теплоснабжения к тепловой сети, при которой теплоноситель, поступающий из тепловой сети, проходит через теплообменник, установленный на тепловом пункте потребителя, где нагревает вторичный теплоноситель, используемый в дальнейшем в системе теплоснабжения. Зависимая схема подключения системы теплоснабжения — это схема присоединения системы теплоснабжения к тепловой сети, при которой теплоноситель (вода) из тепловой сети поступает непосредственно в систему теплоснабжения.

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

- осуществления взаимных финансовых расчетов между 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. Теплофизические измерения предназначены для измерения и регистрации переданной источником или полученной потребителем тепловой энергии, количества теплоносителя и других параметров теплоносителя в открытых и закрытых водяных системах теплоснабжения при учетно-расчетных операциях.

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

Приборы учета могут объединяться в *узел учета* — комплект приборов и устройств, обеспечивающий учет тепловой энергии, массы (или объема) теплоносителя, а также контроль и регистрацию его параметров. Схема теплоузла показана на рисунке 7. Допуск в эксплуатацию узла учета осуществляется после проведения процедуры, определяющей готовность узла учета тепловой энергии к эксплуатации, и завершением подписанием акта установленного образца [2].

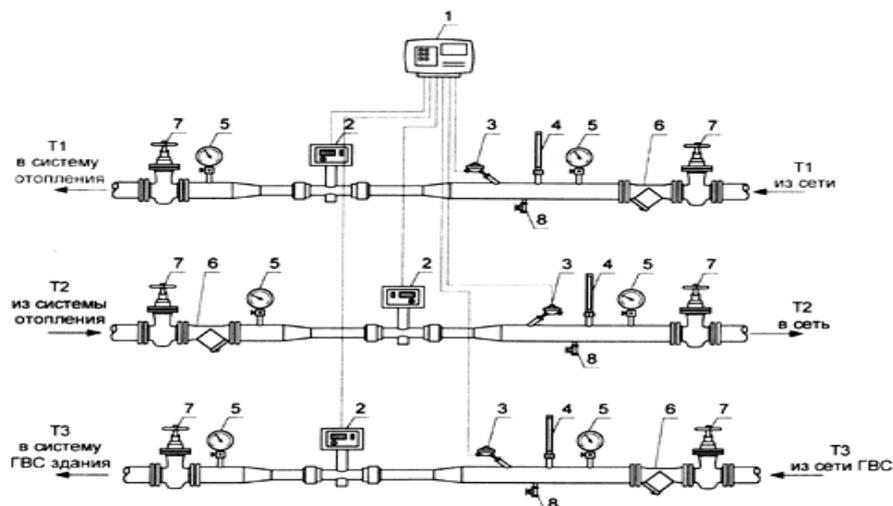


Рисунок 7 — Стандартная схема узла учета тепла:

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

5.3. Учет расхода холодной и горячей воды, учет расхода газа

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

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

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

Если условия эксплуатации расходомера отличаются от условий, при которых производилась его градуировка, то ошибка в показаниях прибора может значительно превысить допустимое значение. Поэтому для серийно выпускаемых приборов установлены ограничения области их применения: по свойствам измеряемого потока, максимальной температуре и давлению, содержанию твердых частиц или газов в жидкости и т. п. [2].

5.4. Понятие об энергетическом тарифе

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

Виды тарифов:

- одноставочный тариф;
- тарифы, дифференцированные по зонам суток, модификации — двухзонную, трехзонную и больше.

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

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

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

Стимулирование рационального использования топливно-энергетических ресурсов осуществляется установлением сезонных цен на природный газ и сезонных тарифов на электрическую и тепловую энергию. Тарифы дифференцируются в зависимости от времени суток и дней недели. Например, с целью снижения пиковых нагрузок в дневное время устанавливаются более низкие ночные тарифы на электроэнергию [2].

6. СПОСОБЫ ЭКОНОМИИ ЭНЕРГИИ В БЫТУ

С каждым годом на бытовые нужды расходуется все большая доля электроэнергии, газа, тепла, воды; в огромных масштабах растет применение бытовой электрифицированной техники. Экономия становится важнейшим источником роста производства. Расчеты показали, а практика подтвердила, что каждая единица денежных средств, истраченных на мероприятия, связанные с экономией электроэнергии, дает такой же эффект, как в два раза большая сумма, израсходованная на увеличение ее производства. На фоне экономического кризиса в нашей стране этот факт стоит принять во внимание.

Коммунально-бытовое хозяйство является на сегодня крупным потребителем топлива и энергии: на его долю приходится около 20 % ТЭР. Из них около 40 % расхода электроэнергии приходится на электробытовые приборы, 30 % расходуется на освещение и более 12 % — на приготовление пищи.

Самыми крупными потребителями электроэнергии в коммунально-бытовом хозяйстве являются жилые дома. В них ежегодно расходуется в среднем 400 кВт×ч на человека, из которых примерно 280 кВт×ч потребляется внутри квартиры на освещение и бытовые приборы различного назначения и 120 кВт×ч — в установках инженерного оборудования и освещения общедомовых помещений. Внутриквартирное потребление электроэнергии составляет примерно 900 кВт×ч в год в расчете на «усредненную» городскую квартиру с газовой плитой и 2000 кВт×ч — с электрической плитой.

Итак, потребность в энергии постоянно увеличивается. Электростанции работают с полной нагрузкой, особенно напряженно — в осенне-зимний период года в часы наибольшего потребления электроэнергии: с 8.00 до 10.00 и с 17.00 до 21.00. И в это напряженное время где-то столь необходимые для производства киловатт-часы тратятся напрасно. В пустующих помещениях горят электрические лампы, бесцельно работают конфорки электроплит, светятся экраны телевизоров. Установлено, что 15–20 % потребляемой в быту электроэнергии пропадает из-за небрежности потребителей.

6.1. Рациональное освещение квартиры

Освещение квартиры складывается из естественного и искусственного. Любое из них должно обеспечивать достаточную освещенность помещения, а также должно быть равномерным, без резких и неприятных теней.

В помещения, окна которых выходят на север и частично на запад и восток, попадает лишь рассеянный свет. Для улучшения естественного освещения комнат отделку стен и потолка рекомендуется делать светлой. Естественная освещенность зависит также от потерь света при попадании через оконные стекла. Запыленные стекла могут поглощать до 30 % света. Наличие в настоящее время различных химических препаратов для чистки стекол позволяет без особых физических усилий содержать их в надлежащей чистоте.

Значительное количество электроэнергии напрасно расходуется днем в квартирах первых, а в некоторых домах — вторых и третьих этажей. Причина этому — беспорядочные посадки зелени перед окнами, затрудняющие проникновение в квартиры естественного дневного света. Согласно существующим нормам деревья высаживаются на расстоянии не ближе 5 м от стен жилого дома, кустарник — 1,5 м.

Искусственное освещение создается электрическими светильниками. В современных квартирах широко распространены 3 системы освещения: общее, местное и комбинированное.

При общем освещении можно заниматься работой, не требующей сильного напряжения зрения. Светильники общего освещения обычно являются самыми мощными светильниками в помещении, их основная задача — осветить все как можно более равномерно. Для этого обычно используют потолочные или подвесные светильники, установленные в центре по-

толка. Общую освещенность можно считать достаточной, если на 1 м² площади приходится 15–25 Вт мощности ламп накаливания.

В одном или нескольких местах помещения следует обеспечить местное освещение с учетом конкретных условий. Такое освещение требует специальных светильников, устанавливаемых в непосредственной близости к письменному столу, креслу, туалетному столику и т. п. Так, например, достаточное освещение листа ватмана при черчении обеспечит светильник с лампой накаливания мощностью 150 Вт на расстоянии 0,8–1 м. Штопку черными нитками (что требует очень высокой освещенности) можно выполнять при лампе мощностью 100 Вт на расстоянии 20–30 см. Для продолжительного чтения рекомендуется светильник с лампой накаливания в 60 Вт.

Комбинированное освещение достигается одновременным использованием светильников общего и местного назначения, а также при помощи светильников комбинированного освещения. К ним относятся многоламповые светильники (например, люстры), имеющие 2 группы ламп, одна из которых обеспечивает местное, а другая — общее освещение. Местное создается световым потоком, направленным вниз (одна лампа накаливания в 100, 150, 200 Вт), а общее — световым потоком, рассеянным во всех направлениях (несколько ламп в 15–40 Вт).

Наиболее рациональным является принцип зонального освещения, основанный на использовании общего, комбинированного или местного освещения отдельных функциональных зон. Если при освещении этих зон использовать лампы направленного света, настольные лампы, торшеры, бра, то в квартире станет уютнее, а следовательно, и комфортнее. Для такого зонального освещения подходят лампы в 1,5–2 раза менее мощные, чем в подвесных светильниках. В результате на комнату 18–20 м² экономится до 200 кВт×ч в год.

Между отдельными источниками света существует большая разница в световой отдаче, лк/Вт (люкс (лк) — единица световой освещенности):

- лампа накаливания — 12;
- галогенная лампа — 22;
- люминесцентная лампа — 55;
- ртутная лампа высокого давления — 55;
- галогенная лампа высокого давления — 80;
- натриевая лампа высокого давления — 95;

Лампы накаливания являются традиционными и широко применяемыми источниками света. Весьма ощутимую экономию электроэнергии при использовании ламп накаливания могут дать следующие мероприятия:

- применение криптоновых ламп накаливания, имеющих световую отдачу на 10 % выше, чем у ламп накаливания с аргоновым наполнением;
- замена двух ламп меньшей мощности на одну несколько большей мощности. Например, использование 1 лампы мощностью 100 Вт вместо 2 ламп по 60 Вт каждая экономит при той же освещенности потребление энергии на 12 %;

- поддержание допустимого напряжения. Для нормальной работы электрических ламп необходимо, чтобы отклонение напряжения не выходило за пределы $-2,5\%$ и $+5\%$ от номинального. Световой поток ламп зависит от уровня напряжения. Так, при снижении напряжения на 1% у ламп накаливания световой поток уменьшается на $3-4\%$;

- периодическая замена ламп к концу срока службы (около 1000 ч). Световой поток ламп накаливания к концу срока службы снижается на 15% ;

- периодическая чистка от пыли и грязи ламп, плафонов и осветительной арматуры. Не чистившиеся в течение года лампы и люстры пропускают на 30% света меньше, даже в сравнительно чистой среде. На кухне с газовой плитой лампочки грязнятся намного быстрее;

- снижение уровня освещенности в подсобных помещениях, коридорах, туалетах и т. п.;

- широкое применение светорегуляторов, позволяющих в широких пределах изменять уровень освещенности;

- применение реле времени для отключения светильника через определенное время;

- периодически проверять: не горят ли лишние лампы, не включены ли ненужные на данный момент электроприборы; уходя из дома, выключать все электроприборы и осветительные установки, за исключением холодильника.

Более совершенными источниками света являются люминесцентные лампы. Это разновидность газоразрядного источника света, в котором используется способность некоторых веществ (люминофоров) светиться под действием ультрафиолетового излучения электрического разряда. Люминесцентные лампы изготавливаются в виде стеклянных трубок с двумя металлическими цоколями, наполненными парами ртути под низким давлением. Такая лампа имеет по сравнению с лампой накаливания в $4-5$ раз более высокую световую отдачу и в $5-8$ раз больший срок службы. Например, светоотдача люминесцентной лампы 20 Вт равна светоотдаче лампы накаливания 150 Вт.

Бытует мнение о вредности люминесцентного освещения. Оно безосновательно. Наоборот, это освещение позволяет получить мягкий рассеянный свет, меньше слепящий глаза и вызывающий меньшее их утомление.

Как показывают исследования, средняя освещенность наших квартир еще недостаточна. Это отражается на зрении, повышает утомляемость, снижает работоспособность, ухудшает настроение человека. Реальный путь к созданию необходимого уровня освещенности при значительной экономии электроэнергии — использование люминесцентного освещения [12].

6.2. Экономия электроэнергии при приготовлении пищи

Правильная эксплуатация бытовых электроприборов включает в себе большие резервы экономии электроэнергии.

Самыми энергоемкими потребителями являются электроплиты. Годовое потребление электроэнергии ими составляет $1200-1400$ кВт.

Технология приготовления пищи требует включения конфорки на полную мощность только на время, необходимое для закипания. Варка пищи может происходить при меньших мощностях. Суп совершенно не обязательно должен кипеть ключом: он от этого быстрее не сварится, потому что выше 100 °С вода все равно не нагреется. Зато при интенсивном кипении она будет очень активно испаряться, унося около 0,6 кВт×ч на каждый литр выкипевшей воды. То, что должно вариться долго, следует варить на маленькой конфорке, нагретой до минимума, и обязательно при закрытой крышке. Варка пищи на малых мощностях значительно сокращает расход электроэнергии, поэтому конфорки электроплит снабжают переключателями мощности. Большинство электроплит оснащены сейчас 4-ступенчатыми регуляторами мощности; в результате при приготовлении пищи электроэнергия расходуется нерационально. Применение 7-ступенчатых переключателей снизит затраты энергии на 5–12 %, а бесступенчатых — еще на 5–10 %.

Принцип бесступенчатого регулирования мощности состоит в изменении относительной продолжительности цикла «включено на полную мощность — отключено».

Основным элементом регулятора является биметаллическая пластина, связанная с механическим прерывателем. Пластина нагревается теплом, выделяемым нагревательным резистором мощностью 2–6 Вт, включенным параллельно нагревательному элементу конфорки или встроенному непосредственно в ее корпус. Изменяя положение ручки переключателя, можно регулировать относительную продолжительность периодов «включено — отключено», а следовательно, и среднюю мощность конфорки. Бесступенчатые регуляторы мощности позволяют плавно регулировать мощность в пределах от 4 до 100 %.

Более совершенным методом регулирования мощности является автоматическое управление конфорками в зависимости от температуры дна налитого сосуда. Среди известных конструкций таких регуляторов наиболее распространены два: с манометрическим датчиком температуры и с измерительным резистором. Регуляторы первого типа применяют для чугунных конфорок, второго типа — для трубчатых. Качество работы датчика температуры зависит от плотности контакта его с дном сосуда. С этой целью он устанавливается немного выше плоскости рабочей поверхности конфорки, в ее центре, и удерживается в этом положении пружиной. При установке на конфорку кастрюли пружина плотно прижимает датчик к ее дну.

Несвоевременная смена неисправных конфорок приводит к перерасходу электроэнергии на 3–5 %. Перегорание в конфорке одной или двух спиралей нарушает режим регулирования — минимальная степень мощности увеличивается в 2–3 раза. При расслоении, растрескивании или вспучивании чугуна нарушается плотный контакт поверхности конфорки с дном налитого сосуда.

Для снижения расхода электроэнергии на приготовление пищи на электроплитах надо применять специальную посуду с утолщенным обточенным дном диаметром, равным или несколько большим диаметра конфорки.

Для сплошных чугунных конфорок наилучшая теплопередача достигается при тесном контакте между поверхностью конфорки и дном посуды. Из-за деформации дна, наличия на нем технологических выштамповок контакт конфорки с посудой осуществляется только на части поверхности. Это удлиняет время нагрева пищи, увеличивает потребление электроэнергии и вызывает вследствие неравномерного теплосъема внутренние напряжения, в результате которых могут образоваться трещины и искривления в чугуне конфорки. Пользование посудой с искривленным дном может привести к перерасходу электроэнергии до 40–60 %. Для того чтобы посуда плотно прилегала к конфорке, предпочтительнее тяжелые кастрюли с утолщенным дном и увесистыми крышками.

Исследования показали, что наиболее часто пользуются конфорками мощностью 1500 Вт. Это вызывает перерасход электроэнергии, да и срок службы этих теплонапряженных конфорок меньше, чем у конфорок мощностью 1000 Вт. Учитывая это обстоятельство, следует подумать о том, какую включать конфорку. Если, например, готовится небольшое количество пищи, лучше поставить кастрюлю на малую конфорку. При этом потеряется лишь несколько минут, так как максимальная мощность нужна только при закипании.

Особо следует остановиться на кипячении воды на электрической плите. Для рационального использования энергии необходимо налить воды ровно столько, сколько потребуется для данного случая. Совершенно неразумно наливать полный чайник, а впоследствии его подогревать.

Одним из условий улучшения работы электрочайника и посуды является своевременное удаление накипи. Накипь — это твердый осадок на внутренних стенках посуды, который образуется в результате многократного нагревания и кипячения воды. Накипь обладает малой теплопроводностью, поэтому вода в посуде с накипью нагревается медленно. Кроме того, изолированные от воды слоем накипи стенки посуды нагреваются до высоких температур, при этом железо постепенно окисляется, что приводит к быстрому прогоранию посуды. Накипь можно удалять используя уксусную эссенцию (1 часть эссенции на 5–6 частей воды).

Еще один весомый резерв экономии электроэнергии — использование специализированных приборов для приготовления пищи. Эти приборы предназначены для приготовления отдельных видов блюд. Блюда получаются лучшего качества, чем приготовленные на плите, а энергии затрачивается меньше. Имея набор таких приборов, можно свести пользование электроплитой к минимуму. В набор могут входить пароварка, мультиварка, микроволновая печь, кофеварка, электрогриль, тостер, электрошашлычница, электрочайник.

Значительные удобства, экономию времени и энергии дает применение скороварок. Их использование примерно примерно в 3 раза сокращает время приготовления блюд и упрощает технологию. Расход электроэнергии при этом сокращается в два раза. Эти преимущества скороварок обеспечиваются ее герметичностью и особым тепловым режимом — температура 120 °С при избыточном давлении пара.

Неоспоримые преимущества имеют и микроволновые печи. В них разогрев и приготовление продуктов происходят за счет поглощения ими энергии электромагнитных волн. Причем продукт подогревается не с поверхности, а сразу по всей его толщине. В этом заключается эффективность этих печей. При эксплуатации микроволновой печи необходимо помнить, что она боится недогрузки, когда излученная электромагнитная энергия ничем не поглощается, микроволновая печь может выйти из строя [11, 13].

6.3. Экономия электроэнергии при пользовании электронной аппаратурой

Радиотелевизионная аппаратура — значительный потребитель электроэнергии. Если считать, что в среднем телевизоры в наших домах бывают включены 2–4 часа в сутки, то ежегодно расходуется до 30 млрд кВт×ч электроэнергии. Для рациональной работы телевизоров надо создать условия для их лучшего охлаждения, а именно: не ставить вблизи электроотопительных приборов, не накрывать различного рода салфетками, производить систематическую очистку от пыли, не устанавливать в ниши мебельных стенок. Для улучшения качества изображения часто используют стабилизаторы напряжения.

Стабилизатор напряжения предназначен для подключения телевизионных приемников и другой радиоаппаратуры к электрической сети, напряжение которой заметным образом меняется в течение дня. Стабилизатор автоматически поддерживает нужное напряжение питания. Работает он от сети переменного тока, напряжением 127 или 220 В, давая номинальное выходное напряжение 220 В. При выборе стабилизатора необходимо иметь в виду, что суммарная мощность потребителей энергии, подключенных к стабилизатору, не должна превышать мощности (значение ее приводится в названии модели), на которую стабилизатор рассчитан. Наибольшее распространение получили феррорезонансные стабилизаторы напряжения. Они поддерживают выходное напряжение с точностью $\pm 1\%$. К их недостаткам относится низкий коэффициент мощности, что ведет к значительным потерям электроэнергии в стабилизаторе.

Конструкция ряда последних моделей телевизоров предполагает их применение без стабилизаторов напряжения.

Большое количество электроэнергии тратится на длительную работу радиотелевизионной аппаратуры, работающей часто одновременно в нескольких комнатах квартиры. Расчеты показывают, что если бы удалось снизить осветительную нагрузку и время просмотра телепередач в каждой семье на 10 %, то в расчете на каждую квартиру потребление электроэнергии в быту могло бы уменьшиться на 50 кВт×ч, или на 4 % современного уровня. Для прослушивания передач информационного характера целесообразно использование радиотрансляционной сети.

Многие электронные приборы — ЖК и плазменные телевизоры, медиаплееры, DVD, музыкальные центры, мониторы компьютеров — после выключения продолжают работать в дежурном режиме. Мощность «дежурного» уст-

ройства невелика — 10–15 Вт. Но за месяц непрерывной работы оно потребляет уже довольно ощутимое количество электроэнергии — около 10 кВт×ч [11, 13].

При завершении работы на компьютере для экономии энергии следует отключать модем или Wi-Fi роутер, выключать монитор, не оставляя его в режиме ожидания. Уходя от компьютера на несколько часов можно экономить электроэнергию выключая его, а не оставляя в спящем режиме. На ночь также можно отключать сетевой фильтр. Используя компьютер в качестве музыкального проигрывателя целесообразно отключать монитор на время пока вы им не пользуетесь.

Пользуясь зарядкой мобильных телефонов не следует оставлять зарядное устройство в сети после завершения зарядки.

6.4. Экономия электроэнергии при пользовании электробытовыми приборами

Холодильник — энергоемкий прибор. Поскольку холодильники постоянно включены в сеть, они потребляют столько же, а то и больше энергии, сколько электроплиты: компрессорный холодильник — 250–450 кВт×ч, абсорбционный — 500–1400 кВт×ч в год.

Холодильник следует ставить в самое прохладное место кухни (ни в коем случае не к батарее, плите), желателен возле наружной стены, но ни вплотную к ней. Чем ниже температура теплообменника, тем эффективнее он работает и реже включается. При снижении температуры теплообменника с 21 до 20 градусов, холодильник начинает расходовать электроэнергию на 6 % меньше. Ледяная «шуба», нарастая на испарителе, изолирует его от внутреннего объема холодильника, заставляя включаться чаще и работать каждый раз больше. Чтобы влага из продуктов не намерзала на испарителе, следует хранить их в коробках, банках и кастрюлях, плотно закрытых крышками, или завернутыми в фольгу. А регулярно оттаивая и просушивая холодильник можно сделать его гораздо экономичнее.

Стиральные машины — наиболее экономичные с точки зрения потребления электроэнергии автоматические машины, включение и выключение которых производится строго по программе. Они рассчитаны на одновременную загрузку определенной массы сухого белья. Перегружать машину не следует: ее мотору будет тяжело работать, а белье плохо отстирается. Не следует думать, что загрузив бак машины лишь наполовину, можно добиться экономии энергии и повысить качество стирки. Половина мощности машины уйдет на то, чтобы вхолостую гонять воду в баке, а белье чище все равно не станет.

Мощность утюга довольно велика — около киловатта. Чтобы добиться некоторой экономии, белье должно быть слегка влажным: пересушенное или слишком мокрое приходится гладить дольше, тратя лишнюю энергию. Массивный утюг можно выключить незадолго до конца работы: накопленного им тепла хватит еще на несколько минут.

Для эффективной работы пылесоса большое значение имеет хорошая очистка пылесборника. Забитые пылью фильтры затрудняют работу пылесоса, уменьшают тягу воздуха. Для их очистки надо обзавестись щетками 2 типов: плоской широкой и узкой длинной. Такими щетками легко удалять пыль как с пылесборника, так и с матерчатых фильтров.

Если рассмотреть тепловой баланс жилища, станет ясно, что большая часть тепловой энергии отопительной системы идет на то, чтобы перекрыть потери тепла. Они в жилище с центральным отоплением и водоснабжением выглядят так:

- потери из-за не утепленных окон и дверей — 40 %;
- потери через оконные стекла — 15 %;
- потери через стены — 15 %;
- потери через потолки и полы — 7 %;
- потери при пользовании горячей водой — 23 %;

Повышенный расход электроэнергии вызывает применение электроотопительных приборов (каминов, радиаторов, конвекторов и др.) дополнительно к системе центрального отопления, в котором часто нет необходимости, если выполнить простейшие мероприятия, а именно своевременно подготовить окна к зиме; привести в порядок до наступления холодов оконные задвижки; покрыть полы толстыми коврами или половиками; расставить мебель так, чтобы не препятствовать циркуляции теплого воздуха от батареи; гардины должны быть не очень длинными, чтобы не закрывать батареи центрального отопления; убрать лишнюю краску с батарей.

Многие считают, что экономия воды это другая проблема, не относящаяся к электроэнергии. На самом же деле, экономя воду, мы экономим электроэнергию. Вода не сама приходит в наши многоэтажные дома. Мощные насосы, приводимые в движение электрическими моторами, поднимают воду на нужную высоту. Этот расход энергии не отражается на наших электросчетчиках, но величина его весьма ощутима.

Во многих странах Европы водомерные счетчики уже стали привычной деталью квартир.

Советы по экономии воды очень просты. Это исправное состояние кранов в ваннах, умывальниках и мойках; исправность унитазов; уменьшение пользования ванной за счет использования душа.

Подводя итоги, хотелось бы обратить внимание на следующее. Экономия электроэнергии необходима в любое время года, месяца и дня. Но особенно она значима в часы наиболее напряженного режима работы наших электростанций, так называемых утренних и вечерних часов, максимума нагрузки энергосистем. В ряде стран (например, в Англии) ни одна рачительная хозяйка не включит стиральную машину в энергетические часы пик. Ее останавливает цена, которая резко увеличивается во время повышенной нагрузки в энергосети [11, 13].

7. СПОСОБЫ ЭКОНОМИИ ЭНЕРГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ОФИСНЫХ ЗДАНИЯХ

Способов энергосбережения в промышленности очень много. У энергосбережения есть две главные мотивации: энергия и деньги. Если доступ к энергии лимитирован, то это дополнительный мотив к экономии (например, лимиты на использование газа). Но главный стимул — это все-таки деньги. Поэтому рассматривать проблематику энергосбережения лучше комплексно: энергосбережение — как одно из направлений сокращения издержек.

При такой схеме процессы, связанные с энергосбережением и сокращением издержек на приобретение и использование энергии и энергоресурсов можно условно разделить следующим образом:

Организационные мероприятия:

- внутренний финансовый аудит и определение доли энергозатрат в структуре себестоимости;
- энергетическое обследование предприятия;
- составление энергетического паспорта предприятия и его отдельных объектов;
- разработка мероприятий энергосбережения и повышения энергоэффективности применительно к технологическим условиям деятельности предприятия;
- разработка положения о материальном стимулировании получения эффекта от проведения мероприятий повышения энергоэффективности и снижения издержек на приобретение энергоресурсов;
- аудит договоров энергоснабжения предприятия и их оптимизация;
- планирование и организация коммерческого учета потребления энергии и энергоресурсов;
- планирование и организация технологического учета потребления энергии и энергоресурсов;
- реализация незатратных организационных мероприятий по энергосбережению;
- обучение персонала правилам энергосбережения и рационального использования энергоресурсов;
- информационное обеспечение энергосбережения (регламент совещаний, распространения организационной и технической информации)
- реализация малозатратной части мероприятий энергосбережения;
- бизнеспланирование мероприятий повышения энергоэффективности и технического перевооружения со сроками окупаемости свыше 1 года;
- реализация мероприятий повышения энергоэффективности и технического перевооружения со сроками окупаемости свыше одного года;
- мониторинг исполнения внутренних регламентов энергопользования;
- мониторинг исполнения договоров на поставку энергетических ресурсов;
- мониторинг технического состояния приборов учета потребления энергии и энергоресурсов и системы коммерческих расчетов;
- мониторинг исполнения мероприятий энергосбережения и повышения энергоэффективности;

- организация финансового и бухгалтерского учета при реализации мероприятий энергосбережения и повышения энергоэффективности;
- материальное и моральное стимулирование участников энергосберегающих мероприятий.

Технические мероприятия по повышению энергоэффективности в промышленности:

- установка узлов учета тепла на предприятии и его объектах (резко снижает затраты на тепло, окупаемость затрат на установку узла учета 2–6 мес., установка узлов регулирования подачи теплоносителя в теплопунктах снижает расход тепла на 20–30 %);
- технологически оправданная замена систем объемного нагрева на локальные ИК-системы обогрева (снижает затраты на обогрев помещений в 2–5 раз. Окупаемость 9–18 мес.);
- замена традиционных схем обогрева на подогрев полов прокладкой пластиковых труб (снижает издержки на отопление в 1,7 раза. Окупаемость 1–2 года);
- установка блочных миникотельных на удаленных объектах (снижает издержки от 2 до 6 раз, окупаемость 1–1,5 года);
- установка электротеплогенераторов на базе ПГУ, ГПС, ГТУ (снижает издержки предприятия на приобретение электроэнергии, теплоснабжение в 2–4 раза. Окупаемость при оптимальной нагрузке 2–3 года);
- теплоизоляция наружных теплотрасс (срок окупаемости — 1 отопительный сезон);
- снижение температуры обратной сетевой воды (подогрев полов помещений, воздуха, поступающего в помещения);
- отбор тепла из промышленных стоков, технологических сред (установка тепловых насосов, окупаемость 6–12 мес.);
- замена градирен на пароструйные инжекторы (использование тепла пара, жидкостей для отопления или иных производственных нужд окупаемость 6–12 мес.);
- внедрение систем частотного регулирования в приводах электродвигателей в системах вентиляции, на насосных станциях и других объектах с переменной нагрузкой (дает экономию электроэнергии 40–70 %, на насосных станциях дополнительно по теплу 20 %, по воде 15–20 %. Окупаемость 3–18 мес.);
- оптимизация нагрузки низковольтных трансформаторов (до 10 % снижения потерь);
- автоматизация управления вентиляционных систем (снижение потребления 10–15 % при окупаемости 5 мес.);
- установка счетчиков воды на производственных участках, корпусах (снижает расход воды в 2 и более раз. Окупаемость 2–3 мес.);
- внедрение систем оборотного водоснабжения (снижает расход воды до 95 %, окупаемость до 1 года);
- использование нажимных кранов, снижает расход воды в 4–6 раз;
- внедрение схем рекуперации и автоматизации процесса горения в нагревательных и кузнечных печах экономит 30–50 % газа;

- внедрение энергоэффективных светильников новых конструкций (Применение люминесцентных ламп снижает потребление в 5 раз, светодиодных светильников в 8 раз. Окупаемость 9–15 мес.)
- внедрение модернизированных пусковых реле (снижает потребление в 2,2 раза, увеличивает срок работы ламп в 2 раза);
- внедрение реле-регуляторов светильников снижает расход до 40 %. Окупаемость 2 мес.;
- очистка окон (позволяет снизить затраты на освещение на 30–40 %);
- покраска стен помещений светлой краской (позволяет снизить затраты на освещение на 10 %);
- применение световолоконной подсветки при освещении подвалов и глухих помещений (позволяет частично отказаться от применения электроосвещения и использовать централизованные светодиодные подсветки в темное время суток);
- внедрение графиков отопления, освещения снижает расход до 20 % в производственных помещениях, до 40 % в административных;
- использование ВЭР (например: опилки, щепы в газогенераторных установках, отходы производства в экологических утилизаторах, рекуператоры в системах вентиляции. В настоящее время используется не более 10–15 % ВЭР. Стоимость произведенной энергии от ВЭР в 3–4 раза ниже поставляемой. Окупаемость по мероприятиям до 2 лет);
- герметизация зданий (окон, дверей, швов, подвалов, выходов вентиляции, инженерных коммуникаций. Снижает потребление тепла на 10–15 %, окупаемость 2–4 мес.);
- устранение и термоизоляция мостиков холода в конструкциях здания (окупаемость 1–2 мес.);
- использование отработанного тепла холодильников и кондиционеров для подогрева воды;
- установка инфракрасного отражающего остекления (снижает лучистые потери через окна до 50 %, обеспечивает повышение комфортности как в зимний, так и в летний период);
- совместные мероприятия по теплоизоляции, герметизации, снижению лучистых потерь дают снижение теплопотребления в 2–3 раза. Окупаемость мероприятий 1,5–2,5 года;
- установка тепловых насосов в подвалах (обеспечивает дополнительное отопление зимой и снижение затрат на кондиционирование летом. Окупаемость до года);
- подогрев притока воздуха в помещение за счет его подогрева отводимыми газами;
- установка солнечных коллекторов для подогрева воды и отопления;
- применение фотопреобразователей и солнечных батарей для энергообеспечения;
- при использовании сотрудниками офисов электробытовых приборов применять правила экономии электроэнергии [14].

8. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ

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

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

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

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

Расходование энергии стало фактором, влияющим на экологию земли, что уже привело к состоявшимся экологическим катастрофам (опустынивание, эрозия почв, уничтожение видов растений и животных, «озоновые дыры», парниковый эффект, концентрация CO_2 в атмосфере, отравление рек, водных бассейнов), которые заметно ухудшили среду обитания человека, и в обозримом будущем это может привести к ее полной деградации. В XX в. человечество израсходовало больше ресурсов, чем за весь период своего существования.

Все виды ископаемого топлива выделяют используемое нами тепло и вредные продукты сгорания — газообразные (CO , CO_2 , окислы серы, азота и др.) и твердые (пылевидные и компактные). Процесс получения энергии из топлива негативно влияет на экологию атмосферы. Так, возрастание содержания CO_2 вызывает климатические изменения — парниковый эффект, а уменьшение содержания O_2 — одна из причин образования «озоновых дыр» — окон, через которые опасные для всего живого ультрафиолетовые излучения достигают земли.

Парниковый эффект повышает среднюю температуру планеты, смягчает различия между дневными и ночными температурами. В результате антропогенных воздействий содержание CO_2 (и других газов, поглощающих в инфракрасном диапазоне) в атмосфере Земли постепенно возрастает. Это неблагоприятно влияет на климат и вызывает глобальное потепле-

ние. Не исключено, что усиление парникового эффекта в результате этого процесса может привести к глобальным изменениям климата Земли.

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

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

Отрицательное влияние на природные условия оказывают золоотвалы — земля исключается из сельскохозяйственного оборота. Пыление золоотвалов приводит к гибели растений. Газопылевые выбросы ТЭС загрязняют атмосферу углекислотой, золой, оксидами азота, сернистой и серной кислотой, что вызывает коррозию сооружений и оборудования, уменьшает солнечное облучение территории [1, 2].

Негативное влияние атомной энергетики на окружающую среду в основном обеспечивается высокой токсичностью радиоактивных материалов, используемых для производства ядерного топлива.

Из всех существующих 92 химических элементов только один уран стал ключевым для функционирования ядерного топливного цикла. Это особенное использование урана связано с неустойчивой радиоактивной структурой атома. Проблемы безопасности, возникающие в результате использования урана в качестве источника ядерной энергии, связаны с высоко-радиоактивными свойствами урана и производимых от него отходов.

Добыча урана

В зависимости от уранового месторождения, руды добываются подземным или открытым способом, или пропусканием кислотного раствора через грунт для растворения металлического урана и выкачивания жидкости наверх (метод выщелачивания на месте). Содержание урана в руде составляет от 0,1 до 1 %, а иногда всего лишь 0,01 %. Только в нескольких местах в Канаде в урановой руде может быть найдена концентрация до 20 %. Та-

ким образом, для производства 1 т урана, как правило, должно быть разрыхлено, добыто и переработано от 100 до 10000 т руды.

Добыча урана является причиной уничтожения огромных территорий, обычно нетронутой природы на землях коренных народов. Большие запасы непригодной для эксплуатации урановой руды, огромные хвостохранилища с ядовитыми сточными водами и основная часть радиоактивности добытого урана остается в пострадавших районах. Страдает здоровье работников и населения, проживающего в регионе, также загрязняется окружающая среда.

Одним из самых вредных продуктов распада ^{238}U является газ радон-222. Он создается естественным путем распада ^{238}U и имеет период полураспада 3,823 дня. При добыче и переработке урановой руды он попадает в окружающую среду и наносит серьезный ущерб организму человека, когда при дыхании попадает внутрь.

В 2008 г. Канада, Казахстан и Австралия были крупнейшими производителями урана, после них — Россия, Намибия и Нигер. До закрытия в восточной Германии шахты «Висмут», она была третьим по величине производителем урана в мире. Как только поставки урановых запасов закончились (половина урана для производства топлива является производным от разоружения ядерного оружия), так с 2003 года началась новая гонка за добычей урана. Европа, особенно северные страны, как Швеция и Финляндия под угрозой этих событий.

Конверсия: желтый кек.

Добытая руда в карьерах или шахтах сначала дробится и выщелачивается на заводе. Завод, как правило, расположен вблизи шахты, чтобы сократить транспортировку. Потом уран извлекается из руды с помощью гидрометаллургического процесса. Конечный продукт этого процесса так называемый желтый кек, упаковывается в бочки и отправляется дальше.

Желтый кек — это порошок, состоящий из смеси различных соединений урана, названный в честь своего цвета. Две тонны добытой руды дает примерно 1 кг желтого кека. Остатки (хвосты) от этой добычи урана всегда радиоактивны и должны быть утилизированы. Их огромное количество и долгий радиоактивный полураспад остатков тория, радия и изотопов урана является долгосрочной экологической проблемой.

В Екатеринбурге (Россия) и Пьерлатт (Франция), а также в Ланкашире (Великобритания) существуют заводы для конверсии. Также они есть в некоторых других странах.

Обогащение

Концентрация делящегося изотопа ^{235}U в природных урановых рудах недостаточно высока для использования на атомных электростанциях. Как правило, доля ^{235}U составляет 0,7 %, а около 99 % руды состоит из неделящегося ^{238}U . Таким образом, концентрация ^{235}U должна быть увеличена, что позволит произойти цепной ядерной реакции, тогда уран будет обогащаться. Технически существуют различные методы обогащения урана. Один из наиболее распространенных методов — разделение изотопов урана мето-

дом газовых центрифуг. Например, заводы по обогащению урана расположены в Трикастине (Франция) и Алмело (Нидерланды).

Производство топливных стержней

Молотый урановый порошок прессуется в таблетки от 10 до 15 мг в высоту и от 8 до 15 мм в диаметре. Они спекаются при высокой температуре около 1700 градусов до образования керамического материала, они механически затачиваются и фасуются по стержням с оболочки из циркониевого сплава. Концы трубок запаиваются сверху. Большое количество отдельных стержней (до 250) соединяются вместе и формируют топливный элемент.

Атомная электростанция

Использование урана в качестве топлива для ядерного реактора является лишь одним из немногих этапов в цепи обращения с ураном. Ядерное деление в реакторе производит горячий пар, который используется для выработки электроэнергии в турбинах. В процессе эксплуатации АЭС радиоактивные частицы и излучение попадает в окружающую среду. Кроме того, при работе АЭС образуется большое количество радиоактивных отходов, которые должны быть отправлены на постоянное захоронение или идут на переработку. Аварии, такие как катастрофа на ЧАЭС и Фукусиме — это не приемлемый риск для человека и окружающей среды. В 2009 г. в мире эксплуатировалось 436 ядерных реакторов.

Независимо от вопроса, куда ядерные отходы будут отправлены (на захоронение или подвергнутся переработке) временное хранение отработанного топлива необходимо. По этой причине каждая АЭС имеет свои временные хранилища. Стержни отработанного топлива хранятся в бассейне для отработанного ядерного топлива. Многие ядерные реакторы имеют дополнительные сухие хранилища для топливных стержней после выгрузки из бассейна. Эта ситуация увеличивает риск, потому что, количество радиоактивного инвентаря возрастает и эффект от аварий или инцидентов может быть гораздо выше.

Утилизация отходов

На каждом этапе цепи обращения с ураном образуются ядерные отходы. Обычная АЭС мощностью около 1300 МВт нуждается в примерно 33 т урана в год. Для производства такого количества топлива должно быть добыто около 440 тыс. т урановой руды. 400 тыс. т из нее остается, как отвалы радиоактивные хвосты в районах шахты. Только 40 тыс. т перерабатывается на следующем шаге. На нем остается 39600 т материала в качестве радиоактивных и токсичных вод в хвостохранилищах урановых рудников. Остальные 400 т так называемого желтого кека конвертируются в газообразный гексафторид урана (UF₆) образуя еще 180 тонн ядерных отходов, которые будут временно храниться для последующего захоронения. 220 т отправляются на завод по обогащению урана и образуют 187 т обедненного урана, который либо утилизируют, либо используют в военных целях. В конечном итоге не более 33 т становится топливом для ядерного реактора. Во время работы завода по обогащению урана образуются высо-

коррадиоактивные отходы, которые могут быть переработаны или, чаще всего, будут подготовлены для захоронения.

В течение всех этих этапов цепи обращения с ураном количество ядерных отходов удваивается, поскольку большинство материалов, которые контактируют с радиоактивными веществами, также становятся радиоактивными и должны быть утилизированы как низко- или средне-активные радиоактивные отходы.

Нигде в мире нет безопасного хранилища для окончательного захоронения радиоактивных отходов. Очень вероятно, что безопасное решение никогда не будет найдено, так как невозможно сделать точный анализ для разработки места безопасного захоронения отходов в течение миллионов лет. Никто не может сделать подробные прогнозы геологических и социальных изменений в течение такого долгого времени.

Сегодня урановые отходы хранятся в огромных хвостохранилищах некоторые из них находятся в районе шахты и наиболее токсичны и радиоактивны, другие — во временных хранилищах близких к заводам по переработке, либо отправляются в другие районы мира (например, немецкий гексафторид урана долгое время отправлялся в Россию).

Обращение с отходами: переработка

Химическая процедура выделения плутония или расщепляющегося урана из отработанного ядерного топлива называется переработка. Около 10 % отработанного ядерного топлива, которое производится во всем мире было переработано.

Переработка была разработана несколько десятилетий назад, когда в атомной отрасли планировалось использование выделенного плутония в реакторах на быстрых нейтронах. Из-за проблем с экономикой, безопасностью и техническими вопросами в этом направлении не удалось добиться успеха. Несмотря на эту неудачу, переработка продолжается в Европе и Азии.

Климатический вопрос

Ядерная энергия не является углеродно-нейтральной. Добыча урановой руды, ее переработка, конверсия желтого кека в газообразный гексафторид урана, обогащение урана, конверсия гексафторида урана в оксид урана и производство топливных элементов съедают огромное количество горючих ископаемых. Чем хуже класс урановой руды, тем больше усилий необходимо для производства топлива. Уже сегодня, каждый киловатт-час электро-энергии связан с 32–65 г CO₂, выбрасываемого в атмосферу. Большинство возобновляемых источников энергии производят меньше CO₂ и других парниковых газов. Даже современные системы отопления блочных домов и генераторные установки влияют на климат меньше чем ядерная энергетика.

Кроме процесса по обработке урана для производства топливных элементов, большое количество энергии и ресурсов используется при строительстве АЭС и поставке объектов строительства. Так много ресурсов тратится, потому что эксплуатация АЭС связана с большими рисками. И эта энергия производится за счет ископаемых источников.

Кроме того, ядерный топливный цикл производит большое количество парниковых газов, таких как гидрофторуглерод, который в тысячи раз более мощный, чем углекислый газ.

Транспортировка

В связи с разработкой ядерного топлива для реакторов из природного урана необходимо огромное количество транспортировок. Каждая партия связана с опасностью аварий или вредоносных атак, а также с выбросом большого количества парниковых газов. Кроме того, транспортировки увеличивают радиационное облучение местных жителей, водителей, охранников и других людей, проходящих мимо контейнеров [18].

9. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ И АУДИТ

В повышении эффективности энергосбережения большое значение имеет не только внедрение нового оборудования, передовой технологии, совершенствование и модернизация существующего оборудования, широкое использование всех местных и вторичных ресурсов, но и правильно организованное управление энергопотреблением, т. е. энергоменеджмент и энергоаудит.

Энергетический менеджмент представляет собой совокупность технических и организационных мероприятий, направленных на повышение эффективности использования энергоресурсов и являющийся частью общей структуры управления предприятием. Он играет значительную роль в повышении экономической эффективности и экологической безопасности, а получил свое развитие у нас лишь в начале 70-х г. прошлого века, гораздо позже, чем в других странах. В нашей стране энергетический менеджмент начал внедряться в практику хозяйствования после провозглашения республики самостоятельным государством. Это сложная структура идеалов, научных знаний, политических приоритетов, практической стратегии и механизмов планирования, регулирования и реализации всех видов деятельности людей в целях обеспечения эколого-экономической стабилизации. Цели энергетического менеджмента должны быть достижимыми, реальными и соответствующими условиям эколого-экономической безопасности. Основная задача его состоит в проведении комплексного анализа энергопотребления и на его основе — проведение энергосберегающих мероприятий на предприятии [10].

Основными функциями энергоменеджмента являются:

- взаимодействие с энергопотребителями предприятия и взаимодействии с энергоснабжающими организациями;
- обработка и предоставление информации об энергопотреблении по отдельным структурным подразделениям (производствам, цехам, участкам);
- подготовка предложений по энергосбережению;

- запуск энергосберегающих проектов и управление ими;
- проведение разъяснительно-воспитательной работы со всеми работниками о важности и необходимости энергосбережения.

Для реализации этих функций необходимо организовать на предприятии единую, распределенную по всем уровням управления, информационную систему для оперативного контроля и управления производством и потреблением энергоресурсов. Информация из этой системы должна поступать в блок информационного обеспечения. Она позволит оперативно выявлять и реагировать на факты необоснованного перерасхода энергоресурсов и проводить анализ причин возникновения таких ситуаций. Такая система должна быть комплексной и направленной на устранение выявленных недостатков.

Работа по управлению энергосбережением неотделима от общего управления организацией. Поэтому служба энергосбережения (отдел, управление) предприятия должна тесно взаимодействовать с руководством предприятия, которое:

- управляет большинством ресурсов;
- вырабатывает стратегию предприятия;
- определяет приоритетность проектов;
- организует взаимное общение.

Создание системы энергоменеджмента начинается с осознания ее необходимости и закрепления этого понимания документально. Необходимо разработать положение об энергосбережении на предприятии. Этот документ должен включать:

- Декларацию энергетической политики предприятия, описывающую цели энергосбережения и задачи на каждом этапе.
- Принципы распределения обязанностей и ответственности за проведение работ по энергосбережению.

Обязанности и ответственность должны быть адекватны возможностям. Так, практически на каждом предприятии эти обязанности закреплены за энергослужбой, однако их оборудование только распределяет да иногда преобразует энергию. Фактические потребители ресурсов — технологические подразделения имеют задачу выпуска продукции. Для каждого предприятия структура системы будет уникальной, однако общие рекомендации таковы:

- ответственность за функционирование системы возлагается на первого заместителя руководителя предприятия;
- координирует деятельность энергоменеджеров;
- по вопросам энергосбережения ему подчиняются представители от каждого подразделения;
- ответственность за реализацию программы несут руководители подразделений;
- для проработки и согласования предлагаемых мероприятий создается рабочая группа из числа специалистов служб: энергетической, технологической, финансовой, охраны труда и ТБ.

- Программу энергосбережения — перечень мероприятий, с указанием сроков внедрения, объема необходимых средств, ответственных лиц и исполнителей.

В программу должны быть включены как энергосберегающие мероприятия, так и прочие вопросы создания системы энергоменеджмента: внедрение системы контроля и поощрения достижений, повышение мотивации и обучение персонала, сроки пересмотра и корректировки программы и положения.

- Принципы финансирования энергосбережения.

- Описание системы контроля и оценки результатов.

При разработке положения об энергосбережении важным моментом является организация широкого его обсуждения во всех подразделениях. Это поможет облегчить его введение, а само участие в разработке положения является серьезным мотивирующим фактором.

Исходя из этого, близость служб энергетического менеджмента с руководством предприятия является основой успешной работы по проведению энергосберегающих мероприятий на предприятии.

Энергосберегающие мероприятия выполняются по следующим направлениям:

- энергетический баланс всего предприятия и его структурных подразделений-энергопотребителей;

- энергетическое обследование;

- мониторинг и планирование.

Энергетический аудит — это обследование предприятия с целью сбора информации об источниках энергии, ее удельном потреблении на единицу выпускаемой продукции, разработка рекомендаций и технических решений по снижению энергетических затрат. Он является основным инструментом энергетического менеджмента. Энергоаудит проводится в целях определения путей быстрого и эффективного снижения издержек на энергоресурсы и избежания неоправданных затрат на проведение мероприятий энергосбережения. Он может стать основной базой, трамплином для качественного рывка в конкурентной борьбе на рынке товаров и услуг. Однако это верно только при правильной организации проведения энергетического обследования. В этом важна роль руководства и специалистов предприятия. Главным требованием является правильная постановка целей и задач проведения энергоаудита. От этого зависит, будет ли дальнейший курс на реформы, или все закончится оформлением энергопаспорта.

Работы по энергоаудиту выполняют:

- Территориальные органы Госэнергонадзора.

- Фирмы, торгующие энергосберегающим оборудованием.

- Инжиниринговые компании.

- Организации по наладке.

- Организации при технических вузах и НИИ.

Эти работы могут выполнить специалисты предприятия. Ничто не заменит их знания и опыт работы на существующем объекте. Но у них множество других важных и повседневных забот. Им сложно взглянуть на свою работу со стороны и критически. Множество мест, где опытный аудитор

определил нерациональное использование ресурсов, для них — обычная практика. Однако один-два опытных аудитора помогут разработать качественную программу и оформят результаты обследования.

По результатам энергоаудита руководство предприятия должно получать:

- Оценку текущего энергопотребления с достоверными данными по объемам потребления всех ресурсов и суммам средств, затрачиваемым на них, по предприятию в целом, по отдельным участкам, и их удельные величины на каждый вид продукции.

- Программу мероприятий по энергосбережению, содержащую систему мер организационного, правового и технического характера, направленных на постоянное и планомерное снижение издержек, при улучшении производственных, экономических и экологических показателей предприятия и условий труда его персонала.

Таким образом, энергетическое обследование укажет правильное направление деятельности, а организовать и проводить практическую работу по повышению энергетической эффективности предприятия — задача его руководства и специалистов.

Энергетический аудит может быть:

- предварительным и подробным; простым или сложным; разовым;
- периодическим или перманентным (непрерывно продолжающимся, постоянным).

Предварительный аудит заключается в анализе потребления энергии определенным участком производства за установленный промежуток времени для определения удельного энергопотребления.

Подробный аудит заключается в сборе и записи полной информации о потребленной энергии на каждом участке производства за каждый временной период и в расчетах энергетических балансов и эффективности. Для эффективного проведения подробного аудита необходимо:

- сравнение основных показателей энергопотребления с другими предприятиями отрасли;
- обмен опытом с другими предприятиями, занимающимися производством однородной продукции.

Простой аудит состоит в определении наиболее значимых энергоэффективных мероприятий, внедрение которых позволит получить в короткое время значительный экономический эффект.

При сложном аудите выявляются не только внутренние резервы экономии ТЭР, но и влияние различных внешних факторов.

Сущность разового аудита может состоять как в проверке расходования отдельных видов, так и всех ТЭР, потребляемых организацией в нестандартных ситуациях (слишком большой расход или, наоборот, малый, значительное отклонение фактического расхода ТЭР на единицу продукции от установленного по норме и др.).

Периодический аудит проводится не реже одного раза в 5 лет, а перманентный продолжается непрерывно с целью недопущения отклонения фактических параметров от установленных нормативными документами.

Последовательность энергетического аудита:

1. Подготовка и организация работ.
2. Сбор данных.
3. Измерение.
4. Составление энергетического баланса.
5. Техобслуживание и ремонт.
6. Возможности энергосбережения.
7. План мероприятий.
8. Отчетность.

После проведенного аудита осуществляется мониторинг и планирование необходимых мероприятий по устранению выявленных недостатков в энергопотреблении. Мониторинг и планирование означает сбор данных о потреблении и их сопоставление с основными показателями объема производства.

Для того чтобы управлять энергосбережением, необходимо знать величины энергопотребления. Для этого производятся сбор данных о потреблении энергоресурсов, их анализ, составляется отчет и намечается план действий по следующей схеме:

- оценка фактического состояния энергоиспользования на предприятии, выявление причин возникновения и определение значений потерь ТЭР;
- разработка плана мероприятий, направленных на снижение потерь ТЭР;
- выявление и оценка резервов экономии топлива и энергии;
- определение рациональных размеров энергопотребления в производственных процессах и установках;
- определение требований к организации по совершенствованию учета и контроля расхода энергоносителей;
- получение исходной информации для решения вопросов создания нового оборудования и совершенствования технологических процессов с целью снижения энергетических затрат, оптимизации структуры энергетического баланса предприятия путем выбора оптимальных направлений, способов и размеров использования подведенных и вторичных энергоресурсов [10].

9.1. Порядок проведения энергетического аудита на предприятии

Энергетическое обследование предприятий, учреждений и организаций, расположенных на территории Республики Беларусь, производится с целью получения общей характеристики предприятия и данных, необходимых для оценки экономии энергоресурсов.

Проведение энергоаудита необходимо для любой организации, которая хотела бы контролировать энергозатраты и затраты на коммунальные услуги. Результатом аудита является детальное изучение того, как энергия закупается, распределяется и используется. По данным его проведения выявляется возможность экономии энергоресурсов.

Обязательному энергетическому аудиту подлежат субъекты хозяйствования с годовым суммарным потреблением ТЭР более 1,5 тыс. т.у.т. Обследование проводится согласно графику, утвержденному соответствующим

республиканским органом государственного управления, объединениями, подчиненными Совету Министров РБ, облисполкомами и Минским горисполкомом и согласованному с Комитетом по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь. Интервал между энергетическими обследованиями не должен превышать 5 лет. О сроках проведения обследования субъектов хозяйствования извещают за 3 мес. до его начала.

В общей характеристике предприятия отражается:

- 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 внутриводской отчетности, материалов ранее проведенных обследований).

Для оценки эффективности энергоиспользования проводится обследование по следующим семи направлениям:

1. 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;
- оснащенность приборами расхода ТЭР (электросчетчики, теплосчетчики, расходомеры газа и жидкого топлива).

2. Состояние нормирования ТЭР:

- 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 3 предшествующие обследованию года.

3. Установление резервов экономии энергоресурсов, которые определяются на основании обследования энергопотребляющего оборудования технологических процессов, состояния использования ВЭР.

4. 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.

5. Перечень и краткое описание важнейших организационно-технических мероприятий по экономии топлива и энергии, намеченных на текущий год планами предприятия и рекомендуемых по результатам проведения целевого обследования.

6. Выявленные источники нерационального расходования энергии и топлива и оценки величины потерь их.

7. Основные показатели, характеризующие состояние энергоиспользования на предприятии.

Энергетическое обследование предприятий любой формы собственности является эффективной мерой экономии энергоресурсов. По результатам аудита составляется технический отчет, в котором должны содержаться мероприятия, способствующие рациональному использованию энергоресурсов, сроки окупаемости и количественные параметры экономии, рекомендации и разъяснения по финансированию предложенных мер. Таким образом, энергетический аудит позволяет определить резервы экономии каждого конкретного предприятия.

Энергетическое обследование предприятий и организаций проводится специализированными организациями, имеющими лицензию Госкомэнергосбережения на проведение энергоаудита. Таких организаций по состоянию на 2000 г. насчитывалось 58, из которых в Минске находится 48, в Гомеле — 4, в Могилеве — 3, по одной — в Бресте, Полоцке, Заславле. Основным правовым документом, регулирующим взаимоотношения сторон при проведении энергетического аудита, является договор между организацией, проводящей энергетический аудит, и субъектом хозяйствования, на котором он проводится.

Стоимость работ по энергетическому аудиту оплачивается за счет средств обследуемых:

— хозрасчетных организаций — по статье затрат, относимых на себестоимость продукции, а также за счет республиканского фонда «Энергосбережение»;

— бюджетных организаций (при финансировании местных бюджетов) — по смете, согласованной областными или города Минска энергетическими комиссиями (по территориальному признаку).

Стоимость работ определяется на основании временного нормативного документа «Порядок определения трудозатрат на проведение работ по энергетическим обследованиям, на разработку энергетических балансов и норм расхода топливно-энергетических ресурсов» [10].

9.2. Энергетический баланс

Энергетический баланс является основным инструментом энергетического менеджмента и наиболее полной характеристикой энергетического хозяйства предприятия. Важное значение его состоит в том, что он отражает достоверное количественное соответствие между потребностью и приходом ТЭР на

данный момент или период времени. При составлении баланса рассматриваются виды потребляемой энергии: электроэнергия, газ, мазут, пар и т. п. Далее производится количественное измерение потребления энергии на все цели, в том числе и потери энергии. Баланс составляется на основании фактического потребления энергии. Для получения данных используются самые различные приборы: счетчики электроэнергии, газа, пара, воды, отопления и т. п. Изучение энергетических балансов дает возможность установить фактическое состояние использования энергии как на отдельных участках производства, так и по предприятию в целом, выявить резервы экономии энергии. Балансы могут составляться по отдельным энергоносителям, измеряемым соответствующими единицами (джоули, киловатт-часы, тонны условного топлива), и по суммарному потреблению энергоносителей в тоннах условного топлива.

В зависимости от назначения энергетические балансы могут характеризоваться следующими признаками:

- по назначению: на отчетные и плановые;
- по видам энергоносителей: на частные (по отдельным видам топлива и энергии) и сводные;
- по объектам изучения: на балансы отдельных видов технологического оборудования, цехов и предприятия в целом;
- по принципам составления: на аналитические, синтетические, нормализованные и оптимальные;
- по принципам оценки использования топлива и энергии: на энтропийные (энтропия — поворот, превращение: например, процесс превращения топлива в энергию), эксергетические (от греч. ex — приставка, ergon — работа: максимально возможная работа, которую может совершить система при переходе из одного состояния в другое).

Отчетные балансы отражают фактические показатели производства и потребления энергии и топлива в истекшем периоде и фактический качественный уровень их использования. Плановые балансы являются основной формой планирования энергопотребления и энергоиспользования на предстоящий период. Аналитические балансы отражают глубину и характер использования подводимых энергоносителей. Они служат основой для оценки энергетической эффективности рассматриваемых процессов. Оптимальным энергетическим балансом является такой вариант его, при котором объем планируемого выпуска продукции осуществляется с минимальными затратами энергии.

Для более достоверной оценки эффективности энергоиспользования сложных систем, включающих электрическую энергию, топливо и тепловую энергию различных параметров, используют эксергетический баланс, с помощью которого определяется работоспособность технологических и энергетических установок. Для составления и анализа энергетического баланса предприятия информация может быть представлена в виде следующих данных:

- общая производственная и энергетическая характеристика предприятия (объемы и номенклатура выпускаемой продукции, ее себестоимость с выделением энергетической составляющей);

- описание схемы материальных и энергетических потоков;
- перечень и характеристика основного энергоиспользующего оборудования;
- данные о расходах энергоносителей;
- данные о работах по рациональному использованию энергии на предприятии.

Схема материальных и энергетических потоков сопровождается описанием видов и параметров энергоносителей, состоянием использования ВЭР, системы учета и контроля расхода энергии и энергоносителей [10].

10. ВТОРИЧНЫЕ МАТЕРИАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Развитие человеческой цивилизации определялось уровнем производства предметов потребления — продуктов питания, жилищ, транспортных средств, бытовой техники и др. Каждый уровень производства связан с образованием отходов. И чем выше уровень цивилизации, тем больше отходов она производит. Все отходы попадают в окружающую среду и оказывают неблагоприятное на ее воздействие. Однако осознание того, насколько неблагоприятно влияют отходы на окружающую среду, пришло сравнительно недавно. На сегодняшний день совершенствование системы обращения с отходами признается одной из главных проблем в области охраны окружающей среды. С целью минимизировать неблагоприятное воздействие отходов на окружающую среду требуется следовать основным принципам, которые заключаются в следующем:

- минимизация образования отходов (внедрение безотходных и малоотходных производств);
- максимальное повторное использование и вторичная переработка отходов;
- экологически и экономически обоснованное обезвреживание и захоронение неиспользуемой части отходов.

В этой связи, важной составляющей интегрированного подхода в решении проблем обращения с отходами является закрепление основных принципов на законодательном уровне.

В 2008 г. принят закон Республики Беларусь «Об обращении с отходами». С принятием Закона изменились принципы государственной политики в области обращения с отходами — приоритетность использования отходов по отношению к их обезвреживанию или захоронению. Определены правовые основы обращения с отходами, направленные на предотвращение их вредного воздействия на окружающую среду, а также на максимальное вовлечение отходов в гражданский оборот в качестве вторичного сырья.

Новый закон «Об обращении с отходами» и нормативные правовые акты в целях его реализации вступили в силу, когда имеет место увеличение объемов

образования отходов производства и отходов потребления. Причем рост образования отходов затрагивает все виды, в том числе коммунальные, производственные, крупнотоннажные, опасные и др. Темпы увеличения объемов образования отходов достаточно высоки. Разница между образованием и использованием отходов остается существенной, что обуславливает рост их накопления.

Дело переработки бытовых отходов только начинает развиваться в Беларуси. Количество образующихся отходов на одного жителя Беларуси составляет примерно 2,5 т в год. Это высокий уровень, и связан он, прежде всего, со структурой промышленного комплекса. В Беларуси ежегодно образуется 24–28 млн тонн отходов производства и около 3 млн тонн бытовых отходов. Под отходами занято 3,5 тыс. га земель. Основным способом утилизации коммунальных отходов в Минске является их захоронение на полигонах твердых коммунальных отходов, что приводит к постоянному изъятию из оборота земельных ресурсов, увеличению степени загрязнения окружающей среды, хотя часть этих отходов может быть использована в качестве вторичного сырья. Полигонов в столице четыре, два из которых практически исчерпали свой ресурс, один не действует. В составе твердых коммунальных отходов находится до 60 % вторичных материальных ресурсов — это отходы бумаги и картона, стекла, пластмасс, металлов, текстиля, резины и прочих, которые являются потенциальным сырьем для использования в промышленности. Однако сейчас при сортировке коммунальных отходов извлекается не более 10–15 % вторичных ресурсов.

Объем твердых коммунальных отходов увеличивается с каждым годом. Всего в республике насчитывается около 200 подобных полигонов, занимающих площадь более 890 га. Занято отходами уже 60 % этой площади.

Отходы являются одним из наиболее интенсивных источников загрязнения окружающей среды. Это связано, с одной стороны, с многообразием химических, в том числе токсичных, веществ в отходах, их высокой концентрацией, с другой стороны — с несоответствием большинства полигонов-накопителей нормативным требованиям по их местоположению, обустройству и условиям эксплуатации.

В развитых в промышленном отношении странах применяются мусоро-сжигающие заводы. Положительная сторона данного процесса состоит в уничтожении мусора и выработке энергии при сжигании, отрицательная сторона заключается также в уничтожении мусора (ресурса), загрязнении окружающей среды продуктами сгорания, образовании отходов в виде токсичной золы (отходы из отходов составляют примерно 25 %). С учетом национальных интересов Беларуси теплоутилизация отходов представляется выгодной: теплотворная способность горючих составляющих отходов может использоваться для выработки тепловой и электрической энергии, и при этом обеспечивается обезвреживание отходов. Однако этот метод требует особой организации процессов горения и очистки дымовых газов, так как в противном случае происходит выброс в атмосферу большого количества вредных веществ.

В Беларуси практикуется технология переработки мусора на вторичное сырье, но ситуация еще также проблемная. Станции, сортирующие бытовой мусор, перегружены — ежегодно в Беларуси образуется более 3 млн т бытового мусора. Причем, по данным Министерства жилищно-коммунального хозяйства, с каждым годом этот объем возрастает как минимум на 20 %. Мусороперерабатывающие предприятия в силах справиться лишь с 338,7 тыс. т в год. Мусороперерабатывающие предприятия функционируют практически во всех крупных и средних городах республики. Большая часть станций, а их в стране насчитывается 88, занимается сортировкой бытовых отходов, собранных по технологии раздельного сбора мусора.

Еще очень мало людей заинтересованы в раздельном сборе мусора. Обычно доля пластика и стекла в контейнерах со смешанным мусором часто превышает половину. В зарубежных странах практически вся масса бытовых отходов перерабатывается и потом используется в промышленности или энергетике, у нас «ассортимент» переработки более узкий.

Коммунальными отходами в Беларуси занимается Министерство жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь, а именно:

- осуществляет меры по реализации единой государственной политики, обеспечивает разработку и выполнение государственных программ в области обращения с отходами, планов и мероприятий;

- утверждает перечень отходов, относящихся к коммунальным отходам;

- осуществляет согласование областных программ в области обращения с отходами;

- устанавливает по согласованию с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и Министерством здравоохранения Республики Беларусь состав и порядок разработки, согласования и утверждения схем обращения с коммунальными отходами;

- утверждает совместно с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь технические кодексы установившейся практики эксплуатации объектов захоронения и объектов обезвреживания коммунальных отходов;

- осуществляет координацию деятельности в сфере обращения со вторичными материальными ресурсами путем создания государственной некоммерческой специально уполномоченной организации — оператора в сфере обращения со вторичными материальными ресурсами.

В целом, эффективность применения вторичных результатов можно определить путем использования следующих основных показателей:

- 1) экономии первичного природного сырья в натуральном и стоимостном выражениях;

- 2) экономии трудовых, материальных и финансовых ресурсов на подготовку и освоение запасов первичного природного сырья и строительство новых мощностей;

3) экономии земельных ресурсов за счет снижения площадей для складирования потенциальных вторичных ресурсов и отходов производства; уменьшения размеров территорий, требуемых для освоения новых ресурсов;

4) экономии водных ресурсов и охраны природных водоемов;

5) улучшения показателей, характеризующих состояние атмосферного воздуха. Еще одним фактором, определяющим целесообразность переработки отходов, является создание дополнительных рабочих мест.

Сейчас в качестве вторсырья в Беларуси востребована бумага — она нужна всем бумажно-целлюлозным предприятиям. Также пользуется спросом стекло. Но, учитывая специфику производства, необходима дифференциация по цвету и качеству — в результате объем переработки невелик.

В Республике Беларусь планируется строительство 15 мусороперерабатывающих заводов суммарной мощностью более 600 тыс. т в год. Строительство первых четырех заводов в Гомеле, Могилеве, Новополоцке и Барановичах уже начато. В Беларуси ежегодно образуется свыше 3 млн. т твердых бытовых отходов, т. е. свыше 32,5 кг на душу населения. Они содержат 400 тыс. т макулатуры, 80 — стеклобоя, 140 — отходов пластмасс, 80 тыс. т вторичных текстильных материалов. Таким образом, переработка бытовых отходов обоснована с экологической и экономической точек зрения [21].

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Ольшанский, А. И.* Основы энергосбережения: курс лекций / А. И. Ольшанский. — Витебск, 2007. — 223 с.
2. *Мансуров, В. А.* Основы энергосбережения: учеб.-метод. пособие / В. А. Мансуров. — Минск: БГМУ, 2010.
3. www.minenergo.gov.by — электронный ресурс — сайт Министерства энергетики Республики Беларусь.

Дополнительная

4. www.energoeffect.gov.by — электронный ресурс — сайт Департамента по энергоэффективности РБ.
5. www.energo-effect.ru — электронный ресурс — Сайт об энергоэффективности и энергосбережении.
6. www.gigavat.com — электронный ресурс — Все об электростанциях.
7. *Свиридерская, О. В.* Основы энергосбережения / О. В. Свиридерская. — Минск: «ТетраСистемс», 2009.
8. Основы энергосбережения: учеб. пособие / Б. И. Врублевский [и др.]; под ред. Б. И. Врублевского. — Гомель: ЧУП «ЦНТУ «Развитие», 2002.
9. *Кравчяня, Э. М.* Охрана труда и основы энергосбережения: учеб. пособие для вузов / Э. М. Кравчяня, Р. Н. Козел, И. П. Свирид. — Минск: 2004.
10. *Андрижиевский, А. А.* Энергосбережение и энергетический менеджмент: учеб. пособие / А. А. Андрижиевский, В. И. Володин. — 2-е изд., испр. — Минск: Выш. шк., 2005.
11. *Кораблев, В. П.* Экономия электроэнергии в быту / В. П. Кораблев. — М.: «Энергоатомиздат», 1987.
12. *Лацис, О. Р.* Солнце в доме / О. Р. Лацис. — М., «Советская Россия», 1982.
13. Экономьте электроэнергию! // Наука и жизнь. — 1996. — № 3. — С. 66–67.
14. www.enesa.by — электронный ресурс — Энергетическая инженерно-консалтинговая кампания.
15. *Сычев, Н. Г.* Основы энергосбережения: учеб. пособие / Н. Г. Сычев. — Минск, 2010.
16. *Трухний, А. Д.* Основы современной энергетики: учебник для вузов: в 2 т. / под общей ред. Е. В. Аметистова. — М.: Издательский дом МЭИ, 2008. — 472 с.
17. *Рыжкин, В. Я.* Тепловые электрические станции: учеб. для вузов / под ред. В. Я. Гиршфельда. — М: Энергоатомиздат, 1987. — 328 с.
18. www.nuclear-heritage.net — электронный ресурс — Брошюра «Уран – смертельный элемент».
19. *Елизаров, Д. П.* Теплоэнергетические установки электростанций: учеб. для вузов / Д. П. Елизаров. — М.: Энергоиздат, 1982. — 264 с.
20. Теплотехника: учеб. для вузов / А. П. Баскаков [и др.]; под ред. А. П. Баскакова. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 224 с.
21. www.investinbelarus.by — электронный ресурс — Национальное агентство инвестиций и приватизации РБ.

Учебное издание

Филон Петр Олегович

ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

**Учебно-методическое пособие
для студентов всех факультетов медицинских вузов**

Редактор *Т. М. Кожемякина*
Компьютерная верстка *А. М. Терехова*

Подписано в печать 05.09.2014.
Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная 65 г/м². Гарнитура «Гаймс».
Усл. печ. л. 11,63. Уч.-изд. л. 12,71. Тираж 210 экз. Заказ № 273.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Гомельский государственный медицинский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/46 от 03.10.2013.
Ул. Ланге, 5, 246000, Гомель.

