

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет»

Т. А. Алексеева

ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Учебно-методический комплекс для студентов специальностей
1-39 02 01 «Моделирование и компьютерное проектирование РЭС»,
1-39 01 01 «Радиотехника»

Новополоцк
ПГУ
2014

УДК 620.9.004.18(075.8)

ББК 31.19я73

А47

Рекомендовано к изданию методической комиссией
радиотехнического факультета в качестве
учебно-методического комплекса (протокол № 4 от 08.02.2012)

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

директор ООО «Цифра Сервис» А. В. БЕРЕСНЕВ;
канд. техн. наук, доц., зав. каф. радиотехники УО «ПГУ» С. В. МАЛЬЦЕВ;
канд. техн. наук, доц. каф. конструирования и технологии РЭС
УО «ПГУ» Д. А. ДОВГЯЛО

Алексеева, Т. А.

А47

Основы энергосбережения : учеб.-метод. комплекс для студентов специальностей 1-39 02 01 «Моделирование и компьютерное проектирование РЭС», 1-39 01 01 «Радиотехника» / Т. А. Алексеева. – Новополоцк : ПГУ, 2014. – 152 с.

ISBN 978-985-531-437-1.

Изложены вопросы и задачи государственной политики в области энергосбережения, рассмотрены традиционные источники энергии, вопросы производства, распределения и потребления энергии, программы и мероприятия по эффективному использованию энергетических ресурсов, основные нормативные документы Правительства Республики Беларусь, направленные на развитие политики энергосбережения, принципы энергоэффективного освещения и бытового энергосбережения, организации и управления энергосбережением в жилищно-коммунальном хозяйстве, на производстве, способы тепловой изоляции зданий.

Предназначен для студентов и преподавателей вузов специальностей «Моделирование и компьютерное проектирование РЭС» и «Радиотехника».

УДК 620.9.004.18(075.8)

ББК 31.19я73

ISBN 978-985-531-437-1

© Алексеева Т. А., 2014

© УО «ПГУ», 2014

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
Тема 1. ЭНЕРГЕТИКА, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ	13
1.1. Энергосбережение – основа устойчивого развития	13
1.2. Основные понятия и определения	14
1.3. Роль энергетики и энергоресурсов в развитии человеческого общества и уровне цивилизации.....	15
1.4. Эффективность использования и потребления энергии в различных странах мира и Республике Беларусь.....	20
1.5. Место и роль энергосбережения в энергетике и экономике.....	23
Тема 2. ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ.....	26
2.1. Энергоресурсы. Возобновляемые и истощаемые энергоресурсы.....	26
2.2. Виды органических топлив, их состав и теплота сгорания	27
2.3. Энергетические ресурсы мира и Республики Беларусь	29
Тема 3. ТРАДИЦИОННЫЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ	35
3.1. Назначение и основные типы электростанций	35
3.2. Тепловые электростанции	36
3.3. Атомные электростанции.....	41
3.4. Гидроэлектростанции	42
Тема 4. ГРАФИКИ НАГРУЗКИ, ИХ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ВЫРАВНИВАНИЕ	43
4.1. Графики нагрузки отдельных потребителей и энергосистемы в целом	43
4.2. Обеспечение графиков нагрузки	47
4.3. Аккумуляирование энергии	52
4.4. Ценовое и тарифное регулирования.....	55
ТЕМА 5. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ.....	60
5.1. Экологические проблемы тепловой энергетики	64
5.2. Экологические проблемы гидроэнергетики	65
5.3. Экологические проблемы ядерной энергетики.....	66
Тема 6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ.....	68
6.1. Общая характеристика возобновляемых источников энергии.....	68
6.2. Виды возобновляемых источников энергии. Способы преобразования в традиционные энергоносители	69
6.3. Получение электроэнергии	75
Тема 7. Транспортирование, распределение и потребление энергоресурсов	79
7.1. Транспорт и распределение тепловой энергии	82

Тема 8. Энергосбережение в быту	86
8.1. Общая характеристика бытового энергопотребления в РБ	86
8.2. Основные принципы разработки программы по сокращению энергопотребления в быту.....	87
8.3. Экономия тепловой энергии	88
8.4. Экономия электроэнергии.....	91
8.5. Экономия горячей и холодной воды	94
8.6. Опыт зарубежных стран в бытовом энергосбережении.....	95
8.7. Тепловой баланс индивидуального жилого дома (зданиях).....	96
8.8. Мероприятия по энергосбережению в жилом секторе.....	99
Тема 9. Потребление ТЭР в жилищно-коммунальном хозяйстве Республики Беларусь	108
9.1. Тепловая изоляция зданий методом «термошуба».....	108
Тема 10. Утилизация тепла паро-жидкостных потоков. Теплообменные аппараты, их конструкции и принцип работы	111
10.1. Использование тепла отходящих дымовых газов технологических печей. Теплоутилизирующие устройства	113
10.2. Утилизация тепла вентиляционных выбросов.....	118
Тема 11. ОСНОВЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО АУДИТА И МЕНЕДЖМЕНТА	122
11.1. Организация, цели и функции энергетического менеджмента	122
11.2. Энергетический баланс предприятия.....	126
11.3. Энергетический аудит	132
Тема 12. Мероприятия по комплексному использованию ВЭР промышленного района (города).....	142
ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ	146
ТЕМЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ	147
ЛИТЕРАТУРА.....	149
Приложение А	150
Приложение Б.....	151

ВВЕДЕНИЕ

Основные социальные и экономические достижения общества связаны с использованием энергии, энергетических ресурсов. Сегодня доступность энергии стала для нас привычным явлением, без которого трудно обойтись каждую минуту и без которого сложно представить жизнь современного общества. В то же время огромно техногенное воздействие на окружающую среду современных объектов энергетики и промышленности. Основной причиной такого явления можно назвать негармоничность сегодняшней модели потребления и производства в обществе. Для удовлетворения растущих энергетических потребностей необходимо мобилизовать еще больше капиталовложений. Но есть альтернативный путь, который показала нам Центральная и Западная Европа после первого нефтяного кризиса – это путь самообеспеченности энергоресурсами за счет развития программы энергосбережения во всех сферах – от собственного жилья до промышленности и транспорта. Энергосбережение подразумевает эффективное использование энергоресурсов за счет внедрения перспективных энергосберегающих технологий, оборудования и материалов, модернизацию производства, переход на безотходные, малоотходные ресурсосберегающие и ресурсозаменяющие технологии, использование вторичных материальных ресурсов, переход на местные виды топлива при одновременном улучшении среды и условий жизнедеятельности человека. Для нашей республики важно также изучение и использование возобновляемых энергетически чистых источников энергии, прежде всего – энергии солнца и ветра.

Для индивидуальных и небольших потребителей энергии перспективно применение биогазовых установок, отечественных установок для сжигания быстрорастиющей древесины. В республике важно развивать нетрадиционные способы получения энергии, использовать вторичные энергетические ресурсы (ВЭР), возобновляемые источники энергии (ВИР), развивать малую гидроэнергетику и т. д.

Основной целью курса «Основы энергосбережения» является формирование у каждого студента 3-го курса основных понятий, понимание вопросов и задач государственной политики в области энергосбережения; приобретение знаний по традиционным источникам энергии, вопросам производства, распределения и потребления энергии; ознакомление с мировыми и отечественными показателями, программами и мероприятиями по эффективному использованию энергетических ресурсов; ознакомление с основными нормативными законодательными актами Правительства Республики Беларусь, направленными на развитие политики энергосбережения; обучение принципам энергоэффективного освещения и бытового энергосбережения; приобретение знаний по организации и управлению энергосбережением в жилищно-коммунальном хозяйстве, на производстве; изучение способов тепловой изоляции зданий, применения и расчета биогазовых установок, установок для сжигания.

Основные понятия курса «Основы энергосбережения».
Мировые и государственная (Республики Беларусь) энергетические программы и программы в области энергосбережения

Для изучения курса «Основы энергосбережения» необходимо усвоить основные понятия.

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

Эффективное использование топливно-энергетических ресурсов – это использование всех видов энергии экономически оправданными, прогрессивными способами при существующем уровне развития техники и технологий и соблюдении законодательства.

Показатели энергоэффективности – научно обоснованные абсолютные или удельные величины потребления топливно-энергетических ресурсов (с учетом их нормативных потерь) на производство единицы продукции (работ, услуг) любого назначения, установленные нормативными документами.

Топливо-энергетические ресурсы (ТЭР) – это совокупность всех природных и преобразованных видов топлива и энергии, используемых в республике.

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

Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов – это достижение максимальной эффективности использования ТЭР при существующем уровне развития техники и технологий и соблюдении законодательства.

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

Пользователи топливно-энергетических ресурсов – это субъекты хозяйствования независимо от форм собственности, зарегистрированные на территории РБ в качестве юридических лиц или предпринимателей без образования юридического лица, а также другие лица, которые в соответствии с законодательством РБ имеют право заключать хозяйственные договоры, и граждане, использующие ТЭР.

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

Мировой нефтяной кризис начала 70-х годов дал резкий толчок усилиям западных развитых стран по снижению энергоемкости промышленности и выработке политики энергосбережения, причем процесс подъема энергоэффективности занял примерно 10 – 12 лет. Принятые меры в странах, имеющих недостаток собственных ТЭР, особенно в Великобритании, Дании, Ирландии, Люксембурге, позволили совершить достаточно резкий скачок, повысив энергоэффективность на 25 – 32% уже к 1980 году. Значительные успехи были достигнуты *в первую очередь перестройкой отраслевой структуры*, направленной на уменьшение удельного веса наиболее энергоемких и материалоемких отраслей и производств, вытеснением их в развивающиеся страны.

Большинство развитых стран в целях снижения негативных последствий от нефтяного кризиса и недостатка собственных энергоресурсов, а также чтобы исключить зависимость от поставщиков нефти и в целях обеспечения своей энергетической безопасности, пошли на объединение своих усилий и создали Международное энергетическое общество (МЭА), целью которого является повышение уровня энергетической безопасности, в частности, путем создания стратегических запасов нефти на случай перерывов в нефтеснабжении из внешних источников.

Энергетическая безопасность касается многих аспектов. Она означает ограничение уязвимости от краткосрочных и от долгосрочных перерывов в поставках энергоносителей. Велика в ней ценовая составляющая на энергоресурсы. Все возрастает экологическая составляющая энергетической безопасности.

Отдел устойчивой энергетики Европейской экономической комиссии ООН в 1997 году выступил с инициативой к странам Содружества независимых государств (СНГ) по реализации проекта «Энергетическая эффективность и энергетическая безопасность стран – членов СНГ», так как к тому времени стало очевидным, что в большинстве стран СНГ энергосбережение становится очень важным направлением в политике и в обеспечении их энергетической безопасности. Эта инициатива была поддержана Исполкомом СНГ и Министерством науки и технологий Российской Федерации. В разработке проекта приняли участие 11 экспертов из государств СНГ, назначенные правительствами этих государств.

В Беларуси постоянно повышается рост цен на энергоносители, а из-за высокой энергетической составляющей в себестоимости выпускаемой продукции часто происходило снижение ее конкурентоспособности на внешних и внутреннем рынках. Эта тенденция стала характерной для всех стран СНГ. В последние годы в результате политики энергосбережения эта тенденция стала изменяться.

Поэтому для Беларуси основой устойчивого развития является *решение трех глобальных проблем*:

- ресурсосбережение экономики;
- конкурентоспособность производимой продукции;
- улучшение экологии (снижение техногенного воздействия на окружающую среду).

Таким образом, энерго- и ресурсосбережение на основе современных научно-технических достижений является одним из основных долговременных направлений мировой экономической политики, и она в полной мере должна быть реализована в нашей республике.

Политика энергосбережения в Республике Беларусь. Государственная Программа РБ «Энергосбережение»

Еще 25 лет назад страны Европы обратили внимание на проблему недостатка собственных энергоресурсов. Первая заявила об этом Дания и разработала программу энергосбережения, в которой была заложена программа обучения детей в детских садах энергосбережению. В результате решения энергетической проблемы некоторые страны достигли больших результатов в самообеспеченности энергоресурсами. Так, картина самообеспечения энергоресурсами в различных странах с 1974 года и по 2000 год следующая – см. табл. 1.

Первый этап в политике энергосбережения в Республике Беларусь был связан с модернизацией производства в следующих отраслях:

- электроника;
- приборостроение;
- производство средств связи;
- химико-фармацевтическая промышленность;
- промышленность полимерных и конструкционных материалов.

При отсутствии начальных средств важный рычаг в политике энергосбережения – привлечение *инвестиций*.

Второй этап – достижение финансовой активности и отладка инвестиционного механизма объектами технического перевооружения производств с наукоемкими и ресурсосберегающими технологиями, реформирование агропромышленного комплекса (АПК) и перевооружение отраслей народного хозяйства, обеспечивающих жилищное строительство.

Большой потенциал энергосберегающих мероприятий заложен в жилищно-коммунальном секторе, где возможно внедрение конструкционных материалов с новыми свойствами, использование новых учета и контроля потребляемой энергии, введение компьютерных систем регулирования теплопотребления.

Таблица 1

Степень самообеспечения энергоресурсами в различных странах с 1974 года и по 2000 год

Страна	1974	1980	1986	1990	1992	1999	2000
1. Бельгия	8	14	28	23	20	22	21
2. Дания	0	1	25	50	59	57	57,3
3. Франция	14	21	44	44	45	44	44,7
4. Германия	53	49	55	55	45	47	47
5. Великобритания	48	94	117	97	96	95	96
6. Финляндия	16	27	37	37,2	44,1	41,6	46
7. Швеция	21	33	55,2	61,8	62,6	64,4	64
8. Швейцария	21	32	38	39	40	39	39

В настоящее время *структурная перестройка* – наиболее эффективное мероприятие в энерго- и ресурсосбережении для Республики Беларусь, требующее разумного научного подхода. Как правило, снижение ресурсоемкости (стоимости) технологий и изделий способствует повышению конкурентоспособности на внешнем рынке. Политика энергосбережения в Республике Беларусь была начата в 90-х годах, когда в стране стали считать затраты на приобретение ТЭР, большей частью покупая их за границей. Так, в 1998 году Беларусь импортировала 85% потребляемых в стране энергоресурсов из России.

Уже в 1997 году Правительством Республики Беларусь был создан *Государственный комитет по энергосбережению и энергетическому надзору (сокращенно – Госкомэнергосбережение, или ГК)*, а с 28 мая 1998 года согласно Постановлению Совета Министров РБ начал работу *экспертный Совет Государственного комитета по энергосбережению и энергетическому надзору в РБ (Совет)*.

Основной целью деятельности этого *Совета* является **разработка** технических направлений энергосберегающей политики и стратегического развития этих направлений. Также экспертный совет будет проводить **экспертизу** научно-технический и технико-экономических разработок, проектов строительства новых, расширения и реконструкции действующих объектов, разработку и рассмотрение новых стандартов, норм и правил, технических условий (ТУ), технологий оборудования, приборов учета, регулирования, относящихся к сфере использования топливно-энергетических ресурсов.

19 июня 1998 года палатой представителей РБ и Советом Министров принят **Закон** Республики Беларусь **«Об энергосбережении»**, который подписан Президентом РБ. Закон имеет 5 глав, где даны основные понятия терминов, используемых в энергосбережении, и указаны все стороны взаимоотношений в процессе деятельности физических и юридических лиц в РБ в сфере энергосбережения, записаны цели и задачи политики энергосбережения в нашей стране.

Законодательство Республики Беларусь об энергосбережении состоит из названного выше Закона и иных актов законодательства РБ, регулирующих вопросы энергосбережения. На сегодняшний день Закон имеет более 20 *дополнений*, принятых Советом Министров в виде постановлений Совета Министров Республики Беларусь. Постановлением № 1583 от 31.10.01 СМ РБ утвердил Положение о Комитете по энергоэффективности, где прописаны его основные функции и решаемые им задачи.

В республике в 1998 году с целью пропаганды политики энергосбережения СМ РБ утвердил при РУП «Белэнергосбережение» в г. Минске Учебно-выставочный и издательский центр (**УВИЦ**), основные направления деятельности которого:

- 1) обучение и повышение квалификации специалистов, работающих в области энергосбережения;
- 2) выставочная деятельность;
- 3) издательско-полиграфическая деятельность (с 21.05.2002).

В 1999 году создан Координационный межведомственный совет по энергосбережению и эффективному использованию местных топливных энергетиче-

ских ресурсов. Национальная Академия Наук (НАН) разработала ряд программ совместно с заинтересованными министерствами в области энергосбережения и разработала «Программу неотложных мер по энергосбережению в НАН Беларуси», где указаны основные направления деятельности Институтов НАН Беларуси в этой программе.

С 1999 года в РБ введена экспертиза на стандарты. В каждом городе ведется надзор за выполнением государственной Программы по энергосбережению в регионе.

В 2001 году согласно Указу Президента РБ № 516 *Госкомэнергосбережение* был преобразован в *Комитет по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь (сокращенно – СМ РБ)*, или сокращенное название – *Комэнергоэффективность*.

В республике создан внебюджетный фонд «Энергосбережение», откуда для предприятий по решению Комэнергоэффективность выдают льготные кредиты на энергосберегающие мероприятия. В республике создан инновационный фонд Минтопэнерго (концерн «Белэнерго»), инновационные фонды Министерств (объединений). На местном уровне (город, область) также созданы фонды финансирования энергоэффективных мероприятий. Каждое предприятие, в свою очередь, должно создать свой счет «Энергосбережение». Правительство РБ получало авансовые займы от Международного Банка Реконструкции и Развития (МБРР) на подготовку различных Проектов по энергосбережению (например, в 1998 году получен займ на Проект по повышению энергоэффективности в социальном секторе, выполнение его рассчитано на 5 лет на всей территории Беларуси, и в результате будут проведены энергосберегающие мероприятия и реконструкция на многих объектах социальной сферы во всех регионах республики – больницы, детские сады, школы).

Ежегодно в Минске при УВИЦ проводятся семинары, конференции и выставки по энергосбережению и энергоэффективным технологиям. Основная информация печатается в журнале «Энергоэффективность» (издательство «Комэнергоэффективность» в г. Минске) и сводном каталоге «Энергоэффективность». В России издается журнал «АВОК», в Украине – «Энергосбережение», где рассматриваются аналогичные вопросы.

Комэнергоэффективность всячески поддерживает разработки в области новых источников выработки электроэнергии (ЭЭ) на нетрадиционных источниках энергии. Перед всеми министерствами республики и другими республиканскими органами управления поставлены задачи по энергосбережению, которые выражаются в следующих показателях:

1. Прирост валового внутреннего продукта (ВВП), %.
2. Расход котельно-печного топлива (КПТ), тонны условного топлива (т у.т.).
3. Энергоемкость ВВП, %.
4. Экономический эффект от реализации мероприятий по энергосбережению за год, т.у.т., в том числе от использования ВЭР и отходов производства, т у.т.

Основные направления деятельности Национальной академии наук Республики Беларусь в области ресурса и энергосберегающих технологий

В 1973 – 1974 годах произошел первый мировой нефтяной кризис, что дало резкий скачок усилиям западных стран по снижению энергоемкости промышленности, причем процесс подъема энергоэффективности, как было сказано ранее, занял около 10 – 12 лет. Принятые меры, особенно в Великобритании, Ирландии, Люксембурге, Дании, позволили совершить резкий скачок в энергоэффективности на 25 – 32% уже к 1980 году.

В настоящее время структурная перестройка – наиболее эффективное мероприятие в ресурсосбережении для РБ, требующая разумного научного подхода. Эта задача и поставлена перед Национальной академией наук РБ.

Как правило, снижение ресурсоемкости и энергоемкости технологий и изделий способствует повышению их конкурентоспособности на внешнем рынке.

В настоящее время имеющиеся природные ресурсы в РБ используются плохо из-за несовершенства технологий (добыча из нефтяных пластов нефти позволяет получать не более 30% нефти). При добыче теряется 50% калийных солей, потери древесины доходят до 30% вырубки, а сельхозпродуктов по отдельным видам – до 40%. Высока энергоемкость промышленной продукции в РБ, которая пока еще в 2 раза выше, чем аналогичных изделий развитых стран, а величина затрат на топливно-энергетические ресурсы себестоимости продукции выросла за последние годы с 5 – 7% до 20 – 25%.

Вывод: оптимизация ресурсосбережения и ресурсопотребления на основе современных научно-технических достижений является одним из основных направлений мировой экономической политики, и она должна быть реализована и в Беларуси.

Национальная академия наук Республики Беларусь уделяет большое внимание работам в области ресурсо- и энергосбережения и сосредоточила работу в направлениях, которые приведены в табл. 2.

Таблица 2

Пути и направления модернизации технологий в ресурсосберегающей политике

Основные источники потерь ресурсов	Пути технологической модернизации (с 1997 года)
1	2
1. Нерациональный расход материалов в технологиях и изделиях	1. Ресурсный мониторинг. 2. Совершенствование методов расчета и конструирования. 3. Использование современных технологий: высокоэнергетические воздействия, порошковая металлургия, замена резания пластическим деформированием. 4. Использование новых полимерных и композиционных материалов. 5. Технологический рециклинг.

1	2
2. Коррозия и износ	1. Расчет и конструирование систем с высокой стойкостью к коррозии и износу. 2. Использование современных методов защиты поверхностей – покрытия, уплотняющая обработка, упрочнение и т. д. 3. Использование новых материалов.
3. Нерациональные технологические потери энергии при переработке материалов, изготовлении и эксплуатации изделий	1. Мониторинг энергопотерь и усиление теплозащиты. 2. Расчет и конструирование энергосберегающей техники. 3. Замена энергоемких технологий. 4. Использование нетрадиционных источников получения энергии. 5. Ресурсосбережение тепла (создание и использование различных теплообменников, тепловых насосов и т. д.)

В 1999 году НАН РБ разработала ряд неотложных мер совместно с заинтересованными министерствами в области энергосбережения. Была также разработана программа по эффективному использованию местных топливных ресурсов до 2001 года. Одним из разделов этой программы является «Программа неотложных мер по энергосбережению НАН РБ». Ежегодно обновляется программа мероприятий НАН по энергосбережению в Беларуси.

Основными направлениями деятельности институтов НАН РБ в политике энергосбережения являются:

1. Создание и внедрение систем автоматического регулирования и учета тепловой энергии в производственных и др. помещениях.
2. Создание и внедрение замкнутой системы охлаждения индукционных печей охлаждения.
3. Создание и внедрение пофасадного регулирования отопления в административных зданиях.
4. Создание и внедрение систем смешения обратной и подаваемой воды для уменьшения расхода тепловой энергии при отоплении помещений.
5. Разработка и внедрение гелеосистем для подогрева воды.
6. Разработка удельных норм расхода топлива.
7. Разработка и внедрение инфракрасных излучателей.
8. Экономия электроэнергии за счет внедрения экономичных светильников.
9. Разработка и внедрение систем местного отопления с использованием более дешевых видов топлива.

Тема 1. ЭНЕРГЕТИКА, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

Энергетика, энергосбережение и энергетические ресурсы – основные понятия. Роль в развитии человеческого общества и уровне его цивилизации. Истощаемые и возобновляемые, традиционные и нетрадиционные энергетические ресурсы. Виды топлив, их состав и теплота сгорания. Условное топливо.

1.1. Энергосбережение – основа устойчивого развития

Овладение источниками энергии всегда было способом выживания человечества. И сегодня потребление энергии является одним из важнейших не только экономических, но и социальных показателей, во многом определяющих уровень жизни людей. Вот почему иногда говорят, что энергетика управляет миром.

С каждым годом все больше обостряются вопросы, связанные с дальнейшими путями развития энергетики. С одной стороны, рост населения и стремление людей к повышению жизненного уровня диктуют необходимость интенсивного наращивания мощностей энергетики. С другой стороны, истощение запасов горючих полезных ископаемых требует более экономичного и рационального использования энергии. Не менее серьезной проблемой является негативное воздействие топливно-энергетического комплекса на состояние окружающей среды, достигшее к настоящему времени критического уровня. Добыча, транспортировка, преобразование и потребление энергоресурсов приводят к загрязнению атмосферы, гидросферы и почвенного покрова, деградации флоры и фауны.

Обоснованные предостережения ученых, призывы прогрессивных государственных деятелей к изменению парадигмы социально-экономического развития, осознание политиками и национальными лидерами возможных трагических последствий продолжения прежнего пути развития привели к ряду исторических событий, среди которых ключевым является Всемирная конференция ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 год). На пороге XXI века впервые в истории руководители и главы правительств 150 стран мира объединились для выработки ориентиров на пути к устойчивому социально-экономическому экологически безопасному развитию общества.

Понимая неизбежность экономического роста, и, следовательно, неизбежность роста потребления энергоресурсов и увеличения производства энергии, международное сообщество выработало ряд приоритетов новой энергетической политики, ориентируя дальнейшее развитие энергетики в соответствии с принципами устойчивого экологически безопасного развития.

В основу новой энергетической политики положены *три основных принципа*:

- энергосбережение;
- энергоэффективность;
- экологическая безопасность.

Энергетика будущего, таким образом, в последующем своем развитии должна решить *три основных задачи*:

- экономное использование невозобновляемых энергоресурсов;
- эффективное использование энергии (с целью уменьшения потерь в процессе генерации, трансформации, передачи и потребления);
- увеличение использования возобновляемых (альтернативных) энергоресурсов и стимулирование поиска новых источников энергии.

1.2. Основные понятия и определения

Энергия (греч. – действие, деятельность) – общая количественная мера различных форм движения материи. В приложении к рассматриваемой дисциплине энергия – это способность тела или системы тел совершать работу. *Виды энергии*: механическая, тепловая, химическая, электрическая, электромагнитная, ядерная, гравитационная. *Закон сохранения энергии*: энергия никогда не создается и не уничтожается, она только переходит из одного вида в другой.

Энергетические ресурсы – материальные объекты, в которых сосредоточена энергия, пригодная для практического применения человеком.

Энергетика (наука) – отрасль прикладных и теоретических знаний об *энергоиспользовании* – производстве, преобразовании, передаче, распределении и потреблении энергии в различных ее формах.

Энергетика (сектор экономики) – базовый сектор национальной экономики, охватывающий ее *энергообеспечение*, – производство, экспорт-импорт, транспорт и распределение энергоресурсов.

Энергосбережение – процесс, в ходе которого сокращается потребность в энергоресурсах и энергоносителях в расчете на единицу конечного полезного эффекта от их применения.

Энергосбережение не следует отождествлять с банальной экономией. Это процесс планомерного проведения мероприятий (внедрения современных технологий и оборудования, оптимизации схем и режимов работы, применения эффективных методов экономического стимулирования, повышения культуры производства и пр.), позволяющих уменьшить потребление энергии без снижения качества и объемов выпускаемой продукции или оказываемых услуг, ухудшения условий работы и отдыха людей, снижения уровня промышленной и экологической безопасности производственных процессов и т. п.

К области энергосбережения относятся правовые, организационные, научные, производственные, технические и экономические акции, направленные на повышение эффективности применения топливно-энергетических ресурсов и снижение потерь на всех стадиях энергоиспользования, а также на вовлечение в хозяйственный оборот нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.

1.3. Роль энергетики и энергоресурсов в развитии человеческого общества и уровне цивилизации

Энергетика составляет основу основ современной цивилизации. Ее история насчитывает тысячелетия, ведь человек начал потреблять энергоресурсы уже с тех пор, как научился использовать в своих целях огонь. На каждом этапе исторического развития усложнение хозяйственной деятельности и желание повысить уровень жизни неизбежно приводили к нехватке энергии, к противоречию между желаемым и возможным. Для преодоления противоречия необходимо было находить новые источники сил и энергии, появление которых, в свою очередь, ускоряло рост производства, науки, численности и благосостояния населения, вследствие чего вновь возникали проблемы энергообеспечения. Проблема энергии и энергоресурсов была и остается одной из важнейших глобальных проблем, в решении которой заинтересованы все народы, все страны мира. Процесс потребления человечеством энергии исторически протекал крайне неравномерно. Общий характер изменения интенсивности энергопотребления отражает график на рис. 1.1.

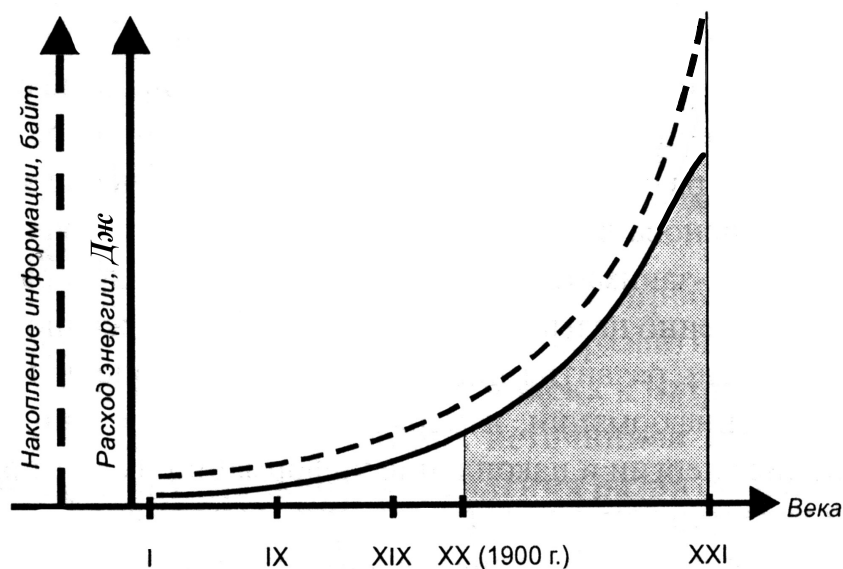


Рис. 1.1. Динамика потребления энергии и развития человеческой цивилизации

Симбатность протекания процессов потребления энергии и накопления информации свидетельствует о жесткой взаимосвязи между развитием энергетики и общественным прогрессом.

В двадцатом веке мировое потребление коммерческих энергоресурсов возросло более чем в 20 раз. Причем за последние пятьдесят лет человечество израсходовало больше энергии, чем за всю предыдущую историю своего существования. Этот же период характеризуется резким ускорением мирового научно-технического и социального прогресса, существенным ростом численности населения планеты.

Открытие больших запасов горючих полезных ископаемых и быстрое развитие технологий их добычи, транспортировки и переработки привело к крупным сдвигам в мировой энергетике и глобализации системы энергообеспечения. Доступность энергии и внедрение новых машин, оборудования, автоматических систем управления позволили многократно повысить производительность труда и минимизировать объем физической работы. Развитие транспорта обеспечило свободу перемещения, средств связи – свободу общения и доступа к информации, жилищно-бытовых систем и коммуникаций – высокий уровень бытового комфорта. Рост потребления энергии чрезвычайно высок, но именно поэтому достигнуты высокая продолжительность и уровень жизни, и человек значительную часть своего времени может посвятить досугу, образованию, спорту, созидательной деятельности. Представление о том, сколько сейчас человеческое сообщество потребляет энергии, может дать следующее сравнение.

Если все работоспособное население Земли будет трудиться с полным напряжением своих физических сил по 8 часов в сутки, то за год это составит не более 1% энергии, получаемой в настоящее время за счет использования органического и ядерного топлива и энергии рек.

Современная энергетика – это комплексная отрасль хозяйства, включающая в себя все топливные отрасли и электроэнергетику. Она охватывает деятельность по добыче, транспортировке и переработке первичных энергетических ресурсов, выработке, передаче и распределению электрической и тепловой энергии. Тесно взаимосвязанные друг с другом, все эти отрасли образуют единый топливно-энергетический комплекс (ТЭК), который играет особую роль в экономике любой страны, поскольку без него фактически невозможно нормальное функционирование ни одного из звеньев хозяйства.

О важной роли энергетики и энергоресурсов в развитии экономики свидетельствуют данные об удельном энергопотреблении в различных странах мира. Взаимосвязь между объемом ВВП и энергопотреблением отметил академик П.Л. Капица. На основе данных ООН и Всемирного банка он показал, что между этими величинами существует сильная линейная зависимость (рис. 1.2), и сделал вытекающий из нее с очевидностью вывод: «Если люди будут лишаться энергетических ресурсов, их материальное благосостояние будет падать».

Следует отметить, что к настоящему времени произошло значительное ослабление этой зависимости и уровень экономического благосостояния в конкретной стране определяется уже не только объемом, но и эффективностью использования энергоресурсов.

Одним из основных факторов бурного развития промышленности и повышения уровня жизни в двадцатом веке стала электрификация. На сегодняшний день электроэнергия является самым универсальным и удобным из известных видов энергии, темпы прироста ее производства почти в полтора раза превышают темпы роста суммарного энергопотребления, электроэнергетика является одной из наиболее динамично развивающихся отраслей. Без достаточного количества электроэнергии невозможен экономический рост, и строительству новых промышленных и жилых объектов предшествует опережающее наращивание мощности электроэнергетической системы, которую многие аналитики называют самой критической инфраструктурой мира.

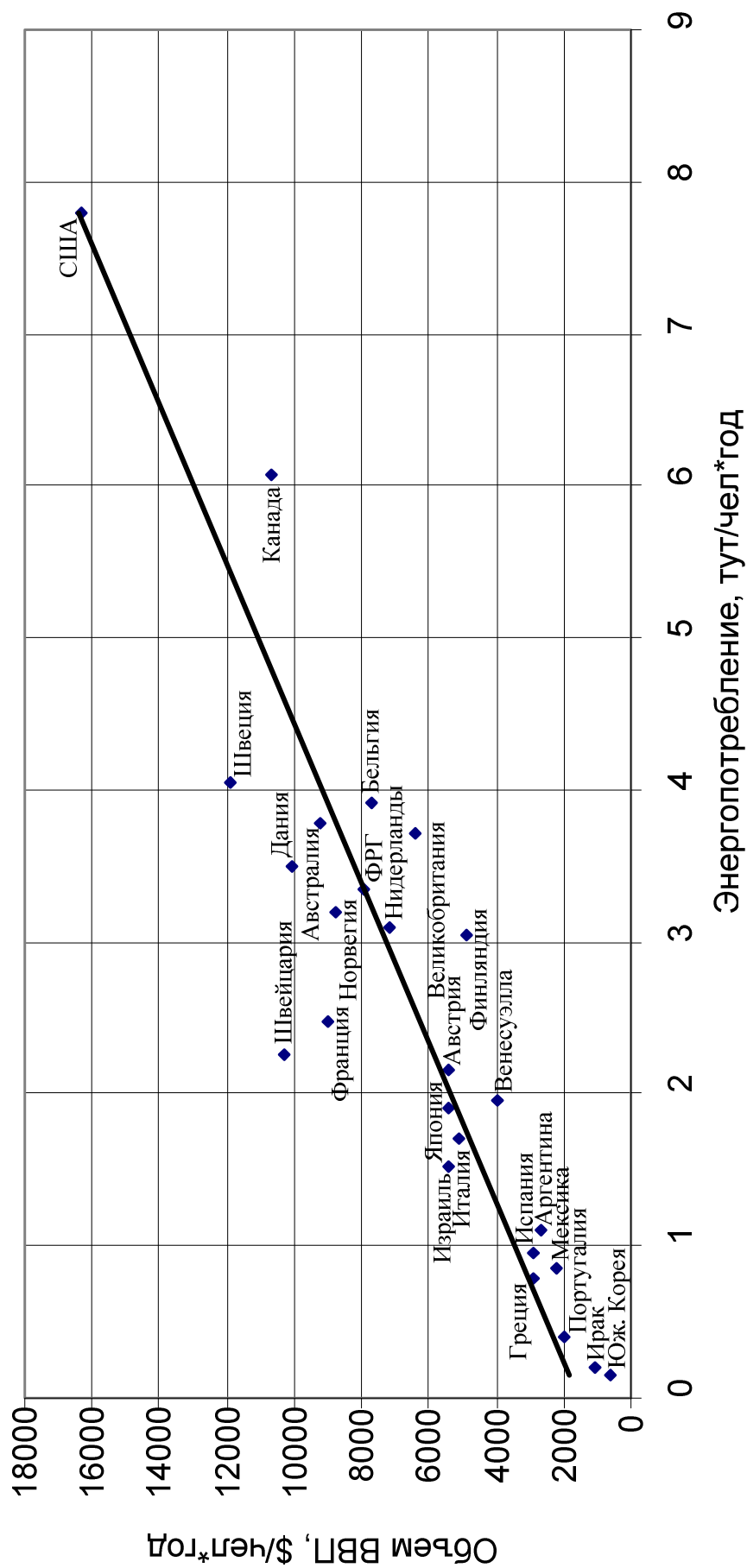


Рис. 1.2. Взаимосвязь между уровнем развития экономики и энергопотреблением
(данные за 1968 год; потребление энергии на душу населения пересчитано в тонны условного топлива,
а ВВП – в доллары США в системе постоянных цен 1993 года)

В табл. 1.1 представлены данные по производству электроэнергии в некоторых странах мира. Указанные значения не во всех случаях соответствуют объему внутреннего потребления, поскольку электроэнергия наряду с первичными энергоресурсами является предметом международной торговли.

Таблица 1.1

Удельный объем производства электроэнергии в различных странах (1993 год)

Страна	Производство, кВт·ч/чел.·год	Страна	Производство, кВт·ч/чел.·год	Страна	Производство, кВт·ч/чел.·год
Норвегия	28515	Австрия	6478	Польша	3462
Канада	18278	Россия	6297	Беларусь	3795 (1991 г.)
Швеция	17488	Дания	5872		2447 (1995 г.)
США	12067	Германия	5740		3099 (2004 г.)
Финляндия	10886	Чехия	5660	Португалия	2672
Австралия	9048	Гонконг	5356	Бразилия	1529
Швейцария	8097	Нидерланды	5086	Турция	1026
Франция	7459	Испания	4193	Индия	346
Япония	7167	Италия	3917	Бангладеш	45

Удельное электропотребление в наименее развитых странах и средний показатель по странам ОЭСР различаются на два порядка (в 2000 году – 83 и 8053 кВт·ч/чел.·год соответственно), что также дает основания говорить о ярко выраженном неравноправии в области потребления энергии на региональном уровне. В Беларуси наибольшее потребление электроэнергии было зафиксировано в 1991 году и составило 49,2 млрд кВт·ч (4825 кВт·ч/чел.·год). После распада СССР в связи с общим экономическим кризисом и спадом производства произошло резкое снижение данного показателя до 32 млрд кВт·ч (3150 кВт·ч/чел.·год). В последние годы ситуация несколько стабилизировалась и наметилась тенденция плавного роста электропотребления, достигшего в 2004 году 34,1 млрд кВт·ч (3480 кВт·ч/чел.·год).

По объемам удельного потребления электроэнергии и топливно-энергетических ресурсов в целом наша республика существенно уступает индустриально развитым странам, но еще большее отставание наблюдается по эффективности их использования.

1.4. Эффективность использования и потребления энергии в различных странах мира и Республике Беларусь

Несмотря на отсутствие в РБ достаточного количества собственных горючих полезных ископаемых, энергоэффективность промышленного производства, сельского хозяйства, коммунально-бытового сектора и экономики в целом находится на крайне низком уровне.

Это связано с тем, что народное хозяйство долгое время развивалось по экстенсивному и энергоемкому пути. Увеличение объемов производства достигалось в основном за счет применения более мощной техники, роста потребления конструкционных материалов, топлива и электроэнергии. Элементы технологий, отвечающие за снижение энергопотребления и защиту окружающей среды, исключались из проектов для выполнения плановых сроков строительства в условиях недостаточного финансирования. Нормы расхода энергоресурсов разрабатывались министерствами и ведомствами без привязки к конкретным производственным условиям и обычно значительно превышали уровень реального энергопотребления. В результате на выпуск единицы продукции в республике расходуется в 2 – 4 раза больше энергетических ресурсов, чем в развитых странах.

Эффективность энергопотребления в конкретной стране обычно оценивается с помощью макроэкономического показателя «энергоемкость экономики», равного отношению суммарно потребленной энергии к объему внутреннего валового продукта (ВВП). На рис. 3 представлены графики, характеризующие по данному показателю уровень эффективности энергопотребления в различных странах мира. Сравнивая значения энергоемкости экономики в разных странах, следует учитывать несоответствие официальных курсов национальных денежных единиц паритету их реальной покупательной способности (ППС). В частности, для стран с переходной экономикой обменные курсы доллара США завышены, что обусловлено политикой стимулирования экспорта.

Энергоемкость мировой экономики на начало XXI века составила около 0,25 тонн условного топлива на 1000\$ МВП.

В настоящее время все страны разделились по уровню энергоэффективности, как минимум, на пять групп.

Сравнение графиков на рис. 1.2 и 1.3 показывает, что за три десятилетия потребление энергии на душу населения во всех странах существенно выросло и одновременно произошла резкая дифференциация стран по эффективности использования энергии.

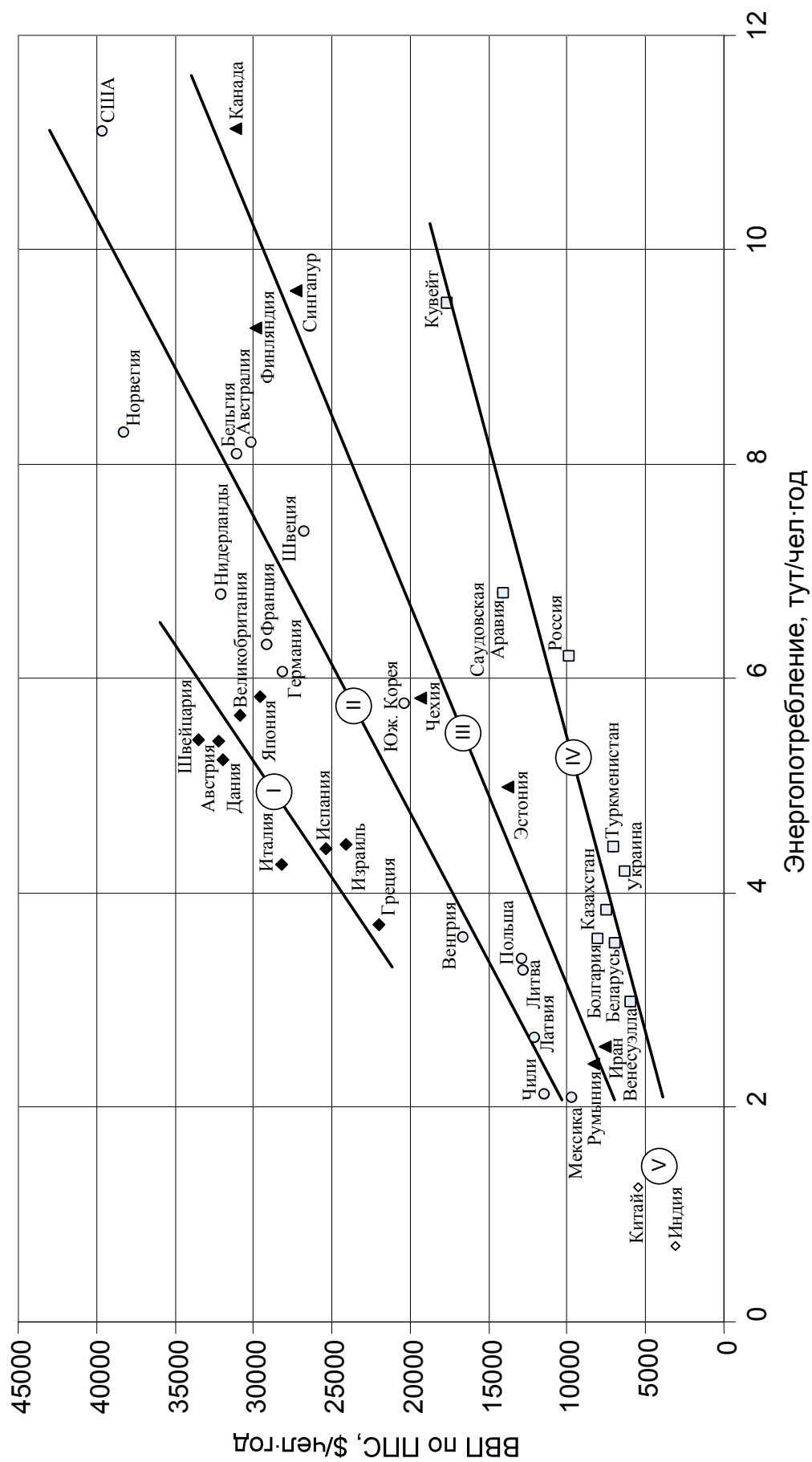


Рис. 1.3. Эффективность потребления энергии в различных странах мира (2004 год)

Республика Беларусь по уровню энергоэффективности в настоящее время находится между III и IV группами, несмотря на то, что располагает меньшими запасами горючих ископаемых, чем некоторые страны первой группы. Поэтому повышение энергоэффективности при постепенном наращивании объемов потребления энергии является важнейшим и необходимым условием подъема экономики Беларуси и ее интеграции в мировую экономику.

Основные *причины неэффективного использования энергоресурсов в РБ:*

- в хозяйственной системе отсутствуют действенные механизмы обеспечения рационального использования и экономного расходования ТЭР;
- большинство предприятий работают со сниженной производительностью;
- установленные на предприятиях двигатели и прочее электрооборудование имеют чрезмерный запас мощности;
- в связи с экономическим кризисом обострилась проблема технического ремонта и обслуживания электрооборудования;
- в РБ нет собственного развитого промышленного производства энергетических средств, энергосберегающего оборудования;
- отсутствует четкая система научного сопровождения, научные и производственные кадры плохо подготовлены по профилю энергосбережения, отсутствуют профильные специальности в вузах;
- отсутствует психологическая настроенность и желание людей (бытовых потребителей) экономно расходовать энергоресурсы.

В качестве основных направлений развития энергетического сектора РБ, смягчающих дефицит собственных первичных энергоресурсов в условиях ограниченности финансовых ресурсов, определены следующие:

- снижение энергоемкости внутреннего валового продукта;
- энергосбережение;
- импорт ТЭР для устойчивой работы имеющихся энергоустановок;
- частичное покрытие дефицита электро- и теплоснабжения за счет нетрадиционных источников энергии;
- развитие и модернизация традиционной энергетики на ортопливе на базе более экономичных высокоэффективных энергетических установок;
- развитие ядерной энергетики.

Все эти направления рассмотрены и закреплены в Энергетической программе РБ. Законом «Об энергосбережении» энергосбережение признано приоритетным направлением развития отечественной энергетики.

1.5. Место и роль энергосбережения в энергетике и экономике

Быстрое истощение запасов горючих полезных ископаемых, ухудшение состояния окружающей среды, экономические проблемы топливно-энергетического комплекса подтолкнули в конце XX-го века мировую общественность к необходимости применения энергосберегающих мероприятий во всех сферах энергетики и промышленности, к созданию согласованных программ и действий на государственном и международном уровнях. Результатом стали серьезные успехи во внедрении энергосберегающих технологий, многообещающие разработки в области производства электроэнергии на базе газотурбинных и парогазовых установок, новые интеграционные процессы международного взаимодействия в области энергетики и экологии, что привело к наблюдающимся сегодня тенденциям в структуре мирового потребления ТЭР. Так, согласно современным прогнозам, доля ядерного топлива к 2020 году будет составлять 5 – 6%.

На долю энергосбережения и возобновляемых источников энергии придется 15 – 20%, причем 9 – 10% – на долю только энергосбережения. То есть доля энергосбережения весьма существенна и соизмерима со значением других источников энергии в покрытии энергетических потребностей человечества.

По существующим экспертным оценкам в настоящее время наблюдается непрерывный, устойчивый прирост мирового потребления ТЭР в среднем на 1 – 2% ежегодно, но скорость прироста постепенно снижается и очень сильно отличается от динамики 1970 – 1980 годов. Это объясняется активным проведением энергосберегающих мероприятий в развитых странах, рационализацией их ТЭК, а также экономическим кризисом в странах СНГ и снижением в них энергопотребления из-за спада производства. При рассмотрении динамики энергопотребления его уровень необходимо соотносить с изменением основного показателя, характеризующего уровень развития мировой экономики. Таким показателем является объем мирового валового продукта (МВП), который определяется общей рыночной стоимостью всех товаров и услуг, произведенных в мире в течение года. В последнее время идет постоянное снижение энергоемкости МВП, что оказывает благоприятное влияние на развитие мировой экономики, состояние экологии, уровень развития науки и техники, сохранение энергетических и сырьевых запасов планеты для потомков (рис. 1.4.).

В настоящее время энергосбережение уже выделяют как самостоятельный отдельный энергоресурс.

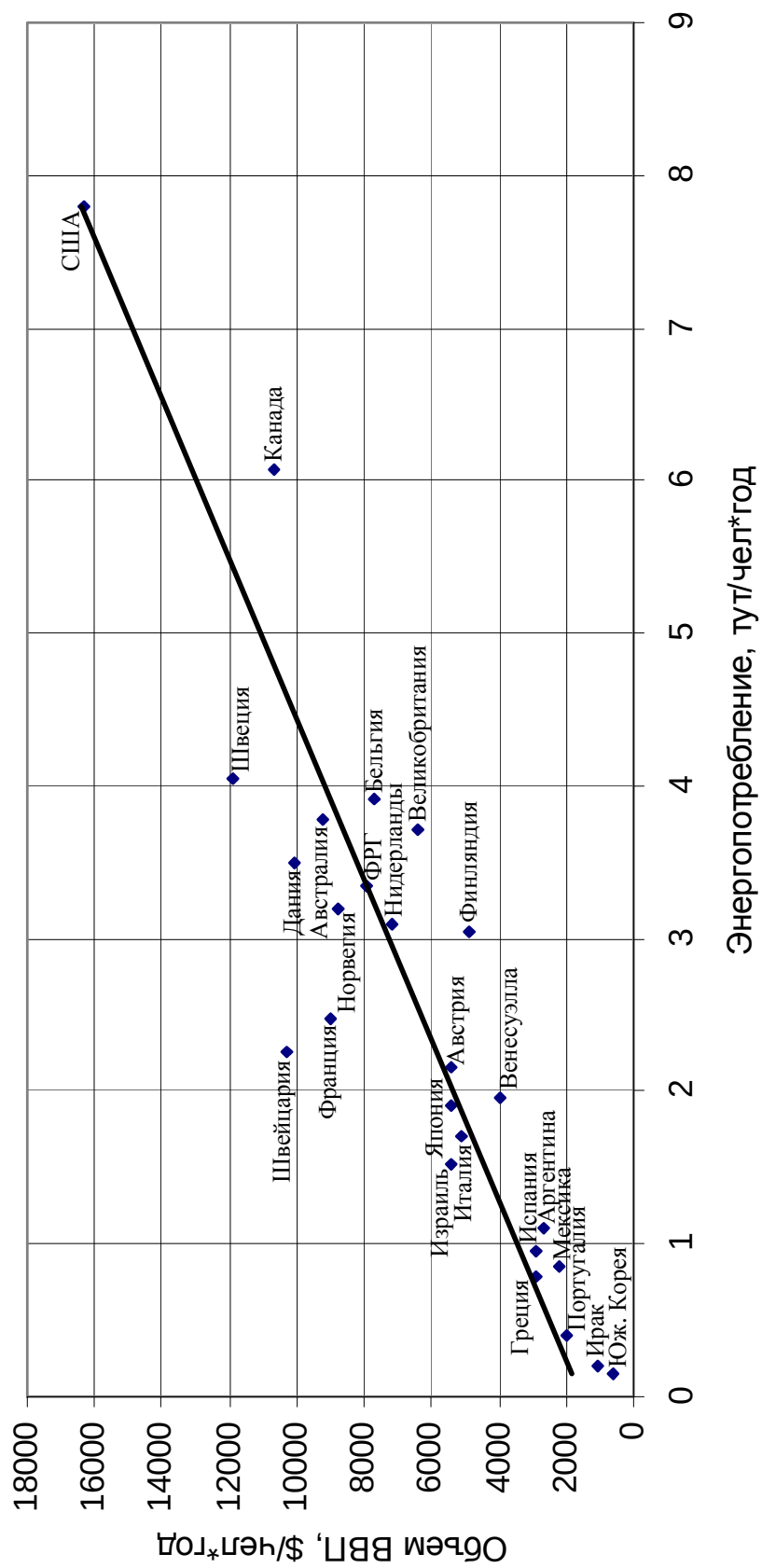


Рис. 1.4. Связь ВВП с потреблением энергоресурсов по странам мира в 1968 году

Такой подход к пониманию энергосбережения объясняется тем, что во многих случаях для получения необходимого количества энергии экономически более целесообразным оказывается внедрение энергосберегающих технологий, чем бурение нефтяных скважин, разработка новых угольных месторождений, строительство нефтегазопроводов, атомных электростанций и т. д. Так как энергосбережение позволяет избежать строительства вышеуказанных объектов, снизить количество сжигаемого топлива, объемы использования ядерного топлива, способствует совершенствованию промышленных технологий, то это приводит к уменьшению загрязнения окружающей среды. Поэтому энергосбережение называют самостоятельным экологически чистым источником энергии.

По расчетам специалистов экономически оправданный потенциал энергосбережения в странах СНГ, Центральной и Восточной Европы в настоящее время составляет примерно 20 – 30% от их общего потребления ТЭР. В нашей стране энергосбережение рассматривается как крупный потенциальный источник энергии, способный обеспечить 30 – 40% потребностей республики в энергоресурсах, то есть практически вдвое сократить их импорт, который обходится ежегодно в миллиарды долларов.

Цифры показывают, насколько отсталой и неэффективной в плане энергоиспользования является на данный момент отечественная экономика. Реализация имеющегося потенциала энергосбережения стала приоритетом энергетической и экономической политики государства, так как эффективность использования энергоресурсов является фактором, который определяет производство конкурентоспособной продукции, и в конечном счете – стабильность и эффективность национальной экономики.

Тема 2. ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

2.1. Энергоресурсы. Возобновляемые и истощаемые энергоресурсы

Под энергоресурсами понимаются материальные объекты, в которых сосредоточена энергия, пригодная для практического использования человеком. Энергия, непосредственно извлекаемая в природе, называется первичной, а энергоресурсы – первичными энергоресурсами.

Классификация первичной энергии

На классификационной схеме (рис. 2.1) выделены традиционные виды энергии, которые широко используются человечеством, и нетрадиционные виды энергии, мало использовавшиеся до последнего времени в силу отсутствия экономических условий и эффективных способов их промышленного преобразования в такие энергоносители, как электроэнергия, тепловая или механическая энергия.

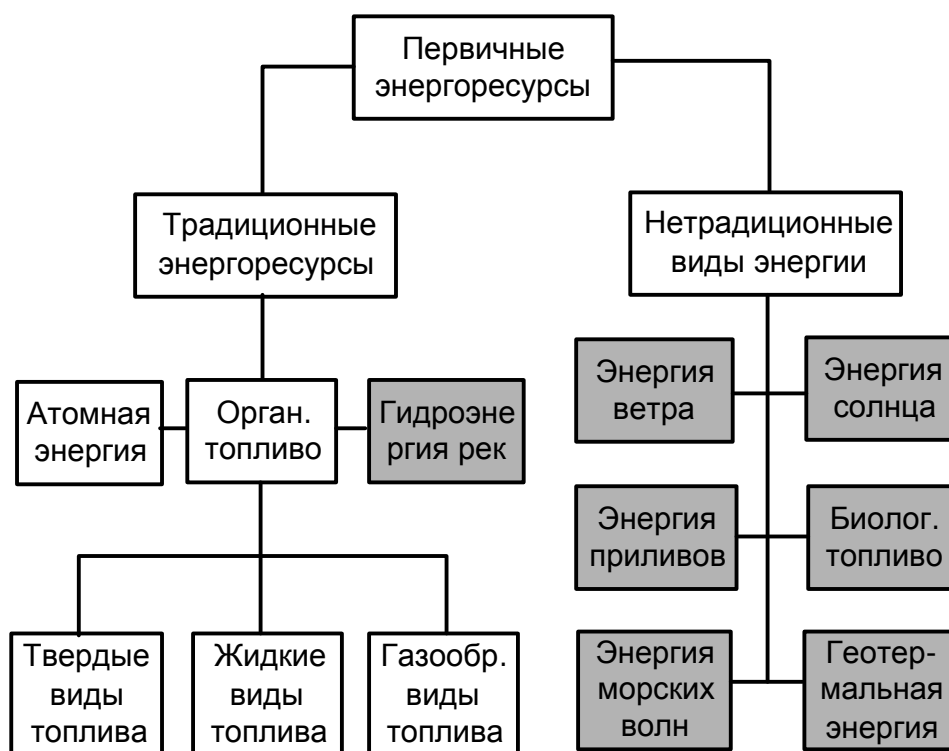


Рис. 2.1. Классификация первичных энергоресурсов

Энергоресурсы подразделяют также на возобновляемые и невозобновляемые.

Невозобновляемые энергоресурсы – те, которые ранее были накоплены в природе и в новых геологических условиях либо вообще не образуются, либо их образование идет с гораздо меньшей скоростью, чем потребление.

Возобновляемые энергоресурсы – те, восстановление которых постоянно осуществляется в природе (на схеме эти виды энергии показаны в ячейках с заливкой).

Особое значение среди энергии всех видов занимает солнечная энергия, так как, с одной стороны, большинство видов энергоресурсов – результат преобразования солнечной энергии, а с другой стороны, потенциальная мощность и емкость этого источника значительно превышают эти показатели для всех остальных энергоресурсов, вместе взятых. Солнце играет решающую роль в энергетическом балансе нашей планеты.

2.2. Виды органических топлив, их состав и теплота сгорания

Основная часть энергетических потребностей человечества обеспечивается в настоящее время за счет использования органических топлив. Органические топлива – это вещества, основу которых составляют органические соединения, то есть в их состав входят главным образом такие элементы, как С и Н. Средний элементный состав основных горючих ископаемых представлен в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Усредненный состав основных видов органических топлив

Наименование	Состав, % масс			
	С	Н	S, N, O	С/Н
Каменный уголь	80	5	15	16
Бурый уголь	65	5	30	13
Торф	55	6	39	9,2
Сапропелитовые угли	78	9	13	8,5
Сланцы	77	8	15	9,6
Нефть	85	13	2	6,5
Газ (природный)	75	25	0	3

Теплота сгорания топлив и состав продуктов сгорания напрямую зависят от элементного состава. Чем ниже соотношение С/Н, тем больше тепла выделяется при сгорании 1 кг топлива. Чем выше содержание О, тем теплота сгорания ниже. Зная элементный состав топлива, можно определить его теплоту сгорания по формуле Менделеева:

$$Q_H = 339,1 \cdot C + 1030 \cdot H + 108,9 \cdot (S - O), \quad (1)$$

где Q_H – низшая удельная теплота сгорания топлива, кДж/кг; С, Н, S, О – содержание в топливе соответствующих элементов, % масс.

Низшая удельная теплота сгорания топлива – это то количество тепла, которое выделяется при полном сгорании единицы массы топлива и охлаждении продуктов сгорания до температуры исходного топлива. Эту теплоту сгорания называют также рабочей. Высшая удельная теплота сгорания топлива дополнительно включает в себя количество тепла, которое выделяется при конденсации водяных паров, содержащихся в дымовых газах. Максимальный энергетический эффект достигается при этом в случае сжигания природного газа – до 10%, в случае жидких топлив – уже не более 5%.

Для удобства сопоставления различных видов энергоресурсов и возможности проведения ряда расчетов расход всех видов топлива сравнивается с расходом так называемого условного топлива. **За условное топливо принято такое топливо, при сгорании 1 кг которого выделяется 29300 кДж/кг энергии.** Использование перевода энергозатрат в расход условного топлива позволяет сравнить эффективность энергопотребления на различных предприятиях и выявить пути снижения энергозатрат, сравнить предлагаемые технологии, виды оборудования и т. д. Средняя теплота сгорания различных видов топлив представлена в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Теплота сгорания различных видов топлив

Наименование	Удельная энергоемкость (теплота сгорания)	Коэффициент перевода	
		в условное топливо	в нефтяной эквивалент
Каменный уголь	23000 – 33000 кДж/кг	0,78 – 1,13	0,55 – 0,79
Бурый уголь	11500 – 27000 кДж/кг	0,39 – 0,92	0,27 – 0,64
Торф	9000 – 22000 кДж/кг	0,31 – 0,75	0,21 – 0,52
Сухая древесина	10000 – 19000 кДж/кг	0,34 – 0,65	0,24 – 0,45
Сланцевая смола	40000 кДж/кг	1,37	0,95
Нефть	41900 кДж/кг	1,43	1
Природный газ	48600 кДж/кг	1,66	1,16
Водород	120600 кДж/кг	4,12	2,88
Условное топливо	29300 кДж/кг (7000 ккал/кг)	1	0,70

Также по элементному составу топлива можно определить состав продуктов сгорания. Углерод, входящий в состав топлив, окисляется до углекислого газа, водород – до воды, сера и азот – до оксидов серы и азота. Оксиды азота и серы, выбрасываемые при сжигании топлив в атмосферу, оказывают вредное влияние на здоровье людей, а затем, оседая в составе кислых дождей, загрязняют гидросферу и почву. Чем выше соотношение С/Н, тем больше доля диоксида углерода в дымовых газах. Явление

«парникового» эффекта обусловлено, главным образом, повышением концентрации этого вещества в атмосфере. На основе данных табл. 2.2 можно сделать вывод, что наиболее экологически чистым органическим топливом является природный газ, так как он практически не содержит S и N, а также характеризуется наиболее низкой величиной показателя C/H.

Весьма серьезным недостатком твердых оргтоплив является высокая зольность. При их использовании появляется проблема выгрузки золы из камеры сжигания. Помимо этого, мелкие частицы золы выбрасываются в атмосферу с дымовыми газами. Это также является одной из причин того, что эти виды топлив недостаточно широко применяются в энергетике.

Значения удельной энергоемкости ядерного топлива и электроэнергии

Из 1 кг урана при разложении его в обычных реакторах на тепловых нейтронах можно выделить около 475 ГДж энергии (соответствует 16,2 т у.т.). При применении современных реакторов на быстрых нейтронах и полном использовании потенциала ядерного топлива из 1 кг урана можно извлечь до 52000 ГДж (1800 т у.т.).

2.3. Энергетические ресурсы мира и Республики Беларусь

Разные источники приводят различные данные о том, какими количествами тех или иных горючих полезных ископаемых обладает человечество в настоящее время и за какой период времени эти запасы будут истощены. Несоответствие этих прогнозов связано с тем, что используются различные методики прогнозирования, постоянно изменяется ситуация (открываются какие-то новые крупные месторождения, появляются новые, более эффективные способы добычи и переработки первичных энергоресурсов, изменяется законодательство в области охраны окружающей среды и т. д.) и, возможно, крупные компании и целые государства пытаются таким образом изменять ситуацию на рынке и в мировой политике.

Ресурсы органического топлива разделяются на ***общие*** – имеющиеся в недрах земли и ***извлекаемые*** – доступные для извлечения человеком. Практически невозможно добыть и использовать все 100% полезного ископаемого, имеющегося в данном месторождении. Коэффициент извлечения, определяющий долю данного вида энергоресурсов, потенциально возможную в настоящее время к извлечению, в его общих запасах, зависит от следующих факторов: вида топлива, характера месторождения, развития техники добычи. Коэффициенты извлечения для наиболее употреб-

ляемых первичных энергоресурсов следующие: для нефти – 0,3 – 0,4; природного газа – 0,5 – 0,8; угля – 0,25 – 0,5. Столь низкий коэффициент для угля объясняется особенностями залегания его пластов и высокой опасностью работ. А вот для нефти этот показатель неоправданно низкий. Использование современных технологий добычи нефти, которые применяются в развитых странах, позволяет извлекать, в зависимости от особенностей месторождения, до 70 – 80% от потенциала. В России и странах СНГ отбор нефти от потенциала редко превышает 30%. Это варварское отношение к такому ценнейшему полезному ископаемому, как нефть, существенно приближает то время, когда человечество попадет в условия не только энергетического кризиса, но и сырьевого кризиса всей химической промышленности. Это связано с тем, что нефтепродукты составляют основу сырья всех отраслей химической промышленности. Высочайшая ценность нефти и газа как химсырья, ограниченность их природных запасов и невозпроизводимость определяют недопустимость ориентировки на них как на энергетическое сырье. Но, несмотря на это, в настоящий момент всего лишь **3 – 5%** от добываемых объемов этих ископаемых используется в качестве сырья нефтехимии. Такая ситуация обусловлена тем, что нефть и газ обладают высокой энергоемкостью, значительно лучшими технико-экономическими показателями добычи, транспортировки и использования по сравнению с твердым топливом, развитием транспорта, возможностью развитых стран получать большие прибыли за счет эксплуатации нефтяных месторождений стран третьего мира. Поэтому ожидать существенного снижения объемов потребления нефти и газа как видов топлива в ближайшем будущем не приходится. Нефть – «черное золото» – является скрытой причиной многих современных международных конфликтов, из-за нее происходят революции и смены правительств. Данные о структуре мировых запасов органического топлива приведены в табл. 2.3.

В настоящее время объем энергопотребления составляет около **15 млрд т у.т.** К 2020 году прогнозируется повышение этой величины до 19 млрд т у.т./год. Так как темпы роста энергопотребления в последнее время значительно снизились, то существующих запасов только органического топлива человечеству должно хватить примерно на **200 – 300 лет**. При этом с учетом сохранения современной структуры потребления различных энергоносителей нефти хватит на 40 лет, газа – на 70 лет, углей всех видов – на 200 лет. Несмотря на то, что запасы угля существенно превышают запасы нефти и природного газа, и на то, что уголь гораздо

менее ценен с точки зрения нефтехимического производства, суммарная доля нефти и природного газа в структуре мирового топливно-энергетического баланса на сегодняшний день превышает долю всех остальных энергоресурсов (более 60%).

Таблица 2.3

Доказанные мировые запасы основных видов органических топлив

Наименование	Мировой технический ресурс	Доля в мировом энергобалансе, %
Уголь	650 млрд т у.т.	23
Нефть	150 млрд т у.т.	39 (добывается более 4 млрд/год)
Природный газ	90 млрд т у.т.	23

Запасы ядерного горючего. На планете есть значительные запасы тория и урана, но поскольку торий пока не нашел практического применения в энергетике, оцениваются только запасы урана, который очень широко распространен на Земле, но в сильно рассеянном виде (в низкой концентрации содержится в воде и различных породах). Расчеты специалистов США показывают, что ресурсы извлекаемого ядерного топлива очень велики. Если ограничить цену 1 кг природного металлического урана \$200 и использовать реакторы на тепловых нейтронах, то ресурсы природного урана по энергоемкости примерно эквивалентны извлекаемым ресурсам всего органического топлива. Если же принять максимально допустимую цену за 1 кг природного урана равной \$500 и считать, что будут использоваться реакторы на быстрых нейтронах, то извлекаемые ресурсы природного урана оказываются в 1000 раз выше по энергоемкости, чем все запасы оргтоплив.

Разведанные ресурсы – 5 млн тонн.

Прогнозируемые ресурсы – 25 млн тонн.

С использованием запасов урана в мировом океане – 2500 млн тонн.

По прогнозам начала 1980-х годов доля ядерного топлива в структуре мирового ТЭК в 2020 году должна была бы составить 36 – 40%. Однако авария на ЧАЭС в 1986 году так сильно повлияла на общественное мнение и отношение к атомной энергетике, что по прогнозам уже 1990-х годах доля атомной энергии в 2020 году не должна превысить 6%. В настоящее время доля атомной энергии в мировом энергетическом балансе составляет около 5%. То есть авария на ЧАЭС, по сути, локальная катастрофа, ускорила процесс глобального потепления на планете и приблизила время глобальных проблем. Тем не менее, современная ситуация дефицита энергоресурсов вынуждает к интенсивному развитию атомной энергетике. Разработаны новые поколения ядерных реакторов и АЭС повышенной

безопасности. Так, в РФ в течение ближайших 30 лет планируется ввод в действие 25 крупных атомных электростанций.

Общие ресурсы топлива очень велики, и человечеству не придется столкнуться в обозримом будущем с энергетическим голодом. Проблема состоит в том, что необходима быстрая переориентация в приоритете тех или иных видов топлив для сохранения запасов сырьевой базы нефтехимии и предотвращения экологической катастрофы.

Потенциальные ресурсы возобновляемых источников энергии

Потенциал этих ресурсов значительно выше, чем суммарные запасы всех видов органических топлив и ядерного топлива. Естественно, полное использование этого потенциала невозможно, но, в принципе, человечество в будущем вполне сможет обеспечить себя энергией, используя только возобновляемые энергоисточники.

Энергия Солнца – 72000 млрд т у.т./год.

Гидравлическая энергия (реки, приливы, волны) – 3,6 млрд т у.т./год.

Тепловая энергия океана – 72 млрд т у.т./год.

Геотермальная энергия – 36 – 572 млрд т у.т./год (только для районов вулканической деятельности).

Энергия ветра – 22 – 56 млрд т у.т./год.

Энергоресурсы РБ

За счет энергоресурсов, расположенных на территории республики (нефть, попутный газ, торф, дрова, гидроэнергия), обеспеченность ими в 2002 году составила 15,1 %, что соответствует 5,2 млн т у.т.

Нефть и попутный газ. Разведанные месторождения нефти на территории Беларуси сосредоточены в нефтегазоносной области – Припятской впадине, площадь которой около 30 тыс. км². Начальные извлекаемые ресурсы нефти были оценены в 355,56 млн т. В промышленные категории переведено 46% указанных ресурсов. В период с 1965 года по 2002 были открыты 185 месторождений с залежами нефти, 64 из которых имеют суммарные запасы 168 млн т. Неразведанные ресурсы нефти оцениваются на уровне 187,56 млн т. С начала разработки добыто 108 млн т нефти и 11,3 млрд м³ попутного газа, остаточные запасы нефти промышленных категорий составляют 58 млн т, попутного газа – 34,3 млн м³.

Основная часть нефти (96%) добывается (в последнее время более 1,8 млн т в год) из активных остаточных запасов, которые составляют 26 млн т (41%). Обеспеченность активными запасами составляет 15 лет, а вместе с трудноизвлекаемыми (низкопроницаемые коллекторы, обводненность более 80% и высокая вязкость) – 31 год.

Прогнозируемые объемы годовой добычи нефти в млн т составят: в 2005 году – 1,66; 2010 – 1,47; 2015 – 1,27; в 2020 году – 1,08.

Уровень добычи попутного газа на 2002 год составил 246 млн м³, в 2005 году – 230 млн м³, в 2010 – 204 млн м³, в 2015 снизится до 177 млн м³, а в 2020 году – до 150 млн м³.

Торф. В республике разведано более 9000 торфяных месторождений общей площадью в границах промышленной глубины залежи 2,54 млн га с первоначальными запасами торфа 5,65 млрд т. К настоящему времени оставшиеся геологические запасы оцениваются в 4 млрд т, что составляет 70% от первоначальных.

Основные запасы залегают в месторождениях, используемых сельским хозяйством (1,7 млрд т, или 39% оставшихся запасов) или отнесенных к природоохранным объектам (1,6 млрд т, или 37%).

Ресурсы торфа, отнесенные в разрабатываемый фонд, оцениваются в 250 млн т, что составляет 5,5% оставшихся запасов. Извлекаемые при разработке месторождений запасы оцениваются в 100 – 130 млн т.

Приведенные данные свидетельствуют о значительных запасах торфа, располагаемых республикой, однако **без пересмотра направлений использования имеющихся ресурсов использование торфа для энергетических целей нереально.** Основным потребителем торфяных брикетов является население. Учитывая имеющиеся ресурсы торфа и то, что брикеты – относительно дешевый вид топлива, можно говорить о **целесообразности поддержания их производства на достигнутом уровне.** Однако в связи с выработкой запасов на ряде действующих брикетных заводов в ближайшей перспективе ожидается снижение объемов выпуска топливных брикетов. Частичная компенсация этого возможна за счет добычи кускового торфа, а также строительства мобильных заводов мощностью 5 – 10 тыс. т.

Для повышения коэффициента использования залежей торфа и таким образом увеличения извлекаемых его запасов необходимо широкое внедрение новых направлений использования выработанных торфяных месторождений – выработка запасов торфа с оставлением 0,2 – 0,3 метра защитного слоя, повторное заболачивание выработанных месторождений.

Без пересмотра направлений использования запасов торфа в сторону увеличения производства для энергетических целей объемы его производства для топливных целей не будут превышать 1,3 млн т у.т. в год.

Горючие сланцы. Прогнозные запасы горючих сланцев (Любанское и Туровское месторождения) оцениваются в 11 млрд т, промышленные – 3 млрд т. Наиболее изученным является Туровское месторождение, в пре-

делах которого предварительно разведано первое шахтное поле с запасами 475 – 697 млн т (1 млн т таких сланцев эквивалентен примерно 220 тыс. т у.т.). Теплота сгорания – 1000 – 1510 ккал/кг, зольность – 75%, выход смол – 6 – 9,2%, содержание серы – 2,6%.

По своим качественным показателям белорусские горючие сланцы не являются эффективным топливом из-за высокой их зольности и низкой теплоты сгорания. Они непригодны для прямого сжигания, требуют предварительной термической переработки с выходом жидкого и газообразного топлива. Стоимость получаемых продуктов (коксовый газ и сланцевое масло) на 30% выше мировых цен на нефть с учетом ее доставки на территорию республики. Помимо сказанного, следует отметить, что получаемая после термической переработки черная зола непригодна для дальнейшего использования в сельском хозяйстве и строительстве, а из-за неполного извлечения органической массы в золе прослеживается содержание канцерогенных веществ.

Бурые угли. По состоянию на 1 января 2003 года в неогеновых отложениях известно 3 месторождения бурых углей: Житковичское, Бриневское и Тонежское с общими запасами 151,6 млн т.

Разведаны детально и подготовлены для промышленного освоения две залежи Житковичского месторождения – Северная (23,5 млн т) и Найдинская (23,1 млн т), две другие (Южная – 13,8 млн т и Кольменская – 8,6 млн т) разведаны предварительно.

На базе Житковичского месторождения с учетом предварительно разведанных запасов возможно строительство буроугольного карьера годовой мощностью 2 млн т (0,37 млн т у.т.). Ориентировочная стоимость строительства первой очереди разреза мощностью в 1,2 млн т в год (0,22 млн т у.т.) составит 57 млн долл. США, при увеличении мощности до 2 – 2,4 млн т потребуется дополнительно 25,7 млн долл. США. Угли низкокалорийные – низшая теплота сгорания рабочего топлива 1500 – 1700 ккал/кг, влажность – 56 – 60%, средняя зольность – 17 – 23%, пригодны для использования как коммунально-бытовое топливо после брикетирования совместно с торфом.

Разработка угольных месторождений возможна открытым способом, однако в ближайшей перспективе не рекомендована республиканской экологической комиссией, поскольку в результате вынужденного резкого снижения грунтовых вод возможный экологический ущерб из-за гибели лесных угодий, рыбных прудов, снижения урожайности сельхозугодий, запыленности территорий значительно превысит получаемые выгоды.

Тема 3. ТРАДИЦИОННЫЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

3.1. Назначение и основные типы электростанций

Возможности и способы получения, а правильнее сказать, преобразования энергии человечество изучает и осваивает не одну сотню лет. Производство энергии предполагает ее получение в удобном для использования виде, а сам процесс получения – только преобразование из одного вида в другой. Процесс конечного потребления энергии также заключается лишь в трансформации ее вида и/или качества.

Наиболее удобным из известных в настоящее время видов энергии является электроэнергия, которая по праву может считаться основой индустриальной цивилизации. Она обладает уникальным комплексом свойств, которые делают ее незаменимой как в производстве, так и в повседневной жизни человека. Во-первых, электроэнергия универсальна, то есть может использоваться в самых различных целях. С помощью несложных приборов и устройств ее можно преобразовать в механическую, тепловую, электромагнитную и химическую энергию. Во-вторых, электроэнергию относительно легко передавать на большие расстояния и распределять между потребителями, а учет ее расхода реализуется на базе простых, недорогих и обладающих при этом высокой точностью измерительных приборов. Еще одним ценным достоинством электрической энергии является возможность бесконечного дробления и концентрирования ее мощности, изменения напряжения и других рабочих параметров.

Количество потребляемой в мире электроэнергии стабильно увеличивается, причем темпы роста электропотребления превышают темпы роста потребления первичных энергоресурсов. Это вызвано указанными преимуществами электроэнергии, которые приводят к постепенному вытеснению других видов энергии, в частности, органического топлива и тепловой энергии, из структуры энергоносителей, используемых конечными потребителями, и обеспечивается появлением новых и совершенствованием существующих способов производства электроэнергии.

Основная часть электроэнергии вырабатывается централизованно на электростанциях. Электростанцией называется совокупность установок, оборудования и аппаратуры, используемых непосредственно для производства электрической энергии, а также необходимые для этого сооружения и здания, расположенные на определенной территории. Выработка электроэнергии на электростанциях осуществляется путем преобразова-

ния первичной энергии (энергии, заключенной в первичных энергоресурсах). При этом традиционная энергетика базируется на использовании традиционных ПЭР – гидроэнергии крупных рек, ресурсов органического и ядерного топлива. Для использования различных видов ПЭР применяются разные типы электростанций; в названии типа обычно содержится указание на источник первичной энергии, например:

- ТЭС – *тепловая электростанция*, вырабатывает электроэнергию в результате преобразования тепловой энергии, выделяющейся при сжигании органического топлива;

- АЭС – *атомная электростанция*, вырабатывает электроэнергию путем преобразования энергии ядерного топлива;

- ГЭС – *гидравлическая электростанция*, преобразует гидравлическую энергию (механическую энергию движения воды) в электроэнергию.

Указанные типы станций составляют основу современной электроэнергетики и обеспечивают более 95% мировых потребностей в электроэнергии.

Тепловая энергия является вторым по значимости и широте использования в различных сферах общественного производства видом энергии. В качестве теплоносителей обычно выступают горячая вода и водяной пар. Нагретая вода применяется для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения жилых зданий, производственных помещений и объектов социальной сферы, а также в некоторых технологических процессах. Водяной пар расходуется преимущественно на технологические нужды промышленных предприятий. В нашей республике, характеризующейся довольно холодным климатом, количество энергии, потребляемой в виде тепла, почти в три раза превышает количество потребляемой электроэнергии.

В принципе, тепловую энергию требуемых параметров можно получать непосредственно на месте потребления путем преобразования электроэнергии.

Однако в рамках современных технологий выгоднее, как правило, использовать тепловую энергию, выделяющуюся при прямом сжигании топлива. Такое преобразование может осуществляться либо централизованно с последующей транспортировкой тепла к потребителям, либо прямо на месте потребления.

3.2. Тепловые электростанции

В РБ более 95% собственной электроэнергии вырабатывается на ТЭС. По назначению ТЭС делятся на два типа:

- **КЭС** – конденсационные тепловые электростанции, предназначенные для выработки только электрической энергии;
- **ТЭЦ** – теплоэлектроцентрали, на которых осуществляется одновременное производство электрической и тепловой энергии.

На рис. 3.1 представлена принципиальная тепловая схема КЭС.

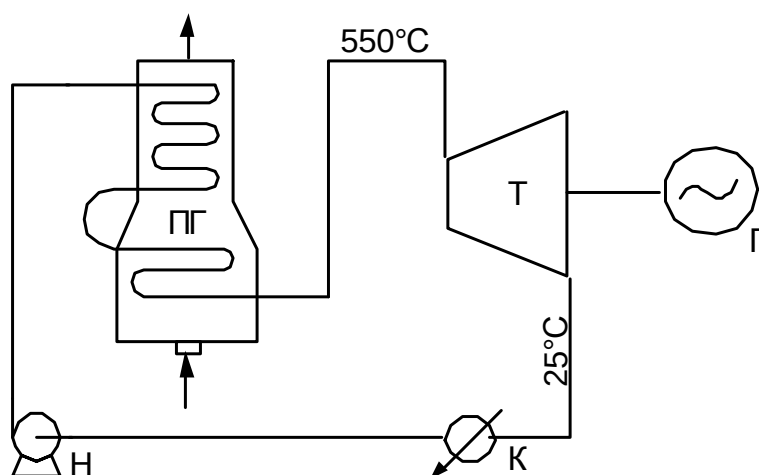


Рис. 3.1. Принципиальная тепловая схема КЭС:
ПГ – котел-парогенератор, Т – турбина, Г – генератор

В котле при сжигании топлива выделяется тепловая энергия, которая преобразуется во внутреннюю энергию водяного пара (в зависимости от мощности ТЭС могут получать пар давлением более 200 атм с температурой более 550 °С). В турбине Т водяная энергия пара преобразуется в механическую энергию вращения ротора турбины. Вал турбины соединен с валом электрогенератора Г, в котором механическая энергия вращения ротора преобразуется в электрическую энергию. При расширении в турбине пар теряет давление и температуру. На выходе из турбины пар имеет температуру около 25 °С и давление порядка 0,04 атм. Для того чтобы вернуть этот пар в рабочий цикл, его конденсируют в конденсаторе К и полученную воду насосом Н, повышая давление до рабочего (200 атм), возвращают в котел-парогенератор. В турбине способ преобразования тепловой энергии пара в механическую 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, выполненные из металла каналы, в которых температура и давление пара уменьшаются, а значит, уменьшается и его тепловая энергия, но зато возрастает скорость движения потока

пара. Таким образом, за счет уменьшения тепловой (внутренней, потенциальной) энергии пара возрастает его механическая (кинетическая) энергия. Струя пара с высокой скоростью 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 уменьшаются следующим образом. Канал между рабочими лопатками криволинейен. Поток пара, протекая по криволинейному каналу, меняет направление и величину скорости. При этом он оказывает давление на вогнутые поверхности лопаток. Вследствие этого рабочие лопатки, диск, вал – весь ротор приходит во вращение.

Схема ТЭЦ отличается тем, что отбираемый из турбины пар имеет довольно высокие давление и температуру. Этот пар может частично отводиться на сторону либо полностью поступать в конденсатор, где осуществляется подогрев теплофикационной воды. Для получения пара с необходимыми потребителю параметрами (давление 6, 10, 20 атм) на ТЭЦ используют специальные турбины с промежуточным отбором пара. В них, после того как часть энергии пара израсходуется в турбине для приведения ее в движение и параметры пара понизятся, производится отбор некоторой доли пара для потребителей. Оставшаяся доля пара обычным способом используется в турбине для приведения ее во вращение и затем поступает в конденсатор.

ТЭЦ имеют более высокий КПД (до 60%) по сравнению с КЭС (не более 40%) за счет выработки тепловой энергии. Однако соотношение в мощностях КЭС и ТЭЦ определяется потребностью в теплоэнергии. При максимальной централизации теплоснабжения на ТЭЦ можно выработать только 25 – 30% требуемой электроэнергии. Остальную часть необходимо вырабатывать на ТЭС или электростанциях других типов. Поэтому в национальной энергетической системе необходимо рациональное сочетание ТЭЦ и КЭС. ГРЭС – крупные КЭС, обеспечивающие электроэнергией целые регионы.

Электростанции с газотурбинными и комбинированными парогазовыми установками

Рассмотренная схема ТЭС является основной, в ней используется парогенератор, в котором водяной пар служит носителем энергии. На ТЭС могут использоваться газотурбинные установки (ГТУ). Широкое распро-

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

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

По конструктивному исполнению и принципу преобразования энергии газовые турбины не отличаются от паровых. Экономичность работы газовых турбин примерно такая же, как и двигателей внутреннего сгорания, а при очень высоких температурах рабочего тела их экономичность выше. Газовые турбины более компактны, чем паровые турбины и двигатели внутреннего сгорания аналогичной мощности. Коэффициент полезного действия современных конструкций ГТУ достигает 40%, а мощность – 500 МВт. Важнейшим преимуществом газовой турбины является ее высокая маневренность: время запуска составляет 1 – 1,5 мин. ТЭС с газотурбинными установками более маневренна, чем паротурбинная, легко пускается, останавливается, регулируется. Это очень ценно для экономичного и надежного функционирования энергетических систем. Пока мощность имеющихся газовых турбин в 5 – 8 раз меньше, чем паровых. Недостаток ГТУ заключается в том, что газовые турбины работают, в основном, на жидком высококалорийном топливе или на газообразном (природный газ; искусственный газ, получаемый при особом сжигании твердых топлив). Тем не менее, аналитические исследования перспективных направлений развития мировой энергетики называют ГТУ в числе наиболее прогрессивных преобразователей энергии XXI века.

На рис. 3.2 представлена принципиальная схема ТЭС с газотурбинной установкой. В камеру сгорания 1 подается жидкое или газообразное топливо и воздух. Образующиеся в ней газы 2 высокого давления при температуре 750 – 770 °С направляются на рабочие лопатки турбины 3. Турбина 3 вращает электрический генератор 4, вырабатывающий электрическую энергию, и компрессор 5, служащий для подачи под давлением воздуха 6 в камеру сгорания. Сжатый в компрессоре 5 воздух 6 перед подачей в камеру сгорания 1 подогревается в регенераторе 7 отработанными в турбине горючими газами 8. Подогрев воздуха позволяет повысить эффективность сжигания топлива в камере сгорания.

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

Дело в том, что отработанные в ГТУ газы имеют высокую температуру, что неблагоприятно сказывается на кпд термодинамического цикла. Совмещение газо- и паротурбинных агрегатов так, что в них происходит совместное использование тепловой энергии, получаемой при сжигании топлива, позволяет повысить кпд установки до 58 – 62% и снизить ее стоимость на 25%.

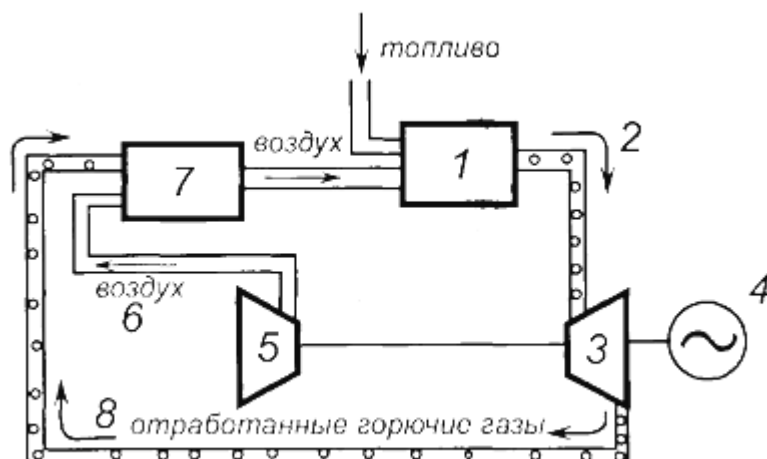


Рис. 3.2. Принципиальная схема ТЭС с газотурбинной установкой

Парогазовая установка является бинарной, так как в ней используются два рабочих тела: пар и газ. Принципиальная схема ТЭС с парогазовой установкой приведена на рис. 3.3. На ней обозначены: 1 – парогенератор, 2 – компрессор, 3 – газовая турбина, 4 – генератор, 5 – паровая турбина, 6 – конденсатор, 7 – насос, 8 – экономайзер. Экономайзер позволяет отработанные в турбине газы использовать для подогрева питательной воды, что дает возможность уменьшить расход топлива и повысить кпд.

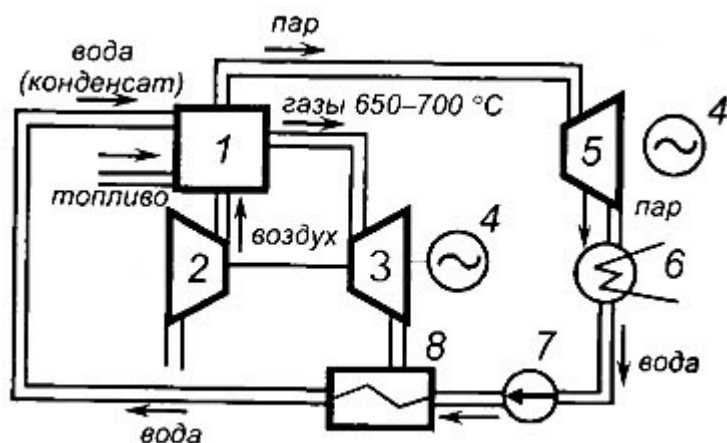


Рис. 3.3. Принципиальная схема ТЭС с парогазовой установкой

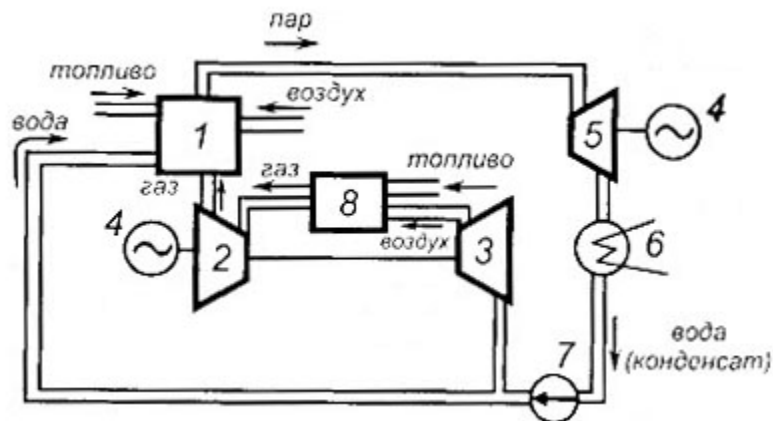
$$\xrightarrow{\text{nap}}$$


Рис. 3.4. Схема ТЭС с парогазовой установкой: 8 – камера сгорания

Полный кпд парогазовой установки с учетом выработки тепла для нужд теплоснабжения составляет порядка 80 – 85%.

3.3. Атомные электростанции

АЭС по своей сути также является тепловой электростанцией и имеет ту же принципиальную схему. Только вместо котла-парогенератора, в котором сжигается органическое топливо, используется ядерный реактор. Внутриядерная энергия превращается в тепловую энергию пара, затем – в механическую энергию вращения турбогенератора и в электрическую энергию. В качестве топлива используется обогащенный уран (основной компонент U^{235}). Он помещается в топливные стержни. Между ними расположены графитовые стержни, с помощью которых контролируется интенсивность распада (коэффициент размножения). Все это помещено в толстостенную стальную оболочку (затем свинцовая, бетонная защита и т. д.). Водяной пар могут получать непосредственно в реакторе, когда вода омывает топливные элементы и испаряется. Но сейчас обычно используют расплавы щелочных и щелочноземельных металлов, которые циркулируют через реактор и через специальные теплообменные аппараты, в которых вырабатывается водяной пар. При этом снижается уровень радиоактивного заражения используемого оборудования. Наличие термодинамического цикла на АЭС ограничивает кпд этой станции, как и обычных тепловых станций. Недостаток АЭС заключается также в отсутствии маневренности: пуск и остановка блоков и агрегатов этих станций требуют значительных затрат времени и труда.

3.4. Гидроэлектростанции

На ГЭС для выработки электроэнергии используется энергия падающей воды. Для создания достаточного перепада уровней воды (скорости движения воды) сооружаются плотины. Вода перетекает с верхнего уровня на нижний либо по специальным трубам (турбинным трубопроводам), либо по выполненным в теле плотины каналам, приобретает большую скорость и поступает на лопасти гидротурбины. Ротор гидротурбины приводится во вращение под действием центробежной силы струи воды. Таким образом, на ГЭС осуществляется преобразование механической энергии воды непосредственно в электрическую (то есть на них, в отличие от рассмотренных выше типов электростанций, отсутствует термодинамический цикл – преобразование тепловой энергии в механическую). Поэтому теоретически их КПД может достигать 90%. Кроме того, ГЭС являются высокоманевренными станциями, время пуска их агрегатов исчисляется минутами. Энергия ГЭС преимущественно используется для покрытия пиковой части графика нагрузки энергосистем с целью улучшения работы основных электростанций (ТЭС, АЭС).

В энергосистеме желательно иметь сочетание различных типов станций. Комбинируя их характеристики, можно добиться наилучших характеристик энергосистемы в целом, в том числе наибольшей энергоэффективности – обеспечения национальной кривой нагрузки с минимальными затратами.

Тема 4. ГРАФИКИ НАГРУЗКИ, ИХ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ВЫРАВНИВАНИЕ

4.1. Графики нагрузки отдельных потребителей и энергосистемы в целом

Производство электрической и тепловой энергии на электростанциях и ее потребление различными пользователями – процессы жестко взаимосвязанные. В силу физических закономерностей мощность потребления энергии в какой-либо момент времени должна быть равной генерируемой мощности. В этом заключается специфическая особенность энергетического производства. Практическое применение известных способов аккумуляирования (накопления, складирования) различных видов энергии пока недостаточно распространено.

В то же время работа отдельных приемников (потребителей) электрической и тепловой энергии неравномерна и суммарное энергопотребление также неравномерно во времени. Большинству потребителей требуется электроэнергии и тепловой энергии днем больше, чем ночью, зимой больше, чем летом; существенно различаются режимы энергопотребления в рабочие и выходные дни. Режим потребления электрической и тепловой энергии в течение определенного отрезка времени отражается с помощью графика нагрузки. Итак, график нагрузки – это графическое описание зависимости потребляемой мощности от времени суток, месяца, года (соответственно суточный, месячный и годовой графики нагрузки). Графики нагрузки отдельных потребителей и в целом энергосистемы имеют неравномерный характер.

Суточный график нагрузки района, города, страны складывается из графиков нагрузки множества отдельных потребителей. Характер изменения мощности потребляемой энергии в течение суток различен для разных групп приемников. Самым равномерным энергопотреблением характеризуются крупные промышленные предприятия, использующие непрерывные технологические процессы и/или работающие круглосуточно. Колебания мощности могут быть обусловлены наличием периодических процессов, проведением ремонтов, дневной работой административно-управленческого персонала, необходимостью ночного освещения территории предприятия и т. д. Наименее равномерно используют электроэнергию отдельные бытовые потребители. Кратковременные включения мощных бытовых электроприборов (электрочайников, печей СВЧ, пылесосов,

стиральных машин и т. п.), освещение квартир и интенсивное использование различных приборов в утренние и вечерние часы при практически полном отсутствии энергопотребления в ночное время обуславливают отклонения моментальной потребляемой мощности от среднесуточной величины в десятки раз. За счет большого количества бытовых приемников, имеющих различные режимы энергопотребления, суммарный график нагрузки жилищно-бытового сектора является более гладким, однако также имеет ярко выраженные минимумы и максимумы. Пример суточного графика нагрузки, типичного для большого города (без учета промышленных предприятий), приведен на рис. 4.1. На графике имеют место два характерных пика: утром в 8 – 12 часов и вечером в 16 – 20 часов, а также характерный ночной провал нагрузки; при этом пиковая мощность почти на порядок выше мощности, потребляемой городом во время ночного провала нагрузки.

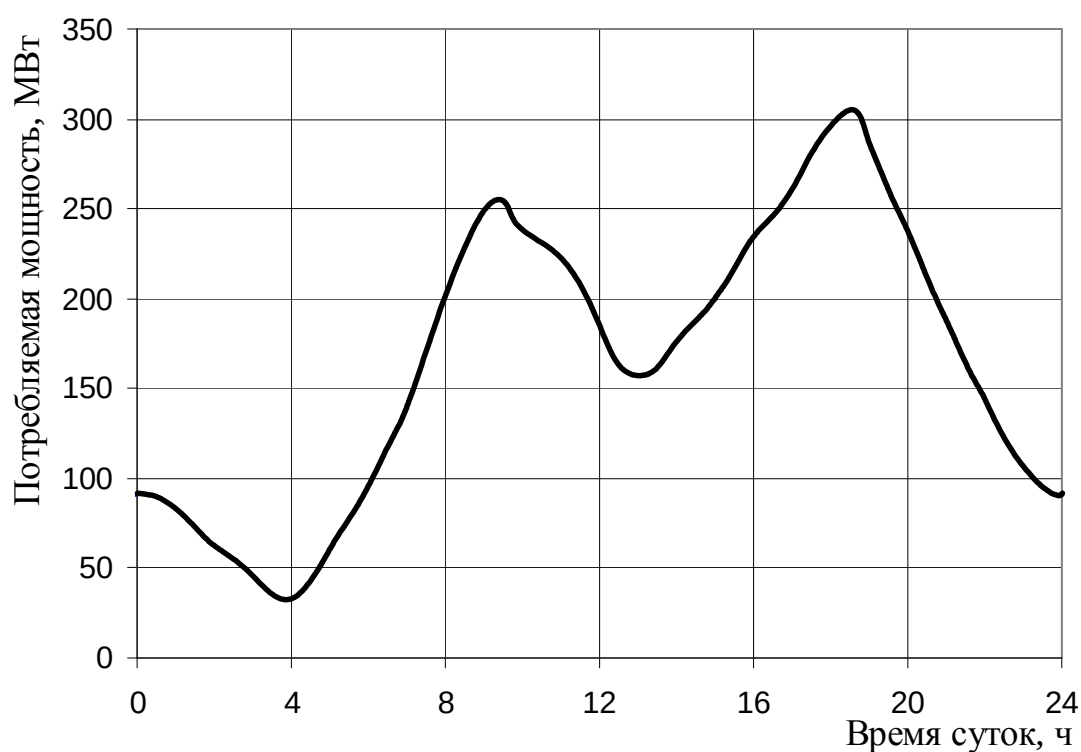


Рис. 4.1. Пример графика потребления электроэнергии в течение зимних суток в большом городе

Из графиков нагрузки всех отдельных потребителей страны складывается так называемая национальная кривая нагрузки, которая за счет значительного и достаточно равномерного потребления энергии крупными

промышленными предприятиями является более гладкой (характеризуется меньшим относительным изменением мощности в течение суток). В качестве примера на рис. 4.2 представлена фактическая кривая нагрузки для объединенной энергосистемы (ОЭС) Украины.

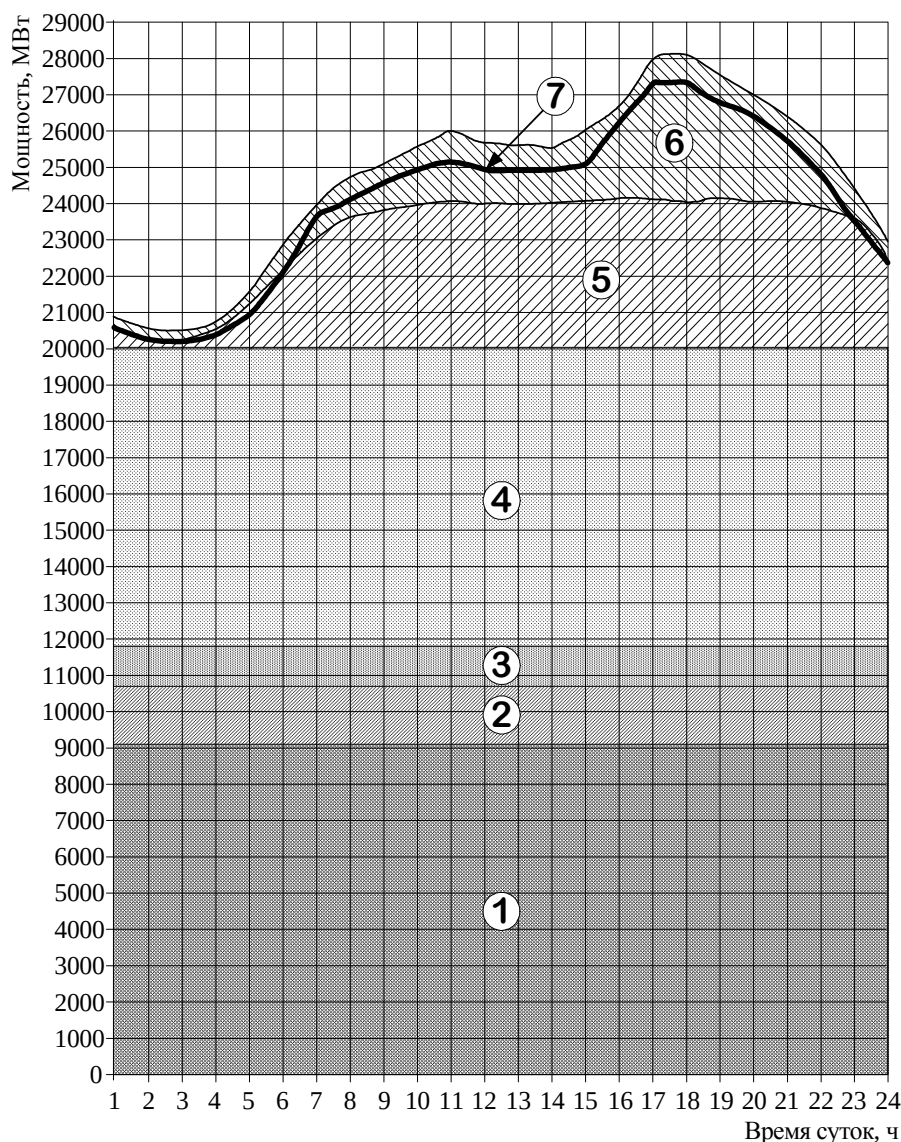


Рис. 4.2. Фактический график базовой и регулирующей мощности в балансе ОЭС Украины за 2 декабря 2002 года:

- 1 – мощность АЭС (около 9150 МВт);
- 2 – базовая мощность блок-станций и малых ТЭЦ (около 1500 МВт);
- 3 – базовая мощность блочных ТЭЦ (около 1150 МВт);
- 4 – базовая мощность КЭС (около 8250 МВт);
- 5 – регулирующая мощность блочных ТЭЦ и КЭС (около 4250 МВт);
- 6 – мощность ГЭС (минимальная – 260 МВт, максимальная – 3980 МВт);
- 7 – национальная кривая нагрузки (минимальная потребляемая мощность – 20185 МВт, максимальная – 27373 МВт)

Здесь также присутствуют утренний и вечерний пики и ночной провал нагрузки; величина потребляемой в вечернее время мощности составляет 130 – 140% от ночного уровня.

Задача энергосистемы страны состоит в обеспечении национальной кривой нагрузки. Непрерывность процесса производства, передачи и потребления электроэнергии, невозможность ее складирования требуют поддержания на электростанциях в каждый момент времени мощности, соответствующей потреблению (с учетом собственных нужд электростанций и потерь на передачу в электросетях) при условии соблюдения графиков межгосударственных перетоков. При несоответствии режимов производства и потребления возникают сбои электропитания – провалы/выбросы напряжения, колебания частоты и т. д., вплоть до полного отключения напряжения. Это приводит к помехам при работе чувствительного оборудования, перегрузкам блоков питания, аварийным отключениям, снижению коэффициента полезного действия, уменьшению ресурса работы или полному выходу из строя электрооборудования и приборов. Примеры суточных колебаний напряжения в сетях 220 В приведены на рис. 4.3.

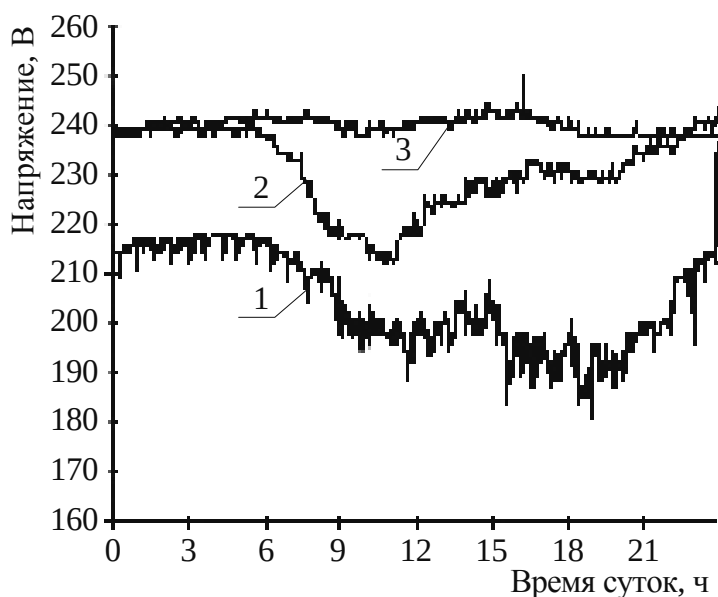


Рис. 4.3. Примеры суточных циклов изменения напряжения в сети:

- 1 – кривая для сети с пониженным напряжением;
- 2 – кривая для сети с повышенным напряжением;
- 3 – кривая для сети с повышенным напряжением – праздничный день

Кардинально изменить характер потребления электрической и тепловой энергии весьма сложно. Более того, объективно существует тенденция разуплотнения графиков нагрузки, которая обусловлена опережающим рос-

том коммунально-бытовой нагрузки. В связи с этим выявляются две важные цели энергетического менеджмента:

- обеспечение графиков нагрузки;
- выравнивание национальной кривой нагрузки.

Одним из условий надежного функционирования энергосистем является точное прогнозирование энергопотребления в целях планирования режимов работы генерирующих мощностей для обеспечения графиков нагрузки и бесперебойного энергоснабжения.

4.2. Обеспечение графиков нагрузки

Для обеспечения неравномерных графиков нагрузки энергосистема должна быть достаточно маневренной, то есть способной быстро и в широких пределах изменять мощность вырабатываемой энергии без существенного снижения КПД и ресурса работы генерирующего оборудования.

В большинстве промышленно развитых стран основная часть электроэнергии вырабатывается на ТЭС (в РБ более 90%), для которых наиболее желателен равномерный график нагрузки. Обычные паровые котлы и турбины тепловых электростанций допускают изменение мощности всего на 10 – 15%, при этом работа в резко переменном режиме приводит к повышенному расходу топлива, износу теплосилового оборудования и снижению его надежности. Поэтому оптимальным вариантом является использование ТЭС в качестве так называемых базовых электростанций, покрывающих постоянную нагрузку энергосистемы, то есть базовую часть графика нагрузки. Однако в большинстве случаев электростанции этого типа вынуждены выступать и в роли регулирующих мощностей.

Следует отметить, что разные ТЭС характеризуются различной степенью маневренности, которая зависит от вида используемого топлива, единичной мощности и технических характеристик агрегатов, а также степени реализации принципа блочности – разделения электростанции на независимые параллельно работающие системы, которые включают в себя все необходимое оборудование, образующее технологический комплекс для производства электроэнергии. Блочные тепловые электростанции состоят из независимых энергоблоков (котел – турбина – генератор – трансформатор) и являются наиболее маневренными и экономичными. Регулирование их мощности осуществляется ступенчато путем включения/выключения отдельных энергоблоков. Подобный режим целесообразно использовать для обеспечения годового графика нагрузки, когда в летнее время оборудова-

ние частично простаивает, а зимой эксплуатируется полностью. При этом отдельные энергоблоки стабильно работают в номинальном режиме с достаточно высоким кпд; негативным эффектом является снижение коэффициента использования установленной мощности (КИУМ).

При отсутствии в энергосистеме достаточного количества высокоманевренных мощностей потенциал блочных ТЭС используется и для обеспечения суточного графика потребления (см. примеры на рис. 4.2 и 4.4). Однако, по ряду обстоятельств, работа энергоблоков в таком режиме нежелательна.

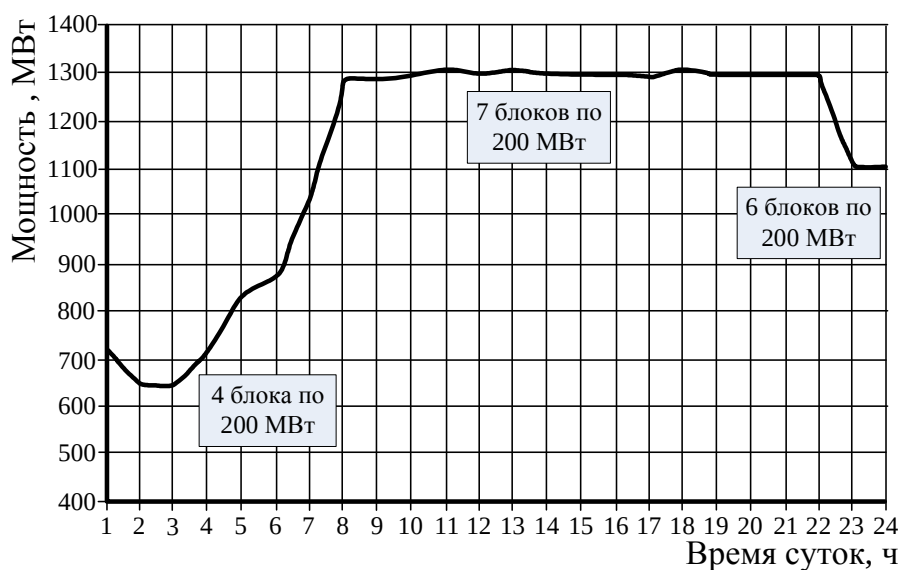


Рис. 4.4. Пример суточного режима работы блочной КЭС

Во-первых, за счет большой длительности стадий пуска/остановки (от часа и более) их доля в общей продолжительности одного рабочего цикла становится весьма значительной, что приводит к перерасходу топлива и снижению среднего кпд. Во-вторых, за счет увеличения количества циклов быстро накапливается термохимическая усталость металла узлов и деталей, интенсивно изнашивается паросиловое оборудование и регулирующая арматура. В-третьих, существенно снижается величина КИУМ за счет необходимости обеспечения и суточных, и годового графиков нагрузки. При этом участвовать в покрытии суточных графиков нагрузки способны ТЭС с единичной мощностью блоков до 200 МВт, так как энергоблоки большей мощности (500, 800 МВт и т. д.) не имеют технической возможности обеспечения такого режима работы. ТЭС, имеющие развитые поперечные связи по пару и воде между параллельно работающими агрегатами (кот-

лами, турбинами, конденсаторами и т. д.), также не могут использоваться для суточного регулирования выработки энергии и участвуют по мере собственных технических возможностей и потребностей энергосистемы в обеспечении месячных/сезонных/годовых графиков нагрузки.

Перспективным направлением повышения маневренности ТЭС является внедрение энергоблоков на базе газотурбинных и комбинированных парогазовых установок, которые, по сравнению со стандартными паротурбинными агрегатами, характеризуются значительно меньшей продолжительностью стадий пуска и остановки, а также относительной легкостью регулирования. При этом мощность ГТУ может варьироваться в довольно широких пределах без существенного снижения КПД и ресурса работы оборудования. Определенное повышение маневренности существующих мощностей достигается при внедрении современных автоматических систем управления технологическим процессом (АСУТП), которые за счет четкого оперативного регулирования технологического режима позволяют сократить время пуска, расширить диапазон устойчивой эффективной работы оборудования, снизить расход топлива.

Еще более нежелательны переменные режимы для атомных электростанций. Энергоблоки АЭС могут работать только в базовом режиме генерации и не способны обеспечить мобильный резерв мощности в энергосистеме (см. рис. 4.2). По скорости сброса нагрузки и самому уровню рабочей нагрузки особых ограничений нет, однако ее подъем осуществляется очень медленно, ступенями с выдержкой по времени на каждой ступени для предотвращения «разбухания» топлива. Число разгрузок блоков ограничено, и предусмотрены они в основном для плановых и аварийных сбросов нагрузки или остановок блоков при повреждении оборудования. Допустимое число режимных разгрузок энергоблоков АЭС обычно колеблется от 0 до 6. Перечисленные технические ограничения обусловлены тем, что топливный цикл реакторов атомных станций основан на использовании низкообогащенного уранового топлива. В настоящее время активно изучаются возможности и целесообразность участия АЭС в покрытии годовых графиков нагрузки за счет изменения числа и мощности работающих блоков, расписания плановых ремонтов и операций по перегрузке ядерного топлива с целью переноса их на летний период и т. д.

С точки зрения маневренности привлекателен российский проект подземных атомных электростанций (ПАТЭС). Применение реакторов корабельного типа (топливный цикл основан на использовании высокообогащенного урана) обеспечивает отслеживание мощности в диапазоне от

5 до 100% от номинального уровня станции и допускает очень высокую, вплоть до 1% в секунду, скорость маневрирования, что позволяет легко адаптироваться к любому графику внешней нагрузки по электрической и тепловой энергии. В связи с отсутствием в РБ достаточного количества маневровых мощностей рассматривается вопрос строительства ПАТЭС около Минска для электро- и теплоснабжения столицы и некоторого повышения маневренности отечественной энергосистемы. В отдаленной перспективе с целью снижения зависимости республики от поставок природного газа и затрат на производство электрической и тепловой энергии возможно сооружение таких электростанций вблизи других крупных городов.

Гидроэлектростанции – наиболее маневренные из традиционных типов электростанций, набор полной мощности от нуля осуществляется всего за 1 – 2 минуты. Рабочая мощность гидравлических электростанций может изменяться в широких пределах за счет практически мгновенного автоматического запуска и отключения требуемого количества агрегатов. Поэтому, в зависимости от потребностей энергосистемы, ГЭС используются или в качестве регулирующих мощностей, обеспечивая покрытие запланированного графика нагрузки (см. рис. 4.2), или в качестве резервных мощностей на случай аварий на других электростанциях, непредусмотренных отклонений потребления от прогнозной кривой нагрузки и т. п. К недостаткам таких электростанций следует отнести то, что режим работы и возможность использования конкретной ГЭС в покрытии графика нагрузки непостоянны во времени и изменяются в зависимости от неуправляемых природных факторов – характерного периода года, объемов паводка и притоков, то есть обеспеченности гидроресурсами, и т. д.

Обеспечение достаточной для покрытия существующих графиков нагрузки маневренности энергосистемы достигается путем оптимизации структуры генерирующих мощностей, то есть рационального выбора числа, видов и установленной мощности различных электростанций. Поиск такой структуры является одной из конкретных задач энергоменеджмента, успешное решение которой позволяет наладить надежное энергоснабжение при минимальных энергетических и капитальных затратах.

Еще одним важным фактором обеспечения графиков нагрузки, повышения надежности энергообеспечения и экономии энергоресурсов является интеграция национальных электроэнергетических систем в крупные транснациональные энергообъединения. Совместный режим работы позволяет осуществлять ряд мероприятий по оптимизации использования

топливно-энергетических ресурсов и создает условия для взаимовыгодных отношений между странами.

В условиях параллельной работы энергосистем становится реальным осуществление обмена электроэнергией между регионами и государствами с разными поясами времени. При этом за счет смещения пиков и провалов национальных кривых относительно друг друга во времени суммарный график нагрузки транснационального энергообъединения несколько уплотняется, что приводит к улучшению условий работы и снижению удельного расхода топлива на электростанциях, используемых в качестве регулирующих мощностей. Суммарная пиковая мощность обобщенного графика нагрузки меньше, чем сумма пиковых мощностей отдельных графиков из-за несовпадения пиков нагрузки в отдельных энергосистемах во времени. Это приводит к уменьшению инвестиционной составляющей в себестоимости электроэнергии за счет более полного использования установленных мощностей электростанций.

В 1992 году главы правительств государств СНГ подписали «Соглашение о координации межгосударственных отношений в области электроэнергетики Содружества Независимых Государств». Основной целью соглашения стало проведение совместных скоординированных действий, направленных на обеспечение устойчивого и надежного энергоснабжения экономики и населения государств на основе эффективного функционирования объединенных энергетических систем. В результате проводимых мероприятий одиннадцать из двенадцати национальных энергосистем государств Содружества (кроме энергосистемы Армении) включены в совместную параллельную работу. Благодаря этому наметился рост количественных и улучшение качественных показателей работы электроэнергетики, произошла определенная стабилизация в отрасли. Стратегически важным вопросом является интеграция электроэнергетики СНГ с Транс-европейской синхронной объединенной электроэнергетической системой стран Западной, Центральной и Юго-Восточной Европы (TESIS). Для этого сегодня имеется определенная техническая база – неработающие или используемые со значительной недогрузкой межгосударственные линии электропередачи, соединяющие СНГ со странами дальнего зарубежья, достаточный резерв генерирующих мощностей в странах Содружества.

Комплексное применение рассмотренных подходов и мероприятий позволяет обеспечить надежное стабильное покрытие существующих потребностей в энергии. Но при приложении усилий только с генерирующей стороны невозможно достичь высокой экономической эффективности

функционирования системы в целом. Во-первых, количество электростанций в энергосистеме и их установленная мощность определяются относительно непродолжительным максимумом кривой нагрузки, что приводит к недоиспользованию оборудования и удорожанию энергосистем. Во-вторых, работа в переменных режимах повышает удельный расход топлива и износ оборудования. Следствием является значительный рост себестоимости вырабатываемой электрической и тепловой энергии. Интеграция национальных электроэнергетических систем в транснациональные энергообъединения лишь частично решает существующие проблемы, так как передача больших количеств электроэнергии на значительные расстояния сопряжена с определенными затратами и сопровождается потерями самой электроэнергии.

Обязательным условием устойчивого развития энергетической отрасли и экономики в целом является разработка, реализация и постоянное совершенствование политики управления спросом на энергию. Причем для управления энергопотреблением и выравнивания национальной/региональной кривой нагрузки могут и должны использоваться как социально-экономические, так и технические мероприятия и средства.

Эффективной технической мерой выравнивания графиков нагрузки служит аккумулятирование различных видов энергии. Идея заключается в том, что в часы пониженного потребления следует запасать вырабатываемую энергию, а в часы пикового потребления использовать ее. Внедрение технологий и устройств аккумулятирования является второй задачей энергоменеджмента в решении проблемы несоответствия режимов производства и потребления энергии.

4.3. Аккумулятирование энергии

Существует ряд технических систем, позволяющих накапливать различные виды энергии:

- механические системы аккумулятирования энергии;
- электрические системы аккумулятирования энергии;
- химические системы аккумулятирования энергии;
- аккумуляторы тепловой энергии.

В «большой» энергетике пока применяются только *механические системы аккумулятирования энергии*, в первую очередь – гидроаккумулятирующие электростанции (ГАЭС).

Схема гидроаккумулирующей станции показана на рис. 4.5. Принцип действия заключается в преобразовании электрической энергии, получаемой от электростанций других типов, в потенциальную энергию воды; при обратном преобразовании накопленная энергия выдается в энергосистему.

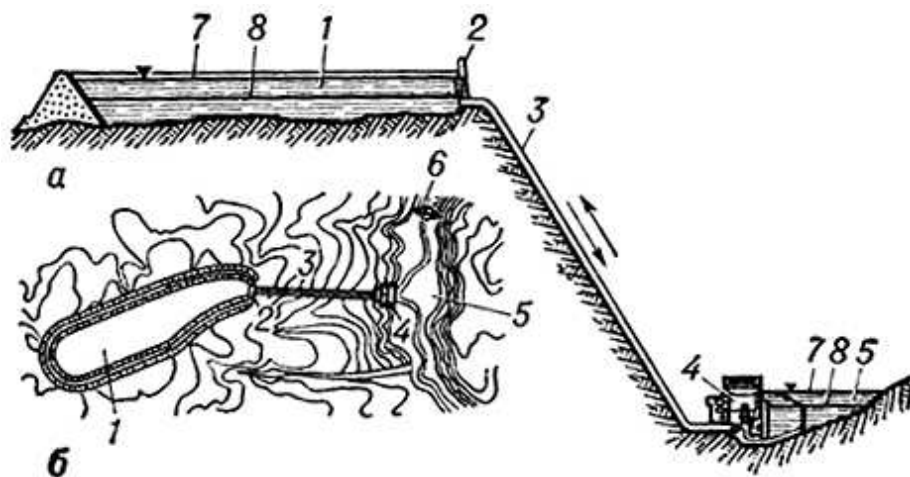


Рис. 4.5. Схема ГАЭС (а – вертикальный разрез; б – план): 1 – верхний аккумулирующий бассейн; 2 – водоприемник; 3 – напорный водовод; 4 – здание ГАЭС; 5 – нижнее питающее водохранилище; 6 – плотина с водосбросом; 7 – нормальный подпорный уровень воды; 8 – уровень срабатывания

Гидротехнические сооружения ГАЭС состоят из двух бассейнов, расположенных на разных уровнях, и соединительных трубопроводов – водоводов. Бассейны могут создаваться искусственно или иметь естественное происхождение (озера, реки). Нижним бассейном нередко служит водоем, образовавшийся вследствие перекрытия реки плотиной.

Гидроагрегаты, установленные в здании ГАЭС, могут быть трехмашинными, состоящими из обратной электрической машины (двигатель-генератор), гидротурбины и насоса, или двухмашинными, состоящими из обратной электромашины и обратной гидромашины, которая в зависимости от направления вращения может работать как насос либо как гидротурбина.

Избыток электроэнергии, вырабатываемой недогруженными электростанциями во время пониженного энергопотребления, используется работающими в насосном режиме гидроагрегатами ГАЭС для перекачки воды из нижнего бассейна в верхний, аккумулирующий бассейн. В периоды пиковой нагрузки в энергосистеме гидроагрегаты работают в генераторном режиме и производят электроэнергию за счет преобразования механической энергии движущейся под действием силы тяжести воды. Вы-

рабатываемая электроэнергия отдается в сеть, а вода снова накапливается в нижнем бассейне.

Емкость ГАЭС как аккумулятора энергии определяется объемом бассейнов и рабочим напором (разницей уровней верхнего и нижнего бассейнов). Общий кпд ГАЭС в оптимальных расчетных условиях работы приближается к 80%; в реальных условиях с учетом потерь в электрических сетях значение кпд лучших станций не превышает 70%. Наиболее экономичны мощные ГАЭС с напором в несколько сотен метров, сооружаемые на скальном основании. Естественные перепады местности на территории Беларуси позволяют сооружать станции с небольшим напором 80 – 110 м. Важным достоинством ГАЭС является высокая эксплуатационная маневренность. Вывод гидроагрегатов из остановленного состояния на номинальную мощность осуществляется за 1 – 1,5 мин; при вращении агрегатов на холостом ходу продолжительность включения в нормальную работу едва превышает 10 с. Еще одной ценной характеристикой ГАЭС является широкий регулировочный диапазон, который, согласно самому принципу ее работы, близок к двукратной установленной мощности. Собственно мощность ГАЭС может быть очень велика и для ряда станций превышает 1 ГВт. Уникальные возможности ГАЭС позволяют не только использовать их для аккумулирования энергии, но и возлагать на них ряд системных функций.

Наиболее целесообразным и распространенным является размещение ГАЭС в центре нагрузок энергосистемы, что позволяет свести к минимуму строительство электросетей и потери энергии при транспортировке. Однако порой сочетание природных условий и хозяйственной деятельности создает уникальные условия для образования энергетического комплекса с совместным использованием технологических объектов основных генерирующих электростанций (АЭС, ТЭС, ГЭС) и ГАЭС.

Первая гидроаккумулирующая станция была сооружена в Италии еще в начале XX века; сейчас во всем мире эксплуатируются сотни ГАЭС. Особенно широкое применение они получили в странах с развитой ядерной энергетикой. Так, в частности, во Франции мощность гидроаккумулирующих станций составляет около 10%, а в Японии – около 30% от совокупной мощности работающих в этих странах АЭС.

Также не нова идея запастись энергией в виде внутренней энергии сжатых газов, например, воздуха. Принцип работы воздухоаккумулирующей станции состоит в следующем: «внепиковая» электроэнергия используется для привода компрессора, нагнетающего воздух из атмосферы в

подземную полость; при работе в генераторном режиме сжатый воздух направляется на турбину и после расширения возвращается в атмосферу, а полученная электроэнергия отдается в сеть энергосистемы. В качестве подземной емкости для воздуха может использоваться естественная пещера, заброшенная шахта или специально созданная полость. В Германии уже имеется опыт эксплуатации подобной установки. Общий КПД воздухоаккумулирующей станции при современном уровне техники и технологий может достигать 70%. Возможно комбинирование таких систем с газотурбинными установками для создания мощных энергоэффективных электростанций с широким регулировочным диапазоном.

4.4. Ценовое и тарифное регулирования

Система тарифов на энергоносители является ключевым звеном в экономическом механизме стимулирования энергосбережения.

В практике всех промышленно развитых стран при формировании цен на энергию используется затратный метод (цена равна себестоимости плюс норма прибыли). В РБ тарифообразование также строится на затратном принципе. В развитых странах тарифы дифференцируются по группам потребителей в зависимости от издержек на производство, передачу и распределение энергии, поскольку энергообеспечение потребителей, подключенных к высоковольтному напряжению, сопряжено с меньшими издержками, чем энергообеспечение низковольтных потребителей, например, коммунально-бытового сектора.

Тарифы на теплоэнергию также дифференцируются: во-первых, по видам теплоносителя (пар или горячая вода), во-вторых, по параметрам, по удаленности от источника теплоснабжения и т. д.

В РБ сегодня имеет место обратная ситуация. После распада СССР цены на энергоносители резко возросли. Сложилась практика перекрестного субсидирования на оплату за энергоносители, которая не стимулирует потребителей к эффективному энергоиспользованию. Суть ее состоит в том, что промышленные предприятия при оплате за энергию вынуждены покрывать льготы, предоставленные населению и сельскому хозяйству. Сегодня бытовые потребители оплачивают около 40% услуг по энергообеспечению. В результате население не заинтересовано в учете и уменьшении расхода энергоносителей. Необоснованно высокие тарифы на энергоносители для промышленной группы потребителей приводят к тому, что многие из них создают альтернативные автономные источники энергии,

уходя от перекрестного субсидирования. Усугубляется положение части промышленных потребителей, использующих энергию от централизованных источников, увеличивается доля расходов на тепло в себестоимости производимой ими продукции, падает ее конкурентоспособность.

Возникает ряд более сложных проблем, то есть необоснованные тарифы приводят к негативным последствиям государственного масштаба. Необходим отказ от перекрестного субсидирования. Система тарифов должна создавать условия для эффективного использования энергии всеми категориями потребителей.

Второй основной целью энергоменеджмента является выравнивание национальной кривой нагрузки. Для достижения этой цели необходимо формирование такой системы тарифов, которая стимулировала бы все категории потребителей не только к повышению эффективности энергоиспользования, но и к выравниванию индивидуальной кривой потребляемой мощности во времени, то есть к сглаживанию национальной кривой нагрузки.

В настоящее время для расчетов с потребителями в РБ применяются одно- и двухставочные тарифы на электроэнергию. Одноставочные тарифы служат для расчетов с населением, учреждениями и организациями, маломощными промышленными потребителями с присоединенной мощностью до 750 кВт, с предприятиями сельского хозяйства и электротранспортом. Размер платы определяется как произведение цены за единицу энергии на общее потребленное количество.

Количество определяется по счетчикам, установленным у потребителей. Недостаток одноставочного тарифа – экономическая незаинтересованность потребителей в выравнивании графика за счет снижения пиков нагрузки. Плюсы – простота и понятность, минимум измерительных приборов. Для расчетов с промышленными потребителями с присоединенной мощностью 750 кВт и выше применяется двухставочный тариф, состоящий из двух частей:

- основной ставки за 1 кВт мощности, участвующей в максимуме нагрузки ЭС;
- дополнительной ставки за 1 кВт·ч потребленной энергии, как при расчетах по одноставочному тарифу.

Использование такого тарифа экономически поощряет потребителей к снижению присоединенной мощности и максимума нагрузки за счет уплотнения и выравнивания их графиков.

Одно- и двухставочные тарифы не позволяют устранить противоречие между заинтересованностью ЭС продать как можно больше э/э для получения максимальной прибыли, интересами потребителей в получении э/э в необходимое для них время по более низкой цене и интересами государства в целом по рациональному использованию национальных энергоресурсов и меньшим затратам на приобретение импортных.

Развитие тарифных систем во всей мировой практике направлено на гармонизацию интересов поставщиков, потребителей энергии и государства. В США, Франции, Великобритании и других экономически развитых странах тарифы дифференцированы по часам суток, по сезонам, по декадам месяца, что стимулирует как потребителей, так и производителей к выравниванию национальной кривой нагрузки.

Для удобства сравнения цены приведены в центах (США) за 1 кВтч.

США

Сектор потребления	Цена	Сектор производства	Цена
Население	8,1	Генерация	4,2
Бизнес	7,6	Передача	0,6
Промышленность	4,7	Распределение	2
Транспорт	5,5		

Источник информации – Национальная комиссия по регулированию энергетики (США).

Для американского рынка электроэнергии характерно наличие множества независимых производителей. Свои тарифы не только в каждом штате, но и у каждой фирмы.

Франция

Время суток	Население	Промышленность
Абонемент	7,31	9,97
Пиковые часы	8,42	9,81
Непиковые часы	4,79	4,79

Источник информации – ElectricitydeFrancer (энергосистема Франции).

Действует интересная система сезонных скидок. В Австралии также существует абонементная система оплаты, которая позволяет снизить стоимость электроэнергии.

Латвия

Время суток	Установленная мощность			
	Население	менее 60 кВт	60 – 400 кВт	более 400 кВт
Часы пик	–	–	–	8,45
День	5,93	6,61	6,13	5,63
Ночь	4,15	4,63	4,29	3,94

Источник информации – ЛатвЭнерго.

Цены для потребителей, имеющих вводы 6, 10, 110 кВ, существенно меньше.

Россия

Население	Промышленность
0,93	1,48

Источник информации – РАО ЕС России.

Применение тарифов, различных по зонам суток, так называемых зонных тарифов, позволяет сократить энергопотребление на 5 – 10%, так как стимулирует потребителей снижать нагрузку в часы максимума ЭС и заполнять ночные провалы нагрузки (рис. 4.6).

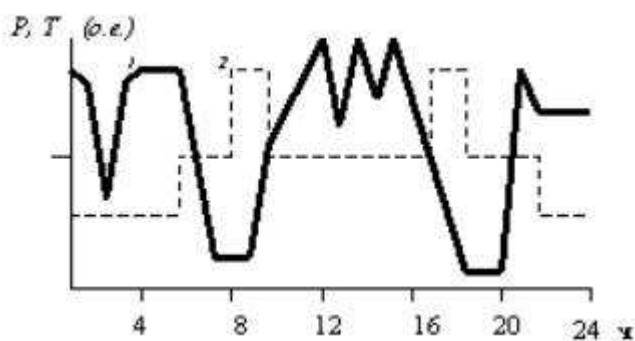


Рис. 4.6. Суточное электропотребление (1) и тариф, дифференцированный по времени суток (2), для электрометаллургического завода в Германии

В ряде стран используются тарифы, предусматривающие перебои в электроснабжении. Потребители, применяющие их, в основном крупные и достаточно безопасные промышленные предприятия, идут на снижение надежности электроснабжения в обмен на уменьшение тарифной ставки за максимум нагрузки.

С осени 1996 года в нашей республике введены зонные тарифы по электроэнергии как альтернативные для предприятий, использующих двухставочный тариф. Согласно этим тарифам плата устанавливается только за потребленную энергию, но в зависимости от времени потребления в течение суток: для ночных часов тариф имеет коэффициент 0,6 относительно базовой ставки, для дневных часов или часов полупика – 1,15, а для часов пика – 2,05. По сравнению с одноставочным и двухставочным тарифами зонный тариф более точно отражает реальный график энергопотребления и позволяет снизить суммарные затраты ЭС и потребителей. Планируется перевод на зонные тарифы большинства промышленных предприятий.

Для этого необходима модернизация системы учета энергопотребления, то есть установка электросчетчиков, позволяющих отслеживать и регистрировать потребление энергии по тарифным зонам. Это микропроцессорные, полностью электронные приборы. Эти счетчики по своим внутренним часам осуществляют переключение тарифных зон в соответствии с заданным расписанием. В приборах предусмотрена возможность автоматического перехода на летнее и зимнее время. Учет электроэнергии по тарифным зонам осуществляется, соответственно, по летнему или зимнему времени. Имеется возможность задания режимов выходных и праздничных дней, что тоже выгодно энергопотребителям, если в указанные дни используется льготный тариф по отношению к рабочим дням. Вся коммерческая информация снимается непосредственно с жидкокристаллического индикатора счетчика, считывается по оптическому порту счетчика или по цифровому интерфейсу.

Принципиально воздухоаккумулирующие станции обладают теми же преимуществами, что и ГАЭС.

Тема 5. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Добыча первичных энергоресурсов, их транспортировка, производство электрической и тепловой энергии на электростанциях, в котельных оказывают весьма существенное вредное воздействие на окружающую среду, которое заключается в выбросе в атмосферу и гидросферу вредных веществ, тепловом загрязнении окружающей среды, повышении радиоактивного фона, отчуждении земель под энергообъекты. Доставка энергии потребителям связана с отчуждением значительных территорий, нарушением природных ландшафтов, среды обитания животных и птиц, электромагнитными излучениями и акустическими шумами от линий электропередачи ультра- и сверхвысокого напряжения. Кроме того, неизбежен риск аварий на этих объектах, последствия которых при современных мощностях энергоустановок и интенсивности энергопотоков могут носить глобальный характер.

В настоящее время тепловые электростанции Беларуси (основная часть вырабатываемой энергии) и остальных стран мира работают на мазуте и природном газе, при сжигании которых (для газа в существенно меньшей степени) в атмосферу поступают токсичные газообразные выбросы окислов серы и азота, а также мелкие твердые частицы золы и сажи. Оксиды серы и азота, соединяясь с атмосферной влагой, образуют растворы кислот и выпадают в виде «кислотных дождей», под воздействием которых происходит закисление почв и увеличение кислотности вод поверхностных водоемов, что наносит ущерб сельскому, рыбному, лесному хозяйствам, не говоря уже о вредном воздействии на здоровье населения. Проблему кислотных дождей нельзя решить на национальном уровне, необходимы согласованные действия всех стран. Но пока не создано достаточно эффективных технологий очистки дымовых газов от этих компонентов. Одним из возможных направлений является предварительная очистка топлив (жидких и газообразных) от серы. Твердые виды топлив подвергнуть такой очистке практически невозможно.

Гидроэлектростанции также отрицательно влияют на окружающую среду (особенно при сооружении плотин в равнинных местностях, которые преобладают в РБ). Значительные площади земли занимают мелководные хранилища, сокращая сельскохозяйственные угодья. Вода в них интенсивно прогревается солнцем, создавая условия для роста сине-зеленых водорослей, которые гниют, заражая воду и атмосферу. Помимо этого затрудняется су-

доходство и страдает рыбное хозяйство, так как рыба не может свободно мигрировать вверх-вниз по течению.

Сооружение АЭС опасно с точки зрения возможных аварий, которые могут приводить к катастрофическому загрязнению окружающей среды на огромных территориях. Также существует ряд проблем с захоронением радиоактивных отходов и консервацией станций после окончания расчетного срока службы.

Накопление углекислого газа, метана и других газов в атмосфере из-за сжигания огромного количества органических топлив (угля, природного газа, нефтепродуктов – котельное топливо для электростанций, котельных и технологических печей, бензины, дизельные и реактивные топлива для транспорта) в энергопроизводящих и энергопотребляющих установках – одна из основных причин парникового эффекта. Слой парниковых газов не пропускает тепло обратно в космос, и средняя температура приземного слоя атмосферы постепенно повышается. Прогнозируется, что при сохранении объемов выбросов средняя глобальная температура на планете к 2100 году повысится на 4 – 5 °С, что приведет к перераспределению осадков, увеличению числа засух, к затоплению значительных территорий, к глобальным изменениям климата, которые повлекут разрушение сельского, водного, лесного хозяйств, энергетических, транспортных и др. производственных систем. Будет нанесен непоправимый ущерб здоровью людей.

Автотранспорт – один из основных источников загрязнения атмосферы углекислым газом (40%). Двигателями автомобилей выделяется в воздух городов более 95% оксида углерода (угарного газа), около 65% углеводородов и 30% оксидов азота от суммарных выбросов этих веществ (то есть 70 – 80% от общего уровня загрязнения атмосферы для крупных городов). Это сильно сокращает среднюю продолжительность жизни населения. Смог – фотохимический туман с влажностью 70%, который содержит продукты (значительно более токсичные, чем исходные выбросы автотранспорта) фотохимпревращений выбрасываемых в атмосферу веществ. Поэтому очень ***большое внимание сегодня уделяется вопросу перевода транспорта с традиционных топлив на водород***, при сгорании которого не выделяется вредных веществ. Серьезное внимание в крупных городах обращено на развитие подземного электрического транспорта, так как подземный транспорт позволяет разгрузить наземные магистрали и снизить выбросы вредных веществ в атмосферу мегаполисов. Также активно проводятся научно-экспериментальные работы по созданию энергоэффективных электромобилей.

Как правило, любое энергосберегающее мероприятие влечет за собой положительные экологические эффекты. Поэтому при принятии решений о целесообразности затрат на эти мероприятия и определении их приоритетов необходимо производить количественную оценку экологических эффектов. Значение энергосбережения для сохранения здоровья и среды обитания человека заключается в следующем:

- первый эффект энергосбережения связан с возможностью не сооружать новые топливные базы, инфраструктуры топливообеспечения, энергопроизводящие источники, сети транспорта и распределения энергии;
- вторым важнейшим эффектом энергосбережения является снижение антропогенных выбросов парниковых и загрязняющих газов за счет снижения объемов сжигания топлива, то есть сохранение чистоты атмосферы;
- третьим эффектом энергосбережения является сохранение гидросферы.

Современный период развития человечества иногда характеризуют через три «Э»: энергетика, экономика, экология. Энергетика в этом ряду занимает особое место. Она является определяющей и для экономики, и для экологии. От нее зависит экономический потенциал государств и благосостояние людей. Она же оказывает наиболее сильное воздействие на окружающую среду, экологические системы и биосферу в целом. Самые острые экологические проблемы, такие как изменение климата, кислотные осадки, всеобщее загрязнение среды, стремительное истощение запасов органического топлива, прямо или косвенно связаны с производством или использованием энергии. Энергетике принадлежит первенство не только в химическом, но и других видах загрязнения – тепловом, аэрозольном, электромагнитном, радиоактивном, вибрационном. Поэтому от решения энергетических проблем зависит возможность решения основных экологических проблем. Энергетика – отрасль производства, развивающаяся невиданными темпами. Если численность населения в условиях современного демографического взрыва удваивается за 40 – 50 лет, то в производстве и потреблении энергии это происходит через каждые 12 – 15 лет.

Проблемы отыскания альтернативных способов получения энергии всегда интересовали человечество, однако столь волнующими, как сегодня, они не были никогда. Мировое потребление энергии стало соизмеримым с запасами горючих ископаемых – базой современной энергетики.

То, что природой создавалось на протяжении геологических эпох (миллионов лет), расходуется в течение нескольких десятилетий. Если до 1980 года всего в мире было добыто 150 млрд т у. т., то за 20 последних лет XX века предполагается использовать почти в 1,2 раза больше, что грозит не только истощением легкодоступных, дешевых месторождений, но и серьезными экологическими осложнениями.

Во всем мире для производства электрической и тепловой энергии используется органическое топливо, атомная и гидроэнергия. При условии, что энергоресурсы будут потребляться все возрастающими темпами, называются следующие приблизительные сроки их полного израсходования: уголь – в конце XXII века; нефть и газ – в конце XXI века; уран – в середине XXI века.

Гидроэнергия относится к возобновляемым видам энергии, но и ее освоение закончится к началу XXI века.

Однако некоторые футурологи считают, что раньше, чем человечество сожжет последний килограмм топлива, оно израсходует последний килограмм кислорода. По имеющимся расчетам, расход кислорода быстро растет. Так, если в 1960 году на сжигание всех видов топлива понадобилось 1,3 млрд т кислорода, то в 1980 году – уже 12 млрд т, а в 2000 году энергетика поглотила около 60 млрд т кислорода атмосферы.

Кроме проблемы ограниченности природных ресурсов имеется и ряд других негативных последствий использования органического топлива на окружающую среду. Так, извлечение нефти и природного газа ведет к оседанию почвы. Нефть и газ, скопившиеся в пористых породах под поверхностью Земли, служат своеобразной «подушкой», поддерживающей лежащую сверху породу. Когда эта подушка извлекается, земная поверхность в районе залегания нефти и газа опускается на глубину до 10 метров. Кроме того, извлечение из земных недр полезных ископаемых ведет к перераспределению гравитационного напряжения в земной коре, что иногда заканчивается землетрясениями.

Сжигание топлива – не только основной источник энергии, но и важнейший поставщик в окружающую среду загрязняющих веществ. Тепловые электростанции вместе с транспортом поставляют в атмосферу основную долю техногенного углерода (в основном в виде CO), около 50% диоксида серы, 35% оксидов азота и около 35% пыли.

5.1. Экологические проблемы тепловой энергетики

В выбросах ТЭС содержится значительное количество металлов и их соединений. При пересчете на смертельные дозы в годовых выбросах ТЭС мощностью 1 млн кВт содержится алюминия и его соединений свыше 100 млн доз, железа – 400 млн доз, магния – 1,5 млн доз. Летальный эффект этих загрязнителей не проявляется только потому, что они попадают в живые организмы в незначительных количествах, что, однако, не исключает их отрицательного влияния через воду, почву и другие звенья экологических систем.

Тепловая энергетика оказывает отрицательное влияние практически на все элементы окружающей среды, в том числе на человека, другие живые организмы и их сообщества.

Влияние энергетики на окружающую среду сильно зависит от вида используемого топлива. Наиболее «чистым» топливом является природный газ, дающий при его сжигании наименьшее количество загрязняющих атмосферу веществ. Далее следует нефть (мазут), каменные угли, бурые угли, сланцы, торф.

Как уже говорилось выше, в процессе сжигания топлива образуется много побочных веществ. При сжигании угля образуется значительное количество золы и шлака. Большую часть золы можно уловить, но не всю. Все отходящие газы потенциально вредны, даже пары воды и диоксид углерода CO_2 . Эти газы поглощают инфракрасное излучение земной поверхности и часть его вновь отражают на Землю, создавая так называемый «парниковый эффект». Если уровень концентрации CO_2 в атмосфере Земли будет увеличиваться, могут произойти глобальные климатические изменения.

При сжигании топлива образуется теплота, часть которой выбрасывается в атмосферу, приводя к тепловому загрязнению атмосферы. Это, в конечном итоге, влечет за собой повышение температуры водного и воздушного бассейнов, таяние ледников и тому подобные явления. Весь этот процесс накопления теплоты может привести к ощутимому повышению температуры на Земле, если использование энергии будет продолжать расти такими же темпами, как сейчас. В свою очередь, повышение температуры может вызвать глубокие изменения климата на всей Земле.

Таким же катастрофическим может быть эффект от поступления в атмосферу большого количества твердых частиц. В табл. 5.1 приводятся количественные данные о различных веществах, образующихся при работе типовой ТЭС мощностью 1000 МВт на органическом топливе.

Таблица 5.1

**Выбросы загрязняющих веществ при работе ТЭС
мощностью 1000 МВт**

Загрязняющее вещество	Количество за год
SO _x , т	1100
NxO _x , т	350
CO ₂ , т	72500
CO	94
Твердые частицы, т	300
Радиоактивность*, Бк	259
Дымовые газы, ГДж	1350
Теплота от конденсата, ГДж	4050

* Радиоактивность дают, главным образом, изотопы радия ²³⁵Ra и ²³⁸Ra. Приводятся данные для угля. Для нефти этот показатель в 50 раз меньше.

5.2. Экологические проблемы гидроэнергетики

Одно из важнейших воздействий гидроэнергетики связано с отчуждением значительных площадей плодородных (пойменных) земель под водохранилища, на месте которых уничтожаются естественные экологические системы. Значительные площади земель вблизи водохранилищ испытывают подтопление в результате повышения уровня грунтовых вод. Эти земли, как правило, переходят в категорию заболоченных.

Со строительством водохранилищ связано резкое нарушение гидрологического режима рек, свойственных им экосистем и видового состава населяющих их живых организмов.

Кроме того, в водохранилищах по разным причинам происходит ухудшение качества воды. В них резко увеличивается количество органических веществ как за счет ушедших под воду экосистем (наличие древесины, других растительных осадков, гумуса почв и т. п.), так и вследствие их накопления в результате замедленного водообмена. Это своего рода отстойники и аккумуляторы веществ, поступающих с водосборов.

В водохранилищах резко усиливается прогревание воды, что интенсифицирует потерю ею кислорода и другие процессы, обусловливаемые тепловым загрязнением. Последнее, совместно с накоплением биогенных веществ, создает условия для зарастания водоемов и интенсивного развития водорослей, в том числе и ядовитых сине-зеленых (цианей). По этим причинам, а также вследствие слабой обновляемости вод, резко снижается их способность к самоочищению. Ухудшение качества воды ведет к гибели многих ее обитателей. Возрастает заболеваемость рыбного стада, особенно поражение гельминтами. Снижаются вкусовые качества обитателей водной среды.

Нарушаются пути миграции рыб, идет разрушение кормовых угодий, нерестилищ и т. п.

В конечном счете перекрытые водохранилищами речные системы из транзитных превращаются в транзитно-аккумулятивные. Кроме биогенных веществ здесь аккумулируются тяжелые металлы, радиоактивные элементы и многие ядохимикаты с длительным периодом жизни. Продукты аккумуляции делают проблематичным использование территорий, занимаемых водохранилищами, после их ликвидации.

Водохранилища оказывают заметное влияние на атмосферные процессы. Например, в засушливых районах испарение с поверхности водохранилищ превышает испарение с равновеликой поверхности суши в десятки раз. С повышенным испарением связано понижение температуры воздуха, увеличение туманных явлений. Различие тепловых балансов водохранилищ и прилегающей суши обуславливает формирование местных ветров типа бризов. Эти, а также другие явления имеют следствием смену экосистем (не всегда положительную), изменение погоды.

5.3. Экологические проблемы ядерной энергетики

До недавнего времени ядерная энергетика рассматривалась как наиболее перспективная. Это связано как с относительно большими запасами ядерного топлива, так и со щадящим их воздействием на окружающую среду. К преимуществам АЭС относится также возможность их строительства, не привязываясь к месторождениям ресурсов, поскольку их транспортировка не требует существенных затрат в связи с малыми объемами (0,5 кг ядерного топлива позволяют получать столько же энергии, сколько дает сжигание 1000 тонн каменного угля).

До недавнего времени основные экологические проблемы АЭС связывались с захоронением отработанного топлива, а также с ликвидацией самих АЭС после окончания допустимых сроков их эксплуатации.

При нормальной работе АЭС выбросы радиоактивных элементов в окружающую среду незначительны. В среднем они в 2 – 4 раза меньше, чем от ТЭС такой же мощности, работающей на угле.

После 1986 года главную экологическую опасность АЭС стали связывать с возможностью аварий на них. К наиболее крупным авариям такого плана относится авария, случившаяся на Чернобыльской АЭС. По различным данным суммарный выброс продуктов деления от содержащихся в реакторе ЧАЭС составил от 3,5% (63 кг) до 28% (50 т) (для сравнения бомба, сброшенная на Хиросиму, дала 740 г радиоактивного вещества).

В результате аварии на ЧАЭС радиоактивному загрязнению подверглась территория в радиусе более 2 тыс. км, охватившая более 20 государств. В пределах бывшего СССР пострадало 11 областей, где проживают 17 млн человек. Общая площадь загрязненных территорий превышает 8 млн га.

Кроме страшных последствий аварийных ситуаций на АЭС можно назвать следующие их воздействия на окружающую среду:

- разрушение экосистем и их элементов (почв, грунтов, водоносных структур и т. п.) в местах добычи руд, особенно при открытом способе добычи;
- изъятие земель под строительство самих АЭС. Особенно значительные территории отчуждаются под строительство сооружений для подачи, отвода и охлаждения подогретых вод. Для АЭС мощностью 1000 МВт требуется пруд-охладитель площадью около 800 – 900 га. Пруды могут заменяться гигантскими градирнями с диаметром у основания 100 – 120 м и высотой, равной 40-этажному зданию;
- изъятие значительных объемов вод из различных источников и сброс подогретых вод. Если эти воды попадают в реки и другие естественные источники, в них наблюдается потеря кислорода, увеличивается вероятность цветения, возрастают явления теплового стресса у водных обитателей;
- не исключено попадание радиоактивного загрязнения в атмосферный воздух, воду, почву в процессе добычи и транспортировки сырья, а также при работе АЭС, складировании и переработке отходов, их захоронении.

Тема 6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

6.1. Общая характеристика возобновляемых источников энергии

Во всем мире усиленно работают над практическим применением нетрадиционных возобновляемых источников энергии. Их природа определяется процессами на Солнце, в глубинах Земли, гравитационным взаимодействием Солнца, Земли и Луны. **Запасы возобновляемых энергоресурсов – энергии солнца, ветра, рек, морских приливов, недр Земли, растительных энергетических плантаций и т. д. – громадны, по существу, неистощимы.**

Установки, работающие на возобновляемых источниках, оказывают гораздо меньшее воздействие на окружающую среду, чем традиционные, так как используются потоки энергии, естественно циркулирующие в окружающем пространстве. Экологическое воздействие энергоустановок на возобновляемых источниках в основном заключается в нарушении естественного ландшафта.

В настоящее время возобновляемые энергоресурсы используются незначительно, так как это требует больших расходов на развитие соответствующих техники и технологий. При ориентации части энергетики на возобновляемые источники важно правильно оценить их долю, технически и экономически оправданную для применения. Если принять мировой объем использования всех возобновляемых источников энергии за 100%, то существующие минимальный и максимальный сценарии на перспективу 2020 года оценивают долю их различных видов следующим образом: биомассы – 42 – 45%, солнечной энергии – 20 – 26%, ветровой – 16%, геотермальной – 7%, энергии малых водотоков – 5 – 9%, океанической энергии – 3 – 4%.

Задача оценить, использовать потенциал возобновляемых ресурсов, найти их место в топливно-энергетическом комплексе стоит и перед экономикой Беларуси. Ее решение позволит снизить зависимость экономики республики от импорта ЭР, будет способствовать ее стабильности и развитию. При планировании энергетики на возобновляемых источниках важно учесть их особенности по сравнению с традиционными невозобновляемыми. К ним относятся следующие:

1. ***Периодичность действия в зависимости от не управляемых человеком природных закономерностей*** и, как следствие, колебания мощности возобновляемых источников – от крайне нерегулярных, как у ветра, до строго регулярных, как у приливов.

2. **Низкие плотности потоков энергии и рассеянность их в пространстве.** Поэтому энергоустановки на возобновляемых источниках эффективны при небольшой единичной мощности, и прежде всего – для сельских районов.

3. **Применение возобновляемых ресурсов эффективно лишь при комплексном подходе к ним.** Например, отходы животноводства и растениеводства одновременно могут служить сырьем для производства метана, жидкого и твердого топлива, а также удобрений.

4. **Экономическую целесообразность использования** того или иного источника возобновляемой энергии **следует определять в зависимости от природных условий, географических особенностей конкретного региона,** с одной стороны, и в зависимости **от потребностей в энергии** для промышленного, сельскохозяйственного производства, бытовых нужд, с другой.

6.2. Виды возобновляемых источников энергии.

Способы преобразования в традиционные энергоносители

При выборе источников энергии следует иметь в виду их качество, оценивающееся долей энергии, которая может быть превращена в механическую работу. Возобновляемые источники энергии по их качеству условно делятся на три группы:

- источники механической энергии довольно высокого качества: около 30% – ветроустановки, 60% – гидроустановки, 75% – волновые и приливные станции;
- источники тепловой энергии с качеством до 35% – прямое или рассеянное солнечное излучение, биотопливо – кпд 50 – 85%;
- источники энергии, использующие фотосинтез и фотоэлектрические явления, имеют различное качество на разных частотах излучения; в среднем кпд фотопреобразователей составляет примерно 15%.

Основными нетрадиционными и возобновляемыми источниками энергии для Беларуси, могущими иметь практическое значение, являются биомасса, твердые бытовые отходы, гидро-, ветроэнергетические ресурсы, солнечная энергия.

Биологическая энергия. Под действием солнечного излучения в растениях в процессе фотосинтеза образуются органические вещества и аккумулируется химическая энергия. В результате фотосинтеза происходит естественное преобразование солнечной энергии, образуется биомас-

са, которая может быть превращена в определенные виды топлива – газообразный метан, жидкие спирты, твердый древесный уголь. Продукты сгорания биотоплива путем естественных экологических или сельскохозяйственных процессов вновь превращаются в биотопливо. Система круговорота биомассы показана на рис. 6.1.

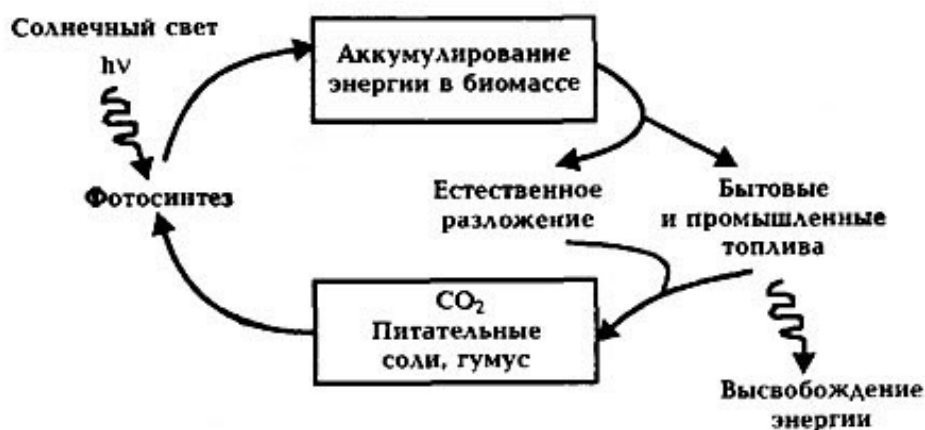


Рис. 6.1. Система круговорота биомассы

Биотопливо в виде дров, навоза и ботвы растений применяется в домашнем хозяйстве примерно 50% населения планеты для приготовления пищи, обогрева жилищ.

Существуют различные энергетические способы переработки биомассы – термохимические, биохимические, агрохимические.

В последнее время появились проекты создания искусственных энергетических плантаций для выращивания биомассы и последующего преобразования биологической энергии.

В климатических условиях Беларуси с 1 га энергетических плантаций собирается масса растений в количестве до 10 т сухого вещества, что эквивалентно примерно 5 т у.т. При дополнительных агроприемах продуктивность 1 га может быть повышена в 2 – 3 раза. Наиболее целесообразно использовать для получения сырья выработанные торфяные месторождения, площадь которых в республике составляет около 180 тыс. га. Это может стать стабильным экологически чистым источником энергетического сырья.

Биомасса – наиболее перспективный и значительный возобновляемый источник энергии в республике, который может обеспечивать до 15% ее потребностей в топливе. В табл. 6.1 указана структура и оценка потенциала биотоплива в РБ.

Таблица 6.1

Структура и оценка потенциала биотоплива в РБ

Вид биотоплива	Потенциал
Древесное топливо, включая отходы лесопользования и переработки	Около 3,0 млн т у.т./год + экологический эффект
Отходы растениеводства, фитомасса	До 2,0 млн т у.т./год + экологический эффект + удобрения
Бытовые органические отходы	Около 472 тыс. т у.т./год
Технически возможный потенциал (без выращивания специальных быстрорастущих деревьев и высокоурожайных растений)	7,05 млн т у.т./год
Экономически целесообразный потенциал в настоящий период (в основном древесное топливо)	3,58 млн т у.т./год

Весьма многообещающе для Беларуси использование в качестве биомассы отходов животноводческих ферм и комплексов. Получение из них биогаза может составить около 890 млн м³ в год, что эквивалентно 160 тыс. т у.т. Сдерживающим фактором развития биогазовых установок в республике являются продолжительные зимы, большая металлоемкость установок, неполная обеззараженность органических удобрений. Важным условием реализации потенциала биомассы является создание соответствующей инфраструктуры – от заготовки, сбора сырья до доставки конечной продукции потребителю.

Гидроэнергетические ресурсы. Гидроэнергетика – это область наиболее развитой на сегодня энергетики на возобновляемых ресурсах, использующая энергию водотоков, волн, приливов и отливов (различные ГЭС). Гидроэнергетический потенциал всех рек мира оценивается примерно в 3000 ГВт (3,2 млрд т у.т./год), приливов – 13 ГВт. Естественно, этот потенциал невозможно полностью освоить, но прогнозируется, что в ближайшие десятилетия суммарная мощность всех типов ГЭС будет расти.

В РБ энергопотенциал водотоков оценивается в 850 – 1000 МВт, однако его можно реализовать не более, чем на 10%, что эквивалентно 0,1 млн т у.т./год (равнинные ландшафты). В конце 60-х в Беларуси эксплуатировалось около 180 МГЭС общей мощностью 21 МВт, сейчас работает только 6 штук.

Основные направления развития гидроэнергетики республики:

- восстановление старых МГЭС (уже проводится);
- сооружение новых МГЭС на водохранилищах неэнергетического назначения, на промышленных водосбросах;
- строительство бесплотинных ГЭС на реках со значительным расходом воды.

Также в республике планируется сооружение ГАЭС для обеспечения стабильной работы будущих АЭС.

Использование энергии ветра. Технический потенциал суммарной энергии ветра на планете по различным данным оценивается в энергетическом эквиваленте в величину от 22 до 60 млрд т у.т./год. Наиболее эффективным способом использования энергии ветра является получение электроэнергии. В ветроэнергетической установке кинетическая энергия воздушного потока преобразуется в механическую энергию вращения вала ветроколеса и генератора, вырабатывающего электроэнергию. При использовании ВЭУ возникает ряд эксплуатационных (крупные габариты, необходимость наличия большого запаса прочности, непостоянство скорости ветра) проблем и проблем экологического характера (крупномасштабное применение ВЭУ в одном районе может вызвать существенное изменение климата, испортить ландшафт). ВЭУ создают акустический шум и электромагнитные помехи.

Такие установки наиболее целесообразно использовать для местного автономного электроснабжения. Сейчас эксплуатируются установки мощностью до 200 кВт, разработаны установки мощностью до 5 МВт (срок службы – до 20 лет). *Себестоимость получаемой на ВЭУ электроэнергии ниже, чем на ТЭС.*

Республика Беларусь находится в зоне умеренных ветров. Стабильная скорость составляет около 5 м/с (при меньших скоростях отечественные ВЭУ работают неустойчиво). Поэтому мы можем использовать лишь 1,5 – 2% ветровой энергии и ветроэнергетика в нашей республике рассматривается только в качестве вспомогательного источника энергии. К 2010 году планируется ввести в действие ряд ВЭУ суммарной мощностью 1500 кВт (1600 т у.т./год). Помимо этого ведется разработка специальных ВЭУ мощностью 5 – 8 кВт, стабильно работающих при скорости ветра 3,5 м/с, а также более мощных установок с горизонтальным ветроколесом.

Автономные ВЭУ должны в обязательном порядке комплектоваться дизельными агрегатами или аккумуляторными батареями для обеспечения потребителя электроэнергией в периоды безветрия.

Использование солнечной энергии. На солнце протекают реакции термоядерного синтеза, что сопровождается выделением огромного количества тепла. Часть этого тепла в виде электромагнитных волн различной длины поступает и на нашу планету. Ежегодно с солнечным излучением на поверхность Земли поступает количество энергии, эквивалентное 72000 млрд т у.т., что примерно в 5000 раз больше современного мирового энергопотребления. Солнце играет ключевую роль в энергетическом балансе планеты и является исходным источником энергии для большинства

остальных традиционных и нетрадиционных энергоресурсов. Как обещают специалисты, Солнце проживет еще минимум 2 млрд лет. В будущем, скорее всего, именно солнечная энергия станет основным энергоресурсом.

Использование солнечной энергии может осуществляться по трем направлениям (на современном этапе):

- преобразование солнечной энергии в тепловую и использование в нагревательных системах (сейчас наиболее широко используется);
- преобразование солнечной энергии в электрическую с помощью систем прямого и непрямого преобразования;
- преобразование в потенциальную химическую энергию водородного топлива путем разложения воды на катализаторах под воздействием солнечного излучения.

Солнечные нагревательные системы могут использоваться:

- для подогрева воздуха, воды, для отопления и горячего водоснабжения зданий;
- для сушки зерновых и других сельскохозяйственных культур;
- для опреснения воды в солнечных дистилляторах (в районах с недостатком чистой пресной воды);
- для поставки теплоты для абсорбционных холодильных машин;
- для приготовления пищи и т. д.

На рис. 6.2 представлена принципиальная схема одной из основных конструкций нагревателя воды.

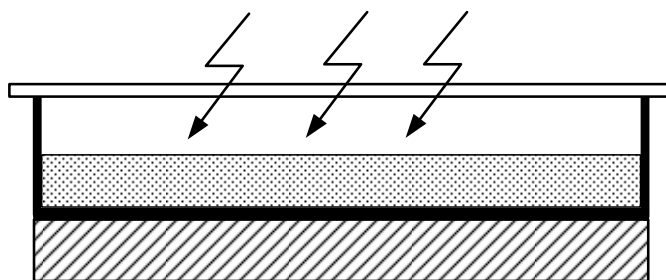


Рис. 6.2. Принципиальная схема нагревателя воды

Нагреваемая жидкость протекает через приемник и скапливается в специальном резервуаре. Дно приемника представляет собой шероховатую, окрашенную в черный цвет, массивную металлическую поверхность. Под ней располагается слой теплоизоляции. Сверху система закрывается стеклянной крышкой для исключения потерь энергии с испаряющейся водой. Температура подогретой в данном устройстве воды при необходимости может быть повышена традиционными способами (водяные или паровые котлы на оргтопливе и т. д.).

Для отопления зданий зимой могут применяться так называемые пассивные и активные солнечные системы. На рис. 6.3, а показан пассивный солнечный нагреватель: солнечные лучи попадают на заднюю стенку и пол здания, представляющие собой массивные конструкции с усиленной теплоизоляцией, окрашенные в черный цвет. Недостаток такой системы прямого нагрева – медленный подъем температуры в зимние дни и чрезмерная жара летом – устраняется с помощью накопительной стенки с солнечной стороны – рис. 6.3, б. Стенка работает как встроенный воздушный нагреватель с тепловой циркуляцией. Летом такую стену может затенять козырек крыши.

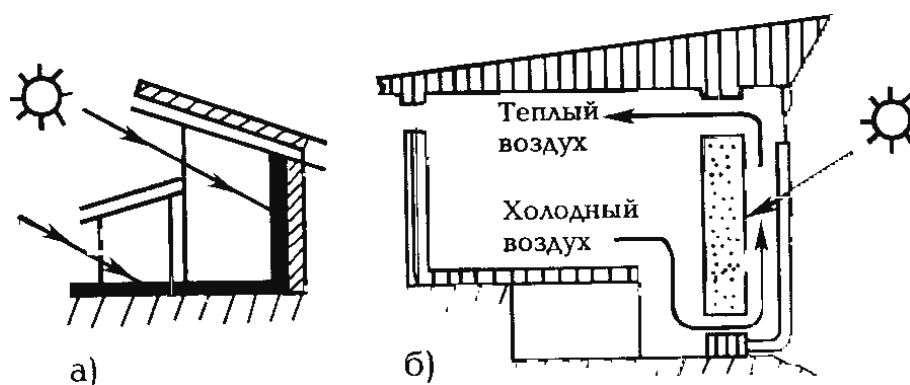


Рис. 6.3. Схема солнечного нагревателя

Активные солнечные отопительные системы используют внешние нагреватели воздуха или воды. Их можно устанавливать уже на существующие здания. В странах с жарким климатом широко используются серийно выпускаемые солнечные системы для горячего водоснабжения, отопления, кондиционирования жилых домов, школ, больниц. Для жилого дома эти системы включают в себя солнечный коллектор, концентрирующий солнечную энергию и аккумулирующий ее в форме тепловой энергии воды, циркулирующей по трубкам коллектора, и бойлер, устанавливаемый на крыше; движение воды в системе может осуществляться благодаря термосифонному эффекту или действию насоса. Для теплоснабжения больниц и других общественных зданий эффективным оказывается применение комбинированных систем, состоящих из традиционного водяного или парового котла, работающего на органическом топливе, и солнечной нагревательной установки, предусматривающей систему плоских и (или) параболических коллекторов. Это обеспечивает независимость от погоды и повышает надежность и экономичность теплоснабжения.

6.3. Получение электроэнергии

В системах непрямого преобразования энергии солнечного излучения в электрическую – на гелиотермических (солнечных тепловых) электростанциях солнечная энергия, аналогично энергии органического топлива на ТЭС, превращается сперва в тепловую энергию рабочего тела, например, пара, а затем в электрическую. Основными элементами являются устройства солнечного поля – коллектор из параболических зеркал и системы паропроводов, системы слежения и управления. Зеркала направляют концентрированное солнечное излучение на трубы парогенераторов. Системы слежения и управления обеспечивают оптимальный угол поворота зеркал по отношению к солнцу и паропроводам для создания максимально мощного потока энергии (реализуются на базе ЭВМ). Можно создать гелиотермические электростанции мощностью до нескольких десятков и даже сотен мегаватт. В настоящее время существует определенный опыт строительства и эксплуатации солнечных тепловых электростанций, например, в Южной Калифорнии, в Крыму. Так, солнечная электростанция с паросиловым циклом мощностью 90 МВт с солнечным полем площадью 450000 м² имеет общий КПД по тепловой и электрической энергии 38%.

Лучшими технико-экономическими характеристиками обладает тепловая электростанция с интегрированным солнечно-комбинированным циклом. Она включает газотурбинную установку, работающую на традиционном органическом топливе, и паротурбинную установку, приводимую в действие потоками пара высокого и низкого давления. Подобная гелиотермическая электростанция с интегрированным циклом мощностью 90 МВт при площади солнечного поля 200000 м² позволяет увеличить общий КПД до 50%. Кроме того, при интегрированном цикле достигается определенная независимость от изменений характеристик солнечной радиации из-за погоды и времени суток и года.

Следует отметить, что такой недостаток практически всех систем преобразования солнечной энергии, как невозможность выработки электрической и тепловой энергии в ночное время суток, может положительно сказываться на работе национальной (региональной) энергосистемы в целом. Номинальная мощность основных электростанций (тепловых, атомных) покрывает основную нагрузку (среднесуточную или равную ночной нагрузке), а рост энергопотребления в дневное время суток обеспечивается работой гелиотермических станций, ГТУ, ПГУ; пиковые нагрузки обеспечиваются кратковременными включениями в работу различных ти-

пов ГЭС и т. д. Проблема круглосуточного обеспечения потребителя электроэнергией от автономных гелиотермических станций может быть решена совмещением солнечных станций с ГАЭС.

Прямое преобразование солнечной энергии в электроэнергию. Осуществляется на базе фотоэлементов различных типов. В настоящее время наиболее эффективны кремниевые фотоэлементы. Однако они очень дороги и их КПД не превышает 15%. Целесообразно их практическое применение в зарядных устройствах фотоаппаратов, калькуляторов, часов и т. д., в электромобилях, в централизованных солнечных станциях (50 – 5000 кВт), снабжающих энергией поселки и небольшие города. Также рекомендуется использование фотоэлементов для автономных потребителей (0,01 – 10 кВт) – насосы, ирригация, холодильники, вентиляторы, аэрация водоемов, мобильные с/х установки, системы телекоммуникации и связи. Весьма перспективным направлением использования фотоэлектрических преобразователей является установка отдельных модулей мощностью 1 – 20 кВт на крышах и стенах «солнечных домов» и привязка их к энергосистеме, как показано на рис. 6.4.

Что касается крупных электростанций, то предложено два 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 и приниматься приемной антенной.

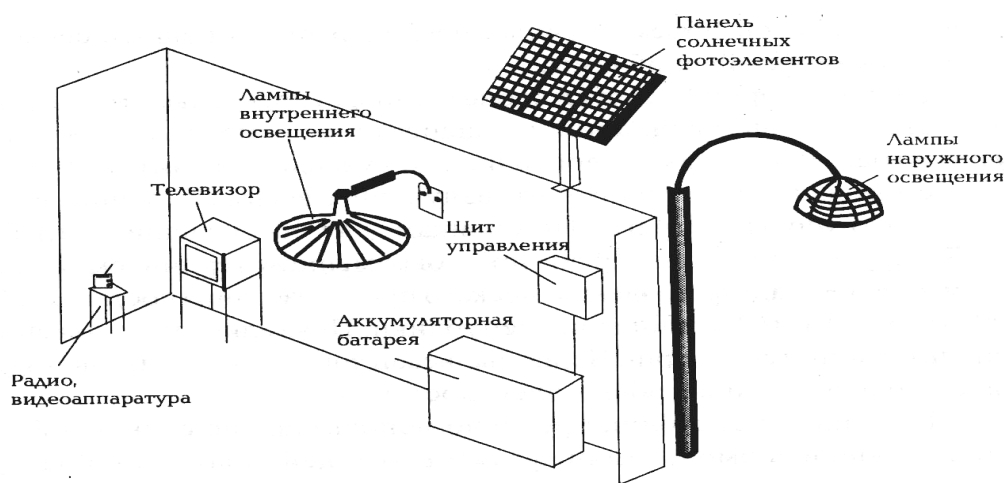


Рис. 6.4. Фотоэлектрическая солнечная установка для энергообеспечения дома в сельской местности

Второй вариант предполагает монтаж сборных панелей солнечных фотоэлектрических элементов в малонаселенных и малоиспользуемых пустынных районах Земли (рис. 6.5).

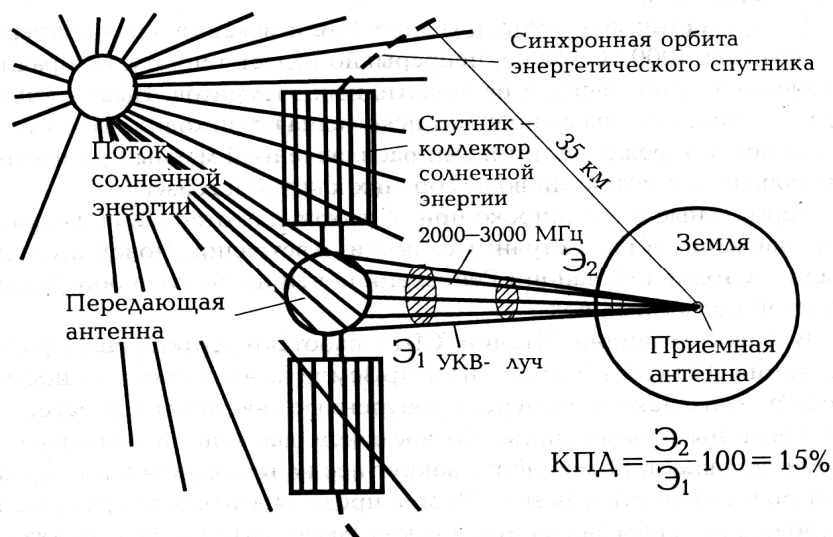


Рис. 6.5. Принцип работы сборных панелей солнечных фотоэлектрических элементов

Для реализации этих проектов предстоит провести большой объем научных исследований и решить серьезные научно-технические проблемы.

Весьма перспективным направлением использования солнечной энергии является **получение водорода** путем разложения воды на катализаторах-полупроводниках. Водород называют идеальным топливом будущего, так как это очень энергоемкое и экологически чистое топливо (единственный продукт сгорания – вода). Современные катализаторы ($\text{In}_{1-x}\text{Ni}_x\text{TaO}_4$, $x = 0 - 0,2$) позволяют использовать для разложения воды до 45% энергии от суммарного солнечного излучения у поверхности Земли (кпд – 45%). Но такие катализаторы обладают высокой стоимостью, что на данном этапе ограничивает их широкое промышленное производство и применение. Работы по повышению их эффективности и снижению стоимости очень активно ведутся во всем мире (лидируют японцы).

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.

Дальнейший прогресс в создании надежных, технически совершенных, экономичных и простых в эксплуатации конструкций энергоустановок на базе нетрадиционных возобновляемых источников энергии позволит не только решить проблему ограниченности энергоресурсов и ряд проблем экологического характера, но и существенно снизить себестоимость вырабатываемой энергии. Это видно из табл. 6.2, где приведены данные некоторых зарубежных специалистов.

Таблица 6.2

Стоимость электроэнергии за рубежом, \$/кВт·ч

Источники энергии	1989 г.	2000 г.	2020 г.
Нетрадиционные возобновляемые источники энергии			
Гелиотермические ЭС	0,07	0,04	0,01
Фотоэлектрические ЭС	0,12	0,05	0,03
Выработка тепловой энергии	0,35	0,06	0,02 – 0,03
АЭС и станции на органическом топливе			
АЭС	0,04 – 0,13		
ТЭС (на мазуте)	0,06		
ТЭС (на угле)	0,04		

Однако строительство таких установок требует очень серьезных начальных капиталовложений. Материалоемкость и трудоемкость их создания в десятки и даже сотни раз выше, чем для электростанций сопоставимой мощности на традиционных энергоресурсах. Наша республика в настоящее время не располагает достаточными финансовыми ресурсами для широкого внедрения в национальную энергосистему НВИЭ. Помимо этого под строительство электростанций на НВИЭ требуется отчуждение земель в сотни и тысячи раз большей площади, чем под строительство АЭС и различных типов ТЭС. Это также накладывает определенные ограничения на развитие нетрадиционной энергетики, как в РБ, так и в мире в целом.

Тема 7. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Различные виды энергоресурсов неравномерно распределены по районам Земли, по странам, а также внутри стран. Места их наибольшего сосредоточения обычно не совпадают с местами потребления. Так, более половины мировых запасов нефти сосредоточено в районах Среднего и Ближнего Востока, а удельное энергопотребление в этих странах в четыре раза ниже среднемирового. Несовпадение мест сосредоточения и потребления энергоресурсов вызывает необходимость в транспортировке энергии.

Распределение топливных ресурсов потребителям для выработки электроэнергии на электростанциях, получения горячей воды и пара в котельных установках, непосредственного использования в промышленности и на транспорте происходит по довольно сложной схеме с возможной взаимозаменяемостью. Это распределение также сопровождается потерями энергии.

В связи с этим возникает задача оптимизации системы транспорта и распределения энергии как по элементной, территориальной структурам, так и по видам энергоносителей.

Энергия может передаваться в различной форме. Например, можно транспортировать нефть и уголь от месторождений до крупных промышленных центров и городов, а затем сжигать их на электростанциях, получая электрическую и тепловую энергию. Возможен и другой вариант, когда электростанция сооружается вблизи месторождений топлива, а электрическая энергия передается по линиям электропередачи к удаленным промышленным предприятиям и городам. Целесообразность передачи на расстояние тех или иных носителей энергии определяется их удельной энергоемкостью и эффективностью различных методов транспорта.

Место расположения электростанций не может быть выбрано произвольно. Его определение – задача многоцелевой оптимизации и зависит от технических, экологических, социально-экономических критериев. Расположение ТЭС прежде всего зависит от размещения месторождения и энергоемкости топлива, от размещения потребителя, источника водоснабжения, ГЭС – от наличия гидроэнергоресурсов, возможностей создать напор, соорудить плотину, ожидаемого экологического ущерба от затопления, АЭС – от условий радиационной безопасности, наличия источника водоснабжения и т. д. При выборе места строительства электростанции

обязательно оцениваются транспортные расходы. Для ТЭС могут рассматриваться и сопоставляться передача электроэнергии по проводам – электронный транспорт, железнодорожный (перевозка угля, нефти) и трубопроводный транспорт топлива. Для ГЭС – только передача электроэнергии.

Транспорт нефти и нефтепродуктов. В настоящее время наиболее выгодным видом транспорта энергии является перекачка нефти и нефтепродуктов 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. Как и все жидкости, нефть почти несжимаема, и поэтому расход энергии на ее перекачку определяется только необходимостью преодоления сил трения в трубопроводе, т. е. является относительно малым. Протяженные нефте- и продуктопроводы требуют затрат большого количества труб. Поэтому правильное определение их пропускной способности может дать существенный эффект экономии. Пропускная способность сильно зависит от соотношения затрат металла на трубы и энергии, идущей на перекачку. Важно объективно соотнести эти затраты.

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. Представляет интерес транспорт угля по трубопроводам в контейнерах и в виде пульпы, т. е. примерно 50%-й смеси измельченного угля с водой.

Основными энергоносителями на любом современном предприятии являются электрическая и тепловая энергия.

Передача электрической энергии. Более универсальным средством транспорта энергии является электронный – электропередача, которая включает собственно линию электропередачи (ЛЭП), повысительную и понизительную электрические подстанции. Кроме передачи энергии осуществляется связь между электростанциями и энергетическими системами для их параллельной работы. Такие межсистемные связи позволяют повысить надежность режимов энергосистем, сократить необходимый резерв мощности, облегчить работу энергосистемы в периоды максимальной и минимальной нагрузок.

Линии электропередачи могут быть переменного или постоянного тока, воздушными или кабельными, различного электрического напряжения и конструктивного исполнения. Современные электропередачи сверх- и ультравысокого напряжения представляют собой «электронные мосты» длиной тысячи километров, соединяющие мощные электростанции, где концентрированно производится электроэнергия, с крупными центрами энергопотребления.

При централизованной системе снабжения электроэнергия поступает из энергосистемы по воздушным или кабельным линиям электропередачи на головную подстанцию предприятия и распределяется по заводским электрическим сетям между конечными потребителями. При этом происходит трансформация электрической энергии с напряжения 110 кВ и выше на входе головной подстанции до 6 – 10 кВ в распределительных сетях на территории завода и до 0,4 – 0,6 кВ – в распределительных пунктах.

Однако существующие высоковольтные линии практически исчерпали заложенные в них возможности. По пути к потребителю теряется до 15 – 25% энергии. Одно из наиболее интересных направлений в этой области – применение эффекта сверхпроводимости (способность металлов обладать нулевым сопротивлением при температурах, близких к абсолютному нулю).

Линии электропередач напряжением 500 кВ способны передавать мощность до 1 МВт. Сейчас уже нужно иметь линии мощностью до 5 МВт. И для этого напряжение требуется повысить до 3,5 МВ (ширина зоны отчуждения возрастает с 300 м до нескольких километров); кабельные сверхпроводящие системы обеспечивают снижение потерь электроэнергии и понижают физиологическую опасность и площадь отчуждаемых земель.

Использование сверхпроводимости равноценно введению дополнительных мощностей электростанций. По прогнозам сверхпроводящие линии электропередач могут уже в обозримом будущем найти применение в крупных городах, однако для этого еще предстоит решить ряд сложных научно-технических проблем.

7.1. Транспорт и распределение тепловой энергии

На цели отопления, вентиляции и горячего водоснабжения в РБ расходуется 40% от общего потребления топлива. Потенциал энергосбережения в системах теплоснабжения республики, по оценкам отечественных и зарубежных специалистов, составляет около 50%. Таким образом, за счет проведения энергосберегающих мероприятий в системах теплоснабжения можно снизить на 20% общее количество потребляемого республикой топлива (снижение объема импорта на 300 – 400 млн долл.). Именно поэтому совершенствование теплоснабжения является одной из приоритетных задач действующей Государственной программы «Энергосбережение».

В РБ, как и во всех странах СНГ, в силу проводившейся технической политики применяются, в основном, системы централизованного теплоснабжения, находящиеся сегодня в крайне неудовлетворительном состоянии. Часто происходят аварии, что приводит к перерывам теплоснабжения, к значительному материальному ущербу, опасности для жизни людей из-за провалов грунта в теплосетях, взрывов котельного оборудования и т. д. Это объясняется следующими причинами:

- эксплуатацией элементов систем теплоснабжения в течение 25 – 35 и более лет, что намного превышает их расчетные сроки службы;
- низким качеством конструкций, строительства, монтажа и эксплуатации;
- отсутствием профилактических плановых ремонтов и реконструкции из-за нехватки денежных и материальных средств.

Для реализации имеющегося потенциала энергосбережения необходима одновременная согласованная оптимизация теплоснабжения во всех элементах системы. К приоритетным направлениям оптимизации относятся:

- реконструкция и модернизация систем централизованного теплоснабжения;
- децентрализация теплоснабжения;
- регулирование режимов теплоснабжения во всех элементах системы теплоснабжения.

Реконструкция и модернизация систем централизованного теплоснабжения требует существенных инвестиций и трудозатрат и должна проводиться в отношении источников тепла путем замены устаревшего оборудования, переоборудования котельных в мини-ТЭЦ, применения газотурбинных и парогазовых установок и т. д.

Централизованное теплоснабжение требует разветвленных сетей трубопроводов, требующих значительных затрат на текущее обслуживание, профилактику предупреждения аварий, замену устаревших, изношенных участков. В настоящее время внедряются методы обследования и оперативного контроля состояния тепловых сетей путем дистанционного зондирования современными тепловизионными системами и диагностической аппаратурой, включая тепловую аэрофотосъемку, создаются базы данных для определения мест повышенных теплопотерь, проведения планово-ремонтных работ. Проблема потерь тепла в тепловых сетях может быть решена только с помощью эффективной теплоизоляции теплопроводов. Как показали исследования, эффект от вложения финансовых средств в системы регулирования теплоисточника, транспорта и распределения потребителям составляет соответственно 30%, 50% и 20%. То есть наиболее выгодным направлением модернизации теплосистемы в настоящее время является вложение средств в теплоизоляцию теплосетей. На смену традиционным канальным теплопроводам, срок службы которых составляет 15 – 20 лет, а иногда не превышает пяти при расчетных 25, а тепловые потери достигают 50%, должны прийти бесканальные теплогидропредизолированные (ПИ) теплопроводы. Подземные ПИ-теплопроводы являются механической конструкцией, состоящей из стальной трубы, полиуретановой изоляции и наружной полиэтиленовой трубы-оболочки, которые жестко связаны друг с другом и вместе с окружающим теплопровод грунтом образуют единую систему. Такие теплопроводы служат 20 – 30 лет и позволяют снизить потери тепла в 10 – 15 раз. Производство таких теплопроводов в настоящее время налаживается и в нашей республике. Также прогрессивным решением является использование гибких ПИ-теплопроводов. На всем протяжении таких трубопроводов проходят специальные датчики, которые в случае нарушения целостности системы посылают сигнал на диспетчерский пульт. Это позволяет оперативно определять места повреждения с точностью до 1 метра.

В качестве эксперимента в г. Хотимске предизолированными трубами были заменены практически все городские теплосети (около 400 км). Вскоре пришлось закрыть 3 из 4-х существовавших в городе котельных. Производимого одной из них тепла стало хватать на весь город.

Децентрализация

Тепловая энергия поступает от теплоцентралей (ТЭЦ) энергосистемы в виде пара различного давления и горячей воды по теплосетям и подводится к потребителям по распределительным сетям предприятия. Подсоединение теплопотребителей к тепловой сети осуществляется через тепловые пункты, на которых производится преобразование вида теплоносителя или его параметров – давления и температуры. Тепловые пункты подразделяются на индивидуальные – ИТП для подсоединения систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения одного здания и центральные – ЦТП для подсоединения названных систем двух и более зданий.

Централизованное теплоснабжение, как правило, предполагает подключение к ЦТП через элеваторный узел трубопроводов систем отопления и систем горячего водоснабжения группы зданий, что практически не позволяет производить регулирование количества потребляемой тепловой энергии. Большие возможности в отношении регулирования, а также в отношении учета и контроля потребления обеспечивает вариант централизованного теплоснабжения жилых и общественных зданий с устройством для них индивидуальных тепловых пунктов с целью создания независимой системы подготовки горячей воды и подачи тепла на отопление.

Важнейшим направлением совершенствования теплоснабжения городов считается разумная степень его децентрализации, что означает строительство новых теплоисточников, приближенных к потребителю тепла (на газе, жидком топливе, электроэнергии), или переход на автономные источники теплоснабжения.

Децентрализация теплоснабжения позволяет:

- уменьшить потери тепла до 40% за счет полного отказа от наружных тепловых сетей или сокращения их протяженности;
- сократить до 15% потери тепла за счет более полного соответствия режимов производства тепла и его потребления;
- сократить затраты на теплоснабжение в сравнении с затратами, необходимыми для строительства, обслуживания и ремонта новых тепловых сетей, ремонта действующих сетей и теплогенераторов;
- снизить потери энергии и аварийность в системах теплоснабжения (статистика свидетельствует, что 99% аварий происходят в тепловых сетях, а не на ТЭЦ и в котельных);
- отказаться от строительства узлов учета и регулирования отпуска и потребления тепловой энергии.

В республике децентрализация теплоснабжения осуществляется путем перехода к автономным системам, использованию встроенных и пристроенных к зданию котельных, автоматизированных местных блочных или блок-модульных котельных полной заводской готовности, крышных котельных.

Децентрализация энергоснабжения, в том числе теплоснабжения, способствует формированию рынка энергоносителей и конкуренции в области энергообеспечения. Потребитель получает возможность выбора производителя и поставщика энергии.

В западноевропейских странах накоплен положительный опыт использования локальных отопительных систем (ЛОС) в многоквартирных зданиях. ЛОС способствуют снижению энергозатрат в жилом фонде. Обычно они включают в себя устройства газового отопления, устройства по сжиганию твердого топлива (мусора) и устройства, аккумулирующие солнечную энергию. Эти компоненты эксплуатируются не одновременно, а в строго определенные временные отрезки и позволяют экономить до 30 – 50% энергоресурсов по сравнению с централизованными системами теплоснабжения.

Тема 8. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В БЫТУ

8.1. Общая характеристика бытового энергопотребления в РБ

Коммунально-бытовой сектор экономики является одним из крупнейших потребителей топлива, тепловой и электрической энергии. Современный быт немыслим без энергетических услуг. Комфортные условия жизни людей обеспечиваются освещением, отоплением, вентиляцией, кондиционированием, бытовыми электрическими приборами. Бытовые коммуникации, информационно-развлекательный сервис осуществляются с помощью телефонов, телевизоров, компьютеров и т. д.

В силу своего географического расположения Беларусь относится к странам с относительно холодным климатом. Продолжительность отопительного периода составляет около 200 дней, что определяет значительную долю энергозатрат на отопление. На бытовом уровне потребляется почти 40% от суммарного количества топливно-энергетических ресурсов, расходуемых республикой. Потребляемая жилищно-коммунальным сектором тепловая энергия используется для отопления (60 – 70%) и горячего водоснабжения (30 – 40%).

К сожалению, эффективность бытового энергопотребления в нашей республике находится на весьма низком уровне. Для отопления и горячего водоснабжения квартиры среднестатистической белорусской семьи из 3 – 4 человек ежегодно на ТЭЦ или в котельных сжигается более 3 т у.т. Кроме того, за год такая семья потребляет 1200 – 1800 кВт·ч электроэнергии. Эти величины в среднем в 2 раза выше, чем в индустриально развитых европейских странах с сопоставимым климатом. При этом энергетический комфорт в наших домах значительно ниже: отсутствуют многие современные бытовые приборы, в помещениях зачастую поддерживается недостаточно высокая температура, оставляет желать лучшего качество воздуха. А бытовой энергетический комфорт во многом определяет качество жизни населения, состояние здоровья людей, наличие свободного времени.

Сопоставление отечественных и европейских показателей указывает на наличие значительного потенциала энергосбережения на бытовом уровне, прежде всего по тепловой энергии, и необходимость его активной реализации как с целью экономии ТЭР, так и для повышения качества жизни белорусов. Для решения этих задач, согласно Государственной программе «Энергосбережение», предусмотрен и проводится целый комплекс долгосрочных и краткосрочных мероприятий.

Обязательные условия успеха их решения:

- психологическая настроенность и желание населения экономно расходовать энергоресурсы;
- знание способов энергосбережения и умение их использовать в повседневной жизни;
- рачительное отношение людей к энергопользованию на подсознательном уровне, внутренняя дисциплина бережного энергопотребления.

Если первые два условия могут быть обеспечены в относительно короткие сроки благодаря экономическому и организационно-административному стимулированию, информационно-образовательным мерам, то осуществление последнего условия требует длительного времени, так как предполагает формирование у человека с самого детства определенных культуры поведения и привычек, обусловленных заботой о будущем энергетическом и экологическом благополучии нашей планеты. Именно поэтому в республике организована и совершенствуется много-ступенчатая система образования в области энергосбережения, постоянно проводится информационно-рекламная работа.

В значительной мере существующий потенциал энергосбережения в жилищно-бытовом секторе может быть реализован за короткое время самими жильцами с помощью простых, недорогих и эффективных способов. При этом важно понимать экономию энергоресурсов не как отказ от комфорта, а наоборот, способ обеспечения необходимых условий жизни для конкретного человека и общества в целом при ограниченном количестве первичных энергоресурсов.

8.2. Основные принципы разработки программы по сокращению энергопотребления в быту

С чего следует начинать работу по сокращению энергопотребления? В первую очередь необходимо определиться с объемами потребления различных видов ресурсов и суммами их оплаты, то есть провести своеобразный энергоаудит. В этом помогут счетчики (если они есть) и счета за энергопотребление, а также несложные расчеты и измерения. Желательно определить средние или удельные величины потребления ресурса за разные периоды времени (неделю, месяц, год). Это обязательное условие постоянной и планомерной работы по энергосбережению. Для оценки потенциала энергосбережения необходимо сравнить полученные величины с нормами и европейскими показателями.

Это поможет ответить на первый вопрос: экономия какого ресурса является приоритетным направлением. Логичный ответ – того, который учитывается, ведь это принесет вам прямую выгоду. Естественно, проводить затратные мероприятия энергосбережения, которые не могут принести прямой и немедленной экономии средств, нужно после детального анализа всех выгод от их внедрения. Вот только учитывается у нас только электрическая энергия, оплата других энергоресурсов делится поровну между большим количеством бытовых потребителей. Однако стоит знать, что экономия любого энергоресурса снижает его общее потребление и общие на него расходы, и вашего бюджета в том числе. Кроме того, ситуация постепенно изменяется – рано или поздно все энергоресурсы будут учитываться, и тот кто раньше научится их экономить, тому будет намного легче. Если учитываются все виды энергоресурсов, то необходимо соотносить затраты на проведение энергосберегающих мероприятий и выгоду от них, затем ранжировать. Из всего этого вытекают цели и программа вашей деятельности по экономии энергоресурсов, а также определяется ожидаемая отдача.

Рассмотрим возможные направления деятельности по экономии всех видов потребляемых в быту энергоресурсов.

8.3. Экономия тепловой энергии

В настоящее время счетчики тепла мало распространены по ряду причин: высокая стоимость, недостаточная проработка и точность измерения и т. д. Однако данный вопрос можно рассмотреть в другом ракурсе: как поддерживать в квартире достаточно комфортную температуру при плохом отоплении.

В первую очередь необходимо подготовить систему отопления.

Конвекторы необходимо промывать изнутри и периодически очищать от пыли снаружи. При эксплуатации внутренняя поверхность покрывается ржавчиной и накипью; иногда толщина отложений достигает такой величины, что существенно препятствует потоку воды, не говоря уж о переносе тепла. Для обеспечения нормальной циркуляции воздуха не следует загромождать пространство возле отопительных приборов. Категорически запрещается закрывать их декоративными плитами, панелями и даже шторами, так как помимо резкого снижения теплоотдачи это приводит к росту теплопотерь. С целью снижения потерь тепла через стену, находящуюся за отопительным прибором, и улучшения условий цир-

куляции воздуха рекомендуется увеличивать расстояние между прибором и стеной. Также рекомендуется устанавливать за конвекторами теплоотражающий экран и слой теплоизоляции. Для ограничения переноса нагретого воздуха к поверхности внутренних стекол окна необходима установка широкой подоконной доски. Окраска радиаторов масляными красками снижает теплоотдачу на 8 – 13 %, поэтому рекомендуется использовать цинковые белила.

Наравне с проблемой недостаточного отопления существует и проблема перетопа. От перетопа обычно страдают жильцы ближайших к источникам теплоснабжения домов.

Причина перетопа – неотрегулированные системы тепло-

снабжения. Поэтому напрашивается выход – нужно регулировать самим. Для этого посмотрите, есть ли у вас на трубопроводе отопления 1 (рис. 8.1) байпас 4. Возможно, строители просто «забыли» его установить. Тогда установка байпаса 4 и терморегулятора 2 или даже простого шарового крана позволит регулировать объем теплоносителя через отопительный прибор 3 и регулировать температуру в помещении.

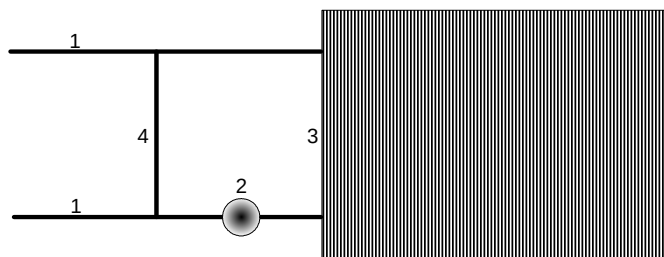


Рис. 8.1. Отопительный прибор

С проблемой холода дело обстоит гораздо сложнее. Первопричиной низкой температуры в наших домах является не плохое качество теплоснабжения, а огромные теплопотери. Удельный расход тепловой энергии на квадратный метр жилья в нашей республике в 2 – 4 раза (в зависимости от конкретного типа здания) выше, чем в европейских странах с сопоставимым климатом. Это свидетельствует о том, что вырабатывается и даже подается в дома очень много тепла, но оно сразу теряется. Потери тепла в зданиях по данным БелТЭИ в среднем распределяются следующим образом:

- окна – 36%;
- вентиляция – 28%;
- стены – 26%;
- перекрытия, подвал – 10%.

Так как основные теплопотери приходятся на окна, то утеплять (а лучше менять) следует в первую очередь их. Наиболее действенным способом является установка стеклопакетов. Сейчас предлагается множество конструкций, различающихся по способности удерживать тепло, сроку службы, экологическим характеристикам и, соответственно, цене.

Обычные стеклопакеты содержат между стеклами осушенный воздух и отличаются от обычных окон только повышенной герметичностью, удобством очистки и более эстетичным видом. Выпускаются вакуумированные стеклопакеты и стеклопакеты, заполненные инертными газами. Они обладают большим термическим сопротивлением. Стекла могут быть покрыты низкоэмиссионной термоотражающей пленкой, которая препятствует уходу тепла в виде излучения и снижает потери тепла через окна на 30 – 35%. Стеклопакеты, изготовленные с применением самых передовых технологий, имеют термическое сопротивление как у обычных наружных стен. Зачастую стеклопакеты устанавливаются вместо внутреннего остекления в стандартных рамах. При этом получается тройное остекление, что позволяет еще больше снизить тепловые потери.

Если на установку стеклопакетов средств нет, то нужно позаботиться о снижении тепловых потерь через существующие окна. Во-первых, стекла необходимо тщательно вымыть, чтобы потом экономить на освещении. Во-вторых, необходимо устранить все щели и неплотности. Можно заклеить бумагой, но делать это следует в безветренную погоду. Для устранения щелей между рамой и бетонной коробкой можно использовать монтажную пену. Стекла должны быть целыми. Дешевым и весьма эффективным решением является проточка на внутренней поверхности наружного переплета дополнительной канавки и установка дополнительного стекла (при хорошем состоянии переплета) либо прозрачной полимерной пленки. Получается тройное остекление, и потери тепла через окна снижаются на 20 – 30%. Для понижения влажности воздуха между переплетами рекомендуется использовать адсорбенты. Сухой воздух обладает меньшей теплопроводностью, и дополнительно снижается интенсивность запотевания и замерзания стекол. Зимой желательно вешать плотные шторы, не закрывающие батареи отопления. Остекление балконов и лоджий позволяет снизить общие теплопотери на 10 – 13%. Для снижения тепловых потерь через дверные проемы необходимо устанавливать двойные двери, двери с многоконтурным уплотнением, устраивать тамбуры.

Затем необходимо позаботиться о вентиляции, которая зачастую создает зимой избыточную тягу. На кухне вентиляционное отверстие можно прикрыть частично, а в ванной вообще закрыть, так как это позволит увлажнить излишне сухой воздух (зимой воздух в отапливаемых помещениях имеет пониженную влажность, что негативно сказывается на здоровье) и создать ощущение тепла. Далее рекомендуется утеплять наружные стены, если комната угловая, и стены на лестничные клетки.

8.4. Экономия электроэнергии

Экономия электроэнергии при использовании электроплит

Во-первых, необходимо иметь альтернативы электроплите – электрочайники, электрокофеварки, печи СВЧ, которые обладают значительно большим КПД.

Во-вторых, плита должна быть исправна. Полопавшиеся, со сколами и вздутиями, грязные нагревательные элементы значительно хуже выполняют свою функцию, если, конечно, выполняют.

В-третьих, нужно иметь соответствующую посуду. Каждый раз следует выбирать размер посуды, соответствующий ситуации. Вся посуда должна быть с крышками. Дело в том, что без крышки необходимо в два раза больше энергии и абсолютно все равно, нет крышки вообще или она не совсем плотно прилегает. Дно посуды для электроплит должно быть ровным и плотно ложиться на нагревательный элемент.

При приготовлении пищи или кипячении воды целесообразно выключать конфорки несколько раньше окончательной готовности или закипания воды, это позволяет сэкономить до 20% электроэнергии за счет тепловой инерции раскаленной конфорки. При приготовлении нескольких блюд можно сберечь от 10 до 30% электроэнергии, если использовать еще не остывшие конфорки для предварительного нагрева воды, используемой в приготовляемых блюдах, если пользоваться предварительно отстоявшейся водой комнатной температуры, а не холодной прямо из-под крана.

Экономия энергии при использовании плит всех типов. Продукты, для тепловой обработки которых требуется длительное время, лучше готовить в скороварках. В начале готовки необходимо устанавливать полную мощность конфорок, а после закипания воды снижать ее до минимума, так как температура кипения воды не зависит от мощности подводимого теплового потока и составляет 100 °С. Скорость приготовления продукта зависит только от температуры. Таким образом, избыточное тепло тратится только на испарение воды в помещение (сырость) и приводит к перерасходу энергии (электроэнергии или газа), не влияя на время приготовления.

Экономия электроэнергии при использовании холодильного оборудования

Холодильник потребляет 30 – 40% от общего расхода электроэнергии. Поскольку он включен в электросеть круглосуточно, то, несмотря на небольшую мощность, он потребляет электроэнергии не меньше, чем электроплита.

Место установки холодильника и температура окружающей среды имеют большое значение для нормального режима его работы и экономии электроэнергии. Холодильник нельзя устанавливать вблизи плиты и батарей отопления, на солнечной стороне кухни. Вокруг радиатора холодильника должно быть достаточно места для циркуляции воздуха, иначе расход энергии резко возрастает (на 20%). Холодильник должен быть в меру заполнен. Высокая теплоемкость хранящихся продуктов будет поддерживать в нем ровную температуру (особенно если вы часто открываете холодильник). Наличие продуктов снижает объем воздуха в холодильной камере и создает определенное аэродинамическое сопротивление, препятствующее его замене при открывании. При отключении электроэнергии это может сберечь продукты от оттаивания. Терморегулятор нужно устанавливать с таким расчетом, чтобы в камере поддерживалась температура, необходимая для сохранения продуктов, и не слишком низкая. При образовании льда на стенках холодильной камеры толщиной 5 – 10 мм холодильник необходимо размораживать. Регулярное размораживание дает 3 – 5% экономии.

Экономия электроэнергии за счет использования рациональной системы освещения

Добиться значительной экономии электроэнергии можно при разумном сочетании общего и локального (местного) освещения на рабочем столе, в гостиной для просмотра телевизионных программ, у зеркала в прихожей и т. п. Настольный светильник с лампочкой мощностью 30 Вт позволяет достичь лучшей освещенности на столе, чем потолочный светильник с 3 – 5 лампочками общей мощностью 180 – 300 Вт. С точки зрения энергосбережения хороши приборы плавного набора мощности. Важно предусмотреть возможность включения части ламп в светильниках, автоматического отключения освещения при выходе из комнаты. Необходимая световая мощность ламп определяется площадью помещения и цветом поверхности стен, пола, потолка и т. д. Светлые стены будут многократно отражать свет и усиливать освещенность. Темные поверхности, наоборот, поглощают свет. Коэффициент отражения составляет для белой краски 0,70 – 0,80, кремовой – 0,70 – 0,74, светло-серой – 0,40 – 0,50, светло-зеленой – 0,42 – 0,47, темно-зеленой и коричневой – 0,12. Своевременная и систематическая очистка светильников, ламп и люстр позволяет сэкономить до 30% электроэнергии, идущей на освещение.

Наиболее распространенными источниками энергии в наших квартирах продолжают оставаться лампы накаливания. Причиной этому служит простота конструкции, компактность, удобство в эксплуатации, дешевизна, большой выбор их мощности. Вместе с тем лампы накаливания имеют ряд недостатков. У них низкий КПД (1,8 – 2,2%); при повышении напряжения в сети на 2% срок их службы сокращается на 15%. Вообще их срок службы составляет не более 1000 часов. Вместо обычных ламп накаливания выгодно использовать галогенные лампы, которые при том же сроке службы потребляют в 2 – 2,5 раза меньше электроэнергии. Более экономичными источниками света являются люминесцентные лампы. Они обладают благоприятным спектром излучения, что создает более комфортные условия для отдыха, снижает утомляемость, способствует увеличению производительности труда. По цветности излучения ЛЛ делятся:

- на лампы белого света (ЛБ);
- на лампы дневного света (ЛД);
- на лампы дневного света с исправленной цветностью (ЛДЦ);
- на лампы холодно-белого света (ЛХБ);
- на лампы тепло-белого света (ЛТБ) – розовый оттенок.

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

К важнейшим характеристикам люминесцентных ламп следует отнести то, что их световой поток в 3 – 4 раза больше, чем у ламп накаливания при равном энергопотреблении. Срок службы ЛЛ составляет около 5000 часов.

Еще лучше использовать современные энергосберегающие лампы. К ним относятся, например, компактные люминесцентные лампы КЛЛ, которые потребляют в 6 – 7 раз меньше электрической энергии по сравнению с лампами накаливания при одинаковом уровне освещенности. При этом срок службы КЛЛ составляет около 8000 часов, или в 8 раз больше, чем для ламп накаливания. Конечно, стоят эти лампы значительно дороже, чем лампы накаливания, хотя государству и выгодно снижать цены на подобное оборудование. Тем не менее, выгода от использования КЛЛ даже при нашей неполной оплате за энергоресурсы достаточно велика.

Для любых типов ламп светоотдача увеличивается с увеличением мощности. Использование нескольких ламп малой мощности вместо одной мощной лампы в осветительных устройствах требует больше энергии. Так, 4 люминесцентных лампы по 20 Вт дают $\frac{2}{3}$ света, который можно получить от двух ламп по 40 Вт, или $\frac{4}{7}$ света, который дает одна лампа 75 Вт.

8.5. Экономия горячей и холодной воды

Прежде чем проводить мероприятия по экономии воды, полезно определить ее расход. Анализ существующего объема водопотребления покажет, какие мероприятия необходимо проводить в первую очередь, и поможет оценивать их эффект впоследствии.

В первую очередь необходимо привести в порядок сантехнику и все оборудование водоснабжения. Полезно заменить старое оборудование. Современные кран-буксы с металлокерамическими элементами вместо «упругих» прокладок позволяют забыть про извечное капание из кранов. При высокой надежности пользоваться ими просто и легко.

Применение качественных распылителей на смесителях и душевых установках позволяет комфортно пользоваться водой при вдвое меньшем расходе. Рукоятка душа с прерывателем потока воды снижает ее расход еще на четверть, если, конечно, им пользоваться. Принимать душ вообще гораздо экономнее, чем пользоваться ванной.

И все-таки главным мероприятием по экономии воды следует считать изменение привычек – мыть посуду под проточной водой расточительно дважды: кроме воды увеличивается расход моющих средств. Экономнее и удобнее пользоваться двумя наполненными раковинами, в одной растворяется моющее средство, а в другой посуда ополаскивается. Расход воды снижается в десятки раз, экономятся моющие средства. На западе принято умываться, набрав воды в раковину, добавив в воду средства по уходу за кожей. И уж тем более не следует чистить зубы или бриться под проточной водой.

Действенным инструментом стимулирования экономии энергоресурсов в жилом секторе послужило Постановление Совета Министров от 7 июля 1994 года «О введении приборного учета расхода газа, воды и тепловой энергии в домах жилищного фонда республики», которое обязало оснащать вновь вводимое и капитально ремонтируемое жилье приборами группового и индивидуального учета. Счетчик оказывает психологическое

действие: когда платишь за реально потребленное количество воды, газа, тепла, осознаешь, что оно могло бы быть меньшим, и думаешь о возможностях экономии. Статистика показывает, что установка счетчиков приводит к экономии и снижению расходов тепла – в 1,5 раза, холодной воды – в 2 раза, горячей воды – в 2,5 раза. В масштабе государства, которое оплачивает 60 – 65% расходов на энергообеспечение населения, это огромные средства. Сегодня счетчики окупаются в среднем за 3 года, скоро будут окупаться за 1,5 года.

К мощным организационно-экономическим инструментам повышения энергоэффективности бытовых приборов и устройств относится их маркировка (лейблирование) по уровню удельного энергопотребления. В настоящее время почти вся Европейская бытовая техника имеет специальную евронаклейку с обозначением класса энергосбережения от А до G. К классу А относятся наиболее, а к классу G – наименее экономичные приборы. Там же указывается годовое потребление электроэнергии в кВт-часах. Каждому классу энергосбережения соответствует определенный уровень энергопотребления. Цена на товары назначается в зависимости от маркировки и регулирует поведение производителя и потребителя на рынке: стимулирует производителя на выпуск более энергоэкономичного оборудования, а потребителя – на его приобретение. Кроме того, маркировка энергоэффективности позволяет населению ориентироваться в широкой номенклатуре бытовой техники.

8.6. Опыт зарубежных стран в бытовом энергосбережении

Показательным является опыт ряда зарубежных стран в политике энергосбережения и самообеспечения энергоресурсами, которая проводится с 1973 – 1974 годов, то есть после первого нефтяного кризиса. Например, в таких странах, как Дания, Канада, США, Германия. В Дании уже 26 лет (с 1974 по 2000 год) проводится энергосберегающая политика, разработанная для разных сфер жизни общества, в том числе и политика бытового энергосбережения. За этот период уровень самообеспеченности энергоресурсами в Дании вырос с 0 % до 57,3 %. Количество энергии, расходуемой на отопление, за этот период было сокращено на 24%, при этом строительный сектор вырос на 20%, что означает общее снижение расхода энергии на квадратный метр почти вдвое. Однако это, несмотря на рост потребления электроэнергии и увеличение энергопотребления транспортом, позволило Дании сегодня не превысить уровень потребления ТЭР двадцатилетней давности.

Например, уже более 20-и лет в Дании происходит постоянное снижение энергопотребления на отопление, которое связано с **выполнением следующих мероприятий:**

- 1) повышение теплоизоляции зданий, как новых, так и реконструируемых;
- 2) внедрение эффективных систем теплоснабжения и отопления с автоматическим регулированием;
- 3) жесткие требования к энергоэффективности оборудования в новом строительстве согласно изменениям в законодательстве.

Опыт западных стран однозначно свидетельствует в пользу энергосберегающих мероприятий в жилом секторе.

8.7. Тепловой баланс индивидуального жилого дома (здания)

Чтобы знать, где необходимо экономить тепловую и электрическую энергию (то есть энергию, которую нужно учитывать), необходимо рассмотреть и знать, как происходит потеря энергии в здании. Проиллюстрируем этот процесс потери и поступления энергии в помещение индивидуального дома (квартиры, здания) на примере рис. 8.2.

Поступление теплоты в помещение осуществляется: 1) от системы отопления; 2) от человека; 3) от работающих электрических приборов (холодильник/морозильник, телевизор, компьютер и т. д.); 4) от плит (во время приготовления пищи); 5) от осветительных приборов (освещения); 6) от солнечной радиации. В сумме тепlopоступления составляют 100 %.

Потери теплоты в холодный и переходный период года в большей степени компенсируются системой отопления.

Потери теплоты (**тепlopотери**) в здании в процентном отношении выглядят примерно так:

1. До 39 – 45 % – за счет воздухообмена (через вентиляционные отверстия, дымоход) и учитывая инфильтрацию.
2. До 26 – 27 % – через наружные стены (наружные ограждающие конструкции).
3. До 22 – 24 % – через не утепленные двери и окна.
4. В индивидуальном доме: до 4 % – через крышу и перекрытия; до 2 % – через пол, подвал. В многоэтажном многоквартирном доме: до 11 % – через подвал, перекрытия, лестничные клетки (см. рис. 8.2).

Как видно, наибольшие тепlopотери в жилом здании происходят через *наружные ограждения и вентиляцию*.

Кроме предотвращения теплопотерь резерв экономии электрической и тепловой энергии заключается в рациональном размещении и эксплуатации бытовых приборов в жилом помещении. На базе УВИЦ при УП «Белэнергосбережение» были разработаны плакаты по теме «Бытовое энергосбережение», которые рекомендуется вывешивать для обучения населения во всех подъездах жилых домов. Они просто и наглядно показывают основные способы экономии тепловой и электрической энергии, сохранения тепла в квартирах. Далее будут приведены эти плакаты.

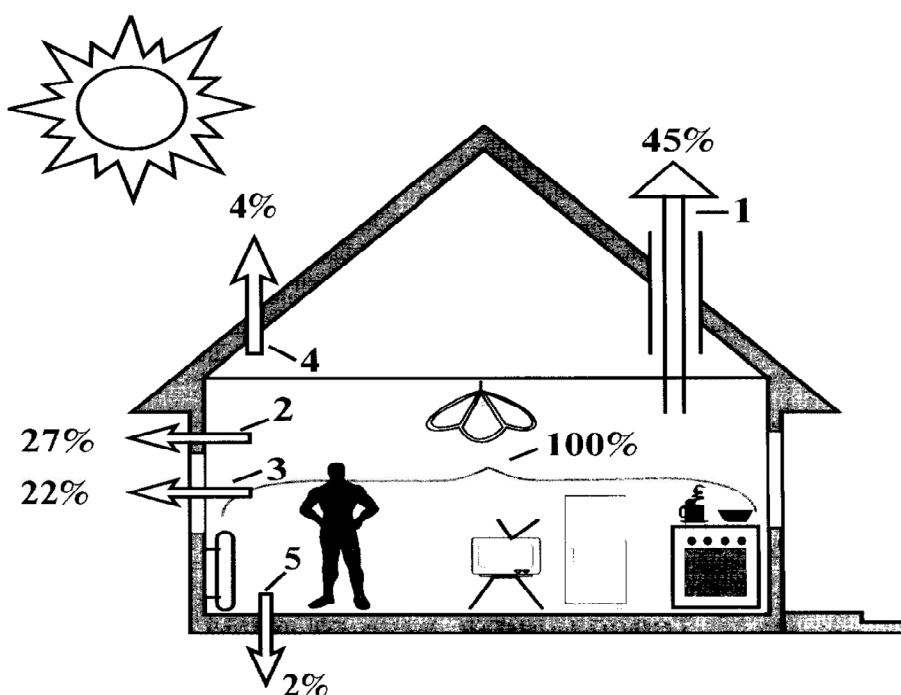


Рис. 8.2. Примерная структура теплового баланса жилого дома в холодный период года:

1. Теплопотери за счет воздухообмена, включая инфильтрацию и вентиляцию.
2. Теплопотери через наружные ограждения.
3. Теплопотери через неплотности световых проемов.
4. Теплопотери через крышу, перекрытие.
5. Теплопотери через пол или подвал.
6. Теплопотери через тамбур или лестничную клетку.
- 100 % – поступление теплоты в помещение.

Также в республике на уровне Совета Министров приняты «**Основные энергосберегающие мероприятия для зданий и сооружений**», которые включают:

1) снижение потерь теплоты через наружные ограждающие конструкции зданий и сооружений (для реконструируемых и вновь проектируемых зданий), которое может быть обеспечено с помощью тепловой

изоляции, которая выполняется по следующим указаниям: а) используя рекомендации **Пособия** П1-99 к СНиП 3.03.01-87 «Проектирование и устройство тепловой изоляции наружных стен зданий методом **«Термошуба»** (название СНиП 3.03.01-87 «Несущие и ограждающие конструкции») и б) необходимо принимать при проектировании значения сопротивления теплопередачи согласно белорусским требованиям СНБ 2.04.01-97 «Строительная теплотехника»;

2) снижение количества поступающего в помещение наружного воздуха (через неплотности притворов в заполнениях световых проемов) до требуемой величины, поэтому необходимо заменить в оконных проемах остекление на *тройное остекление* (рекомендации СНБ 2.04.01-97 «Строительная теплотехника») или выполнение каждым жителем в квартире оклейки стекол в оконных проемах дополнительным слоем пленки, что создаст эффект «тройного» остекления;

3) снижение расхода тепловой энергии в системе отопления здания (в частности, отопление через греющие полы дает экономию энергии 15 – 20%), применение воздушного отопления в индивидуальных домах;

4) снижение расхода тепловой энергии в системе горячего водоснабжения здания, применение тепловых насосов;

5) снижение расходов топлива в котельных;

6) использование экономичных источников света (энергоэффективное освещение);

7) применение приборов регулирования и приборов учета расхода газа, воды и тепловой и электрической энергии, введение жестких требований к энергоэффективности используемого оборудования; применение автоматических систем контроля и управления (АСКУ); создание нового поколения систем учета и контроля, систем регулирования;

8) использование теплоутилизаторов в системах вентиляции и горячего водоснабжения.

Каждое из перечисленных выше мероприятий, в свою очередь, состоит из комплекса других мероприятий. Рассмотрим подробно, какие пути можно использовать для выполнения такого мероприятия, как *снижение потерь теплоты через наружные ограждающие конструкции зданий (для реконструируемых и вновь проектируемых)*:

1. В СНБ 2.04.01-97 «Строительная теплотехника», пп. 3.1 – 3.3, даны рекомендации по сокращению расхода энергии на отопление зданий и поддержанию тепловлажного режима помещений и ограждающих

конструкций зданий. Введено значение нормативного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции $R_{т.норм.}$, ($м^2оС$)/Вт, для вновь проектируемых и реконструируемых зданий, а также экономически целесообразное сопротивление теплопередаче $R_{тэк}$, ($м^2оС$)/Вт, с целью максимального сокращения теплопотерь через ограждения зданий.

Для наружных крупнопанельных стен $R_{т.норм} = 2,5$ ($м^2оС$)/Вт;

Для световых проемов $R_{т.норм} = 0,5$ ($м^2оС$)/Вт .

Учитывая требования СНБ 2.04.01-97, необходимо проектировать для зданий тройное остекление и рассчитывать толщину теплоизоляционного слоя для наружных стен и перекрытий по $R_{т.норм}$ и $R_{тэк}$.

2. При реконструкции действующих зданий необходимо **утеплять наружные ограждения** согласно рекомендациям Пособия П1-99 к СНиП 3.03.01-87 «Проектирование и устройство тепловой изоляции наружных стен зданий методом «Термошуба».

8.8. Мероприятия по энергосбережению в жилом секторе

В жилом секторе для экономии ТЭР (в виде тепловой и электрической энергии) на бытовом уровне можно применить ряд простых мероприятий, которые не требуют привлечения дополнительных средств и рекомендуются всеми жителями страны. В комплексе эти мероприятия получили название «бытовое энергосбережение», перечислим их:

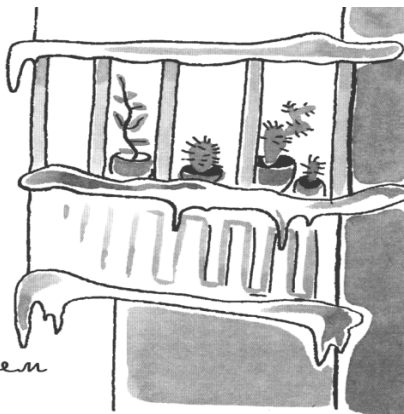
1. Утеплить окна и наружные двери, балконы и лоджии – оклеить толстой бумагой или липкой лентой, завесить окна и балконные двери толстыми занавесками, но так, чтобы они не закрывали отопительные приборы и не препятствовали циркуляции тепла. Прокомментируем эти рекомендации плакатами, изображенными на рис. 8.3, а – г.

2. Для индивидуального дома можно утеплить наружные стены методом «термошуба» согласно рекомендациям Пособия П1-99 к СНиП 3.03.01-87, справочного приложения к ним для РБ и указаниям СНБ 2.04.01-97 «Строительная теплотехника».

3. Дополнительно укрепить прозрачную полиэтиленовую пленку на окнах, создав тем самым эффект тройного остекления, или установить рамы с тройным остеклением (согласно рекомендациям СНБ 2.04.01-97 «Строительная теплотехника»).

а)

Экономь своё тепло:
Ты одень балкон в стекло!
Оживут цветы под солнцем
У такого вот окна.

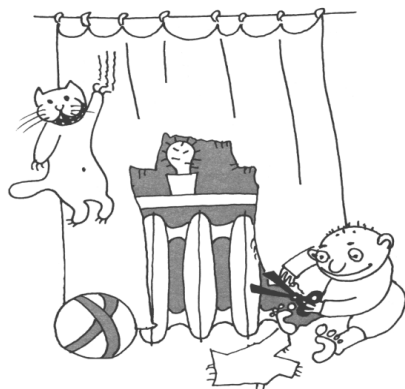


б)

Если ветер в окна свистит
Или дождь в портьеры брызжет —
Значит ясно нам одно:
Не заклеено окно.

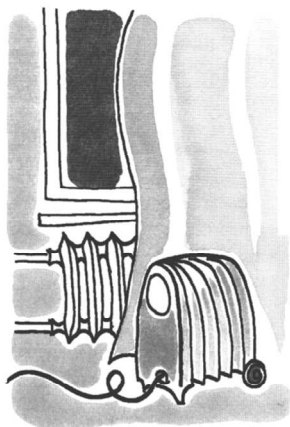


в)



Не закрывайте батареи
плотными шторами!

г)



Открывайте батареи —
Будет лучше и теплее!

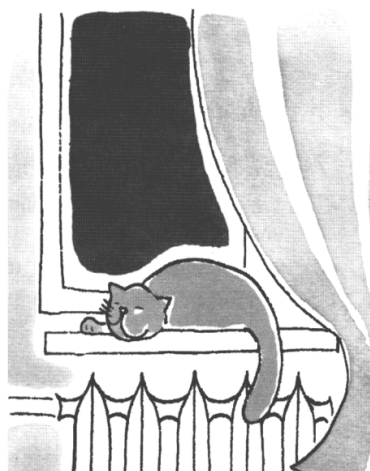
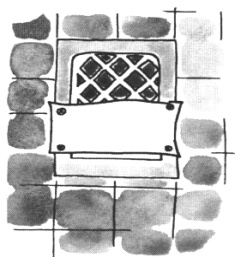


Рис. 8.3. Плакаты, рекомендуемые для населения

4. Закрывать более чем наполовину вентиляционные отверстия в туалетной и ванной комнатах, на кухне, а также дымоходы плотной бумагой или картоном (или пластиком), как показано на рис. 8.4, но только для холодного периода года, когда из-за значительного перепада наружной и внутренней температур воздуха возрастают перепад давлений и скорость движения удаляемого воздуха в вентиляционном канале или дымоходе, то есть становится повышенным воздухообмен в помещении. Если здание многоэтажное, то необходимо прикрывать более чем наполовину отверстие вытяжного канала на этажах ниже нейтральной плоскости и менее половины площади канала – на этажах выше нейтральной плоскости здания.



Как ещё тепло хранить?
Вентиляцию прикрывать!

Рис. 8.4. Плакат для населения

5. Повысить эффективность теплоотдачи от отопительных приборов следующими способами:

5.1. Установить *отражающий экран* за отопительным прибором и под подоконником из блестящей или алюминиевой фольги, алюминиевой пленки или оцинкованной жести.

5.2. Между отражающим экраном и стеной положить теплоизолирующий слой из войлока или толстой ткани (картона), что позволит повысить температуру в помещении на 1 – 2 °С.

5.3. Установить на отопительных приборах термостаты РТД (терморегуляторы) и краны, в СНИП «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» приведены рекомендации об установке терморегуляторов, в МГСН 3.01-96 «Энергосбережение в зданиях» регламентируется их установка на каждый отопительный прибор; в статье журнала «Энергоэффективность» приведены показатели по установке на конвекторы «Универсал» термостата РТД(ж) фирмы «Данфосс» (Россия), который дает экономию в системах отопления на 15 – 25%, а срок окупаемости составляет 1,5 – 4 года.

5.4. Изолировать все трубы горячей воды, а также скрытые в каналах стояки и магистрали в подвалах, на чердаках (технических

этажах) утеплителем или войлоком, пенистым материалом или теплоизолирующими сегментами фирмы «САРМАТ» (г. Минск) для снижения теплопотерь трубопроводами.

5.5. Не загораживать отопительные приборы мебелью, чтобы не препятствовать циркуляции теплого воздуха по комнате – рис. 8.3, з.

6. Снижать расход электроэнергии на освещение и бытовую технику:

6.1. Использовать энергосберегающее и энергоэффективное освещение – это обеспечение необходимой нормы освещенности при уменьшении затрат на энергию, потребляемую источниками освещения (рис. 8.5).

6.2. Правильно пользоваться холодильниками и морозильниками:

а) размораживать холодильники/морозильники как только толщина льда достигнет 5 – 10 мм (рис. 8.6, а);

б) не открывать холодильник/морозильник без надобности и надолго (см. рис. 8.6, б);

в) поставить холодильник/морозильник в самом холодном месте кухни, подальше от плиты и отопительных приборов (см. рис. 8.6, в);

г) класть на хранение в холодильник/морозильник только холодные продукты;

д) при покупке нового холодильника/морозильника учитывать его энергосберегающие характеристики.

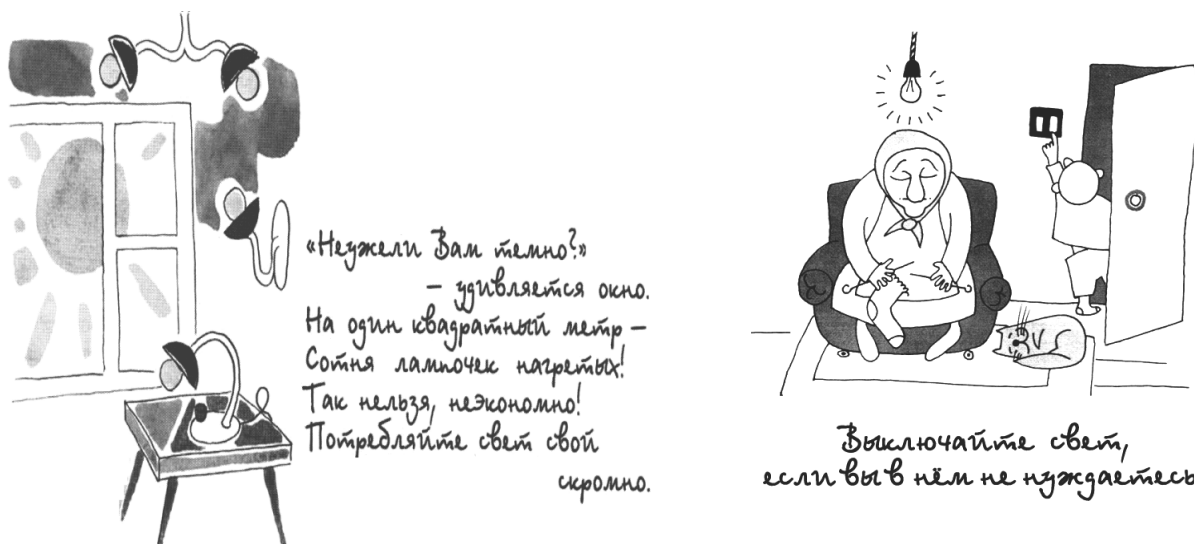
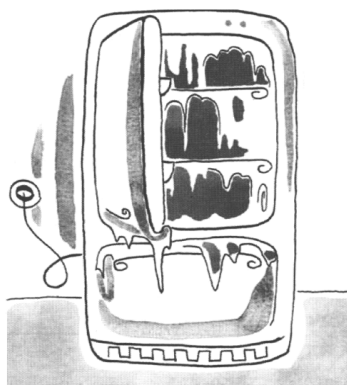
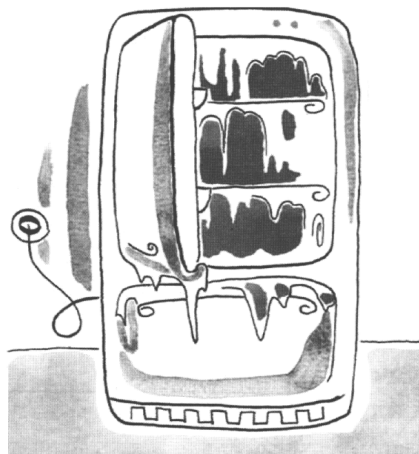


Рис. 8.5. Плакаты по энергосбережению

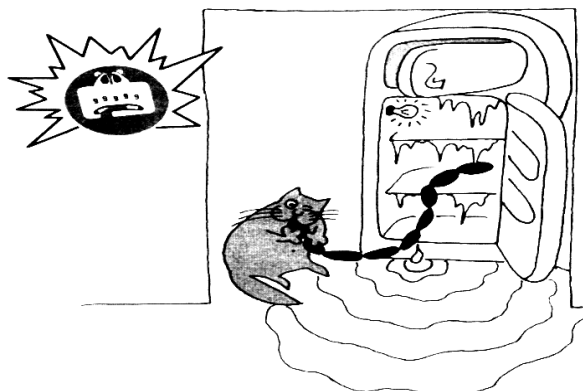
а)

Если много не хотите
За платить за свет,
специально
мыть и чистить
холодильник,
Разморозив морозильник.

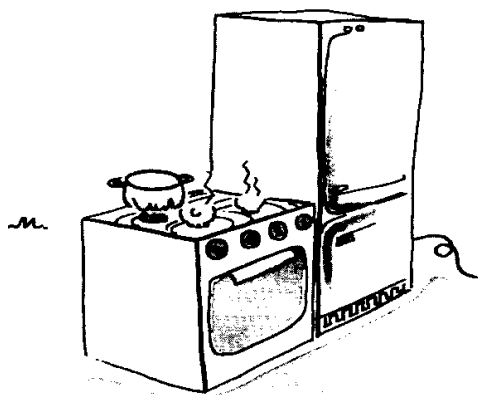


б)

Правильно пользуйтесь
холодильником!



в)
)



Знают взрослые
и дети:
Холодильник и плита —
Вовсе не соседи!

Рис. 8.6. Плакаты по энергосбережению

7. Отключать все бытовые электрические приборы, которые не используются, и холодильники/морозильники в том числе;

8. Использовать меньше горячей и холодной воды, для этого выполнять следующие требования:

8.1. Оперативно устранять все течи в кранах и трубах, всегда иметь в доме запасные уплотнительные прокладки (рис. 8.7).



Рис. 8.7. Плакаты по энергосбережению

8.2. Мыть посуду в емкости с моющим средством, а потом ополаскивать под струей воды (рис. 8.8).

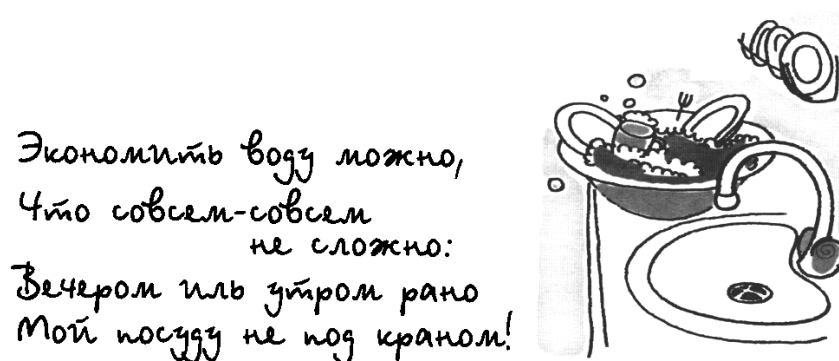


Рис. 8.8. Плакат по бытовому энергосбережению

8.3. Использовать распылители воды, которые надеваются на водоразборный кран и создают объемную струю, при создании которой затрачивается меньше воды (рис. 8.9).

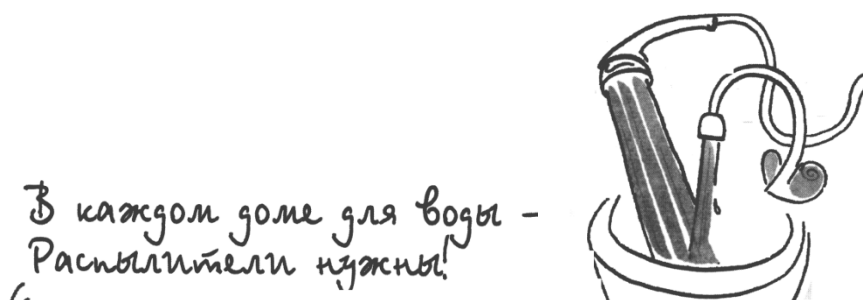


Рис. 8.9. Плакат по энергосбережению

8.4. Кипятить воды не больше, чем нужно (рис. 8.10).

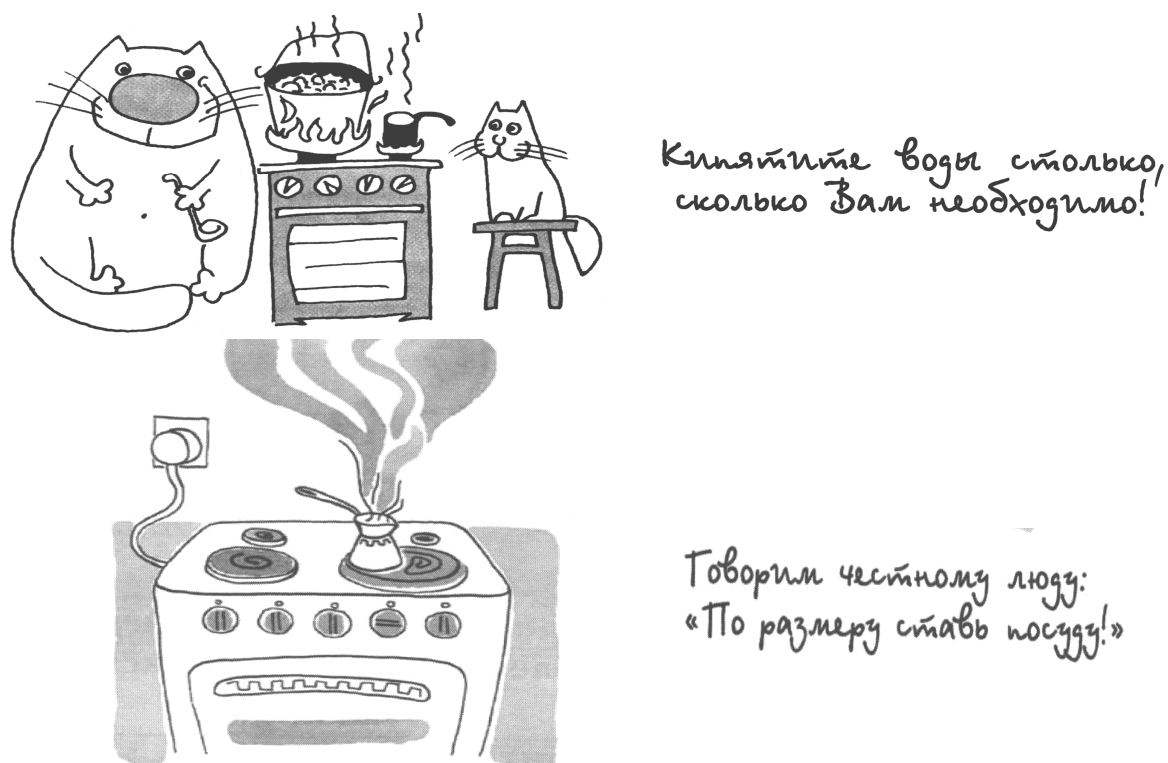


Рис. 8.10. Плакаты по энергосбережению

8.5. Периодически удалять накипь с внутренней поверхности чайников и кастрюль, так как накипь является теплоизолятором и для нагрева воды потребуется затратить больше теплоты (рис. 8.11).

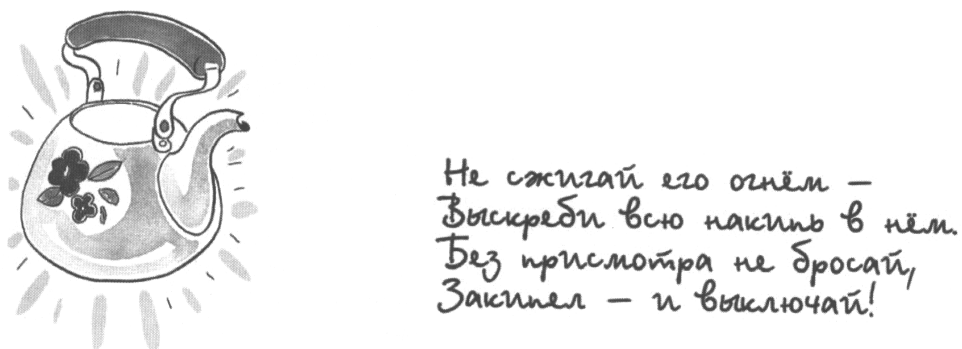


Рис. 8.11. Плакат по энергосбережению

8.6. Если мыться в душе, а не в ванной, то экономится большой объем воды (рис. 8.12).



Рис. 8.12. Плакат по энергосбережению

8.7. Мыть автомобиль следует не из шланга, а из ведра или бутылки (рис. 8.13).



Рис. 8.13. Плакат по энергосбережению

8.8. Изолировать войлоком, пенистым материалом или теплоизолирующим материалом все трубы горячей воды, которые проходят в здании (подвал, чердак и т.д.), для снижения теплопотерь, и холодной воды — для предотвращения замерзания.

8.9. Установить счетчики электроэнергии, газа, тепла и воды и регулярно учитывать потребление в вашем доме. Министерство жилищно-коммунального хозяйства с ноября 2003 года установило **20%-ю скидку** на оплату за тепловую энергию на **3 года** для жильцов, которые установят счетчики тепла и заключат договор в ЖКО. Причем срок окупаемости счетчика за счет экономии денег на оплате составит 1,5 года, а потом вы будете экономить деньги в своем бюджете.

9. Применение теплых полов в квартире (частном доме) в помещениях ванной, санузла, спальни комнаты, кухни позволяет экономить энергию, затрачиваемую на их обогрев; рекомендации по устройству таких полов с применением греющих полимерных проводов дают специали-

сты БГПА (НИЛ ИнТС), их конструкции успешно прошли апробацию в жилых квартирах, при устройстве систем отопления производственных, животноводческих и агротехнических помещений, обогреве трубопроводов, емкостей, кабин машин и механизмов, грунта в грядках, парниках, удалении снега и льда с поверхностей, прогреве бетона в стыках сборных и устройстве монолитных конструкций, а также изготовлении обогревающих устройств различного назначения.

10. Применение для теплоснабжения систем нагрева воды с использованием солнечной энергии.

11. Применение тепловых насосов, теплоутилизаторов и др.

12. Для вновь строящихся коттеджей можно запроектировать энергосберегающую систему воздушного отопления (рис. 8.14).

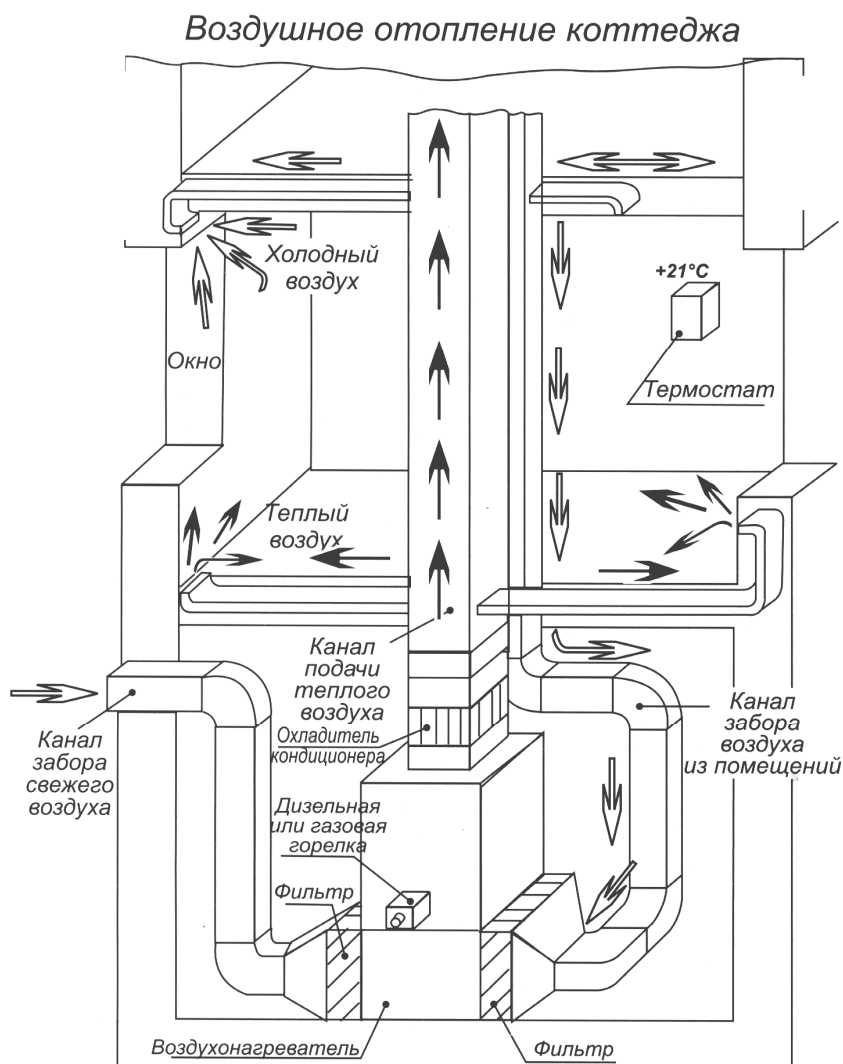


Рис. 8.14. Схема воздушного отопления коттеджа

Тема 9. ПОТРЕБЛЕНИЕ ТЭР В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В жилищном хозяйстве РБ потребляется около 30% всей производимой энергии. Существует перерасход энергии в уже эксплуатируемых зданиях, и потому вопрос энергосбережения является очень актуальным в жилом секторе. Известно, что согласно закону РБ «Об энергосбережении» все ТЭР в республике подлежат обязательному учету. Издан документ, прописывающий правила нормирования и учета ТЭР, «Положение по нормированию расхода топлива, тепловой и электрической энергии в народном хозяйстве Республики Беларусь», где приведены энергоэкономические показатели по нормированию ТЭР, дана размерность норм расхода ТЭР и указано, что необходимо экономить и учитывать следующие виды ТЭР:

- 1) энергию, которая делится на два вида:
 - тепловая энергия, Гкал;
 - электрическая энергия, МВт·ч;
- 2) топливо, из которого подлежит учету котельно-печное топливо (КПТ), т.е., которое, в свою очередь, делится:
 - на первичное;
 - на вторичное, или преобразованное.

Если рассмотреть процентное соотношение потребления энергии городским и сельским населением республики за 2002 год в сравнении со всей выработанной в стране энергией, то увидим, что:

- потребление электрической энергии бытовыми потребителями составляет: городскими – 14,2% и сельскими – 5,4% , что в сумме примерно 20 %;
- потребление тепловой энергии городскими потребителями составляет 57,2%, а сельским населением – 0,8%, что в сумме равно 58%.

При таком высоком потреблении ТЭР в жилищно-коммунальном хозяйстве республики Совет Министров РБ разработал совместно с Комэнергоэффективности и НАН направления по энергосбережению в этой сфере. За 4 года проведения политики энергосбережения в республике было показано, что в жилищном секторе можно экономить до 40% потребляемой энергии.

9.1. Тепловая изоляция зданий методом «термошуба»

С 1 июля 1999 года Государственный комитет по энергосбережению и энергетическому надзору РБ ввел в действие зарегистрированное в национальном комплексе нормативно-технических документов строитель-

ное Пособие П1-99 к СНиП 3.03.01-87 «Проектирование и устройство тепловой изоляции наружных стен зданий методом «термошуба». Это пособие упорядочило работы, проводимые в нашей республике по термической изоляции наружных стен зданий и сооружений и ликвидировало анархию, существующую с 1994 года в области терморегуляции зданий (термореновации). В этом пособии четко описаны требования, которые должны предъявляться к многослойным системам утепления здания «под штукатурку». До 2000 года (до выхода пособия П1-99) в РБ существовало около десяти различных способов изоляции наружных стен, но официальных было *три системы тепловой изоляции наружных стен*, предложенные различными фирмами:

1. «Термошуба» – разработчиком является СКТБ «САРМАТ», г. Минск. На основании исследований издано пособие П1-99 к СНиП 3.03.01-87.

2. «Радекс» – разработана фирмой «Радекс».

3. ПСЛ – разработана в г. Минске НИИСМ АП «Белпроект».

В 2000 году лаборатории строительной теплофизики БГПА было поручено исследовать все применяемые способы тепловой изоляции зданий, начиная с 1995 года. Все перечисленные выше разработчики подали заявки на участие в испытаниях предлагаемых конструкций наружной изоляции зданий. В результате анализа была оставлена только одна система наружной изоляции зданий – «термошуба», а разработчикам было поручено подготовить Пособие по выполнению этого способа изоляции, которое получило название Пособие П1-99 к СНиП 3.03.01-87 «Проектирование и устройство тепловой изоляции наружных стен зданий методом «термошуба».

Система тепловой изоляции наружной стены методом «термошуба» состоит из следующих слоев:

1. Наружная стена.
2. Клей полимерминеральный САРМАЛЕП.
3. Специальная фасадная гидрофобизированная минераловатная жесткая фасадная плита марки FASROCK.
4. Пластмассовый дюбель.
5. Гвоздь оцинкованный, вбивается в дюбель (для крепления плит).
6. Клей полимерминеральный САРМАЛЕП.
7. Защитный слой – стеклосетка армирующая ССШ-160, накладывается на слой клея полимерминерального САРМАЛЕП.
8. Состав отделочный полимерминеральный САРМАЛИТ или клей полимерминеральный САРМАЛЕП.

9. Микропористая фасадная краска на основе пилиолитовой смолы СОФРАМАП.

10. Защитный алюминиевый уголок с перфорированными стенками 25×25×0,5, накладывается по краям конструкции утепления «термошуба» поверх сетки армирующей и сверху покрывается слоями 8 и 9.

Производство гидрофобированных минераловатных плит из натурального базальта марки FASROCK налажено в Дании концерном ROCKWOOL, с которым сотрудничает СКТБ «Сармат». Плиты полностью отвечают международным требованиям, предел прочности на разрыв утеплителя равен 0,015 МПа – отвечает международным стандартам.

Отмечены **достоинства** метода «термошуба»:

- получена экономия энергоресурсов на снижении расхода теплоты на отопление здания, и в целом за год сэкономлено 97,7 т у.т./ год;
- улучшен внешний вид зданий, в ряде случаев фасад здания защищен от начавшегося разрушения;
- устранено промерзание стен, улучшен микроклимат помещений;
- долговечность тепловой изоляции – около 35 лет;
- высокая ударопрочность тепловой изоляции – более 60 Дж. Низкая эксплуатационная влажность тепловой изоляции – менее 1 %;
- увеличение сопротивления теплопередаче;
- увеличен предел прочности на разрыв утеплителя – не менее 0,015 МПа.

Недостатки, выявленные в результате испытаний у конструкций наружной изоляции зданий других производителей:

- из-за отсутствия отечественного опыта по созданию многослойной системы отопления в первые годы использования наружного утепления стен были допущены ошибки в подборе материалов многослойных конструкций. Из-за этого были отклонены два других предлагаемых способа изоляции;
- отсутствовали обоснованный подбор плит утеплителя и проверка на прочность и на разрыв. По нормативным документам, принятым в РБ, установлен предел прочности на разрыв не менее 0,015 МПа;
- отсутствие в некоторых конструкциях плит утеплителя водопоглощающей способности. Установлено, что водопоглощение не должно превышать 5 % по массе утеплителя – в противном случае происходит нарушение теплоизолирующих свойств утеплителя;
- несовместимость при подборе плит утеплителя с клеящим и защитным полимерминеральными составами.

Тема 10. УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛА ПАРОЖИДКОСТНЫХ ПОТОКОВ. ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ, ИХ КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИП РАБОТЫ

Теплообменные аппараты

Теплообменные аппараты служат для передачи тепла от одного теплоносителя к другому (обмена теплотой между потоками).

Классификация теплообменных аппаратов по принципу работы:

- рекуперативные;
- регенеративные;
- контактные.

Принцип работы **рекуперативных** теплообменников состоит в передаче тепла от одного потока к другому через разделяющую их поверхность (стенку).

Принцип работы **регенеративных** теплообменников заключается в аккумулировании тепла. Сначала один из теплоносителей нагревает какой-то массивный элемент (насадку, набивку и т. д.), обладающий высокой теплоемкостью, а затем этот элемент отдает тепло второму теплоносителю.

В **контактных** теплообменниках происходит непосредственный контакт теплоносителей, поэтому теплообмен (в данном случае идет наиболее интенсивно) может сопровождаться интенсивным массообменом.

Рассмотрим рекуперативные теплообменники, так как для утилизации тепла парожидкостных потоков обычно используются именно они. Наиболее широко используются три вида рекуперативных теплообменников.

Теплообменники типа «труба в трубе» (рис. 10.1).

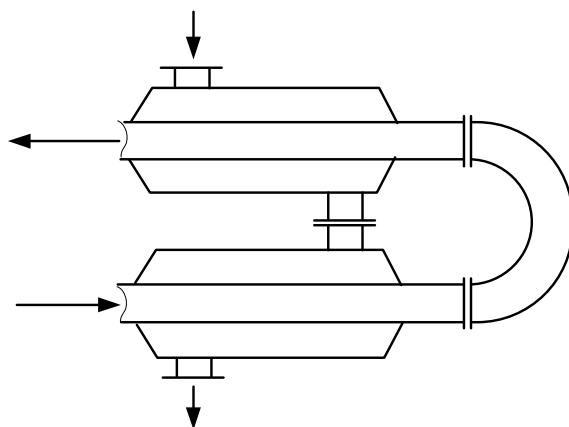


Рис. 10.1. Теплообменник типа «труба в трубе»

В этих теплообменниках один поток движется по внутренней трубе, а второй – в кольцевом пространстве между трубами. Обычно по внутренней трубе пропускают тот теплоноситель, который интенсивнее загрязняет поверхность теплообмена, так как внутреннюю поверхность этой трубы легче очистить, разобрав фланцевые соединения. Если мы рассматриваем вариант подогрева нефти водяным паром, то нефть нужно пропускать по внутренней трубе, а водяной пар – по межтрубному пространству.

Нагреваемые потоки во всех типах теплообменников стараются пропускать снизу вверх, а охлаждаемые – сверху вниз, так как при этом снижается гидравлическое сопротивление аппарата (меньшие затраты электроэнергии на перекачку) и не возникает застойных областей и областей обратного перемешивания, снижающих эффективность теплообмена.

Такой тип теплообменников морально устарел и мало используется в промышленности в связи с высокой металлоемкостью и большими габаритами.

Кожухотрубчатые теплообменники

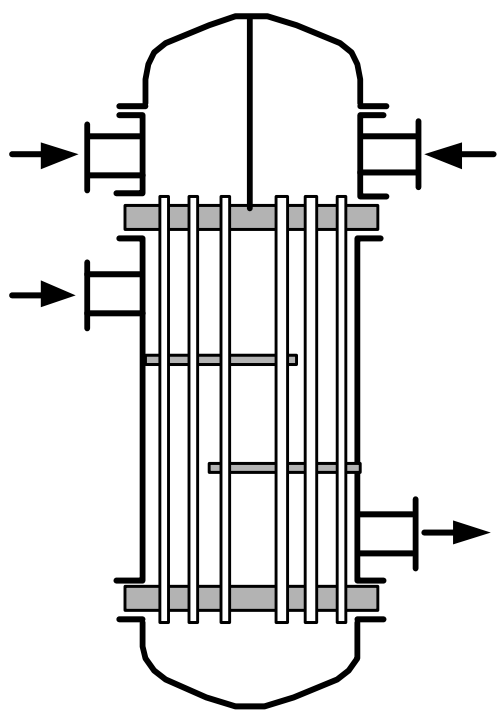


Рис. 10.2. Кожухотрубчатый теплообменник

Кожухотрубчатые теплообменники наиболее широко распространены в промышленности. Эскиз многоходового кожухотрубчатого теплообменника представлен на рис. 10.2.

Здесь более загрязненные потоки (в нашем случае нефть) направляются в трубное пространство. Водяной пар омывает наружную поверхность трубок в межтрубном пространстве.

Мощность теплового потока через поверхность теплообмена (для всех рекуперативных теплообменников) зависит от площади этой поверхности, градиента температур и коэффициента теплопередачи и определяется по формуле

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t_{CP}.$$

Таким образом, для передачи одного и того же количества тепла при меньшем коэффициенте теплопередачи K требуется большая поверхность F (выше капитальные затраты). Поэтому стараются этот коэффициент по-

высить. Коэффициент теплопередачи зависит от агрегатного состояния, физических свойств и скорости движения теплоносителей, толщины слоя и удельного термического сопротивления загрязнения, толщины и термического сопротивления теплопередающей поверхности (трубок для рассмотренных выше типов). Почти все рекуперативные теплообменники изготавливают из металлов (в основном сталей), так как металлы имеют самую высокую теплопроводность (самое низкое термическое сопротивление). Для повышения скорости течения потоков теплоносителей в трубном и межтрубном пространствах теплообменников устанавливаются перегородки. Такие теплообменники называются многоходовыми (*но при этом возрастают их гидравлическое сопротивление и энергозатраты на перекачку*).

Пластинчатые теплообменники – рис. 10.3.

Пластинчатые теплообменники применяются реже, чем кожухотрубчатые, но постепенно внедряются все шире. Это связано с их меньшей металлоемкостью, более низким гидравлическим сопротивлением (меньше энергозатраты на перекачку), более высокими коэффициентами теплопередачи по сравнению с кожухотрубчатыми теплообменниками и теплообменниками типа «труба в трубе». Но существуют и недостатки, которые ограничивают область их применения: их нельзя применять при использовании теплоносителей, которые интенсивно загрязняют поверхность пластин, а также при высоких давлениях (> 50 атм) или при высокой разности давлений теплоносителей.



Рис. 10.3.
Пластинчатый
теплообменник

10.1. Использование тепла отходящих дымовых газов технологических печей. Теплоутилизирующие устройства

Технологические печи являются крупнейшими потребителями энергии на нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятиях, в металлургии, а также во многих других отраслях промышленности. На НПЗ в них сжигается 3 – 4% от всей перерабатываемой нефти.

Средняя температура дымовых газов на выходе из печи, как правило, превышает 400 °С. Это связано с тем, что обычно сырье подается в печь после предварительного подогрева теплом продуктовых потоков (то есть уже с достаточно высокой температурой). Кроме этого, разность температур между дымовыми газами на выходе из конвекционной камеры пе-

чи и сырьем, поступающим на подогрев, должна составлять 100 – 150 °С (экономический оптимум соотношения капитальных и эксплуатационных затрат). Количество теплоты, уносимой с дымовыми газами, составляет 25 – 30% от всей теплоты, выделяющейся при сгорании топлива. Коэффициент полезного действия печей, таким образом, не превышает 60 – 65% (существуют дополнительные тепловые потери через стенки печи).

Поэтому утилизация тепла уходящих дымовых газов технологических печей приобретает исключительно большое значение.

На основании опыта рекомендуются следующие принципы рационального использования теплоты дымовых газов:

- утилизацию теплоты следует применять для печей с теплопроизводительностью выше 25 ГДж/час (в связи с более резким ростом цен на энергоресурсы, чем на металл, эта величина постоянно снижается);
- при температуре дымовых газов выше 500 °С следует применять котлы-утилизаторы – КУ;
- при температуре дымовых газов менее 500 °С рекомендуется применять воздухоподогреватели – ВП;
- наибольший экономический эффект достигается при наличии двухагрегатной установки, состоящей из КУ и ВП (в КУ газы охлаждаются до 400 °С и поступают в воздухоподогреватель на дальнейшее охлаждение) – чаще применяется на нефтехимических предприятиях при высокой температуре дымовых газов;
- если количество дымовых газов превышает 40000 м³/ч, то для выработки пара лучше применять КУ с принудительной циркуляцией, а при меньшем количестве – с естественной.

Котлы-утилизаторы

В КУ теплота дымовых газов используется для получения водяного пара. Коэффициент полезного действия печи повышается на 10 – 15%, но расход топлива не снижается (просто помимо подогрева сырья дополнительно вырабатывается некоторое количество пара).

Котлы-утилизаторы могут выполняться встроенными в конвекционную камеру печи или выносными. Достоинствами встроенных змеевиковых котлов являются простота конструкции отводящих газоходов, уменьшение площади застройки, возможность исключить установку дымососов. Однако вследствие низкой скорости дымовых газов коэффициент теплопередачи оказывается довольно низким, что требует применения большей поверхности теплообмена для съема одинакового количества теплоты, чем у выносного котла-утилизатора.

Выносные котлы-утилизаторы делятся на два типа:

- котлы газотрубного типа;
- котлы пакетно-конвективного типа.

Выбор типа котла осуществляется в зависимости от требуемого давления получаемого пара. Первые используют при выработке пара относительно низкого давления – 14 – 16 атм, вторые – для выработки пара давлением до 40 атм (однако они рассчитаны на начальную температуру дымовых газов около 850 °С).

Давление вырабатываемого пара необходимо выбирать с учетом того, потребляется ли весь пар на самой установке или же имеется избыток, который необходимо выводить в общезаводскую сеть. В последнем случае давление пара в барабане котла необходимо принимать в соответствии с давлением пара в общезаводской сети с тем, чтобы выводить избыток пара в сеть и избегать неэкономичного дросселирования при выводе его в сеть низкого давления.

Котлы-утилизаторы газотрубного типа конструктивно напоминают теплообменники «труба в трубе». Дымовые газы пропускаются через внутреннюю трубу, а водяной пар вырабатывается в межтрубном пространстве. Несколько таких устройств располагаются параллельно.

Котлы-утилизаторы пакетно-конвективного типа имеют более сложную конструкцию. Принципиальная схема работы КУ этого типа приведена на рис. 10.4.

Здесь используется естественная циркуляция воды и представлена наиболее полная конфигурация КУ с экономайзером и пароперегревателем.

Химочищенная вода (ХОВ) поступает в колонну-деаэратор для удаления растворенных в ней газов (главным образом кислорода и диоксида углерода). Вода стекает по тарелкам вниз, а навстречу ей противотоком пропускается небольшое количество водяного пара. Вода нагревается паром до 97 – 99 °С, и за счет снижения растворимости газов с повышением температуры основная их часть выделяется и отводится сверху деаэратора в атмосферу. Пар, отдавая свое тепло воде, конденсируется. Деаэрированная вода снизу колонны забирается насосом, и им нагнетается необходимое давление. Вода пропускается через змеевик экономайзера, в котором подогревается почти до температуры кипения воды при заданном давлении, и поступает в барабан (паросепаратор). Вода в паросепараторе имеет температуру, равную температуре кипения воды при заданном давлении. Через змеевики выработки пара вода циркулирует за счет разности плотностей (естественная циркуляция). В этих змеевиках часть воды испаряет-

ся, и парожидкостная смесь возвращается в барабан. Насыщенный водяной пар отделяется от жидкой фазы и отводится сверху барабана в змеевик пароперегревателя. В пароперегревателе насыщенный пар перегревается до нужной температуры и отводится потребителю. Часть полученного пара используется для деаэрации питательной воды.

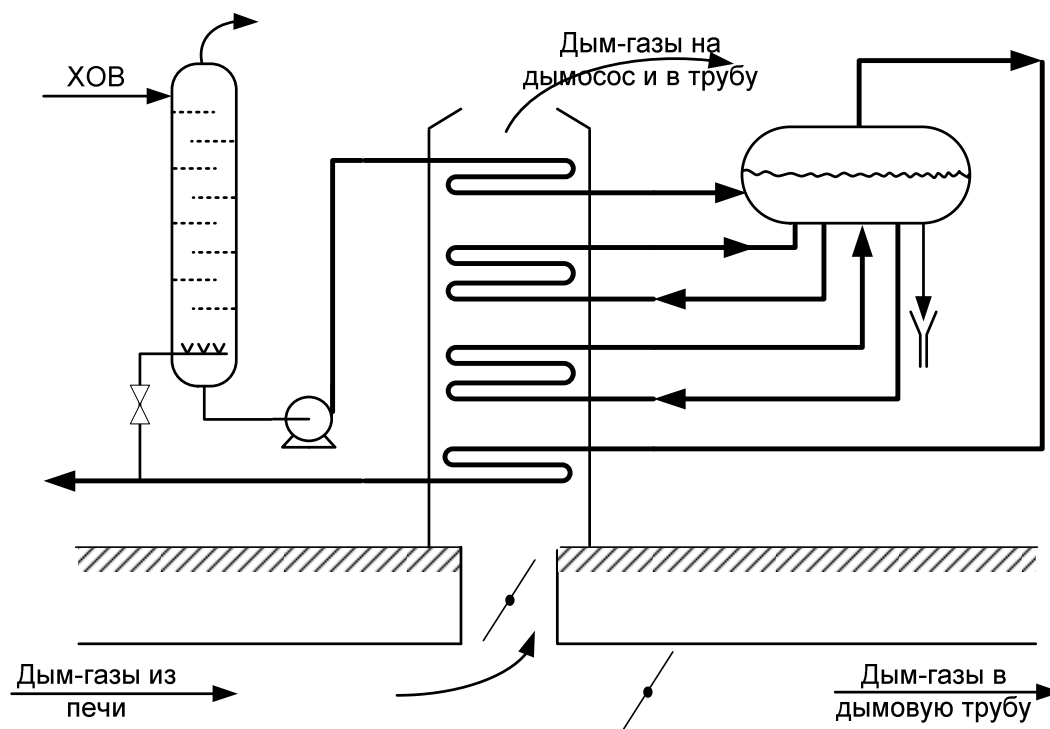


Рис. 10.4. Принципиальная схема работы КУ пакетно-конвективного типа

Надежность и экономичность работы КУ в значительной степени зависит от правильной организации водного режима. При неправильной эксплуатации интенсивно образуется накипь, протекает коррозия поверхностей нагрева, происходит загрязнение пара.

Накипь – это плотные отложения, образующиеся при нагреве и испарении воды. Вода содержит гидрокарбонаты, сульфаты и другие соли кальция и магния (соли жесткости), которые при нагревании преобразуются в бикарбонаты и выпадают в осадок. Накипь, имеющая на несколько порядков меньшую, чем металл, теплопроводность, приводит к снижению коэффициента теплопередачи. За счет этого снижается мощность теплового потока через поверхность теплообмена и, естественно, снижается эффективность работы КУ (уменьшается количество вырабатываемого пара). Температура отводимых из КУ дымовых газов возрастает. Кроме того, происходит перегрев змеевиков и их повреждение вследствие снижения несущей способности стали.

Для предупреждения образования накипи в качестве питательной воды используют предварительно химочищенную воду (можно брать на ТЭС). Помимо этого производится непрерывная и периодическая продувка системы (удаление части воды). Продувка предупреждает рост концентрации солей в системе (вода постоянно испаряется, а содержащиеся в ней соли – нет, поэтому концентрация солей растет). Непрерывная продувка котла составляет обычно 3 – 5% и зависит от качества питательной воды (не должна превышать 10%, так как с продувкой связана потеря тепла). При эксплуатации КУ высокого давления, работающих с принудительной циркуляцией воды, дополнительно применяют внутрикотловое фосфатирование. При этом катионы кальция и магния, входящие в состав образующих накипь сульфатов, связываются с фосфатными анионами, образуя соединения, малорастворимые в воде и выпадающие в толще водяного объема котла в виде легко удаляемого при продувке шлама.

Растворенные в питательной воде кислород и углекислый газ вызывают коррозию внутренних стенок котла, причем скорость коррозии возрастает с повышением давления и температуры. Для удаления газов из воды применяют термическую деаэрацию. Также мерой защиты против коррозии является поддержание такой скорости в трубах, при которой пузырьки воздуха не могут удерживаться на их поверхности (выше 0,3 м/с).

В связи с повышением гидравлического сопротивления газового тракта и снижением силы естественной тяги возникает необходимость установки дымососа (искусственная тяга). При этом температура дымовых газов не должна превышать 250 °С во избежание разрушения этого аппарата. Но чем ниже температура отводимых дымовых газов, тем более мощный необходимо иметь дымосос (растет потребление электроэнергии). Срок окупаемости КУ обычно не превышает одного года.

Воздухоподогреватели

Используются для подогрева воздуха, подаваемого в печь на сжигание топлива. Подогрев воздуха позволяет снизить расход топлива в печи (кпд повышается на 10 – 15%).

Температура воздуха после воздухоподогревателя может достигать 300 – 350 °С. Это способствует улучшению процесса горения, повышению полноты сгорания топлива, что является очень важным преимуществом при использовании высоковязких жидких топлив.

Также преимуществами воздухоподогревателей по сравнению с КУ является простота их конструкции, безопасность эксплуатации, отсутствие необходимости устанавливать дополнительное оборудование (деаэраторы, насосы, теплообменники и т. д.). Однако воздухоподогреватели при дей-

ствующем соотношении цен на топливо и на водяной пар оказываются менее экономичными, чем КУ (цена на пар у нас очень высокая – в 6 раз выше за 1 ГДж). Поэтому выбирать способ утилизации тепла дымовых газов нужно, исходя из конкретной ситуации на данной установке, предприятии и т. д.

Применяются воздухоподогреватели двух типов:

- рекуперативные (передача тепла через стенку);
- регенеративные (аккумуляирование тепла).

10.2. Утилизация тепла вентиляционных выбросов

На отопление и вентиляцию производственных и коммунально-бытовых зданий и сооружений расходуется большое количество теплоты. Для отдельных отраслей промышленности (в основном легкая промышленность) эти расходы достигают 70 – 80% и более от общей потребности в тепловой энергии. На большинстве предприятий и в организациях теплота удаляемого воздуха от систем вентиляции и кондиционирования не используется.

Вентиляция используется очень широко. Системы вентиляции сооружаются в квартирах, в общественных заведениях (школах, больницах, спортклубах, бассейнах, ресторанах), в производственных помещениях и т. д. Для различных целей могут применяться различные типы вентиляционных систем. Обычно, если объем воздуха, который должен заменяться в помещении в единицу времени ($\text{м}^3/\text{час}$), невелик, то применяется естественная вентиляция. Такие системы реализованы в каждой квартире и большинстве общественных учреждений и организаций. При этом используется явление конвекции – нагретый воздух (имеет пониженную плотность) уходит через вентиляционные отверстия и отводится в атмосферу, а на его место через неплотности в окнах, дверях и т. д. подсасывается свежий холодный (более высокая плотность) воздух с улицы. При этом неизбежны потери тепла, так как на подогрев поступающего в помещение холодного воздуха необходим дополнительный расход теплоносителя. Поэтому применение даже самых современных теплоизоляционных конструкций и материалов при строительстве не может полностью устранить тепловые потери. В наших квартирах 25 – 30% тепловых потерь связаны именно с работой вентиляции, а во всех остальных случаях эта величина гораздо выше.

Системы принудительной (искусственной) вентиляции применяются при необходимости интенсивного обмена больших объемов воздуха, что обычно связано с предупреждением роста концентрации опасных ве-

ществ (вредных, токсичных, пожаровзрывоопасных, имеющих неприятный запах) в помещении. Принудительная вентиляция реализуется в производственных помещениях, на складах, в хранилищах с/х продуктов и т. д.

Используются системы принудительной вентиляции трех типов:

- приточная вентиляция;
- вытяжная вентиляция;
- комбинированные системы вентиляции.

Приточная система состоит из воздухоувки, нагнетающей свежий воздух в помещение, приточного воздуховода и системы равномерного распределения воздуха в объеме помещения. Избыточный объем воздуха при этом вытесняется через неплотности в окнах, дверях и т. д.

Вытяжная система состоит из воздухоувки, откачивающей воздух из помещения в атмосферу, вытяжного воздуховода и системы для равномерного отвода воздуха из объема помещения. Свежий воздух в этом случае подсасывается в помещение сквозь различные неплотности или специальные системы подвода.

Комбинированные системы представляют собой совмещенные приточно-вытяжные системы вентиляции. Используются, как правило, при необходимости очень интенсивного обмена воздуха в крупных помещениях; при этом потребление тепла на подогрев свежего воздуха максимально.

Применение систем естественной вентиляции и отдельных систем вытяжной и приточной вентиляции не позволяет использовать тепло отводимого воздуха для подогрева свежего воздуха, поступающего в помещение. При эксплуатации же комбинированных систем существует возможность утилизации тепла вентиляционных выбросов для частичного подогрева приточного воздуха и снижения потребления тепловой энергии. В зависимости от разности температур воздуха в помещении и на улице расход тепла на подогрев свежего воздуха может быть снижен на 40 – 60%. Подогрев может осуществляться в регенеративных и рекуперативных теплообменниках. Первые предпочтительнее, так как имеют меньшие габариты, металлоемкость и гидравлическое сопротивление, обладают большей эффективностью и продолжительным сроком службы (20 – 25 лет).

Воздуховоды подводятся к теплообменным аппаратам, и тепло передается напрямую от воздуха к воздуху через разделяющую стенку или аккумулирующую насадку. Но в некоторых случаях существует необходимость в разноте приточного и вытяжного воздуховодов на значительное расстояние. В таком случае может быть реализована схема теплообмена с промежуточным циркулирующим теплоносителем. Пример работы такой системы при температуре в помещении 25 °С и температуре окружающей среды –20 °С показан на рис. 10.5.

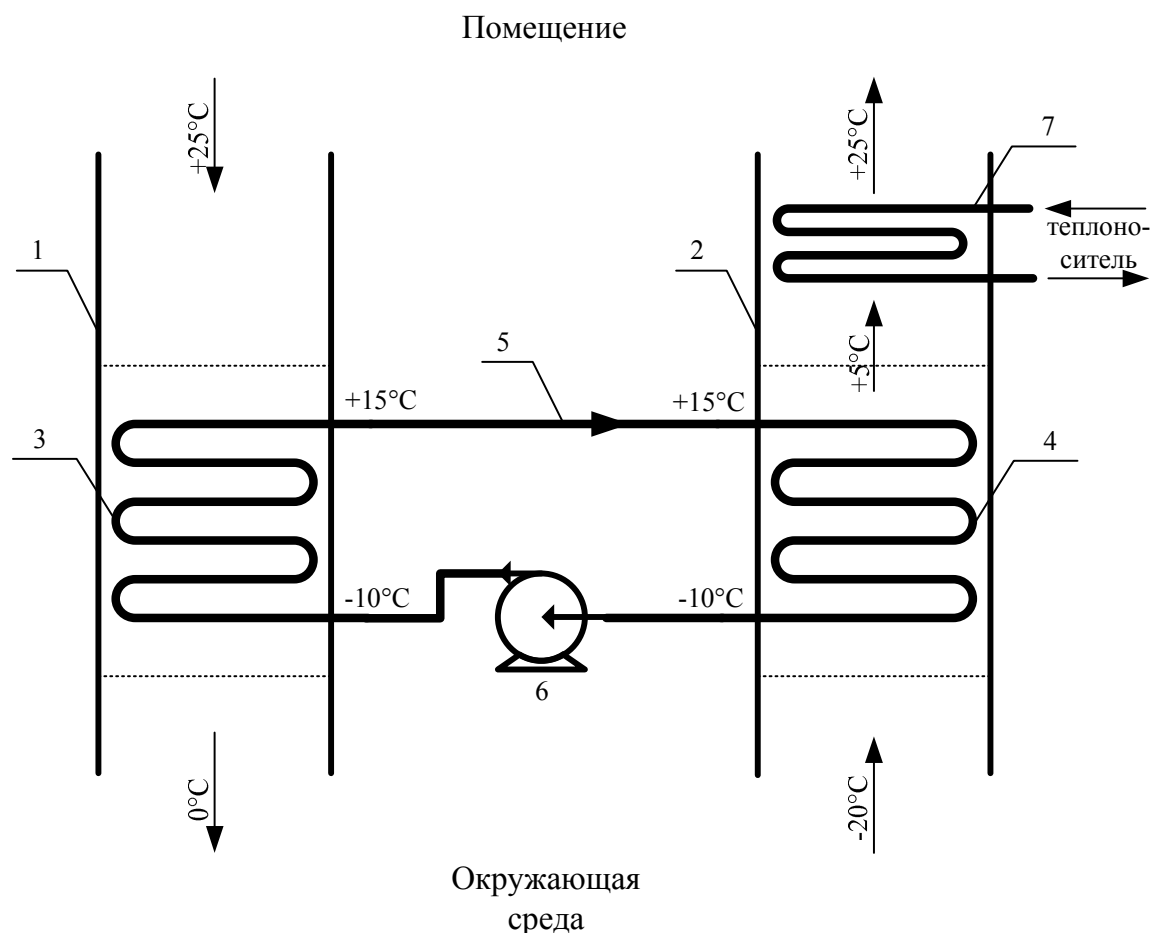


Рис. 10.5. Пример работы системы теплообмена с промежуточным циркулирующим теплоносителем: 1 – вытяжной воздуховод; 2 – приточный воздуховод; 3, 4 – оребренные трубчатые змеевики; 5 – трубопроводы циркуляции промежуточного теплоносителя (в качестве промежуточного теплоносителя в таких системах обычно используются концентрированные водные растворы солей – рассолы); 6 – насос; 7 – змеевик для дополнительного подогрева свежего воздуха водяным паром или горячей водой

Система работает следующим образом. Теплый воздух (+25 °C) из помещения выводится по вытяжному воздуховоду 1 через камеру, в которой установлен оребренный змеевик 3. Воздух омывает наружную поверхность змеевика и передает тепло холодному промежуточному теплоносителю (рассолу), протекающему внутри змеевика. Воздух охлаждается до 0 °C и выбрасывается в атмосферу, а подогретый до 15 °C рассол по трубопроводам циркуляции 5 поступает в камеру подогрева свежего воздуха на приточном воздуховоде 2. Здесь промежуточный теплоноситель отдает тепло свежему воздуху, подогревая его от –20 °C до +5 °C. Сам промежуточный теплоноситель при этом охлаждается от +15 °C до –10 °C. Охлажденный рассол поступает на прием насоса и снова возвращается в систему на рециркуляцию. Свежий приточный воздух, подогретый до

+5 °С, может сразу вводиться в помещение и догреваться до требуемой температуры (+25 °С) с помощью обычных радиаторов отопления, а может подогреваться непосредственно в вентиляционной системе. Для этого на приточном воздуховоде устанавливается дополнительная секция, в которой размещается оребренный змеевик. Внутри трубок протекает горячий теплоноситель (теплофикационная вода или водяной пар), а воздух омывает наружную поверхность змеевика и нагревается до +25 °С. После этого теплый свежий воздух распределяется в объеме помещения. Применение такого способа дает ряд преимуществ. Во-первых, вследствие высокой скорости воздуха в секции подогрева значительно (в несколько раз) повышается коэффициент теплопередачи по сравнению с обычными радиаторами отопления. Это приводит к существенному снижению общей металлоемкости системы отопления – снижению капитальных затрат. Во-вторых, помещение не загромождается радиаторами отопления. В-третьих, достигается равномерное распределение температур воздуха в объеме помещения. А при использовании радиаторов отопления в крупных помещениях сложно обеспечить равномерный прогрев воздуха. В локальных областях воздух может иметь температуру существенно выше или ниже нормы.

Единственный недостаток – несколько повышаются гидравлическое сопротивление воздушного тракта и расход электроэнергии на привод приточной воздуховодки. Но преимущества настолько значительны и очевидны, что предварительный подогрев воздуха непосредственно в вентиляционной системе можно рекомендовать в подавляющем большинстве случаев.

Для того чтобы обеспечить возможность утилизации тепла в случае использования систем приточной или вытяжной систем вентиляции в отдельности, необходимо организовать централизованный соответственно отвод или подвод воздуха через специально смонтированные воздуховоды. При этом необходимо устранить все щели и неплотности, чтобы исключить неуправляемый выдув или подсос воздуха.

Системы теплообмена между удаляемым из помещения воздухом и свежим можно использовать не только для подогрева приточного воздуха в холодное время года, но и для охлаждения его летом, если помещение (офис) оборудовано кондиционерами. Охлаждение до температур ниже температуры окружающей среды всегда связано с высокими затратами энергии (электроэнергии). Поэтому снизить расход электроэнергии на поддержание комфортной температуры в помещении в жаркое время года можно предварительным охлаждением свежего воздуха отводимым холодным воздухом.

Тема 11. ОСНОВЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО АУДИТА И МЕНЕДЖМЕНТА

11.1. Организация, цели и функции энергетического менеджмента

Энергосбережение означает переход к энергоэффективным технологиям во всех отраслях экономики, включая топливно-энергетический комплекс, энергоемкие отрасли промышленности, коммунально-бытовой сектор, сельское хозяйство и электрифицированный транспорт. Энергосбережение означает рациональное использование энергии во всех звеньях получения, преобразования и распределения энергии – от добычи первичных энергоресурсов до потребления всех видов энергии конечными пользователями. Пути решения этой проблемы включают в себя: эффективные технологии производства, передачи, распределения и потребления энергии; максимальное использование возобновляемых источников энергии; внедрение новых технологий и оборудования, обеспечивающих снижение удельного расхода топлива, тепловой и электрической энергии; совершенствование и модернизацию существующего оборудования; широкое использование всех вторичных энергетических ресурсов; замену дорогих видов топлива на более дешевые (включая также переход на местные виды топлива) и т. д.

При этом проблема энергосбережения не может быть решена только чисто техническими средствами. Для ее осуществления необходимо наличие системы управления получением и доставкой энергии потребителям, а также потреблением энергии различными потребителями. Эти управленческие задачи и призван решать энергетический менеджмент.

Энергетический менеджмент – это совокупность организационных и технических мероприятий, направленных на повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов.

Понятие энергетического менеджмента появилось сравнительно недавно в отечественной литературе. Энергоменеджмент, по сути, представляет собой грамотное, гибкое, непрерывное и научно обоснованное управление энергетическими ресурсами производства, начиная с уровня цеха и заканчивая предприятием, концерном, отраслью.

Основная задача энергетического менеджмента – проведение комплексного анализа энергопотребления и его изменение в зависимости от проводимых энергосберегающих мероприятий, включая учет, контроль и, в конечном итоге, минимизацию потребления топливно-энергетических ресурсов.

Являясь частью общего менеджмента, энергетический менеджмент повторяет его иерархическую структуру. Так, различают энергетический менеджмент макроуровня и энергетический менеджмент микроуровня. **Энергетический менеджмент макроуровня** включает управление рациональным использованием топливно-энергетических ресурсов на межгосударственном, внутригосударственном, областном, районном, городском, отраслевом уровнях. **Энергетическому менеджменту микроуровня** соответствует управление на уровне предприятия, учреждения, фирмы, организации.

Каждому из вышеперечисленных уровней энергетического менеджмента соответствуют свои конкретные **цели**:

- целью межгосударственного энергетического менеджмента является сохранение и рациональное использование мировых запасов энергетических ресурсов, поиск новых источников и форм энергии, сохранение окружающей среды;
- цель внутригосударственного энергетического менеджмента – обеспечение энергетической независимости и безопасности, для стран СНГ – переход от энергозатратной к энергоэффективной экономике;
- цель областного, районного, городского энергетического менеджмента – добиться минимального потребления топливно-энергетических ресурсов при обеспечении качества функционирования хозяйства и комфортных условий жизни населения соответствующих регионов;
- цель отраслевого энергетического менеджмента – повысить производительность предприятий отрасли, не увеличивая при этом потребления топливно-энергетических ресурсов;
- целью энергетического менеджмента предприятия является снижение энергетической составляющей в общей структуре затрат предприятия и, следовательно, обеспечение конкурентоспособности выпускаемой продукции на внутреннем и внешнем рынках.

Функции энергетического менеджмента включают в себя:

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

Достаточно широкий диапазон выполняемых функций диктует необходимость максимального приближения энергетического менеджмента к руководству субъекта хозяйствования и динамичного взаимодействия с ним. В противном случае энергетический менеджмент будет малоэффективным и не сможет обеспечить заданную цель – снижение потребления топливно-энергетических ресурсов.

Энергетический менеджмент включает в себя организацию оптимального функционирования и развития энергетической части любого производства на основе достижений науки, техники, технологии. В свою очередь, это и систематическое проведение энергоаудита (обследования) основного и вспомогательного производства, разработка конкретных рекомендаций и мероприятий по экономии электроэнергии с определением ожидаемых и требуемых средств, ответственность за проведение политики энергосбережения на предприятии, изучение достижений в области энергосберегающих технологий, разработка программ их внедрения на производстве с обоснованием экономической целесообразности энергосберегающих мероприятий, изучение и оценка достигнутых результатов.

Помимо вышеперечисленных мероприятий, **энергоменеджер** (специальность еще достаточно редкая для наших предприятий) разрабатывает стройную систему стимулирования энергосбережения и роста энергетической эффективности производства, несет ответственность за планирование и выполнение энергетических проектов, за закупку и внедрение энергетически эффективного оборудования.

Энергоменеджмент включает также в себя нормирование расхода энергетических ресурсов; разработку нормативов рационального расходования топлива; рационального отопления, охлаждения, теплопередачи, предотвращения тепловых потерь, использования вторичных энергоресурсов, уменьшения потерь электроэнергии в сетях и т. д.

Энергоменеджмент – это, *во-первых*, не однократное мероприятие, а постоянная, кропотливая многолетняя (окупаемость программ энергосбережения не такая быстрая, как у чисто коммерческих проектов) работа по подготовке одних программ, исполнению и развитию других.

Так как большие проекты распадаются на ряд более мелких и конкретных, то *вторым уровнем* обязанностей энергоменеджера является согласование интересов собственного производства с возможностями партнеров, предлагающих реализацию мероприятий по энергосбережению.

Взаимодействие с региональными органами власти, общественными организациями, ведомствами по энергонадзору – *третий уровень* деятельности энергоменеджера.

Четвертым уровнем является четкое знание нормативно-правовых актов, требований стандартов, руководящих документов в сфере энергосбережения и эффективного энергопотребления.

Наконец, **пятым уровнем** деятельности энергоменеджера является непрерывное повышение собственной квалификации, постоянное изучение передового отечественного и зарубежного опыта проведения энергосберегающих мероприятий.

Иногда энергоменеджмент относят к числу задач общего управления и распространяют на этапы:

- 1) проектирования;
- 2) строительства;
- 3) эксплуатации промышленных предприятий.

Первые два имеют ограниченную область воздействия из-за небольшого количества строящихся предприятий в сравнении с существующими и проявления эффекта в отдаленной перспективе.

Основная задача проектирования – ориентация на эффективные технологии, использование доступных по стоимости и поставкам энергоресурсов, сбалансированность междисциплинарных энергетических циклов.

Строительство, монтаж, наладка оборудования требуют соблюдения норм с выходом на номинальные режимы работы.

Управление энергоиспользованием в условиях эксплуатации сложнее, так как затрагивает предприятия, имеющие разное время основания, условия комплектации оборудования и эксплуатации. Составляющие процесса управления энергоиспользованием следующие:

1. Организационные основы:

- 1) совмещение усилий технологических, энергетических и планово-финансовых служб;
- 2) внедрение механизма действенного экономического стимулирования деятельности всех заинтересованных служб (получение и распределение экономической выгоды энергосбережения).

2. Исходные данные в задаче управления энергоиспользованием. Нужны корректные характеристики процесса, нужны приборы и системы учета и контроля движения (приход, расход, трансформация) энергоресурсов и энергоносителей. Исходная информация о параметрах энергосбережения используется для контроля текущего режима, для ведения отчетности, коммерческих расчетов, анализа уровня эффективности энергопотребления.

3. Основные направления повышения эффективности энергоиспользования:

1. Улучшение качества исходного сырья и энергоресурсов – состава сырья (сушка, очистка), его физического состояния (помол, гранулирование, рассев), химического состава (обжиг, добавка пластификаторов, катализаторов) и т.д.

2. Техобслуживание и ремонт технологического оборудования: очистка рабочих поверхностей теплообменников, оптимизация гидравлических режимов теплосетей, устранение дефектов теплоизоляции, утечек воды, пара, сжатого воздуха, ремонт и замена изношенных элементов и т.д.

3. Рационализация и оптимизация режимов работы оборудования. При таких режимах расход топлива, энергии минимален.

4. Использование вторичных энергоресурсов. Высокопотенциальные ВЭР (400 – 1000 °С) используют либо регенерацию (возврат) в первоначальный процесс для нагрева более холодных элементов, либо установку дополнительных устройств – котлов-утилизаторов.

5. Модернизация и реконструкция. Наиболее результативное и самое дорогостоящее направление энергосбережения. Наиболее распространенные виды работ:

- внедрение систем регулируемого электропривода для снижения расхода энергии;
- замена осветительных ламп на более экономичные типы;
- замена вентиляторов устаревшего типа новыми и внедрение систем автоматического управления для снижения расхода электроэнергии на вентиляцию;
- организация систем оборотного водоснабжения для снижения расхода технологической воды;
- замена поршневых компрессоров турбинными для снижения энергозатрат на выработку сжатого воздуха;
- внедрение прогрессивных производственных технологий.

11.2. Энергетический баланс предприятия

Энергетический баланс промышленного предприятия является наиболее важной характеристикой энергетического хозяйства предприятия. Он составляется с целью выявления всех резервов экономии энергоресурсов.

Энергобаланс – баланс добычи, переработки, транспортировки, преобразования, распределения и потребления всех видов энергетических ресурсов и энергии в производстве.

Энергобаланс является отражением закона сохранения энергии в условиях конкретного производства.

Энергетический баланс (энергобаланс) состоит из приходной и расходной частей.

Приходная часть энергобаланса содержит количественный перечень энергии, поступающей посредством различных энергоносителей (ископаемое топливо и ядерное горючее, газ, пар, вода, воздух, электрическая энергия). **Расходная часть энергобаланса** определяет расход энергии всех видов во всевозможных ее проявлениях, потери при преобразовании энергии одного вида в другой при ее транспортировке, а также энергию, накапливаемую (аккумулируемую) в специальных устройствах (например, гидроаккумулирующих установках).

Как и в любых других балансах, например, бухгалтерских, приходная и расходная части энергобаланса должны быть равны.

Энергетический баланс показывает соответствие, с одной стороны, суммарной подведенной энергии и, с другой стороны, суммарной полезно используемой энергии и ее потерь. При составлении баланса рассматриваются все виды потребляемой на предприятии энергии (электроэнергия, газ, мазут, вода, пар и т. п.). Потребление энергии на все цели на каждом участке предприятия измеряется количественно, кроме того, оцениваются и потери энергии.

Составление баланса производится на основе данных о фактическом потреблении энергии на конкретных участках данного предприятия (двигатели, электрооборудование, освещение и т. д.). Для получения такой информации используются специальные приборы – счетчики электроэнергии, газа, пара, воды и пр.

Изучение энергетических балансов дает возможность установить фактическое состояние использования энергии, как на отдельных участках предприятия, так и на предприятии в целом. Энергетический баланс позволяет сделать выводы об эффективности работы предприятия. После закрытия баланса должны быть выявлены точки, участки на предприятии, где можно сэкономить энергию.

В зависимости от вида и количества энергоносителей баланс может быть частным, составленным только для одного энергоносителя, либо сводным энергетическим балансом, составленным по суммарному потреб-

лению всех используемых на предприятии энергетических ресурсов. При составлении частных энергетических балансов количественное измерение энергоносителей производится в джоулях (Дж, МДж, ГДж), киловатт-часах (кВт·ч), тоннах условного топлива (т у.т.). При составлении сводного энергетического баланса измерение различных энергоресурсов и энергоносителей производится в тоннах условного топлива.

Основные виды энергии, потребляемой в промышленности, городском и сельском хозяйстве, – тепловая и электрическая энергия. Поэтому составляют частичные энергобалансы – тепловые и электрические. Рассмотрим особенности составления электробалансов.

В условиях действующих предприятий энергобалансы составляются для отдельных агрегатов или их групп, цехов и предприятий в целом. На основе электробалансов выносится объективное суждение о качестве использования электрической энергии на данном предприятии, в производственных подразделениях или энергоемких агрегатах, выявляются возможности сокращения непроизводительного расхода электроэнергии, ее потерь, в результате чего планируются мероприятия по улучшению электроиспользования.

Различают **три основных вида электробалансов:**

- 1) **фактические**, отражающие сложившиеся в цехе или на предприятии производственные условия;
- 2) **нормализованные**, учитывающие возможности рационализации и оптимизации электропотребления и снижения потерь в механизмах и электрических сетях;
- 3) **перспективные**, составляемые с учетом прогнозируемого развития производства и его качественных изменений на ближайший период (до 5 лет) или на более длительный срок.

Одним из важнейших результатов составления нормализованных электробалансов является возможность нормирования электропотребления на основные технологические процессы по изготовлению готовой продукции.

Главная цель электробаланса – определение степени полезного использования электроэнергии и поиск путей снижения потерь, рационализации электропотребления. Поэтому основным видом баланса следует считать баланс активной энергии, в основном определяющий реальный режим электропотребления и уровень использования электроэнергии.

Приходная и расходная части принимаются и учитываются по показаниям счетчиков активной энергии и расчетной мощности.

Расходная часть электробаланса активной электроэнергии делится на следующие статьи расхода:

1) прямые затраты электроэнергии на основной технологический процесс с выделением полезного расхода на выпуск продукции без учета потерь в различных звеньях энергоемкого оборудования (электрических печах, компрессорных и насосных установках);

2) косвенные затраты электроэнергии на основной технологический процесс вследствие его несовершенства или нарушения технологических норм;

3) затраты электроэнергии на вспомогательные нужды (вентиляцию помещений цехов, цеховой транспорт, освещение);

4) потери электроэнергии в элементах системы электроснабжения (трансформаторах, реакторах, линиях);

5) отпуск электроэнергии посторонним потребителям (столовым, клубам, магазинам).

Задачи составления электробаланса:

- нахождение расхода электроэнергии по статьям 2, 3, 4, 5 с тем, чтобы выделить расход на основную продукцию предприятия;
- определение действительных удельных норм расхода электроэнергии на единицу продукции предприятия;
- выявление возможности сокращения как непроизводительных расходов электроэнергии (ст. 2, 3, 4, 5), так и расходов на выпуск основной продукции путем проведения различных мероприятий, совершенствующих технологический процесс.

Составление свободного нормализованного электробаланса – завершающий этап анализа фактического баланса предприятия. Нормализованный электробаланс служит основой для оценки резервов экономии электроэнергии на предприятии.

Общие резервы экономии электроэнергии подразделяются на текущие ΔW_T , осуществляемые с малыми затратами в текущем периоде, и перспективные ΔW_n , реализация которых возможна в более отдаленной перспективе (3 – 5 лет и более) за счет проведения мероприятий, требующих дополнительных затрат.

Текущие резервы определяются сравнением фактического электробаланса объекта с его электробалансом, составляемым на базе технически обоснованных отдельных потерь.

Текущие резервы экономии энергии

$$\Delta W_T = \sum (\Delta W_{qoi} - \Delta W_{hi}),$$

где n – число мероприятий, направленных на снижение потерь; ΔW_{qoi} и ΔW_{hi} – потери электроэнергии в каждом i -м объекте соответственно до и после проведения мероприятий.

Перспективные резервы определяются сравнением двух нормализованных электробалансов – технически и экономически обоснованного (перспективного):

$$\Delta W_n = \sum \Delta W_{hi} - \sum \Delta W_{эки}.$$

В зависимости от назначения энергетические балансы могут характеризоваться следующими показателями:

- **расчетный период** (отчетные балансы по фактическим данным за прошлый период, плановые на ближайший планируемый период с учетом заданий по снижению затрат энергии, проектные, составляемые при проектировании объекта, и т. д.);
- **стадия энергетического потока** (производство, преобразование, распределение, конечное использование энергетических ресурсов);
- **вид энергоносителя** (например, частные энергобалансы по отдельным видам потребляемых энергоносителей, сводные энергобалансы по суммарному потреблению энергии).

Для составления и анализа энергетического баланса предприятия исходная информация может быть представлена в виде следующих данных:

- общая производственная и энергетическая характеристики предприятия (объемы и номенклатура выпускаемой продукции, ее себестоимость с выделением энергетической составляющей и т. п.);
- описание схемы материальных и энергетических потоков;
- перечень и характеристики 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, использования вторичных энергетических ресурсов, системы учета и контроля расхода энергии и энергоносителей.

Анализ энергетического баланса состоит в качественной и количественной оценке состояния энергетического хозяйства предприятия.

Анализ использования энергоносителей может быть произведен путем сравнения фактических показателей с нормативными, фактическими за предыдущий период, перспективными, аналогичными на других предприятиях. При этом сравнение показателей должно проводиться с учетом условий сопоставимости (при одинаковых объемах производства, составе и качестве продукции и т. п.).

Эффективность использования энергии в установке можно характеризовать **коэффициентом полезного действия (кпд)**, который определяется по формуле

$$\eta = \mathcal{E}_{пол} / \mathcal{E}_{подв},$$

где $\mathcal{E}_{пол}$ – количество полезно использованной энергии; $\mathcal{E}_{подв}$ – количество подведенной энергии.

При оценке эффективности использования энергоресурсов на предприятии суммируются как количество использованной, так и количество подведенной энергии на всех установках для различных видов энергоносителей.

В результате изучения энергетического баланса производится оценка такого важного показателя эффективности энергоиспользования, как удельный расход энергии на производство продукции.

Формы учета энергии

В настоящее время существуют **три формы** учета энергии:

- 1) с помощью измерительных приборов;
- 2) расчетным способом;
- 3) опытно-расчетным способом.

Всякая форма учета предполагает:

- регистрацию первичных показателей количества и качества всех видов энергии, как вырабатываемой и отпускаемой на сторону, так и получаемой со стороны и расходуемой на предприятии;
- оперативный учет расхода энергии с помощью приборов учета в соответствии с утвержденными технически обоснованными нормами ее расхода;
- внесение на основании показаний измерительных приборов поправок на параметры энергоносителей, полученные расчетным путем;
- определение расхода энергии расчетным способом по тем цехам и производственным участкам, где по каким-либо причинам отсутствуют приборы учета.

Регистрация первичных показателей энергоносителей и их оперативный учет, а также первичный учет нагрузок производятся по показаниям измерительных приборов (самопишущих или периодической записи). Эти показатели фиксируются в первичной документации учета энергии.

К первичной документации учета энергии относятся: суточные ведомости эксплуатации агрегатов, вахтенные (оперативные) журналы, графики нагрузок, программы самопишущих приборов и др. Первичная документация учета должна содержать информацию, на основании которой составляются энергетический баланс и технический отчет по эксплуатации, а также включать первичные показатели, характеризующие качество обслуживания оборудования и его техническое состояние. Все показатели первичной документации фиксируются в суточных ведомостях не реже чем через 0,5 – 1 ч.

Кроме первичных документов учета энергии на промышленном предприятии должны вестись вторичные документы, которые отражают итоговые и средние показатели работы оборудования и персонала за смену и сутки. Вторичная документация – это суточные рапорты по эксплуатации установок и энергохозяйства, ведомости (рабочие тетради). На основании данных вторичной документации составляются месячные энергобалансы, квартальные технические отчеты по эксплуатации, подводятся итоговые показатели и осуществляется их анализ.

Наиболее точным и прогрессивным является учет с помощью соответствующих контрольно-измерительных приборов. Все другие способы являются вспомогательными и применяются в основном для распределения расхода энергии между потребителями, имеющими общий учет.

Расчетный способ учета энергии не дает точных сведений о расходе энергетических ресурсов и применяется в тех случаях, когда установка приборов не требуется.

Опытно-расчетный способ учета рекомендуется применять, когда установка приборов учета на данном объекте экономически не оправдана, а расчетный способ не обеспечивает достаточной точности учитываемых энергоносителей. Этот способ учета основан на сочетании разовых замеров энергетических показателей контрольно-измерительными приборами и дальнейшем определении их расчетным путем.

11.3. Энергетический аудит

Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) на промышленных предприятиях является одним из важных способов повышения эффективности их работы. В настоящее время доля энер-

гозатрат в себестоимости продукции (без учета стоимости сырья и материалов) составляет 40 – 45%, а в отдельных случаях достигает 70 – 80%. Повышение эффективности использования ТЭР достигается двумя путями:

- на основе модернизации технологических процессов и структуры предприятия, что, естественно, требует значительных затрат и зачастую имеет большой срок окупаемости;
- путем поэтапной реконструкции систем энергоснабжения промышленного предприятия, что позволяет в разумные сроки вернуть вложенные средства и подготовить возможность усовершенствования энергохозяйства.

Независимо от выбранного направления для любого промышленного предприятия (объекта) целесообразной представляется разработка комплексной программы энергосбережения ТЭР. Созданию такой программы способствуют проведение энергетического обследования (энергоаудита) и паспортизация на его основе энергетического хозяйства предприятия.

Энергетический аудит – это обследование предприятия с целью сбора информации об источниках энергии и ее удельном потреблении на единицу выпускаемой продукции. Энергетический аудит является основным инструментом энергетического менеджмента.

Энергетический аудит представляет собой комплексное обследование энергопотребления конкретного производства с целью определения резервов экономии энергии, разработки программы энергосбережения и определения размера инвестиций на энергосберегающие мероприятия.

Основные задачи энергоаудита и паспортизации:

1. Выявление неэкономичных режимов работы энергетического и технологического оборудования, что осуществляется на основе обследования работы и энергопотребления предприятия и системного анализа результатов.

2. Определение возможного потенциала энергосбережения на предприятии по видам энергоносителей и оценка размера инвестиций на энергосберегающие мероприятия.

3. Разработка комплексной программы по энергосбережению, включающей в себя технико-экономические обоснования эффективности применения конкретных мероприятий, с учетом динамики развития или реструктуризации предприятия.

4. Составление энергетического паспорта с отражением всех основных сведений об энергохозяйстве предприятия и оценка эффективности использования ТЭР по объектам предприятия.

Цели энергетического аудита:

- определение форм используемой энергии;
- изучение потребления энергии, сбор данных по затратам энергии;
- проверка текущей информации по энергетике и исследование рабочих процессов и операций;
- определение структуры тарифов на электроэнергию;
- разработка и совершенствование методики выполнения записи расхода энергии;
- определение потребления энергии на единицу выпускаемой продукции (удельного потребления энергии);
- определение потенциальных зон производства, где имеются наиболее существенные потери энергии;
- разработка мероприятий по сокращению потребления энергии.

В соответствии с Законом Республики Беларусь «Об энергосбережении» обязательному энергетическому обследованию подлежат предприятия с годовым потреблением топливно-энергетических ресурсов более 1,5 тысяч тонн условного топлива.

По результатам энергетического обследования производится оценка эффективности использования предприятиями энергетических ресурсов (твердого топлива, нефти, газа, электрической и тепловой энергии и т. п.). На основании выявленных нарушений в использовании топливно-энергетических ресурсов готовятся предложения об имеющихся резервах экономии энергоресурсов, а также предлагаются технические и организационные энергосберегающие мероприятия.

Рекомендации по энергосбережению и рациональному использованию энергетических ресурсов не должны ухудшать экологические характеристики оборудования и технологических процессов, безопасность и комфортность работающего персонала, качество продукции.

Методически проведение энергоаудита разделяется на **предварительный этап** (предварительный аудит), на котором происходит ознакомление с объектом и его энергопотребляющими системами и устройствами, и на **основной этап** – собственно энергоаудит (подробный аудит).

Предварительный этап служит для составления программы подробного энергоаудита. **Предварительный аудит** заключается в записи и анализе потребления энергии определенным участком производства за установленный временной период. На этом этапе определяются основные энергетические характеристики объекта, его систем и устройств, выделя-

ются наиболее энергоемкие системы энергопотребления и резервы наиболее вероятных энергоресурсов. Для предварительного аудита собираются либо уже имеющиеся данные, либо данные, полученные самыми простыми замерами. Основная цель предварительного аудита – преобразовать эти данные в полезную для использования информацию. Такое преобразование дает представление о текущем энергопотреблении. Аудит может быть выполнен быстрым осмотром оборудования, системы энергоснабжения и счетов на топливо. Визуальный осмотр проводится с целью определения возможностей экономии энергии и установления необходимости более подробного анализа. На предварительном этапе осуществляется учет потерь экспертами энергоаудита совместно с персоналом предприятия (объекта). Информацию следует фиксировать в специально разработанных табличных формах и в описательном тексте. По результатам предварительного аудита составляется программа проведения подробного энергетического аудита, согласованная с руководством предприятия. В конце предварительного этапа составляется программа проведения энергоаудита, которая согласуется с администрацией объекта и подписывается двумя сторонами. В зависимости от сложности предприятия на эту стадию аудита может потребоваться 1 – 3 дня.

Подробный аудит заключается в сборе и записи полной информации о потребляемой энергии на каждом участке производства за каждый временной период с расчетом энергетических балансов и показателей энергетической эффективности. Для проведения подробного аудита используются резервные портативные контрольно-измерительные приборы. Продолжительность проведения подробного аудита может составлять недели, а иногда и месяцы.

На всем протяжении энергетического обследования происходит сбор информации в соответствии с разработанной программой. Источниками информации могут являться:

- опрос и анкетирование руководства и технического персонала;
- схемы энергоснабжения и учета расхода энергоресурсов;
- отчетная документация по коммерческому и техническому учету расхода энергоресурсов;
- счета от поставщиков энергоресурсов;
- графики нагрузки энергопотребления во времени (час, сутки, месяц);
- необходимые экономические данные (цены, тарифы, себестоимость);

- техническая документация на энергопотребляющее оборудование (паспорта, формуляры, спецификации, технологические регламенты, режимные карты);
- документация по ремонтам, наладочным и испытательным работам;
- документация по энергосберегающим мероприятиям;
- перспективные программы и проекты реструктуризации предприятия или модернизации отдельных его производств.

Перечисленная информация собирается как минимум за 24 последних месяца и группируется, например, по следующим разделам:

- здания (проверка качества изоляции ограждающих конструкций, остекления, уплотнения дверных и оконных проемов, чердачных и подвальных помещений);
- система центрального отопления зданий и цехов;
- система горячего и холодного водоснабжения;
- система водооборотных циклов (техническое водоснабжение) предприятия;
- системы принудительной и естественной вентиляции;
- система газоснабжения объекта;
- система электроснабжения объекта;
- системы технического и коммерческого учета расхода энергоносителей.

Для восполнения отсутствующей информации, необходимой для оценки эффективности использования энергии, применяется так называемое инструментальное обследование. Инструментальное обследование применяется также и в тех случаях, когда имеющаяся информация вызывает сомнения в достоверности.

Проведению подробного энергетического аудита предшествует энергетический осмотр. При предварительном энергетическом осмотре устанавливаются объекты с наиболее очевидными потерями энергии, такими, как:

- потери топлива;
- утечка пара;
- открытые горячие участки поверхностей, нуждающиеся в теплоизоляции;
- нерегулируемые горелки;
- высокая температура газа на выходе;
- работа оборудования вхолостую;

- утечка сжатого воздуха, утечка газа;
- отходы продукции;
- ненужная транспортировка материала;
- частые остановки производства;
- ненужные установки понижения давления;
- неисправные контрольные приборы;
- закупоренные фильтры воздуходувок / компрессоров;
- грязь на рабочих местах;
- утечка конденсата;
- утечка воды;
- чрезмерная освещенность;
- излишнее кондиционирование / нагревание воздуха.

Чтобы облегчить работу по обследованию, обычно заранее подготавливают соответствующие формы по энергетическому осмотру, в которых должна быть отражена вся необходимая информация. Затем при обследовании в подготовленные формы производится запись информации.

Объектами энергетического аудита являются:

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

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

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

4. **Котельные установки.** При их обследовании измеряются режимные параметры (давление, состав дымовых газов в различных точках

тракта, температура воды и воздуха, параметры пара, температура наружных поверхностей по всему тракту котельной установки). Производится анализ кпд установки, состояния теплоизоляции, потерь тепла излучением, с дымовыми газами и проточной водой. Оценивается общий тепловой баланс, уровень выбросов в атмосферу, присос воздуха по тракту. Сбережению энергии способствует теплоизоляция наружных поверхностей установки, установка автоматических регуляторов, уплотнение клапанов и тракта, утилизация тепла дымовых газов и продувочной воды, модернизация нагнетательных устройств.

5. **Печи.** Производится измерение режимных параметров печи, определяются состав, давление и температура дымовых газов в топках и тракте печи, температура наружных поверхностей, расход и температура охлаждающей воды, характеристики электропривода нагнетательных устройств. В электрических печах определению подлежат их электрические параметры – нагрузка, мощность. Сбережению энергии способствует теплоизоляция наружных поверхностей печи, установка автоматических регуляторов, уплотнение заслонов и клапанов, утилизация тепла дымовых газов и воды, предварительный подогрев шихты за счет утилизируемого тепла, установка регенераторов, модернизация нагнетательных устройств и т. п.

6. **Бойлеры и теплообменники.** Измеряются входная и выходная температура теплоносителей, их расход и перепады давления, температура наружных поверхностей аппарата, оцениваются потери тепла, определяется кпд, производится анализ теплоизоляции. Снижение потерь энергии обеспечивается изоляцией трубопроводов и наружных поверхностей, очисткой теплообменных поверхностей.

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

8. **Освещение.** Устанавливается соответствие уровня освещенности категории помещения и рабочему месту, состояние окон и осветительных приборов. Энергосбережение при этом может быть достигнуто путем за-

мены ламп накаливания на более экономичные типы ламп, использовании естественного и местного освещения, внедрением системы автоматического регулирования (установка детекторов присутствия и таймеров, секционирование осветительных сетей).

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

10. **Здания.** Обследуется качество изоляции стен, уплотнение дверных и оконных проемов, системы водоснабжения, отопления, вентиляции и кондиционирования, освещение. Энергосберегающие мероприятия – дополнительная изоляция стен и перекрытий, вакуумное остекление, установка регулирующих устройств, модернизация системы отопления и водоснабжения.

Процесс энергетического обследования должен включать следующие этапы:

1. Разработка технической программы.
2. Проведение энергетического обследования в рамках технической программы.
3. Обработка и анализ результатов обследования.
4. Разработка мероприятий по сбережению топливно-энергетических ресурсов.
5. Составление энергетического паспорта.

При проведении энергетического обследования следует учитывать самые различные условия и факторы:

- отраслевую принадлежность предприятия;
- функциональные особенности предприятия (как потребитель энергоресурсов или как производитель отдельных видов энергии);
- возможности по использованию энергоресурсов только для собственных нужд или для оказания услуг по передаче тепла и электроэнергии другим потребителям;
- инвестиционные вложения предприятия, то есть способность решать проблему повышения эффективности использования энергетических ресурсов за счет проведения режимно-эксплуатационных и организационно-экономических мероприятий.

Энергоаудит, как правило, выполняется с привлечением исполнителей от различных лицензированных организаций – аудиторских, проектных, исследовательских и пр. Однако опыт проведения энергоаудитов по-

казывает, что наиболее высокие результаты достигаются при решении указанных задач в комплексе единой организацией-исполнителем с привлечением компетентных специалистов при обязательном участии заинтересованных специалистов самого предприятия. Состав группы энергоаудита, естественно, зависит от характера обследуемого объекта и должен включать специалистов по электроснабжению, теплоснабжению, газоснабжению, водоснабжению, компрессорному и холодильному оборудованию, метрологии, контрольно-измерительным приборам и автоматике (КИПиА). Условием достоверного, качественного энергоаудита является наличие приборного парка в совокупности с серьезным программным обеспечением.

После завершения энергетического обследования оформляются отчет о проведенном энергетическом обследовании, топливно-энергетический баланс, энергетический паспорт предприятия, рекомендации.

Технический отчет о проведении энергетического обследования должен включать в себя следующие характеристики:

- краткую характеристику предприятия и структурную взаимосвязь основных производств предприятия;
- энергоемкость производств предприятия по видам потребляемых энергоресурсов;
- динамику удельного энергопотребления по видам энергоресурсов и по основным видам выпускаемой продукции и сравнение их с соответствующими характеристиками энергоэффективных предприятий-аналогов;
- фонд фактического рабочего времени технологических агрегатов и механизмов с оценкой использования установленных мощностей и коэффициентов их загрузки;
- структуру распределения и учета потребления энергоносителей с оценкой источников их поступления и потребления;
- распределение расхода всех видов энергоносителей по предприятию, т. е. по технологическим переделам, по вспомогательным службам (например, в водооборотных циклах и очистных сооружениях, в компрессорном и холодильном оборудовании, если оно не входит в основной технологический процесс), по ремонтно-механическим, строительным, административно-бытовым службам и т. д.;
- нормативные и фактические потери энергоносителей в распределительных сетях и системах.

При выработке рекомендаций по повышению эффективности использования топливно-энергетических ресурсов необходимо учитывать, что проведение энергосберегающих мероприятий неизбежно связано с дополнительными затратами. Поэтому экономический эффект энергосберегающего мероприятия определяется выражением

$$\mathcal{E}_j = \Delta\mathcal{E}_j - \Delta\mathcal{E}_z,$$

где $\Delta\mathcal{E}_j$ – снижение затрат, которое достигается в результате экономии энергии после проведения энергосберегающего мероприятия; $\Delta\mathcal{E}_z$ – дополнительные затраты, связанные с проведением энергосберегающего мероприятия.

Например, в $\Delta\mathcal{E}_z$ могут входить расходы на установку приборов учета энергии, эксплуатационные расходы на обслуживание этих приборов и т. п.

Очевидно, что энергосберегающее мероприятие экономически целесообразно при $\mathcal{E}_j > 0$.

В настоящее время энергоаудит в нашей стране осуществляется в соответствии с «Положением о проведении энергетического обследования предприятий, учреждений и организаций», разработанным Государственным комитетом по энергосбережению и энергетическому надзору Республики Беларусь.

По результатам энергетического обследования составляется соответствующий технический отчет, на основе которого разрабатывается оптимальный режим потребления топливно-энергетических ресурсов, а также программа по энергосбережению, выполнение которой контролируется и анализируется до следующего энергетического обследования.

Тема 12. МЕРОПРИЯТИЯ ПО КОМПЛЕКСНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ВЭР ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА (ГОРОДА)

Комплексный подход к утилизации вторичных энергоресурсов в масштабе промышленного района или города является экономически наиболее выгодным направлением в области энергосбережения.

Структурная схема разработки комплексных мероприятий по утилизации ВЭР приведена на рис. 1.

Основными исходными данными для разработки схем использования ВЭР должны служить энергобалансы предприятий, которые зачастую отсутствуют на отдельно взятых предприятиях. В таких случаях первым этапом сбора исходных данных является соответствующее анкетирование предприятий для определения общей структуры их теплового хозяйства. Затем необходимо обследование и составление упрощенных экспресс-энергобалансов. Наличие такой исходной информации позволит приступить к ее анализу и вариантной разработке мероприятий по использованию ВЭР на отдельных предприятиях промышленного района и города в целом.

Иногда целесообразно повысить тепловой потенциал ВЭР, несколько изменяя «хвостовую» часть технологического процесса. Это возможно при тесном сотрудничестве технологов и теплотехников, и часто поиск резервов на местах стыковки специальностей приносит большой экономический эффект при ограниченных затратах.

Для предприятий с выходом ВЭР повышенного потенциала (стеклянные, металлургические заводы и др.) увязка их с системой теплоснабжения района обычно несложна. Они становятся дополнительными теплоисточниками своего города. Такой завод присоединяется к тепловой сети города и работает параллельно с городским теплоисточником (ТЭЦ или котельной), который принимает на себя функции выравнивания тепловой выработки, а также обеспечения подпитки теплосети. Утилизационные установки предприятий отдают теплоту сетевой воде, возвращающейся к теплоисточнику, которая там догревается до требуемой температуры. Соблюдение такого принципа подключения заводских теплоисточников с возможностью изменения количества отдаваемой теплоты позволяет работать гибко, с самыми благоприятными условиями для технологического процесса.

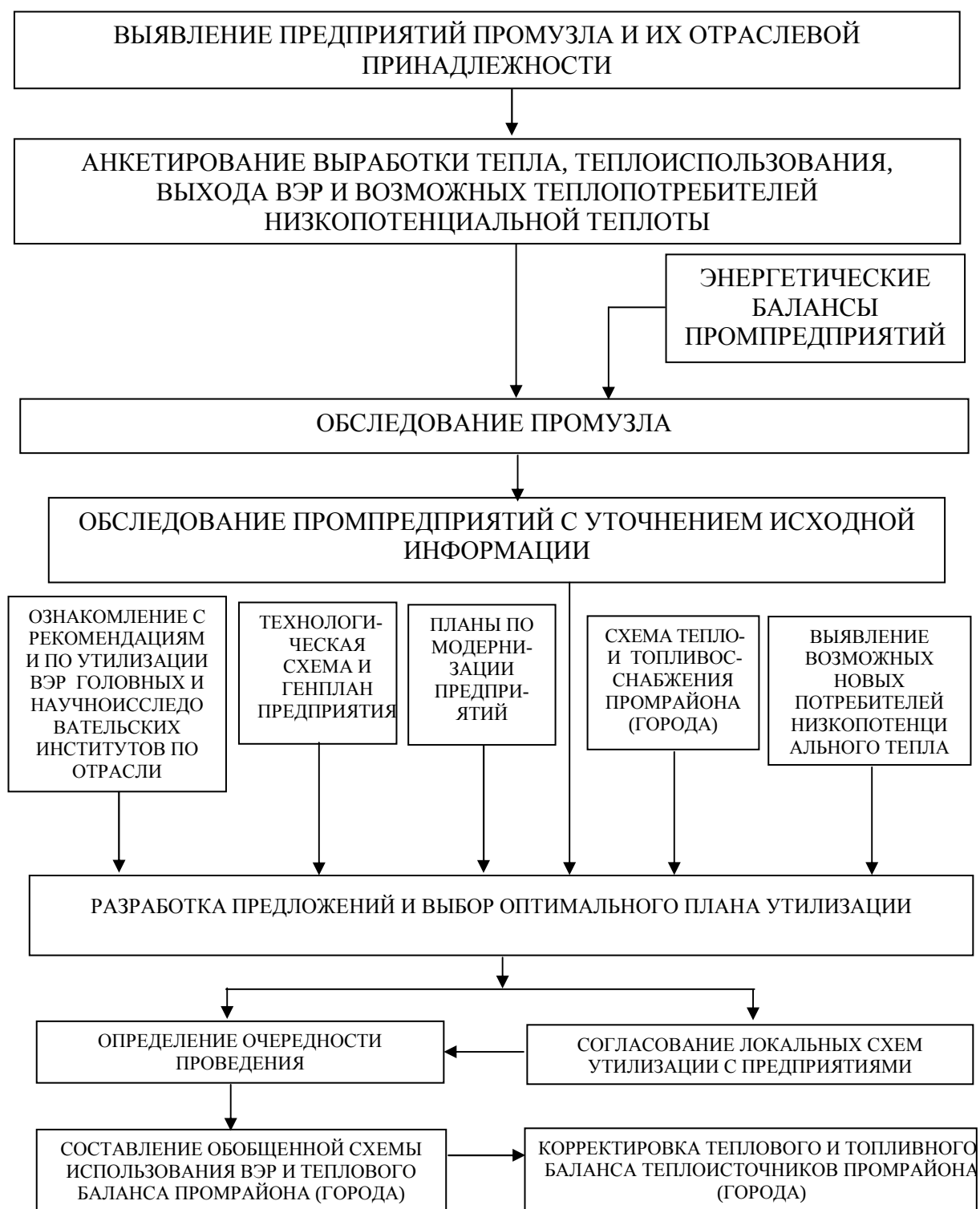


Рис. 1. Структурная схема разработки мероприятий по комплексной утилизации ВЭР промышленного района (города)

Потребителями чистой воды с температурой 45 – 70 °С должны в первую очередь быть системы горячего водоснабжения самих предприятий и их ближайших соседей; для этого обычно на предприятии устанавливают баки-аккумуляторы с блоком насосов, в которые направляются нагретые потоки воды от технологического оборудования.

На сегодняшний день в стране используется разнообразное теплоутилизационное оборудование, характеристики которого представлены в табл. 12.1.

Таблица 12.1

Характеристики теплоутилизационного оборудования

Энергосберегающее оборудование	Тип, марка	Завод-изготовитель или разработчик
1	2	3
Теплоутилизаторы рекуперативные на базе тепловых труб	ТП.2,5-ТПК.02	Краматорский и Домодедовский заводы «Кондиционер»
Теплообменник с промежуточным теплоносителем		Северодонецкий опытный завод НПО «Техэнергохимпром»
Теплоутилизаторы рекуперативные для систем с промежуточным теплоносителем	ТП.0,5-ТПК.03(04) ТП.16-ТПК.03(04) ТП.25-ТПК.03(04)	Костромской калориферный завод
Теплоутилизаторы пластинчатые рекуперативные	ТП.0,5-Т2ПК.01	То же
Теплоутилизаторы рекуперативные вращающиеся	ТП.10-Э2РГ.01 ТП.16-Э2РГ.01 ТП.25-Э2РГ.01 ТП.40-Э2РГ.01 ТП.60-Э2РГ.01 ТП.80-Э2РГ.01	"_"
Кондиционеры-утилизаторы	КТЦ2-10 КТЦ2-20 КТЦ2-30 до КТЦ2-250	Харьковский завод «Кондиционер»
Пластинчатые теплообменники	ГОСТ 15518-83	Павлоградский завод химического машиностроения
Трубчатые радиационные рекуператоры		Северодонецкий опытный завод НПО «Техэнергохимпром»

Окончание табл.

1	2	3
Спиральные теплообменники	ТУ 26.01-268	ПО им. Фрунзе, Сумы
Контактные экономайзеры с насадкой из колец Рашига	ЭК-БМ1-1 ЭК-БМ1-2	Ленинабадский завод ВНПО «Союзпромгаз»
КТАНы-утилизаторы (газ)	КТАН-0,05УГ КТАН-0,1УГ КТАН-0,25УГ КТАН-0,5УГ КТАН-0,8УГ КТАН-1,5УГ КТАН-2,3УГ КТАН-4,5УГ КТАН-6УГ КТАН-12УГ	Ленинабадский завод ВНПО «Союзпромгаз»
Контактные подогреватели	АРВ-10 АСК-10 ОВА-2	НИИСТ (Киев)
1	2	3
КТАНы-воздухоподогреватели систем ОВ	КТАН-15ВП и др.	Латгипропром (Латвия)
КТАНы-воздухоподогреватели дутьевого воздуха	КТАН-3,6 ВПД КТАН-6 ВПД КТАН-9 ВПД КТАН-13 ВПД КТАН-25 ВПД КТАН-40 ВПД КТАН-60 ВПД	То же

ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Методические указания к выполнению контрольной работы

Каждый студент выполняет вариант задания, соответствующий двум последним цифрам индивидуального шифра его зачетной книжки. Если две последние цифры шифра образуют число 59 и более, то для определения варианта задания от этого числа нужно отнять 58.

Контрольная работа оформляется в виде записки объемом 10 – 14 листов формата А4. Записка печатается на принтере на одной стороне листа, другая сторона остается свободной для замечаний руководителя, внесения исправлений и дополнений. Поля: верхнее – 25, нижнее – 25, левое – 30, правое – 15 мм. Тип шрифта «TimesNewRomanCyr». Размер шрифта 14. Межстрочный интервал «Одинарный». Выравнивание по ширине. Размер отступа в первой строке абзаца должен быть одинаковым по всему тексту – 1,27.

Заголовки и подзаголовки отделяют от основного текста сверху и снизу двумя интервалами. Заголовки набираются прописными, а подзаголовки – строчными буквами. Точка в конце заголовка и подзаголовка не ставится, и они не подчеркиваются. Выравнивание по центру.

Первая страница записки – титульный лист (прил. А), вторая – содержание (прил. Б). Далее следуют ответ на теоретический вопрос, условие и решение задачи. В конце работы приводится список использованной литературы, ставятся дата выполнения работы и подпись. Все рисунки должны быть выполнены при помощи MSExcel.

Не допускается оформление контрольной работы рукописным способом в стандартной ученической тетради.

ТЕМЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

- 1 История энергоиспользования и энергосбережения.
- 2 Мировая энергетика: общая характеристика, пути развития и перспективы.
- 3 Топливо-энергетический комплекс Республики Беларусь: современное состояние и основные направления развития.
- 4 Состояние и задачи энергосбережения в Республике Беларусь.
- 5 Современные энергоресурсы.
- 6 Энергетическая независимость и безопасность государства, варианты обеспечения РБ топливо-энергетическими ресурсами.
- 7 Современные способы получения электрической энергии.
- 8 Тепловые электростанции (КЭС, ТЭЦ, ГРЭС), преимущества когенерации.
- 9 Газотурбинные и комбинированные парогазовые установки.
- 10 Котельные и мини-ТЭЦ.
- 11 Атомная энергетика.
- 12 Гидроэнергетика.
- 13 Прямые методы преобразования энергии.
- 14 Термоэлектрические и термоэмиссионные генераторы.
- 15 Магнетогидродинамические генераторы.
- 16 Электрохимические источники энергии.
- 17 Экологическая цена энергии.
- 18 Влияние энергетики на состояние окружающей среды и экологические эффекты энергосбережения.
- 19 Возобновляемые источники энергии.
- 20 Биоэнергетика, ее перспективы в Беларуси.
- 21 Энергетика на древесных отходах.
- 22 Ветроэнергетика.
- 23 Малая гидроэнергетика.
- 24 Водородная энергетика.
- 25 Солнечная энергетика.
- 26 Солнечные нагревательные системы.
- 27 Системы и устройства преобразования солнечной энергии в электроэнергию.
- 28 Использование геотермальной энергии.
- 29 Электроэнергетическая система Республики Беларусь, пути ее развития.

- 30 Централизованное и децентрализованное энергоснабжение.
- 31 Особенности энергетического производства и аккумулирование энергии.
- 32 Графики нагрузки различных типов потребителей электроэнергии и энергосистемы в целом, их обеспечение и регулирование.
- 33 Аккумулирующие электростанции.
- 34 Энергетические тарифы.
- 35 Экономические и финансовые механизмы энергосбережения.
- 36 Организация и методы стимулирования энергосбережения.
- 37 Нормирование расхода топливно-энергетических ресурсов.
- 38 Учет и регулирование потребления энергии.
- 39 Задачи и методы энергетического обследования промышленных предприятий.
- 40 Энергетический баланс предприятия.
- 41 Вторичные энергетические ресурсы.
- 42 Использование тепловых вторичных энергетических ресурсов.
- 43 Использование горючих вторичных энергетических ресурсов.
- 44 Транспортировка первичных энергоресурсов.
- 45 Передача и распределение электрической энергии.
- 46 Транспорт и распределение тепловой энергии.
- 47 Основные направления энергосбережения в промышленности.
- 48 Основные направления энергосбережения в АПК.
- 49 Энергосбережение в жилых домах и общественных учреждениях.
- 50 Энергосбережение в зданиях и сооружениях промышленного назначения.
- 51 Автономное энергоснабжение.
- 52 Современные системы отопления.
- 53 Применение тепловых насосов для отопления и кондиционирования помещений.
- 54 Энергосбережение на транспорте.
- 55 Энергосбережение в быту.
- 56 Энергоэффективное освещение.
- 57 Отечественный опыт энергосбережения.
- 58 Зарубежный опыт энергосбережения.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Поспелова, Т.Г. Основы энергосбережения / Т.Г. Поспелова. – Минск: Технопринт, 2000.
2. Самойлов, М.В. Основы энергосбережения: учеб. пособие / М.В. Самойлов, В.В. Паневчик, А.Н. Ковалев. – Минск: БГЭУ, 2002.
3. Андрижиевский, А.А. Энергосбережение и энергетический менеджмент: учеб. пособие / А.А. Андрижиевский, В.И. Володин. – Минск: Выш. шк., 2005.
4. Энергосберегающие технологии в СССР и за рубежом / под общ. ред. С.Н. Ятрова. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
5. Твайдед, Дж. Возобновляемые источники энергии / Дж. Твайдед, А. Уэйр. – М.: Энергоиздат, 1990.
6. Вторичные теплоэнергетические ресурсы и охрана окружающей среды / В.В. Харитонов [и др.]. – Минск: Выш. шк., 1988.
7. Закон Республики Беларусь «Об энергосбережении» от 19.06.1998: принят СМ РБ и Президентом РБ // Энергоэффективность. – 1997.
8. Постановление СМ РБ от 16.01.2001 г. «Республиканская программа энергосбережения на 2001 – 2005 гг.»
9. Указ Президента РБ № 516 от 24.09.01 «О совершенствовании системы республиканских органов государственного управления и иных государственных организаций, подчиненных Правительству Республики Беларусь» // Энергоэффективность. – 2001.
10. Постановление СМ РБ № 1583 от 31.10.01 «Положение о Комитете по энергоэффективности».
11. Постановления СМ РБ № 1820 от 27.12.02 и № 45 от 17.01.03 «Направления энергосбережения в 2003 г.».
12. Энергоэкономичное освещение // Энергосбережение. – 1999. – № 8. – С. 22 – 23.
13. Энергосберегающие светильники // Энергосбережении. – 1999. – № 8. – С. 24.

Дополнительная

1. Охрана труда и основы энергосбережения: учеб. пособие / Э.М. Кравченя [и др.]. – Минск: ТетраСистемс, 2004.
2. Закон Республики Беларусь об энергосбережении // Энергоэффективность. – 1998. – № 7.
3. Теплотехника / под ред. А.П. Баскакова. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
4. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: справочник. – 2-е изд., перераб. / под общ. ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина. – М.: Энергоатомиздат, 1991. Кн. 4: Теплоэнергетика и теплотехника.
5. Государственная научно-техническая программа «Энергосбережение». – Минск, 1996.
6. Основные методические положения по планированию использования вторичных энергетических ресурсов. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
7. Голомшток, Л.И. Снижение потребления энергии в процессах переработки нефти / Л.И. Голомшток, К.З. Халдей. – М.: Химия, 1990.

Приложение А

Министерство образования Республики Беларусь
УО «Полоцкий государственный университет»

Кафедра энергетики
и электронной техники

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1

По дисциплине «Основы энергосбережения»
Название вопроса

Студента _____
Группы _____
Курс _____
Ф.И.О. _____
Шифр _____
Вариант № _____

Рецензент _____
Подпись рецензента _____
Отметка о зачете _____
Дата приема _____

Новополоцк 20 ____ г.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

- 1 Введение
- 2 Теоретическая часть
- 3 Практическая часть
- 4 Заключение
- 5 Список использованной литературы

Краткий план написания контрольной работы

Введение

Описывается история вопроса. Формулируется точка зрения студента, почему важно акцентировать внимание государственных и общественных организаций на данном вопросе.

Теоретическая часть

Раскрывается содержание вопроса.

Практическая часть

Даются практические предложения по внедрению (или обосновывается нецелесообразность внедрения) затронутого вопроса в Республике Беларусь.

Заключение

Подводится итог рассмотрения затронутого вопроса. Делаются выводы.

Список использованной литературы

Приводится список использованной литературы.

Пример ссылки на информацию, полученную через Интернет:

Спектр флуоресценции [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.biophys.msu.ru/material/mprac/3.pdf>

Учебное издание

АЛЕКСЕЕВА Татьяна Анатольевна

ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Учебно-методический комплекс для студентов специальностей
1-39 02 01 «Моделирование и компьютерное проектирование РЭС»,
1-39 01 01 «Радиотехника»

Редактор *Т. В. Булах*

Дизайн обложки *А. Н. Парфёновой*

Подписано в печать 19.02.2014. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. 8,82. Уч.-изд. л. 7,7. Тираж 30 экз. Заказ 224.

Издатель и полиграфическое исполнение –
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».
ЛИ № 02330/0548568 от 26.06.2009. ЛП № 02330/0494256 от 27.05.2009.
Ул. Блохина, 29, 211440, г. Новополоцк.