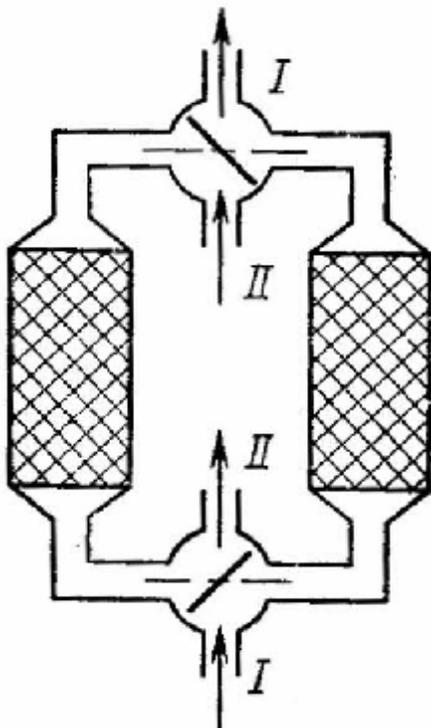


**ОЛЬШАНСКИЙ А.И.
ОЛЬШАНСКИЙ В.И.
БЕЛЯКОВ Н.В.**

ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

КУРС ЛЕКЦИЙ



УДК 620.9(075.8)
ББК 31
О-56

Рецензенты:

д.т.н., академик НАНАБ Клубович В.В.

к.т.н., доцент кафедры МТВПО УО «ВГТУ» Алексеев И.С.

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским Советом УО «ВГТУ» протокол №3 от «18» сентября 2007г.

Ольшанский, А. И. Основы энергосбережения : курс лекций / А. И. Ольшанский, В. И. Ольшанский, Н. В. Беляков ; УО «ВГТУ». – Витебск, 2007. – 223 с. ISBN 985-481-091-7

В пособии проанализированы энергетические ресурсы мира и Республики Беларусь. Рассмотрены понятия: топливно-энергетического комплекса, станции преобразования энергии, графиков нагрузки, аккумулирования энергии. Приводятся методы прямого преобразования энергии. Описаны нетрадиционные возобновляемые источники энергии, вопросы транспорта и распределения энергии, ценового и тарифного регулирования, нормирования энергопотребления, а также основные правовые и нормативные документы в области энергосбережения, программы по энергосбережению, некоторые технические направления энергосбережения в Республике Беларусь. Приводятся основы энергетического менеджмента и аудита. Уделено внимание вторичным энергетическим ресурсам и способам их утилизации, вопросам эффективного использования энергии в различных сферах городского хозяйства, а также вопросам экологии при энергосбережении и энергосбережения в странах дальнего зарубежья

Настоящее пособие предназначено для студентов дневной и заочной форм обучения Учреждения образования «Витебский государственный технологический университет».

УДК 620.9(075.8)
ББК 31

ISBN 985-481-091-7

© А.И. Ольшанский, В. И. Ольшанский
Н.В. Беляков 2007
© Учреждение образования
«Витебский государственный
технологический университет», 2007

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	6
Блок 1. Введение в дисциплину. Энергетические ресурсы мира и РБ. ТЭК	7
1.1. Роль энергетики в развитии человеческого общества.....	7
1.2. Виды энергии и энергетических ресурсов.....	9
1.3. Качество энергии и энергетических ресурсов.....	12
1.4. Электрическая энергия.....	13
1.5. Ресурсная обеспеченность мировой энергетики и перспективы ее развития.....	15
1.6. Невозобновляемые энергетические ресурсы Республики Беларусь.....	18
1.7. Энергетический кризис: суть и причины.....	19
1.8. Эффективность использования и потребления энергии в различных странах и в Республике Беларусь.....	20
1.9. Топливо-энергетический комплекс (ТЭК)	22
Контрольные вопросы.....	24
Блок 2. Станции преобразования энергии. Графики нагрузки и аккумулярование энергии. Методы прямого преобразования энергии	25
2.1. Тепловые, атомные и гидро электростанции.....	25
2.2. Газотурбинные и парогазовые установки.....	29
2.3. Графики нагрузки.....	30
2.4. Системы аккумулярования энергии.....	32
2.4.1. Механические системы аккумулярования энергии.....	32
2.4.2. Электрические системы аккумулярования.....	33
2.4.3. Химические системы аккумулярования энергии.....	34
2.4.4. Аккумуляторы тепловой энергии.....	35
2.5. Методы и перспективы прямого преобразования энергии.....	35
2.5.1. Преобразование тепловой энергии в электрическую.....	35
2.5.2. Преобразование световой энергии.....	39
2.5.3. Преобразование химической энергии.....	39
Контрольные вопросы.....	41
Блок 3. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии	42
3.1. Перспективы, достоинства и недостатки нетрадиционных возобновляемых источников энергии.....	42
3.2. Биологическая энергия.....	43
3.3. Гидроэнергетические ресурсы.	48
3.4. Ветроэнергетические ресурсы.....	49
3.5. Солнечная энергия.....	52
3.6. Геотермальные ресурсы	58
3.7. Твердые бытовые отходы.....	58
Контрольные вопросы.....	59
Блок 4. Транспорт и распределение энергии	60
4.1. Транспортировка первичных энергоресурсов.....	60
4.2. Транспортировка теплоты.....	62
4.3. Теплоносители.....	67
4.4. Транспортирование электрической энергии.....	70
Контрольные вопросы.....	73

Блок 5. Цены и тарифы на энергоресурсы. Ценовое и тарифное регулирование. Нормирование энергопотребления. Потенциал энергосбережения	74
5.1. Понятие тарифа. История тарифообразования на энергоносители РБ.....	74
5.2. Виды систем тарифов на электроэнергию.....	75
5.3. Тарифы на природный газ и тепловую энергию.....	77
5.4. Регулирующая роль государства	78
5.5. О нормировании энергопотребления.....	80
5.6. Потенциал энергосбережения.....	83
Контрольные вопросы.....	86
Блок 6. Основные правовые и нормативные документы в области энергосбережения. Управление ТЭК. Программы по энергосбережению	87
6.1. Закон «Об энергосбережении».....	87
6.2. Структура управления ТЭК и системой энергосбережения Республики Беларусь.....	89
6.3. Республиканские отраслевые и региональные программы по энергосбережению.....	92
6.4. Система финансовой поддержки энергосбережения.....	95
Контрольные вопросы.....	96
Блок 7. Некоторые технические направления энергосбережения в Республике Беларусь	97
7.1. Малые и мини-ТЭЦ, повышение эффективности котельных.....	97
7.2. Компрессорное оборудование и холодильная техника.....	99
7.3. Электропривод.....	101
7.4. Автоматизация управления производственными процессами.....	103
7.4.1. Общие положения.....	103
7.4.2. Понятие автоматического регулирования.....	104
7.4.3. Классификация подсистем автоматизации.....	105
7.4.4. Датчики	105
7.4.5. Первичный приборный учет.....	111
7.4.6. Схемы автоматизации. Автоматизированные системы контроля и управления различными энергообъектами.....	113
7.5. Приоритетные направления энергосбережения в промышленных отраслях.....	114
Контрольные вопросы.....	118
Блок 8. Вторичные энергетические ресурсы	119
8.1. Общие вопросы.....	119
8.1.1. Вторичные энергетические ресурсы в промышленности.....	119
8.1.2. Вторичные энергетические ресурсы на предприятиях текстильной промышленности.....	120
8.1.3. Определение выхода ВЭР и экономия топлива за счет их использования.....	125
8.1.4. Экономическая эффективность использования вторичных энергетических ресурсов.....	126
8.2. Утилизация ВЭР.....	131
8.2.1. Теплообменные аппараты для утилизации вторичных энергоресурсов.....	131
8.2.2. Теплообменные аппараты для утилизации высокотемпературных ВЭР.....	133
8.2.3. Теплообменные аппараты для утилизации низкопотенциальных вторичных энергоресурсов.....	137
8.2.4. Некоторые примеры экономии тепловой энергии за счет использования ВЭР.....	143

Контрольные вопросы.....	146
Блок 9. Основы энергетического менеджмента и аудита	147
9.1. Понятие энергетического менеджмента и аудита.....	147
9.1.1. Понятие энергетического менеджмента.....	147
9.1.2. Энергетический баланс.....	149
9.1.3. Энергетические аудиты и обследования.....	151
9.2. Проектный подход в энергетическом менеджменте.....	157
9.2.1. Планирование капиталовложений на развитие энергетических источников.....	157
9.2.2. Оценка и анализ рисков инвестиционных проектов.....	160
9.2.3. Схемы финансирования проектов.....	163
9.2.4. «Экономические» методы проектного анализа.....	164
9.2.5. Показатели эффективности инвестиционных проектов.....	167
9.2.6. «Неэкономические» методы проектного анализа.....	172
9.2.7. Энергетическое планирование.....	176
Контрольные вопросы.....	181
Блок 10. Вопросы эффективного использования энергии в различных сферах городского хозяйства	182
10.1. Концепция и задачи энергосбережения.....	182
10.2. Энергосбережение при в градостроительстве и зданиях.....	182
10.2.1. Градостроительство.....	182
10.2.2. Здания.....	183
10.3. Энергосбережение при освещении.....	189
10.4. Теплоснабжение.....	193
10.4.1. Реконструкция и модернизация систем централизованного теплоснабжения... ..	193
10.4.2. Децентрализация и регулирование теплоснабжения.....	194
10.4.3. Теплоснабжение производственных зданий.....	197
10.5. Автомобильный транспорт.....	198
10.6. Экономия энергии в быту.....	199
Контрольные вопросы.....	202
Блок 11. Энергосбережение и экология	203
11.1. Экологические проблемы, связанные с работой ТЭС, ГЭС, транспорта.....	203
11.2. Специфические экологические проблемы ядерной энергетики.....	206
11.3. Парниковый эффект.....	208
11.4. Экологические эффекты энергосбережения.....	210
Контрольные вопросы.....	211
Блок 12. Энергосбережение в странах дальнего зарубежья	212
12.1. Мировой опыт энергосбережения.....	212
12.2. Энергосберегающая политика в США.....	216
12.3. Японский опыт энергосбережения.....	218
12.4. Опыт энергосбережения Дании.....	220
Контрольные вопросы.....	222
Список использованных источников.....	223

ПРЕДИСЛОВИЕ

Среди важнейших проблем, поставленных наукой и практикой особое место занимает проблема энергосбережения. Энергосбережение в народном хозяйстве Республики Беларусь поднято на уровень государственной политики. Главные направления и важнейшие мероприятия по развитию топливно-энергетического комплекса страны и повышению эффективности энергоиспользования отражены в законе Республики Беларусь «Об энергосбережении» и закреплены энергетической программой до 2010 года.

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

Дисциплина «Основы энергосбережения» введена в учебные планы высших учебных заведений. Поставлена задача качественно нового уровня образования инженерного корпуса в области энергосбережения с учетом современных задач государства.

Курс лекций представляет собой содержание курса «Энергосбережение» и содержит все разделы, отраженные государственной учебной программой «Основы энергосбережения». Цель учебного пособия – связать основы энергосбережения как общетехническую дисциплину с их практическим применением в работе инженера и дать конкретные знания для принятия и внедрения энергоэффективных мероприятий и решений. Сформировать у будущих специалистов важность понимания энергосбережения как обязательного процесса, как системы при осуществлении своей деятельности и реализации своего интеллектуального потенциала.

Учебное пособие предназначено для студентов дневной и заочной форм обучения специальностей 1-50 01 01 «Технология пряжи, тканей, трикотажа и нетканых материалов», 1-50 02 01 «Конструирование и технология изделий из кожи», 1-50 01 02 «Конструирование и технология швейных изделий», 1-36 08 01 «Машины и аппараты легкой, текстильной промышленности и бытового обслуживания» Учреждения образования «Витебский государственный технологический университет».

БЛОК 1

ВВЕДЕНИЕ В ДИСЦИПЛИНУ.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ МИРА И РБ. ТЭК

1.1. Роль энергетики в развитии человеческого общества

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

Энергия является основой жизни на Земле. Растения поглощают солнечную энергию в процессе фотосинтеза; животные потребляют эту энергию косвенным путем, поедая растения и других животных. Человек потребляет солнечную энергию различными путями, в том числе и с пищей. Еще в глубокой древности человек научился перерабатывать энергию Солнца путем сжигания биологической материи (например, древесины или навоза).

История энергетики насчитывает тысячелетия. Процесс потребления энергии на нашей планете исторически протекал крайне неравномерно. Ориентировочное представление о нем может дать рис. 1.1, на котором показано изменение расхода энергии человечеством во времени. Кривая указывает на резкое возрастание потребления энергии начиная с XX в. Человечество за всю историю своего существования израсходовало около 900-950 тыс. ТВт·ч энергии всех видов, причем почти 2/3 этого количества приходится на последние 40-50 лет.

На каждом новом этапе исторического развития усложнение хозяйственной деятельности человека неизбежно приводило к нехватке энергии, к противоречию между желаемым и возможным. Для преодоления противоречия необходимо было находить новые источники сил и энергии. Проблема энергии - одна из важнейших глобальных проблем, в решении которой заинтересованы все народы, все страны мира.

Первый в истории человечества энергетический кризис разразился во II тысячелетии до нашей эры. Тогда единственными источниками энергии были собственная сила человека и сила животных. Выход из этого кризиса был найден в использовании мускульной силы рабов. Развивались ремесла, техника: появились приспособления для увеличения «силовых» возможностей человека – блоки, рычаги, катки и т. п.

Встречались в те давние времена и с энергетическими проблемами, похожими на современные. Исследования археологов в древнем горнопромышленном и металлургическом центре Востока – Древнем Египте установили, что выплавка меди там внезапно прекратилась примерно за 1000 лет до нашей эры. Хотя до этого в течение 1000 лет не менее 1000 печей плавил металл, причем в качестве топлива использовали древесный уголь из стволов пальм, там произрастававших. Когда пальмовые леса близ месторождения были вырублены, топлива стало не хватать - «локальный энергетический кризис» привел к прекращению производства

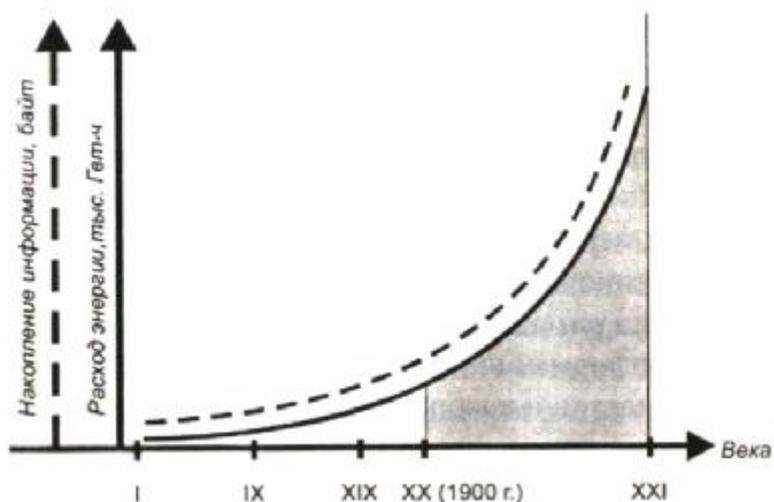


Рис. 1.1. Динамика потребления энергии на Земле и развития цивилизации человечества.

металла.

С крахом рабовладельческого строя кончилась эпоха «живой энергетики», и человечество должно было искать новые источники энергии. Прежде всего, люди обратили свои поиски к источникам, которые всегда были перед их глазами – к текущей воде и к ветру. Парусные суда, водяные колеса, мельницы, ветряные мельницы нашли применение уже в Древней Греции и в период Римской империи. Новый, феодальный строй вызвал к жизни и новую технику, основными энергетическими источниками становятся сила воды и ветра, более продуктивно используется сила животных, меняется энергетическая база производства: для приведения в движение самых разнообразных станков и механизмов широко используются водяные колеса. К середине XVIII в. водяные колеса распространились по всей Европе, вокруг них строятся фабрики, возникают города. Развивающаяся промышленность (ткацкая, металлургическая, горное дело, металлообрабатывающая) требовала все больше и больше энергии. В поисках возможных источников энергии люди настойчиво пытались создать машины, которые работали бы сами по себе – вечные двигатели. Навязчивая идея не умерла и до настоящего времени, хотя и развенчана наукой.

Великим изобретением, предоставившим человечеству необходимую энергию и возможность дальнейшего прогресса, стало изобретение паровой машины и ее распространение в XVIII в. Здесь нельзя не отметить заслуги нашего соотечественника – И. И. Ползунова. С изобретением паровой машины человек научился превращать в движение, в работу теплоту, запасенную в угле, дереве, торфе. Однако серьезные недостатки паровых машин: низкий коэффициент полезного действия, большие размеры машины, необходимость подвоза топлива, сложный привод станков (передача движения от машины к станкам), большое количество выделяемой сажи – требовали искать другие, новые источники энергии, новые способы ее получения и преобразования.

Наступает век электричества. Открытие вольтовой дуги, электрического освещения русским электротехником В. В. Петровым положило начало практическому использованию электричества. В 1831 г. Майкл Фарадей изобрел электрогенератор, а за 10 лет до этого – электродвигатель. Электрические машины совершенствовались. Резкий рывок в их развитии – изобретение русским ученым М. О. Доливо-Добровольским нового типа машины – трехфазного асинхронного двигателя, работающего на переменном токе.

В начале – середине XX в. электрификация стала основным фактором увеличения производительности труда и условием повышения уровня благосостояния народа.

Современные энергосистемы являются неотъемлемым компонентом инфраструктуры общества, в особенности промышленно развитых стран, которые расходуют примерно 4/5 энергоносителей и в которых живет лишь 1/4 населения планеты. На страны третьего мира, где живет 3/4 населения Земли, приходится около 1/5 мирового потребления энергии.

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

В последние 25 лет все развитые страны мира перестали наращивать потребление первичной энергии на душу населения, обеспечив достаточно высокий уровень жизни своих граждан.

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

В настоящее время в результате научно-технического прогресса почти всю тяжелую работу выполняют машины, а на мускульную силу людей приходится меньше 1 % энергии.

Пользование даровыми природными энергоресурсами (ветром и солнечным теплом) способствовало зарождению и становлению цивилизации. Последовательно сменяющиеся виды все более калорийных энергоносителей - дрова, уголь, нефть, газ и, наконец, ядерное топливо - это этапы прогресса, который, создавая блага для человечества, вместе с тем ухудшает *экологическую среду, уменьшает предел экологической емкости среды обитания, что является глобальной энергетической проблемой.*

1.2. Виды энергии и энергетических ресурсов

Согласно представлениям физической науки, *энергия – это способность тела или системы тел совершать работу.* Существуют различные классификации видов и форм энергии. Назовем те ее виды, с которыми люди наиболее часто встречаются в своей повседневной жизни: механическая, электрическая, электромагнитная, тепловая, химическая, атомная (внутриядерная). Последние три вида относятся к внутренней форме энергии, т. е. обусловлены потенциальной энергией взаимодействия частиц, составляющих тело, или кинетической энергией их беспорядочного движения.

Энергию в естествознании в зависимости от природы делят на следующие виды.

Механическая энергия — проявляется при взаимодействии, движении отдельных тел или частиц.

К ней относят энергию движения или вращения тела, энергию деформации при сгибании, растяжении, закручивании, сжатии упругих тел (пружин). Эта энергия наиболее широко используется в различных машинах — транспортных и технологических.

Тепловая энергия — энергия неупорядоченного (хаотического) движения и взаимодействия молекул веществ.

Тепловая энергия, получаемая чаще всего при сжигании различных видов топлива, широко применяется для отопления, проведения многочисленных технологических процессов (нагревания, плавления, сушки, выпаривания, перегонки и т.д.).

Электрическая энергия — энергия движущихся по электрической цепи электронов (электрического тока).

Электрическая энергия применяется для получения механической энергии с помощью электродвигателей и осуществления механических процессов обработки материалов: дробления, измельчения, перемешивания; для проведения электрохимических реакций; получения тепловой энергии в электронагревательных устройствах и печах; для непосредственной обработки материалов (электроэрозионная обработка).

Химическая энергия — это энергия, "запасенная" в атомах веществ, которая высвобождается или поглощается при химических реакциях между веществами.

Химическая энергия либо выделяется в виде тепловой при проведении экзотермических реакций (например, горении топлива), либо преобразуется в электрическую в гальванических элементах и аккумуляторах. Эти источники энергии характеризуются высоким КПД (до 98%), но низкой емкостью.

Магнитная энергия — энергия постоянных магнитов, обладающих большим запасом энергии, но «отдающих» ее весьма неохотно. Однако электрический ток создает вокруг себя протяженные, сильные магнитные поля, поэтому чаще всего говорят об электромагнитной энергии.

Электрическая и магнитная энергии тесно взаимосвязаны друг с другом, каждую из них можно рассматривать как "оборотную" сторону другой.

Электромагнитная энергия — это энергия электромагнитных волн, т.е. движущихся электрического и магнитного полей. Она включает видимый свет, инфракрасные, ультрафиолетовые, рентгеновские лучи и радиоволны.

Таким образом, электромагнитная энергия — это энергия излучения. Излучение переносит энергию в форме энергии электромагнитной волны. Когда излучение поглощается, его энергия преобразуется в другие формы, чаще всего в теплоту.

Ядерная энергия — энергия, локализованная в ядрах атомов так называемых радиоак-

тивных веществ. Она высвобождается при делении тяжелых ядер (ядерная реакция) или синтезе легких ядер (термоядерная реакция).

Бытует и старое название данного вида энергии – атомная энергия, однако это название неточно отображает сущность явлений, приводящих к высвобождению колоссальных количеств энергии, чаще всего в виде тепловой и механической.

Гравитационная энергия — энергия, обусловленная взаимодействием (тяготением) массивных тел, она особенно ощутима в космическом пространстве. В земных условиях, например, энергия, «запасенная» телом, поднятым на определенную высоту над поверхностью Земли – энергия силы тяжести.

Таким образом, в зависимости от уровня проявления, можно выделить энергию макромира – гравитационную, энергию взаимодействия тел – механическую, энергию молекулярных взаимодействий – тепловую, энергию атомных взаимодействий – химическую, энергию излучения – электромагнитную, энергию, заключенную в ядрах атомов – ядерную.

Современная наука не исключает существование и других видов энергии, пока не зафиксированных, но не нарушающих единую естественнонаучную картину мира и понятие об энергии.

В Международной системе единиц СИ в качестве единицы измерения энергии принят 1 Джоуль (Дж). 1 Дж эквивалентен 1 ньютон метр (Н м). Если расчеты связаны с теплотой, биологической и многими другими видами энергии, то в качестве единицы энергии применяется внесистемная единица - калория (кал) или килокалория (ккал), 1 кал = 4,18 Дж. Для измерения электрической энергии пользуются такой единицей, как Ватт час (Вт ч, кВт ч, МВт ч), 1 Вт ч = 3,6 МДж. Для измерения механической энергии используют величину 1 кг м = 9,8 Дж.

Если энергия – результат изменения состояния движения материальных точек или тел, то она называется кинетической; к ней относят механическую энергию движения тел, тепловую энергию, обусловленную движением молекул.

Если энергия – результат изменения взаимного расположения частей данной системы или ее положения по отношению к другим телам, то она называется потенциальной; к ней относят энергию масс, притягивающихся по закону всемирного тяготения, энергию положения однородных частиц, например, энергию упругого деформированного тела, химическую энергию.

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

Энергия, непосредственно извлекаемая в природе, называется *первичной*, а носители первичной энергии называются первичными энергоресурсами.

На рис. 1.2 представлена классификация первичной энергии. Выделены традиционные виды энергии, во все времена широко использовавшиеся человеком, и нетрадиционные виды энергии, сравнительно мало использовавшиеся до последнего времени в силу отсутствия экономических способов их промышленного преобразования, но особо актуальные сегодня ввиду их высокой экологичности.

Различают невозобновляемые и возобновляемые виды энергии и, соответственно, **невозобновляемые и возобновляемые** энергоресурсы. **Невозобновляемые энергоресурсы** – это те, которые ранее были накоплены в природе и в новых геологических условиях практически не образуются, например, уголь, нефть, природный газ. **Возобновляемые энергоресурсы** – те, восстановление которых постоянно осуществляется в природе, например, энергия ветра, биотопливо, энергия морских волн и т. д. На классификационной схеме рис. 1.2 невозобновляемые и возобновляемые виды энергии обозначены, соответственно, белыми и серыми прямоугольниками.

К **невозобновляемым** энергетическим ресурсам относят: каменный уголь; нефть; природный газ, уран.

Топливо подразделяют на следующие четыре группы (рис. 1.2):

– твердое;

- жидкое;
- газообразное;
- ядерное.

К твердому виду топлива относят:

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

Ископаемые твердые топлива (за исключением сланцев) являются продуктом разложения органической массы растений. Самый молодой из них *торф*, представляющий собой

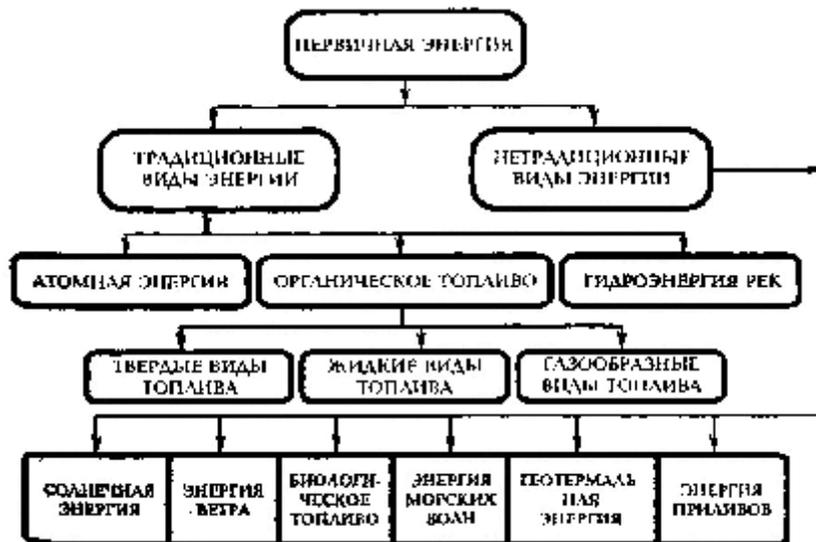


Рис. 1.2. Схема классификации первичной энергии

Антрацит отличается высокой твердостью.

Горючие сланцы представляют собой полезное ископаемое из группы твердых каустобиолитов, дающее при сухой перегонке значительное количество смолы, близкой по составу к нефти.

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

- сжиженный газ (выход около 1 %);
- бензиновую (около 15%, $t_K = 30 \dots 180^\circ\text{C}$);
- керосиновую (около 17%, $t_K = 120 \dots 135^\circ\text{C}$);
- дизельную (около 18%, $t_K = 180 \dots 350^\circ\text{C}$).

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

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

В промышленности и, особенно в быту, находит широкое распространение *сжиженный газ*, получаемый при первичной переработке нефти. На металлургических заводах в качестве попутных продуктов получают *коксовый* и *доменный газы*. Они используются здесь же на заводах для отопления печей и технологических аппаратов. В районах расположения угольных шахт своеобразным «топливом» может служить *метан*, выделяющийся из пластов при их вентиляции. Газы, получаемые путем газификации (*генераторные*) или путем сухой пере-

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

гонки (нагрев без доступа воздуха) твердых топлив, в большинстве стран практически вытеснены *природным газом*, однако в настоящее время снова возрождается интерес к их производству и использованию.

В последнее время все большее применение находит *биогаз* – продукт аэробной ферментации (сбраживания) органических отходов (навоза, растительных остатков, мусора, сточных вод и т. д.).

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

Анализ оценки обеспеченности ТЭР показывает, что наиболее дефицитным видом топлива является нефть. Ее хватит по разным источникам на 25-40 лет. Затем, через 35-64 года, истощатся запасы горючего газа и урана. Лучше всего обстоит дело с углем, запасы которого в мире достаточно велики, и обеспеченность углем составит 218-330 лет'.

1.3. Качество энергии и энергетических ресурсов

Более ста лет назад был установлен фундаментальный закон физики – закон сохранения энергии: энергия не может быть уничтожена или получена из ничего, она может лишь переходить из одного вида в другой.

Частным случаем закона сохранения энергии является 1 закон (начало) термодинамики. Он устанавливает взаимную превращаемость всех видов энергии: тепло Q , сообщенное изолированной системе, расходуется на увеличение ее внутренней энергии ΔU и совершение ею работы A против внешних сил: $Q = \Delta U + A$.

Все процессы в природе подчиняются действию этих законов. С далеких исторических времен развитие цивилизации и технический прогресс сопровождаются быстрым ростом потребления энергии и непосредственно связаны с количеством и качеством используемых энергоресурсов. Понятия количества и качества энергии определяются законами термодинамики.

С понятием «качество энергии» непосредственно связано существо понятия «энергосбережение». С точки зрения 1 закона термодинамики, «энергосбережение» внутренне противоречиво. Сохранять энергию нет необходимости, это делает природа в соответствии с законом сохранения энергии. Сохранять нужно работоспособность энергии или эксергию, которая является мерилем качества – энергетической эффективности каждого вида энергии.

Итак, *качество различных видов энергии оценивается эксергией – величиной, определяющей максимальную способность материи к совершению работы в таком процессе, конечное состояние которого определяется условиями термодинамического равновесия с окружающей средой.*

Основные различия имеются в этом отношении между электрической и механической энергией, с одной стороны, и тепловой энергией – с другой. Электрическая и механическая энергия в ходе технологических процессов совершают превращения, составляющие основу этих процессов, практически без потерь, т.е. имеют 100%-ную работоспособность. Тепловая энергия характеризуется неупорядоченной формой передачи внутренней энергии. При ее превращении, допустим, электрическую часть тепла расходуется на упорядочение этого движения и образует потери. Так, для получения, например, 1 кДж тепла достаточно иметь 1 кДж механической или электрической энергии, но для получения 1 кДж механической или электрической энергии потребуется более 1 кДж тепла. В чем причина таких отличий?

С точки зрения современной науки, тепловая энергия есть не что иное, как сумма энергий мельчайших частиц (атомов, молекул, электронов), находящихся в состоянии неупорядоченного движения. Порядок просто превратится в хаос, что и происходит при превращении

электрической или механической энергии в тепловую. Упорядочить хаос гораздо труднее, на это нужно затратить энергию. Вот почему тепловая энергия не всегда, но в любом случае не полностью превращается в другие виды энергии. Указанные отличительные особенности тепловой энергии, условия ее превращения в другие виды энергии определяются **II законом (началом) термодинамики**.

Согласно этому закону, процессы, связанные с теплообменом при конечной разности температур, необратимы, т.е. могут протекать самопроизвольно только в одном направлении от горячих к холодным телам с установлением равновесия в системе. Другими словами, закон возрастания энтропии (принцип необратимости) состоит в том, что если в изолированной системе есть разница температур и система предоставлена сама себе, то с течением времени температура все более выравнивается и работоспособность замкнутой системы падает до нуля.

В системном анализе эксергатический подход весьма важен, так как в системах энергоиспользования применяются и расходуются разные виды энергии: электрическая, механическая, химическая, тепловая и разные энергоносители, например, топливо, сжигаемое в котлах, исчах, двигателях внутреннего сгорания и т.п.

Для оценки практической пригодности энергии, содержащейся в материи, важно знать не только количество эксергии, но и концентрацию, т.е. отношение эксергии к объему термодинамического агента (энергоносителя). Чем выше концентрация эксергии, т.е. плотность энергопотока, тем лучше показатели сооружения и эксплуатации энергетических установок. Очевидно, что 1 Дж энергии в виде электричества имеет большую ценность для потребителя, чем 1 Дж в виде низкотемпературного тепла, например, горячей воды. А такой энергоноситель, как лазерный поток, имеет еще больший эксергатический показатель.

Немногим более половины всей потребляемой энергии используется в виде тепла для технических нужд, отопления, приготовления пищи, оставшаяся часть – в виде механической, прежде всего в транспортных установках, и электрической энергии. Причем доля электрической энергии с каждым годом растет.

Удельной энергоемкостью энергетического ресурса называется количество энергии, приходящееся на единицу массы физического тела энергоресурса.

Для удобства сопоставления различных видов энергоресурсов и возможности расчетов расход всех видов топлива сравнивается с расходом так называемого **условного топлива**. **За условное принято такое топливо, при сгорании 1 кг которого выделяется $29,3 \cdot 10^6$ Дж, или 7000 ккал энергии.** В табл. 1.1 приведены значения удельной энергоёмкости для ряда энергетических ресурсов в сравнении с условным топливом.

Таблица 1.1.

Значения удельной энергоёмкости для ряда энергетических ресурсов в сравнении с условным топливом.

Виды топлива	Условное топливо	Уголь антрацит	Дрова сухие	Нефть	Газ пропан	Водород
Уд. энергоёмкость, 10^6 Дж/кг	29,3	33,5	10,5	41,9	46,1	120,6
ккал/кг	7000	8000	2500	10000	11000	28800

Видно, что высокой энергоемкостью обладают газ и нефть, что во многом и определило их хищническое потребление.

1.4. Электрическая энергия.

Электрическая энергия является наиболее удобным видом энергии и, по праву, может считаться **основой современной цивилизации**. Подавляющее большинство технических средств механизации и автоматизации производственных процессов (оборудование, приборы ЭВМ), замена человеческого труда машинным в быту имеют электрическую основу.

Почему же так быстро растет спрос именно на электрическую энергию, в чем ее преимущество?

Электрическая энергия обладает такими свойствами, которые делают ее незаменимой в механизации и автоматизации производства и в повседневной жизни человека:

1. Электрическая энергия универсальна, она может быть использована для самых различных целей. В частности, ее очень просто превратить в тепло. Это делается, например, в электрических источниках света (лампочках накаливания), в технологических печах, используемых в металлургии, в различных нагревательных и отопительных устройствах. Превращение электрической энергии в механическую используется в приводах электрических моторов.

2. При потреблении электрической энергии ее можно бесконечно дробить. Так, мощность электрических машин в зависимости от их назначения различна: от долей ватта в микродвигателях, применяемых во многих отраслях техники и в бытовых изделиях, до огромных величин, превышающих миллион киловатт, в генераторах электростанций.

3. В производстве электрической энергии, наоборот, можно концентрировать ее мощность, увеличивать напряжение и передовать по проводам как на малые, так и на большие расстояния любые количества электроэнергии с электростанций, где она вырабатывается, всем ее потребителям.

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

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

Хотя электрическая энергия широко используется в разных отраслях народного хозяйства, основное ее количество (60,0 %) в республике потребляется в промышленности. Особенностью электроэнергетики в Беларуси является то, что практически 100 % всей производимой электроэнергии дают тепловые электростанции, которые работают на привозном топливе (мазут, природный газ). Более 50 % электроэнергии вырабатывается в Минской и Гомельской областях. Но самой мощной тепловой электростанцией в Республике Беларусь является Лукомльская ГРЭС мощностью 2,4 млн кВт (2,4 ГВт), расположенная в Витебской области. Около 1 ГВт имеет мощность Березовская ГРЭС, меньшую - Смоленвичская и Василевичская ГРЭС. Часть электроэнергии вырабатывается на ТЭЦ, которые размещены в крупных городах (Минск, Витебск, Гомель и др.), а также на ТЭЦ при некоторых предприятиях Беларуси: сахарных заводах, объединении "Беларускалий", Добрушской бумажной фабрике.

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

Кстати, первая в Беларуси электростанция была построена на территории Гомельской области в 1898 году при Добрушской бумажной фабрике, затем через пять лет была пущена в эксплуатацию Минская электростанция, потом появилась Витебская и другие. Всего в 1913 году на территории республики действовало 11 электростанций общей мощностью 5,3 тыс. кВт. Протяженность электролиний была в пределах 200 километров².

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

1.5. Ресурсная обеспеченность мировой энергетики и перспективы ее развития

Мировые запасы ископаемого топлива являются ограниченными. Оценки извлекаемых

Доказанные запасы и ресурсы отдельных энергоносителей в оценках Мирового энергетического совета, млрд т (уран - тыс. т)

Таблица 1.2.

Энергоноситель	Доказанные запасы
Нефть	210
Традиционный природный газ	190
Каменный и бурый угли	610
Итого	1010
Уран	3400

запасов ископаемого топлива в мире представлены в табл. 1.2 и на рис. 1.4-1.6.

При уровне мировой добычи 1990-х гг. соответственно (млрд т у.т.): уголь 3,1; нефть - 4,5 и природный газ - 2,6 (всего - 10,2), запасов угля хватит на 1560, нефти - на 250 и природного газа - на 120 лет. Таким образом, запасы ископаемого топлива конечны. По мере их исчерпания цены на ископаемое топливо будут непрерывно расти.

За последнее время было обнаружено достаточно много прогнозов развития мирового энергетического хозяйства в целом и отдельных его звеньев. Отдельные показатели этих прогнозов приведены в табл. 1.3.

Мировые потребности в нефти и газовом конденсате, составившие в 1998 г. около 3,5 млрд т, увеличатся, согласно прогнозным

оценкам МЭА, до 4,7 млрд т в 2010 г. и до 5,6 млрд т в 2020 г. При этом предполагается, что 42,0 % всех мировых потребностей в жидких топливах в 2020 г. будут обеспечены нефтью, добываемой ближневосточными странами-членами ОПЕК, тогда как в 1996 г. этот показатель был равен 23,9 %.

Особый интерес представляет прогноз развития добычи природного газа (рис. 1.4) и международной торговли им, крупнейшим экспортером которого в мире является Россия (табл. 1.4).

Мировая добыча природного газа, согласно прогнозу МЭА, в 2010 г. возрастет по сравнению с 1995 г. в 1,5 раза и к 2020 г. - в 1,9 раза. Среднегодовой прирост добычи газа в 1995-2020 гг. составит 2,6 %.

Для обеспечения сбыта добываемого природного газа, согласно данным, опубликованным на 17-м конгрессе МИРЭС, к 1250 тыс. км магистральных газопроводов, существовавших в мире в 1995 г., к 2010 г. понадобится построить 350 тыс. км и за 2011-2015 гг. - еще 190 тыс. км.

В 2010 г. примерно 38 % всего используемого в мире газа будет израсходовано на производство электроэнергии, в 2020 г. - 43 %.

По мнению МЭА, основная часть прироста потребности европейских стран-членов ОЭСР в природном газе будет покрываться за счет его импорта из России и Алжира. Газ Каспийского региона по своим экономическим показателям будет уступать российскому и алжирскому.

Прогнозы развития мировой энергетики

Показатель	2010г.*		2020 г.*	2020 г.***		2050 г.***	
	Минимальный уровень	Максимальный уровень		Минимальный уровень	Максимальный уровень	Минимальный уровень	Максимальный уровень
Мировое производство первичных топливно-энергетических ресурсов, млн т у. т.	15990	16870	18020	19450	22020	28310	35460
Доля органических топлив, %	89,8	90,7	83,8	71,8	79,6	58,9	72,9
Мировое производство электроэнергии, ТВт·ч	18230	20907	21922	19120	22925	30952	41646
Доля АЭС в мировом производстве электроэнергии, %	12,5	14,3	15	11,4	20,7	11,4	38,0

* Прогноз Международного энергетического агентства «World Energy Outlook», 1997.

** Прогноз Европейского Союза. «Energy in Europe European Energy to 2020», 1997.

*** Прогноз МИРЭС и Международного института прикладного системного анализа. «Global Energy Perspectives», 1998.



Рис. 1.4. Добыча и потребление газа: а – 2000г.; б – 2020г.

Таблица 1.4
Прогноз добычи и торговли природным газом в 2010 и 2020гг., млн т у. т.

Страна	2010г.	2020г.
Добыча газа		
Страны-члены ОЭСР	1590	1530
В том числе страны Европы	395	340
Страны с переходной экономикой	1157	1596
Остальные страны	1169	1843
Итого	3916	4969
Импорт-экспорт-нетто		
Страны-члены ОЭСР	656	1091
В том числе страны Европы	329	553
Страны с переходной экономикой	- 232	- 402
Остальные страны	- 163	- 249

Мировая потребность в угле, согласно прогнозу МЭЛ (рис. 1.5), в 2010 г. достигнет 4050 и в 2020 г. - 4786 млн т у. т. Доля электростанций в мировом потреблении угля в 2010 г. составит 63 %, в 2020 г. - 85 % (в странах ОЭСР, Китае и Индии - 100 %).

На конгрессе МИРЭС и в прогнозах МЭЛ и Евросоюза признано, что темпы роста производства электроэнергии будут в перспективе опережающими по отношению к добыче органических топлив. Общее мировое производство электроэнергии в 2020 г. в 2 раза превысит ее выработку в 1997 г. Среднегодовой прирост выработки

электроэнергии в мире за 1995-2020 гг. оценивается в 3 %.

Следует отметить, что прогнозы, сделанные в 80-х гг., обещали к 2020 г. быстрое

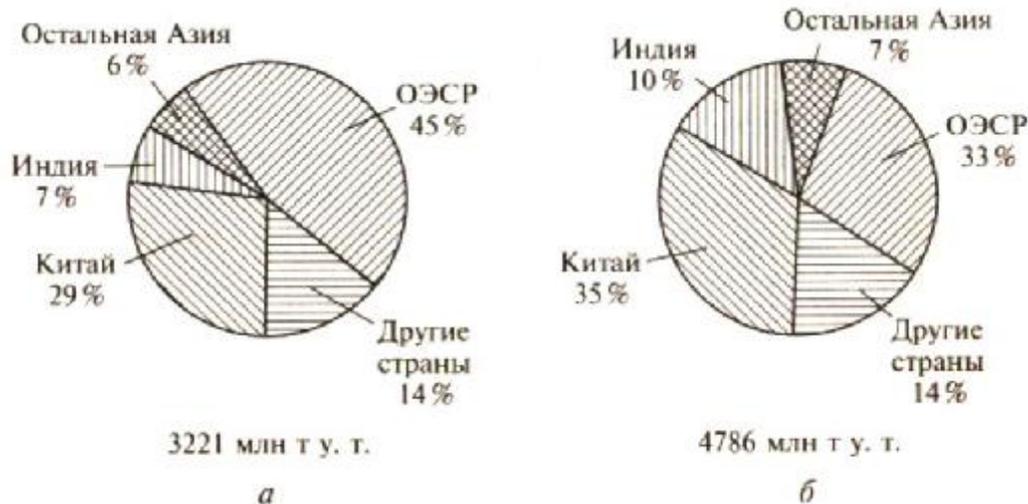


Рис. 1.5. Мировая потребность в угле по регионам: а – 1997г.; б – 2020г.

уменьшение потребления нефти и газа - соответственно до 20% и 8-12%. Предполагалось, что это будет достигнуто благодаря росту потребления угля до 32%, значительному вовлечению в ТЭБ ядерного горючего – 36-

40%, использованию возобновляемых источников энергии. Однако реальные тенденции изменений в структуре мирового топливно-энергетического баланса на 2020 г. оказались несколько иными. По прогнозам 90-х гг., доля твердого органического топлива, прежде всего угля, будет, как и предполагалось в 80-х гг., составлять 32%, а вот доля потребления нефти снизится на меньшую величину, чем ожидалось ранее, и будет составлять 27%. Доля газа даже увеличится по сравнению с уровнем 1980 г. и будет равна 23%. Такие изменения тенденций связаны в первую очередь с появлением определенного недоверия к атомной энергетике из-за катастрофических последствий аварии на Чернобыльской АЭС и ряде других неприятных эксцессов на атомных промышленных объектах.

Основным сдерживающим фактором использования *возобновляемых источников* энергии в мире являются высокие первоначальные инвестиции в оборудование и инфраструктуру. Однако по мнению некоторых специалистов, благодаря рациональной энергетической политике уже через 50 лет доля биомассы в энергопроизводстве возрастет с 2 до 10 %, а доля солнечной энергии составит более 10%. При этом производство энергии с использованием

нефти сократится вдвое, а угля - почти втрое. Предполагается, что к 2100 году большую часть потребляемой энергии человечество будет получать именно из возобновляемых источников. Так, на долю биомассы будет приходиться более 20 % потребляемой энергии, Солнца - более 40, тогда как доля газа сократится до 10, нефти - до 8, угля - до 3 - 4 %.

1.6. Невозобновляемые энергетические ресурсы Республики Беларусь

В Республике Беларусь собственные топливно-энергетические ресурсы представлены: *древесиной; нефтью; торфом; бурым углем; горючими сланцами.*

Общие запасы *древесины* в стране оцениваются примерно в 1093,2 млн м³, что составляет около 1 % запасов древесины СНГ. Лесистость территории – 38 %. Запас спелого древостоя составляет около 74,7 млн м³. На душу населения приходится 0,6 га леса и 93 м³ запасов древесины. Средний возраст древостоя – 40 лет, средний прирост – 3,7 м³ на 1 га; средний запас на 1 га в спелых лесах – 205 м³. Основная часть лесов (45 %) приходится на Гомельскую и Минскую области.

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

Основной *нефтегазоносной территорией* Беларуси является Припятский прогиб. Известно более 60, крупнейшее из которых - Речицкое эксплуатируется с 1965 года.

С начала промышленной разработки нефти (1965 г.) в стране добыто 100 млн т. В настоящее время ежегодно добывается около 1,8 млн т нефти. РУП «Объединение «Беларусьнефть» - единственное нефтедобывающее республиканское унитарное предприятие - имеет 508 эксплуатационных скважин. Бурением пройдено 18,531 млн м горных пород. Разведанные запасы нефти составляют около 80 млн т, газоконденсата - 0,44 млн т, попутного газа – 9734 млн м³.

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

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

Месторождения *бурого угля* находятся, так же, как и нефть, в Припятском прогибе. Прогнозные ресурсы его на глубине 600 м оцениваются в 410 млн т, в т. ч. мощностью пласта от 0,7 м и более - 294 млн т. Имеющиеся запасы *бурых углей* пригодны для использования после брикетирования с торфом, однако их добыча нецелесообразна, т. к. экологический ущерб превысит полученные результаты.

В настоящее время наиболее изученными являются *неогеновые угли* (залегают на глубине 20-80 м) трех месторождений: Житковичского, Бриневкого и Тонежского с общими запасами 152 млн т (37 млн т у. т.), промышленными - 121 млн т (29,5 млн т у. т.) На Житковичском месторождении подготовлены для промышленного освоения два месторождения с

общими запасами 46,7 млн т (11,4 млн т у. т.), что позволяет проектировать строительство разреза мощностью в 2 млн т (488 т у. т.)³. В последние годы на юге Беларуси (Лельчицкий район) открыто относительно большое месторождение - Букчинское, которое в будущем может иметь промышленное значение.

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

Залежи *горючих сланцев* в Беларуси находятся на юге республики (Туровское месторождение в Гомельской области, Любанское - в Солигорском и Любанском районах Минской области), и открыты они в 1963 г. Прогнозные запасы составляют 11 млрд т, в т. ч. промышленные на глубине 300 м - 3,6 млрд т, что соответствует 792 млн т у. т. Наиболее изученным является Туровское месторождение. Добыча горючих сланцев в объеме имеющихся запасов 11 млрд т, поскольку стоимость получаемых продуктов выше мировых цен на нефть.

Прогнозируемые объемы годовой добычи местных видов топлива составляют:

- нефть, млн т: 2000 г. (факт) 2015 г. - 1,102;
- попутный газ, млн м³; 2005 г. - 230; 2015 г. - 180;
- торф, 1 млн т у. т./год (на весь рассматриваемый период);
- дрова, предусматривается увеличение заготовок и использования с 1,3 млн т у. т. в 2000 г. до 1,9-2,0 млн т у. т. в 2015 г.

1.7. Энергетический кризис: суть и причины

В 1970-1980-х гг. потребление энергии стало соизмеримо с ресурсами органического топлива. Миллионы лет понадобилось природе, чтобы создать запасы нефти, газа, угля, расходуются же они несравненно быстрее.

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

В 1970-1980-х гг международный картель, состоящий из 7 монополий, практически полностью контролировал добычу нефти в странах Арабского Востока и прочно захватил доминирующие позиции на рынках государств – потребителей нефти. Этот картель в целях извлечения максимальных прибылей тормозил работы по использованию других видов энергии. В связи с этим до 70-х гг. экономика стран Западной Европы, США, Японии была практически целиком ориентирована на потребление нефти и газа. Сокращалась добыча каменного угля, закрывались шахты, придерживалось развитие атомной энергетики. Однобокое развитие энергетических ресурсов на фоне межгосударственной конкуренции между монополиями привело к острому энергетическому кризису в этих странах, на долю которых приходилось 92% потребления энергии. Кризис резко ускорил инфляцию, резко снизил темпы развития промышленности и оставил без работы миллионы рабочих.

Каждая из стран искала свой путь выхода из кризиса, коренным образом изменяя структуру топливно-энергетической базы экономию путем переориентации ее на другие источники. Например, Франция создала систему мощных АЭС; Дания переориентировалась на собственный природный газ, каменный уголь, завозимый на огромных танкерах через океан, ветроэнергоресурсы.

В эти годы в Советском Союзе были построены крупнейшие в мире тепловые, атомные,

гидравлические электростанции, сооружены линии передачи электрической энергии высокого и сверхвысокого напряжения, созданы мощные энергосистемы, разработаны новые способы производства (управляемая термоядерная реакция, магнитогидродинамический генератор, сверхпроводниковые турбогенераторы и т. д.), преобразования и передачи электроэнергии. Были созданы также мощные системы нефте- и газоснабжения. Электроэнергетика и энергетика в целом в СССР занимали передовые позиции в мире и долгое время обеспечивали стабильность его экономики. Однако недостатки социалистического хозяйствования, несмотря на ряд достоинств, отразились на структуре и способах развития топливно-энергетического комплекса. Гигантомания, высокая металло- и энергоемкость, чрезмерная централизация, директивность и авторитарность в развитии энергетике, игнорирование законов рыночной экономики неизбежно привели в 90-ые гг. к неудовлетворительным энергетическим показателям и неэнергоэффективности экономики в целом.

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

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

1.8. Эффективность использования и потребления энергии в различных странах и в Республике Беларусь

Бурно развивающаяся экономика стран планеты Земля в XX веке требовали все больше затрат топливно-энергетических ресурсов. Добыча нефти, угля, газа с каждым годом возрастала. Эти источники казались неистощимыми. Разразившийся в 1973-1974 гг. нефтяной кризис заставил многие страны задуматься над использованием альтернативных источников энергии и экономным использованием топливно-энергетических ресурсов, что и обусловило повышение многими странами уровня самообеспечения энерго-ресурсами. Однако энергетическая проблема остается актуальной и в настоящее время практически для всех стран Европы, поскольку степень обеспеченности собственными ресурсами составляет в отдельных странах Европы 40-50 %.

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

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

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

Из таблицы 1.5 видно, что отечественная промышленность по удельным расходам топлива и электроэнергии пока весьма далека от европейских стандартов. Не лучшее положение с энергоемкостью и в агропромышленном комплексе. Энергоемкость нашей сельхозпродукции в 3-5 раз выше, чем в развитых странах. Так, на 1 т говядины тратится 550 кВт×ч электроэнергии, на одну тонну свинины – в 2,5 раза больше. Совокупный расход энергоресурсов в производстве 1 тонны зерна составляет 28-30 кг условного топлива.

Такие высокие удельные расходы топлива и электроэнергии явились следствием существовавшей в условиях *командно-административной* системы практики разработки самими производителями (предприятиями) или отраслевыми организациями норм расхода топлива, тепла, электроэнергии и сырья на выпуск той или иной продукции. Затем эти нормы утверждались отраслевыми министерствами. Каждая отраслевая организация стремилась любым путем обеспечить своему ведомству режим «наибольшего благоприятствования», т. е. разработать такие нормы, которые при любой, даже самой чрезвычайной ситуации, исключали бы перерасход этих ресурсов. Иными словами, нормы расхода устанавливали не по действительному расходу ресурсов на единицу продукции, а по верхнему допустимому пределу. К тому же, 1 кВт×ч для села стоил 1 коп. Доходило дело до того, что колхозам и совхозам доводили план потребления энергии.

Таблица 1.5

Удельные расходы топлива и электрической энергии на производство различных видов продукции в сравнении с европейскими стандартами

Виды продукции	Единицы измерения	Удельный расход топлива, кг усл. топлива		Удельный расход электроэнергии, кВт×ч	
		Беларусь	Стандарт	Беларусь	Стандарт
Кирпич	1000 шт.	257,9	187,0	130,3	120,0
Цемент	1т	253,7	137,0	97,2	130,0
Известь	1т	275,3	153,0	55,0	10,0
Железобетон	1 м ²	60,0	12,0	26,0	15,0
Стеклоиздания	1т	700,0	366,0	206,0	76,0
Молоко	1000 л	17,1	21,4	21,0	17,0
Сахар	1т	315,0	300,0	95,0	75,0
Синтетические волокна	1т	1715,0	1010,0	3468,0	1500,0
Серная кислота (100%)	1т	4,2	12,8	150,0	55,0
Бумага (картон)	1т	251,7	200,0	724,0	812,0

Такая «практика» несла, помимо экономических, значительные социальные издержки, поскольку этот заведомый перерасход закладывался в цены на продукцию, выпускаемую предприятиями. В результате в стоимость товаров включались потери, которые оплачивали мы, потребители. И хотя удельный вес топливно-энергетических затрат в себестоимости иных видов продукции не самый высокий (менее 20 % у ряда отраслей), но он составляет, в зависимости от отрасли, 5-50 % (например, в машиностроении – 5-8 %). И каждый новый виток цен на энергоносители делал и делает эти товары все более дорогими. Нельзя сбрасывать со счетов и технологическое отставание нашего производства от производства Запада.

Несмотря на все вышеизложенное, в результате осуществляемых с 1993 года мер по энергосбережению, начиная с 1995 года, в Республике Беларусь обеспечено повышение валового внутреннего продукта (ВВП) на 36 % практически без прироста ТЭР. Энергоемкость ВВП за этот период снизилась на 28,2 %.

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

Специалисты подсчитали, что при разумной организации энергопотребления страной энергоносителей, ввозимых извне, можно снизить расходы на закупку их на 40 % и сэкономить 700-800 тыс. долларов.

Поэтому энергосбережение является приоритетом государственной политики, важным направлением в деятельности всех без исключения субъектов хозяйствования и самым деше-

вым, но не бесплатным, источником энергии! По мнению специалистов, только в сельском хозяйстве возможно сэкономить до 50 % от затрачиваемой энергии, а в некоторых производствах строительной индустрии - и того больше. При этом во многих случаях мероприятия по внедрению энергосберегающих технологий не требуют больших финансовых затрат.

1.9. Топливо-энергетический комплекс (ТЭК)

ТЭК (энергетика) представляет собой сложную совокупность больших, непрерывно развивающихся производственных систем для получения, преобразования, распределения и использования природных энергетических ресурсов и энергии всех видов

Ведущее значение ТЭК состоит в том, что он во многом определяет основные пропорции экономики, осуществимость и целесообразность технологических процессов. Системы ТЭК: угле-, нефте-, газоснабжающие, ядерно-энергетическая, электроэнергетическая и теплоснабжающая — относятся к искусственным, т.е. созданным человеком; большим (сложным) иерархическим, т.е. включающим совокупности входящих одна в другую соподчиненных подсистем; открытым ввиду наличия их внешних связей с другими системами и окружающей средой; постоянно развивающимся, т.е. меняющим во времени свои параметры и режимы; целенаправленным, т.е.двигающимся к определенной цели или группе целей; автоматизированным системам, в которых человек входит в органически связанные управляющие и управляемые части системы.

Эти производственные системы, имея тесные взаимосвязи и функционируя как единое целое, выступают как обособленные в организационном отношении отрасли промышленности, главным признаком которых, как совокупности предприятий, организаций, является однородное экономическое назначение производимой продукции.

Потребляющие установки и вместе с ними часть устройств для преобразования, передачи и распределения энергии находятся в ведении потребителей.

Управление ТЭК может быть успешным при условии хорошего знания сути и особенностей управляемых объектов, и прежде всего технологических процессов. Рассмотрим суть технологического процесса в ТЭК, представляющего собой сложную совокупность технологических процессов. На рис. 1.6. представлена схема цепи технологических преобразований природных энергоресурсов в электроэнергию и тепловую энергию. Основными звеньями этой цепи являются:

- системы топливоснабжения;
- электроэнергетическая система, где осуществляется производство, транспорт и распределение электрической и тепловой энергии;
- конечные потребители энергии.

Электростанции, использующие природные запасы топлива, работают в органическом единстве с предприятиями, добывающими, перерабатывающими и транспортирующими топливо. Для ТЭС, работающих на угле, – это шахты, угольные разрезы, предприятия по обогащению топлива. Для ТЭС, работающих на газе, - это предприятия газодобычи, газопроводы, газохранилища. Для ТЭС на мазуте – предприятия нефтедобычи и нефтепереработки, нефтепроводы. Названные предприятия системы топливоснабжения постоянно необходимы для нормальной эксплуатации электростанций и являются для них сопряженными предприятиями и образуют их внешний топливный цикл. Предприятия, подготавливающие ядерное горючее для атомных электростанций, связанные с добычей исходного сырья и получением урановых концентратов, обогащением природного урана, изготовлением тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов), выдержкой, транспортировкой и переработкой ядерного горючего, составляют внешний топливный цикл АЭС.

Технологический процесс преобразования природных энергетических ресурсов в ТЭК включает три основные стадии (рис. 1.6.):

1. Добыча первичных энергоресурсов (органического топлива, ядерного топлива, гидроэнергии), их облагораживание (сортировка, обогащение, брикетирование, обессеривание и т.д.) и переработка (нефтепереработка, коксование, пиролиз, синтез, гидрогенизация и др.).

2. Преобразование одних видов энергии в другие – производство электрической энергии, пара, горячей воды, сжатого воздуха и др.

3. Конечное потребление энергии для производства всех видов неэнергетической продукции, работы транспорта, оказания производственных и культурно-бытовых услуг населению.

Взаимосвязи между стадиями преобразования энергии осуществляются посредством транспорта энергетических ресурсов и энергии всех видов, который также является стадией технологического процесса.

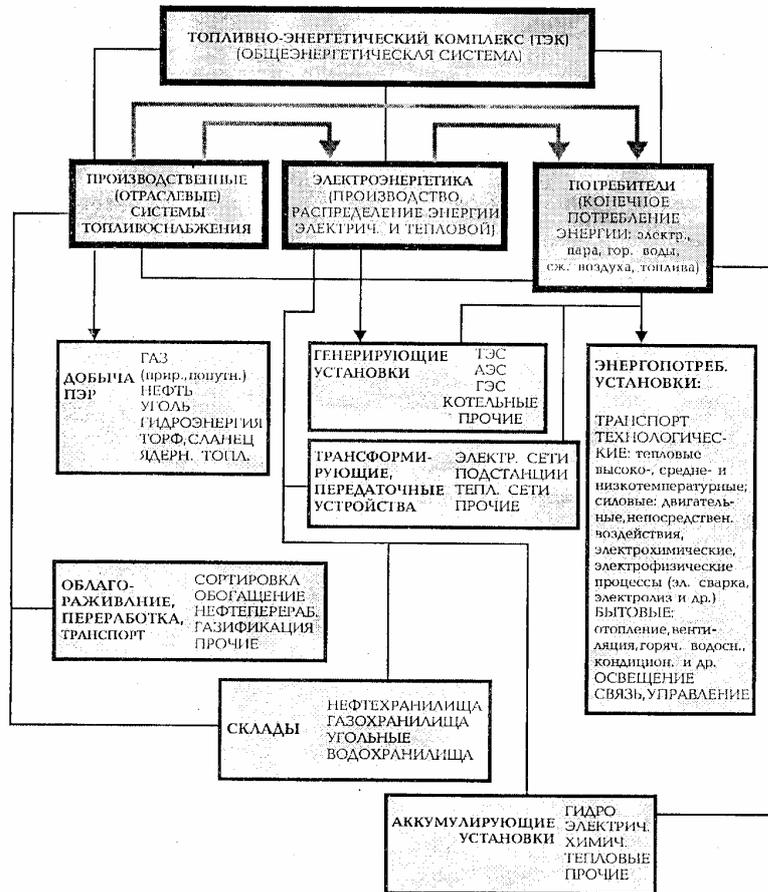


Рис. 1.6. Основные элементы технологического процесса ТЭК

Изучая технологии в ТЭК по рис. 1.6, обратите внимание на межзвенное расположение таких элементов, как склады первичных энерго-ресурсов и аккумулирующие установки. Последние могут находиться и в энергосистеме, и непосредственно у потребителей.

Потребители также могут иметь собственные генерирующие источники (мини-ТЭС, заводские котельные, автономные источники и т.п.), имеют распределительные сети (внутризаводские электрические, тепловые сети, газораспределительные и др.).

Основопологающим понятием энергетики является понятие *топливно-энергетического баланса (ТЭБ)*. В широком смысле оно

означает полное количественное соответствие перетоков всех видов энергии и энергетических ресурсов между стадиями их добычи, переработки, преобразования, транспорта, распределения, хранения, конечного потребления в целом по народному хозяйству в территориальном и производственно-отраслевом разрезах. В более узком смысле его понимают как полное количественное соответствие между суммарной произведенной энергией, с одной стороны, и суммарной конечной полезно потребленной энергией и потерями энергии – с другой. ТЭБ является статической характеристикой непрерывно развивающегося топливно-энергетического комплекса, т. е. характеризует его состояние в определенный момент времени. Различают приходную часть ТЭБ - совокупность источников ТЭР и расходную часть - совокупно потребителей ТЭР, включая технологический расход (технические потери) энергии.

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

Основные направлений развития энергетического сектора экономики Беларуси, смягчающих дефицит собственных первичных энерго-ресурсов в условиях ограниченности финансовых ресурсов в период становления новых социально-экономических отношений в республике, определены следующие:

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

Вес эти направления рассмотрены и закреплены в Энергетической программе Республики Беларусь на период до 2010 г., которая была утверждена в октябре 1992 г.

Топливо-энергетический комплекс в экономике любых государств является важнейшей составляющей в обеспечении функционирования и развития производительных сил, в повышении жизненного уровня населения, а для государств с дефицитом собственных энергоресурсов, к которым относится и Республика Беларусь, оптимизация развития и функционирования ТЭК - одно из приоритетных направлений деятельности законодательной и исполнительной власти, всех производителей и потребителей ТЭР для обеспечения конкурентоспособности продукции на мировом рынке.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные этапы в истории использования энергии человеком, укажите их значение.
2. Какова связь между развитием цивилизации человечества и энергопотреблением? Объясните характер их изменения во времени и укажите тенденции.
3. Дайте определение понятию «энергия». Как классифицируется энергия в естествознании в зависимости от ее природы?
4. Приведите классификацию видов энергии в зависимости от уровня проявления?
5. Какие единицы измерения энергии Вы знаете?
6. Изобразите схему классификации первичной энергии.
7. Дайте определение понятиям «невозобновляемые и возобновляемые энергоресурсы».
8. Какие виды энергетических ресурсов относят к невозобновляемым? Охарактеризуйте их.
9. Какие виды энергетических ресурсов относят к возобновляемым?
10. Что такое качество энергоресурсов? Для чего введено понятие условного топлива?
11. Опишите особенности электрической энергии по сравнению с другими видами. Каковы особенности электроэнергетики Республики Беларусь?
12. Каковы прогнозы развития мирового энергетического хозяйства?
13. Чем представлены невозобновляемые энергетические ресурсы Республики Беларусь?
14. Охарактеризуйте запасы древесины в Республике Беларусь.
15. Охарактеризуйте запасы нефти в Республике Беларусь.
16. Охарактеризуйте запасы торфа в Республике Беларусь.
17. Охарактеризуйте запасы угля и горючих сланцев в Республике Беларусь.
18. В чем суть энергетического кризиса 70-х годов в Западной Европе и 90-х годах в странах СНГ?
19. Охарактеризуйте эффективность использования и потребления энергии в различных странах и в Республике Беларусь?
20. Дайте определение понятию «топливно-энергетический комплекс».
21. Каковы основные элементы технологического процесса ТЭК?
22. Какие три основные стадии включает технологический процесс преобразования природных энергетических ресурсов в ТЭК?

БЛОК 2

СТАНЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ. ГРАФИКИ НАГРУЗКИ И АККУМУЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГИИ. МЕТОДЫ ПРЯМОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ.

2.1. Тепловые, атомные и гидро электростанции

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

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

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

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

На рис. 2.1 представлена тепловая схема ТЭС. Ее основное оборудование состоит из котла-парогенератора ПГ, турбины Т и генератора Г.

В котле при сжигании топлива выделяется тепловая энергия, которая преобразуется в энергию водяного пара. В турбине Т водяной пар превращается в механическую энергию вращения. Генератор Г превращает энергию вращения в электрическую. Тепловая энергия для нужд потребления может быть взята в виде пара из турбины либо котла.

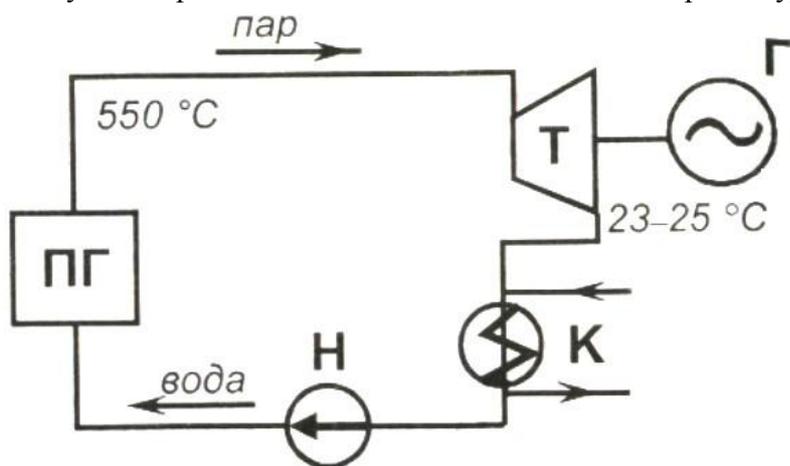


Рис. 2.1. Тепловая схема ТЭС.

На рис. 2.1 кроме основного оборудования ТЭС показаны конденсатор пара К, в котором отработанный пар, отдавая скрытую тепло парообразования охлаждающей его воде, с помощью циркуляционного насоса Н в виде конденсата вновь подается в котел-парогенератор. Схема ТЭЦ отличается тем, что взамен конденсатора устанавливается теплообменник, где пар при значительном давлении нагревает воду, подаваемую в главные тепловые магистрали.

Технология преобразований энергии на ТЭС может быть представлена в виде цепи следующих превращений:



Отметим некоторые особенности работы ТЭС.

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

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

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

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

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

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

1. химический – горение, в результате которого внутренняя химическая энергия топлива превращается в тепловую и передается пару;

2. механический – тепловая энергия пара превращается в энергию вращения турбины и ротора турбогенератора;

3. электрический – механическая энергия превращается в электрическую.

Общий коэффициент полезного действия ТЭС равен произведению коэффициентов полезного действия всех названных циклов:

$$КПД_{ТЭС} = КПД_{ХИМ} \cdot КПД_{МЕХ} \cdot КПД_{ЭЛ} \quad (2.1)$$

Коэффициенты полезного действия химического и электрического циклов составляют около 90%. Коэффициент полезного действия идеального механического цикла определяется закономерностями цикла Карно:

$$КПД_{Мех} = \frac{T - T^*}{T} \cdot 100 \quad (2.2)$$

где T и T^* - соответственно температура пара на входе и выходе паровой турбины.

На современных ТЭС $T = 550 \text{ }^\circ\text{C}$ ($823 \text{ }^\circ\text{K}$), $T^* = 23 \text{ }^\circ\text{C}$ ($296 \text{ }^\circ\text{K}$). При этих температурах пара КПД паровой турбины составляет

$$КПД_{Мех} = \frac{550^\circ + 273^\circ - 23^\circ - 273^\circ}{550^\circ + 273^\circ} \cdot 100\% = 63\%$$

Следовательно, КПД конденсационной тепловой электростанции теоретически равен:

$$КПД_{КЭС} = 0,9 \cdot 0,63 \cdot 0,9 = 0,5$$

Практически с учетом потерь КПД КЭС имеет меньшее значение и находится в пределах 36-39%.

Теплоэлектростанции (ТЭЦ), где осуществляется комплексная выработка электрической и тепловой энергии, обладают КПД в 1,5-1,7 раз выше, достигающим 60—65%. Комплексная выработка электроэнергии и тепла очень выгодна.

В табл. 2.1 представлены в процентном выражении потери энергии в элементах электрических станций. Очевидно, коэффициенты полезного действия КЭС и ТЭЦ определяются соответственно выражениями:

$$КПД_{КЭС} = \frac{\mathcal{E}_{эл.}}{\mathcal{E}_{топл.}} = 39\%, \quad КПД_{ТЭЦ} = \frac{\mathcal{E}_{эл.} + \mathcal{E}_{топл.}}{\mathcal{E}_{топл.}} = 62\%,$$

Таблица 2.1.

Потери энергии $\Delta\mathcal{E},\%$	в котельном агрегате $\Delta\mathcal{E}$ кот.	в турбогенераторе $\Delta\mathcal{E}$ тг	в конденсаторе $\Delta\mathcal{E}$ конд.	в трубопроводах $\Delta\mathcal{E}$ т. пр.
ЭС	12	6	41	2
ТЭЦ	12	4	20	2

Многим отраслям промышленности: химической, металлургической, текстильной, пищевой и др. - тепло необходимо для технологических целей. Примерно 50% добываемого топлива расходуется на тепловые нужды предприятий. Отработанный в турбинах КЭС пар имеет температуру 25-30 $^\circ\text{C}$ и давление около 0,04 бара ($0,04 \cdot 10^{-7}$ МПа) и непригоден для использования в технологических целях на предприятиях. Во многих производствах требуется пар давлением 0,5-0,9 МПа, а иногда и до 2 МПа для приведения в движение прессов, паровых молотов, турбин. Иногда требуется горячая вода, нагретая до 70-150 $^\circ\text{C}$. Требуется горячая вода и для отопления жилых зданий.

Тепловая энергия в виде пара указанных параметров и горячей воды может производиться централизованно на ТЭЦ и в крупных котельных или децентрализованно на заводских мини-ТЭЦ и в индивидуальных котельных.

На ТЭЦ для получения пара с необходимыми потребителю параметрами используют специальные турбины с промежуточными отборами пара. В них, после того, как часть энергии пара израсходуется на приведение в движение турбины и параметры его 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. Поскольку для части пара перепад давления оказывается меньшим, то несколько возрастает расход топлива на выработку электроэнергии. Однако это увеличение, в конечном счете, меньше по сравнению с расходом топлива в случае отдельной выработки электрической энергии и тепла на небольших котельных. При сжигании топлива только для получения тепла, например для отопления, весь «температурный напор» примерно от 1500 $^\circ\text{C}$ до 100 $^\circ\text{C}$, т.е. от температуры получаемой при сжигании топлива, до температуры, нужной

для отопления, никак не используется. Выгоднее использовать этот температурный интервал больше 1000 °С для получения из тепловой энергии механической, а тепло (около 100 °С) направить на отопление. Конечно, в этом случае механической энергии при том же количестве сжигаемого топлива получится меньше за счет повышения конечной температуры примерно на 70 °С (с 30 до 100 °С). Такое повышение необходимо для обеспечения температуры воды на нужды отопления. Горячая вода и пар под давлением до 3 МПа доставляются потребителям по трубопроводам. Совокупность трубопроводов для передачи тепла называется тепловой сетью. Передача тепла в виде пара неэкономична на расстояние более 5-7 км.

Централизованное теплоснабжение на базе комплексной выработки тепловой и электрической энергии обеспечивает в настоящее время основную долю потребности в тепле промышленного и жилищно-коммунального хозяйства, уменьшает расход топливно-энергетических ресурсов, а также материальных и трудовых затрат в системах теплоснабжения, имеет экологические преимущества.

Однако при максимальной централизации теплоснабжения на ТЭЦ можно выработать только 25-30% требуемой электрической энергии. Работа же конденсационных станций определяется условиями выработки электроэнергии, которую технологически и экономически возможно передавать на значительные расстояния. Это делает благоприятным концентрацию больших электрических мощностей и позволяет быстро наращивать электроэнергетический потенциал страны. Поэтому в национальной энергетической системе необходимо и целесообразно сочетание КЭС и ТЭЦ.

Атомная электростанция (АЭС) по своей сути также является тепловой электростанцией и имеет ту же принципиальную схему (рис. 2.1). Однако вместо котла, где сжигается органическое топливо, используется ядерный реактор. Внутрядерная энергия превращается в тепловую энергию пара, которая

затем - в механическую энергию вращения турбогенератора и в электрическую энергию. Наличие термодинамического цикла на АЭС ограничивает КПД этой станции, как и обычных тепловых станций. Недостаток АЭС заключается также в отсутствии маневренности: пуск и останов блоков и агрегатов этих станций требует значительных затрат времени и труда.

Значительно более высоким КПД обладают **гидроэлектростанции (ГЭС)** ввиду отсутствия на них термодинамического цикла (преобразования тепловой энергии в механическую). На ГЭС используется энергия рек. Путем сооружения плотины создается разность уровней воды. Вода, перетекая с верхнего уровня (бьефа) на нижний либо по специальным трубам – турбинным трубопроводам, либо по выполненным в теле плотины каналам, приобретает большую скорость. Струя воды поступает далее на лопасти гидротурбины. Ротор гидротурбины приводится во вращение под воздействием центробежной силы струи воды. Таким образом, на ГЭС осуществляется преобразование:

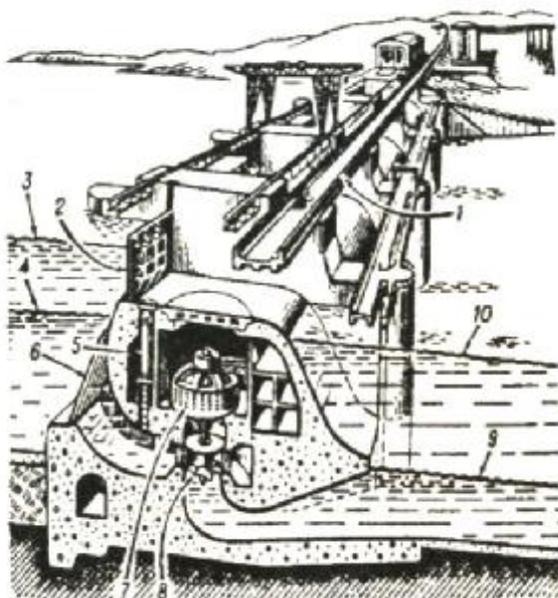


Рис. 2.2. Схема русловой ГЭС:

1 плотина; 2 затворы; 5 максимальный уровень верхнего бьефа; 4 минимальный уровень верхнего бьефа; 5 гидравлический подъемник; 6 сороудерживающая решетка; 7 гидродвигатель; 8 гидравлическая турбина; 9 минимальный уровень нижнего бьефа; 10 максимальный паводковый уровень.

механическая энергия воды



электрическая энергия воды

Поэтому теоретически их **КПД** может достигать 90%. Кроме того, ГЭС являются маневренными станциями, время пуска их агрегатов исчисляется минутами.

Заметим, что в энергосистеме желательно иметь *сочетание различных типов станций*. Комбинируя их характеристики, можно добиться наилучших характеристик энергосистемы в целом, в том числе наибольшей энергоэффективности.

2.2. Газотурбинные и парогазовые установки

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

В ГТУ осуществляются следующие преобразования:

тепловая энергия газов ► кинетическая энергия вращения ротора турбины ► электрическая энергия

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. При мощности 25-100 тыс. кВт **КПД** ГТУ составляет 27-28%; **КПД** зарубежных конструкций ГТУ мощностью 100 МВт достигает 31-32%. 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, как мы увидим ниже, для экономичного и надежного функционирования энергетических систем. Пока мощности имеющихся газовых турбин в 5-8 раз меньше, чем паровых. Недостаток ГТУ заключается в том, что газовые турбины работают, в основном, на жидком высокосортном 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. 2.3 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°C 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 1.

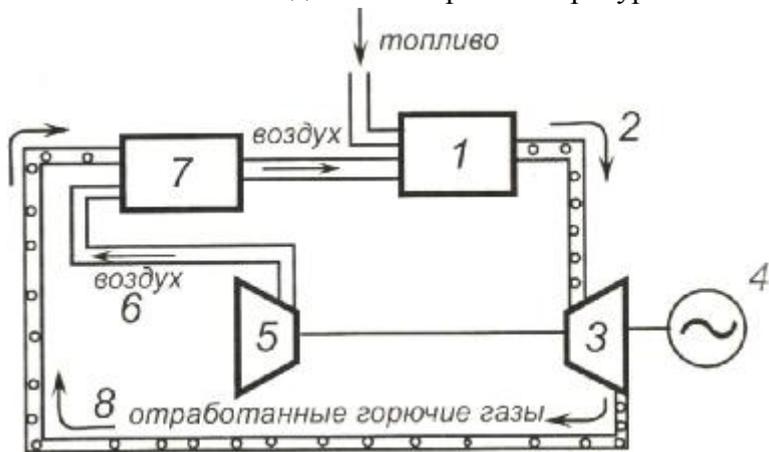


Рис. 2.3. Принципиальная схема ТЭС с газотурбинной установкой

Сжатый в компрессоре 5 воздух 6 перед подачей в камеру сгорания 1 подогревается в регенераторе 7 отмотанными в турбине горячими 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 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 на 8-10% повысить в целом экономичность установки, получившей название парогазовой, и снизить ее стоимость на 25%.

Парогазовая установка является бинарной, так как в ней используются два рабочих тела: пар и газ. Принципиальная схема ТЭС с парогазовой установкой приведена на рис. 2.4. 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 даст возможность уменьшить расход топлива и повысить КПД до 44%. На рис. 2.5 представлена еще одна возможная схема ТЭС с парогазовой установкой – с выбросом отработанных газов в паровой котел. Здесь 8 - камера сгорания.

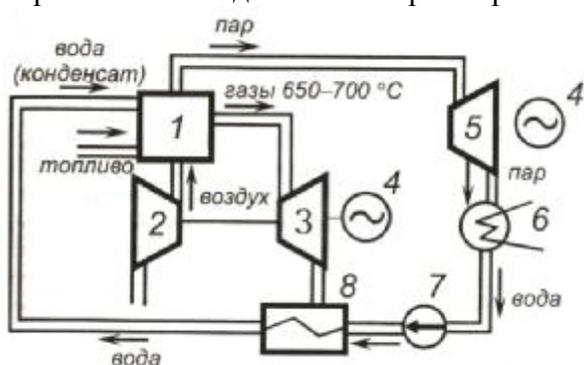


Рис. 2.4 Принципиальная схема ТЭС с парогазовой установкой,

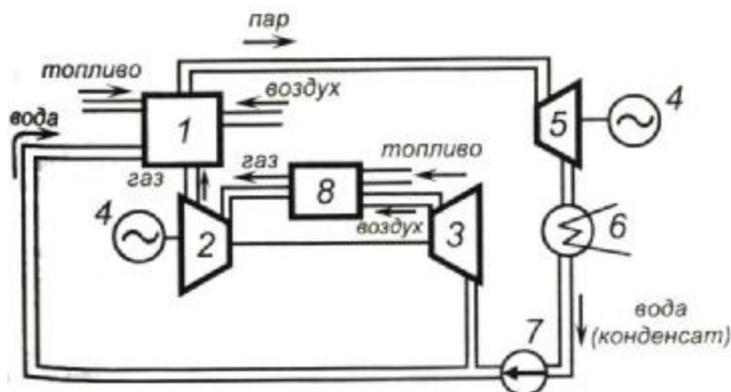


Рис. 2.5. Схема ТЭС с парогазовой установкой с выбросом отработанных газов в паровой котел.

2.3. Графики нагрузки

Производство электрической и тепловой энергии на электростанциях и их потребление различными пользователями - процессы взаимосвязанные. В силу физических закономерностей мощность потребления энергии в какой-либо момент времени должна быть равна генерируемой мощности. В этом заключается особенность энергетического производства. К сожалению, отсутствуют возможности складирования электрической и тепловой энергии. Практическое применение известных способов аккумулярования (накопления) различных видов энергии весьма затруднительно,

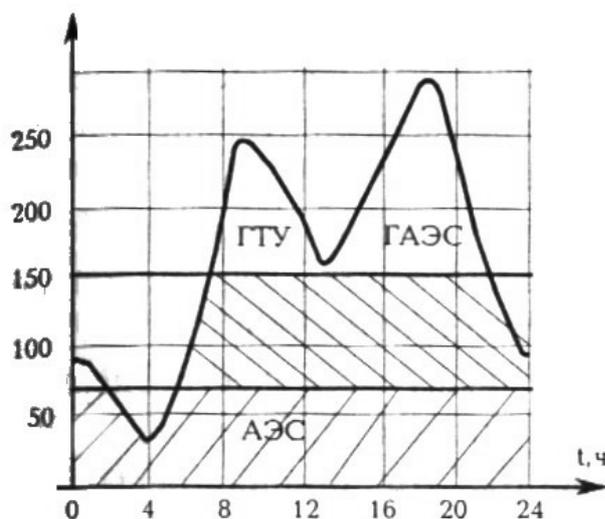


Рис. 2.6 Примерный график потребления электроэнергии в течение зимних суток в большом городе.

Потребителю требуется электроэнергия днем больше, чем ночью в рабочий день недели больше, чем в субботу и воскресенье, зимой больше, чем летом. Режим потребления электрической или тепловой энергии потребителем: предприятием, районом, горо-

дом, страной - и течение определенного отрезка времени: суток, месяца, года - отражается с помощью графика нагрузки. Соответственно, различав: суточный, месячный, годовой графики нагрузки.

Итак, **график нагрузки** – это зависимость потребляемой мощности от времени суток, месяца, года. Графики нагрузки существенно отличаются для воскресных и рабочих дней, для зимних и летних месяцев и т.п. Графики нагрузки отдельных потребителей и в целом энергосистемы имеют неравномерный характер.

На рис 2.6 представлен примерный график потребления электрической энергии в течение зимних суток в большом городе. Вы видите два характерных пика: утром, в 8-9 часов (подъем людей и начало рабочего дня) и вечером, в 18—19 часов (наступление темноты и возвращение с работы) – и характерный ночной провал нагрузки.

Из графиков нагрузки отдельных потребителей складывается суммарный график потребления для энергосистемы (ЭС) страны, так называемая национальная кривая нагрузки. Задача ЭС состоит в обеспечении этого графика. Количество электростанций в энергосистеме страны, их установленная мощность определяются относительно непродолжительным максимумом национальной кривой нагрузки. Это приводит к недоиспользованию оборудования, удорожанию энергосистем, росту себестоимости вырабатываемой электроэнергии.

Отсюда выявляются важнейшие цели энергетического менеджмента:

- **обеспечение графиков нагрузки,**
- **выравнивание национальной кривой нагрузки.**

Более ровная форма национальной кривой нагрузки означает более эффективное использование энергетических ресурсов в масштабах всей страны, и, следовательно, более успешную реализацию энергосберегающего потенциала.

Обеспечить график нагрузки означает организовать бесперебойную подачу электроэнергии в часы максимального потребления при дефиците мощности в энергосистеме, а в часы минимума потребления энергии не допускать разгрузки той части генерирующего оборудования.

В промышленно развитых странах большая часть электроэнергии, около 80%, вырабатывается на ТЭС, для которых наиболее желателен равномерный график нагрузки. На агрегатах этих станций невыгодно производить регулирование мощности. Обычные паровые котлы и турбины тепловых станций допускают изменение нагрузки на 10-15%. Периодические включения и отключения ТЭС не позволяют решить задачу регулирования мощности из-за большой продолжительности (часы этих процессов). Работа крупных ТЭС в резко переменном режиме нежелательна, так как приводит к повышенному расходу топлива, износу теплосилового оборудования и снижению его надежности. Еще более нежелательны переменные режимы для АЭС. Поэтому ТЭС и АЭС работают в режиме так называемых базовых электростанций, покрывая неизменяющуюся постоянную нагрузку энергосистемы, т.е. базовую часть графика нагрузки (рис. 2.6).

Дефицит в маневренных мощностях, т.е. пиковые и полупиковые нагрузки энергосистемы покрываются ГТУ или парогазовыми установками на ТЭС, ГАЭС, ГЭС, у которых набор полной мощности от нуля можно произвести за 1-2 минуты. Регулирование мощности ГЭС производится следующим образом: когда в системе – провалы нагрузки, ГЭС работают с незначительной мощностью и вода заполняет водохранилище, при этом запасается энергия; с наступлением пиков нагрузки включаются агрегаты станции и вырабатывается энергия. Накопление энергии в водохранилищах на равнинных реках приводит к затоплению обширных территорий, что является отрицательным экологическим фактором. Целесообразно строительство ГЭС на быстрых горных реках.

В Беларуси в настоящее время осуществляется программа восстановления построенных в довоенные годы малых ГЭС, которые являются экологически чистыми возобновляемыми источниками энергии и будут способствовать обеспечению маневренности Белорусской ЭС.

Решение задачи выравнивания национальной кривой нагрузки связано с разработ-

кой и реализацией политики управления спросом на энергию, т. е. управления энергопотреблением. Управление спросом на энергию может осуществляться как социально-экономическими, так и техническими мероприятиями и средствами.

Весьма действенным экономическим инструментом являются дифференцированные тарифы (цены) на электрическую и тепловую энергию: в периоды максимумов нагрузки тарифы выше, что стимулирует потребителей к перестройке работы с целью уменьшения потребления в часы максимума нагрузки энергосистемы. В дальнейшем будут рассмотрены и другие экономические механизмы обеспечения эффективности энергопотребления.

Эффективной технической мерой выравнивания графиков нагрузок служит *аккумуляция различных видов энергии*. Идея заключается в том, что в часы провала нагрузки следует запастись электроэнергией, а в часы максимума - использовать ее. Представляет значительный интерес идея так называемого встречного регулирования режима потребления и способы ее практического осуществления. Суть ее состоит в том, чтобы стимулировать потребителя к максимальному потреблению в часы минимума ЭС и к минимальному потреблению в часы максимума ЭС.

2.4. Системы аккумуляции энергии

2.4.1. Механические системы аккумуляции энергии

К ним относят: гидро- и газоаккумуляционные станции, маховые колеса.

Небольшие реки, которых много в Беларуси, мало пригодны для регулирования мощности в энергосистеме, так как они не успевают заполнить водой водохранилище. Задачу снятия пиков нагрузки могут помочь решить гидроаккумуляционные станции (ГАЭС). Принципиальная схема ГАЭС дана на рис. 2.7. Когда электрическая нагрузка в ЭС минимальна, вода из нижнего водохранилища перекачивается в верхнее, при этом потребляется электроэнергия из системы, т.е. ГАЭС работает в двигательном режиме. В режиме непродолжительных пиков - максимумов нагрузки ГАЭС работает в генераторном режиме и, расходуя запасенную в верхнем водохранилище воду, выдает электроэнергию в ЭС. Рельеф Беларуси отличается наличием естественных перепадов местности, что позволяет сооружать станции с небольшим напором 80-110 м. Для Белорусской энергосистемы характерен значительный дефицит маневренной мощности, поэтому сооружение ГАЭС было бы весьма полезно.



Рис. 2.7. Принципиальная схема ГАЭС.

Первые ГАЭС в начале XX в. имели КПД не выше 40%, у современных его значение достигает 70-75%. На рис. 2.8 представлены возможные компоновки гидроаккумуляционных станций. На первых ГАЭС для выработки электроэнергии использовали турбины Т и генераторы Г, а для перекачки воды в верхний бассейн - электрические двигатели Д и насосы Н. Такие станции называли 4-машинными (рис. 2.8а). Сокращение числа машин существенно снижает стоимость ГАЭС и открывает перспективы для их применения. Объединение функций генератора и двигателя в одной машине привело к 3-машинной компоновке станций (рис. 2.8б). ГАЭС стали особенно эффективными после появления обратимых гидротурбин, выполняющих функции и турбин, и насосов (рис. 2.8в). Количество машин на станции в этом случае сокращается до двух, однако при 2-машинной компоновке КПД более низкий в связи с определенными трудностями технического характера. Весьма перспективно сочетание в энергетической системе ГАЭС и ветровых электростанций.

Идея сохранять запасенную ранее энергию в виде механической энергии сжатых газов не нова и насчитывает уже около 40 лет. Однако ее реальное воплощение требует решения

многих технических проблем. Принцип работы воздухоаккумулирующей станции состоит в следующем: «внепиковая» электрическая энергия ЭС используется для привода компрессора, нагнетающего под давлением воздух в подземную полость (естественная пещера, заброшенная шахта или специально созданная полость); когда требуется использовать запасенную энергию, воздух под давлением направляется на ГТУ, вырабатывающую электрическую энергию и отдающую ее в сеть ЭС в период пика нагрузки. В Германии имеется опыт эксплуатации подобной электростанции. КПД воздухоаккумулирующей станции при сегодняшнем уровне техники может составлять 70%.

Супермаховик – это маховое колесо, которое можно разгонять до очень высокой скорости вращения, не боясь его разрыва. Запасаемая им энергия – это кинетическая энергия вращения самого колеса. Маховик соединен с валом генератора и помещен в герметичный корпус, где для уменьшения потерь от трения поддерживается вакуум. Устройство работает как генератор, когда возрастает потребление энергии в ЭС, и как электродвигатель, когда энергию целесообразно аккумулировать. К преимуществам маховиков как аккумуляторов можно отнести высокий КПД (80-90%), бесшумность работы, отсутствие загрязнения окружающей среды, быстроту зарядки и возможность размещения непосредственно вблизи потребителя. *Недостатками* являются трудность обеспечения высокой степени концентрации энергии, необходимость разгона маховика, значительная стоимость устройства и жесткие требования к материалу махового колеса по прочностным характеристикам из-за опасности разрушения при высоких скоростях. Разрабатываются механические системы аккумулирования энергии на базе маховых колес для транспортных систем. В частности, созданы образцы городских автобусов.

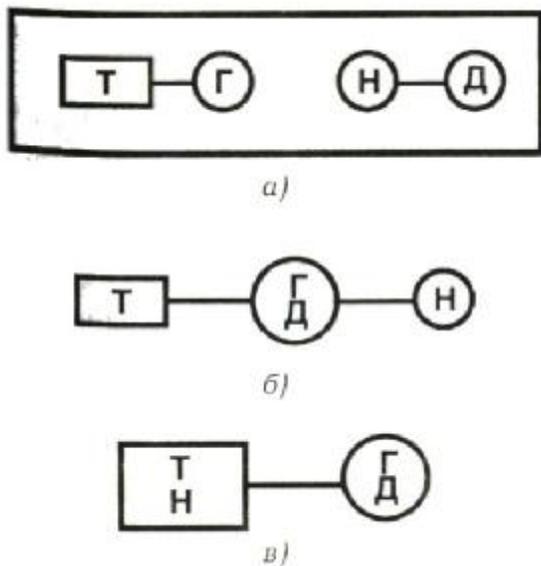


Рис. 2.8. Компоновки ГАЭС.

При замыкании внешнего источника конденсатор остается заряженным в течение значительного времени. Скорость утечки заряда определяется состоянием изоляции. При замыкании конденсатора на потребителя запасенная энергия выдана во внешнюю электрическую цепь.

Индуктивная система (рис. 2.10) конструктивно представляется катушкой индуктивности (соленоидом) с полым сердечником. При подсоединении ее к внешнему источнику в цепи протекает постоянный ток, создающий внутри и вокруг катушки постоянное магнитное поле. Электрическая энергия аккумулируется в виде энергии магнитно-

2.4.2. Электрические системы аккумулирования

К электрическим системам относят электростатические и индуктивные системы.

Электростатическая система (рис. 2.9) – емкостный накопитель принципиально представляет собой *электрический конденсатор*, помещенный в вакуум. При подключении его к внешнему источнику тока осуществляется зарядка конденсатора благодаря ориентации, смещению диполей диэлектрика и созданию разности потенциалов между пластинами конденсатора. Энергия аккумулируется в форме энергии однородного электрического поля конденсатора. После отключе-

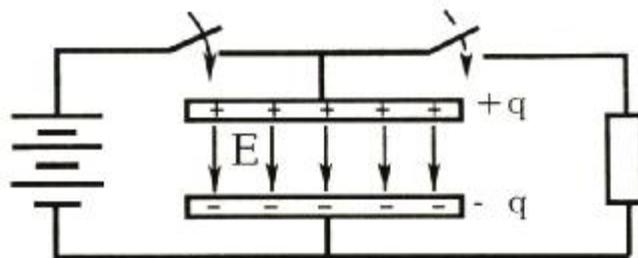


Рис. 2.9 Принцип действия емкостного накопителя энергии.

E – напряженность электрического поля;
 $\pm q$ – электрический заряд на обкладках конденсатора.

го поля.

После отключения внешнего источника магнитное поле исчезает, а накопленная энергия поступает обратно в электрическую цепь. Обычные катушки индуктивности как накопители энергии практического значения иметь не могут в силу неспособности их сохранять энергию сколько-нибудь длительное время. Практический интерес представляют сверхпроводящие катушки индуктивности с криогенной системой охлаждения, имеющие активное сопротивление равное нулю и могущие сохранять накопленную энергию в течение 10-12 часов. Однако такие системы достаточно дороги.

Индуктивные и емкостные накопители могут подключаться через выпрямители к электрической сети переменного тока. На сегодняшний день конструкций подобных накопителей, имеющих удовлетворительные промышленные характеристики, пока не создано.

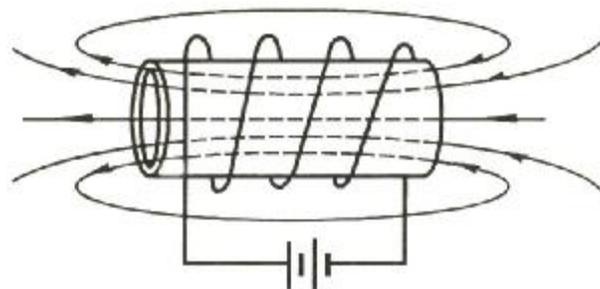


Рис. 2.10. Принцип действия индуктивного накопителя энергии.

2.4.3. Химические системы аккумулирования энергии

Химические системы аккумулирования энергии предполагают накопление химической энергии в форме энергии связи электронов с ядрами в атомах или связи атомов в молекулах. Пример химического механизма аккумулирования энергии - реакция, происходящая у электродов электрических батарей - электрохимических аккумуляторов.

Электрическая батарея - комбинация включенных параллельно или последовательно двух и более электрохимических элементов. Батарея заряжается путем питания электрической энергией от внешнего источника, которая в электрохимических элементах преобразуется в химическую энергию. При подключении электрической батареи на внешнюю нагрузку (потребителя) она снова выдает электрическую энергию. Таким образом, электрохимический аккумулятор работает в режиме «заряд-разряд». Современные конструкции электрохимических аккумуляторов не удовлетворяют ни требованиям централизованного производства электрической энергии, ни использованию в транспортных средствах. Находят применение в основном свинцово-кислотные аккумуляторы для запуска двигателей внутреннего сгорания, прежде всего в автомобилях.

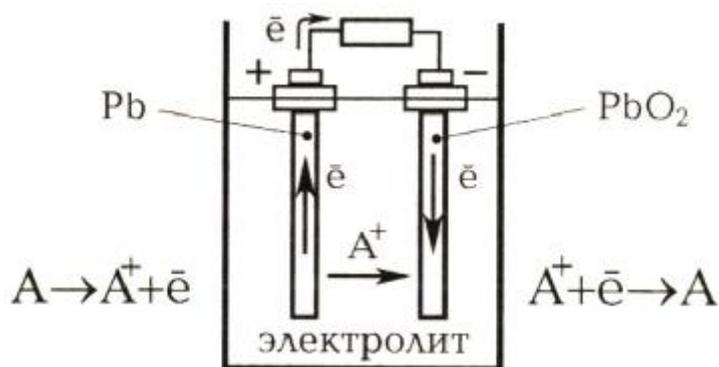


Рис. 2.11. Принципиальная схема электрохимического элемента.

Принципиальная схема электрохимического элемента показана на рис. 2.11. В электролит – слабо концентрированную серную кислоту H_2SO_4 погружены анод из пористого свинца **Pb**, служащий топливом и отдающий электроны, и катод - набор сеток, заполненные перекисью свинца **PbO₂**, на котором происходит восстановление (поглощение) электронов с веществом-окислителем. Реакции, протекающие в электрохимическом элементе в режиме разряда при подключении

на внешнюю нагрузку, имеют вид:

- на аноде - $\text{Pb} - 2\text{e} + \text{SO}_4^{-2} = \text{PbSO}_4$,
- на катоде - $\text{PbO}_2 + 2\text{e} + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{-2} = \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$.

Аккумулятор работает, пока оба электрода не покроются сульфатом свинца **PbSO₄**. Восстановление аккумулятора осуществляется его зарядкой путем подключения к внешне-

му источнику напряжения.

Свинцово-кислотные аккумуляторы тяжелы, громоздки, обладают низкой мощностью на единицу массы и генерируют малое количество энергии на единицу массы. Перспективными считаются так называемые *топливные элементы*, которые будут рассмотрены далее. Они компактны, просты в эксплуатации и не загрязняют окружающую среду.

2.4.4. Аккумуляторы тепловой энергии.

Различают две группы устройств накопления тепловой энергии.

В первой группе происходит аккумуляирование явной теплоты. Ее накапливание осуществляется путем нагревания рабочего тела аккумулятора – большой массы какого-либо вещества, термически изолированного от внешней среды. Тот же принцип применяется для накопления холода: резервуар с рабочим телом охлаждается с помощью холодильной установки в ночное время, во время провала нагрузки энергосистемы.

Во второй группе устройств накопление тепловой энергии происходит путем аккумуляирования скрытой теплоты. Это осуществляется в результате перехода рабочего тела из одного агрегатного состояния в другое: из твердого в жидкое, из жидкого в парообразное.

Передача тепла потребителю от аккумуляторов первой группы происходит за счет охлаждения рабочего тела и понижения его температуры, а от аккумуляторов второй группы – путем возвращения рабочего тела в первоначальное агрегатное состояние.

Аккумуляторы явной теплоты применяются в системах производства электроэнергии, в том числе на солнечных электростанциях. Аккумуляторы скрытой теплоты - для питания потребителей коммунально-бытового сектора (*широко применяются в солнечных отопительных установках жилого сектора США*), сферы обслуживания.

2.5. Методы и перспективы прямого преобразования энергии

На смену традиционным способам преобразования энергии неизбежно придут качественно новые, более совершенные, в первую очередь, способы непосредственного или прямого преобразования тепло вой, ядерной, световой и химической энергии в электрическую энергию

Способы прямого преобразования различных видов энергии в электрическую основываются на физико-химических явлениях и эффектах открытых учеными. Пока эти способы не конкурентоспособны с традиционными способами производства электроэнергии, используемыми в большой энергетике.

Однако уже сегодня прямое получение электроэнергии широко применяется в автономных источниках энергии небольшой мощности, для которых показатели экономичности работы не имеют решающего значения, а важны надежность работы, компактность, удобство обслуживания, небольшой вес. Такие источники энергии используются в системах сбора информации в труднодоступных местах Земли и в межпланетном пространстве, на космических аппаратах, самолетах, судах и т. п.

Различают физические и химические источники электрической энергии. К физическим источникам относятся *термоэлектронные генераторы, фотоэлектрические батареи, термоэмиссионные преобразователи*. В химических источниках, например, гальванических элементах, аккумуляторах, электрохимических генераторах и т.п., используется энергия окислительно-восстановительных реакций химических реагентов.

2.5.1. Преобразование тепловой энергии в электрическую

Известные способы прямого преобразования тепловой энергии в электрическую подразделяются на три вида:

- магнетогидродинамические,
- термоэлектрические,
- термоэмиссионные.

МГД-метод и МГД-генератор. Магнитогидродинамический способ прямого преобразования тепловой энергии в электрическую является наиболее разработанным для получения больших количеств электроэнергии и лежит в основе МГД-генератора, опытные и опытно-промышленные образцы которого были созданы в Советском Союзе.

Сущность МГД-метода заключается в следующем.

В результате сжигания органического топлива, например, природного газа, образуются продукты сгорания. Их температура должна быть не ниже 2500 °С. При этой температуре газ становится электропроводным, переходит в плазменное состояние. Это означает, что происходит его ионизация. Плазма при такой относительно низкой температуре (низкотемпературная плазма) ионизирована лишь частично. Она состоит не только из продуктов ионизации - электрически заряженных свободных электронов и положительно заряженных ионов, но и из сохранившихся целыми, еще не подвергшихся ионизации молекул. Для того чтобы низкотемпературная плазма продуктов сгорания имела достаточную электропроводность при температуре около 2500 °С, к ней добавляют присадку - легкоионизирующееся вещество (натрий, калий или цезий). Ее пары ионизируются при более низкой температуре.

В основе работы МГД-генератора лежит закон Фарадея об электромагнитной индукции: в проводнике, движущемся в магнитном поле, индуцируется ЭДС. В МГД-генераторе роль движущегося проводника выполняет движущийся поток низкотемпературной плазмы, т. е. поток ионизированного токопроводящего газа. На рис. 2.12 приведена принципиальная схема МГД-генератора: между полюсами постоянного магнита расположен расширяющийся канал, на противоположных стенках которого размещены электроды, замкнутые на внешнюю цепь. Плазма с небольшой добавкой легкоионизирующегося вещества при температуре около 2700-2500 °С поступает в канал МГД-генератора и за счет уменьшения ее тепловой энергии разгоняется там до скорости, близкой к звуковой и даже более высокой (до 2000 м/с и более). Протекая по каналу, электропроводная плазма пересекает силовые линии специально созданного магнитного поля, имеющего большую индукцию. Если направление движения потока перпендикулярно силовым линиям магнитного поля, а электропроводность плазмы, скорость потока и индукция магнитного поля достаточно велики, то в направлении, перпендикулярном движению потока и силовым линиям магнитного поля, от одной стенки канала к другой возникнет ЭДС и электрический ток, протекающий через плазму. Взаимодействие этого электрического тока с магнитным потоком создает силу, тормозящую движение плазмы по каналу. Таким образом, кинетическая энергия потока плазмы превращается в электрическую энергию. На выходе температура плазмы равна примерно 300 °С. В МГД-генераторе осуществляется следующая цепь преобразований энергии:

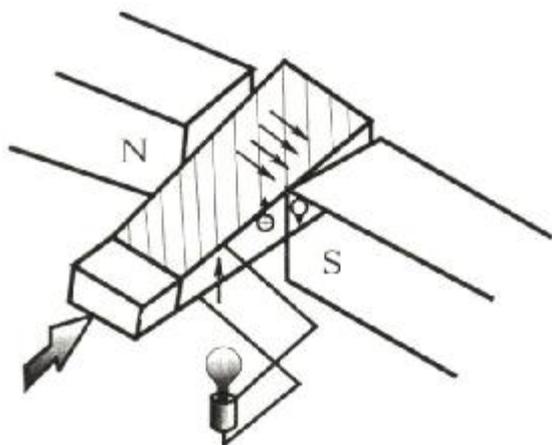


Рис. 2.12. Принципиальная схема МГД-генератора

около 2700-2500 °С поступает в канал МГД-генератора и за счет уменьшения ее тепловой энергии разгоняется там до скорости, близкой к звуковой и даже более высокой (до 2000 м/с и более). Протекая по каналу, электропроводная плазма пересекает силовые линии специально созданного магнитного поля, имеющего большую индукцию. Если направление движения потока перпендикулярно силовым линиям магнитного поля, а электропроводность плазмы, скорость потока и индукция магнитного поля достаточно велики, то в направлении, перпендикулярном движению потока и силовым линиям магнитного поля, от одной стенки канала к другой возникнет ЭДС и электрический ток, протекающий через плазму. Взаимо-

действие этого электрического тока с магнитным потоком создает силу, тормозящую движение плазмы по каналу. Таким образом, кинетическая энергия потока плазмы превращается в электрическую энергию. На выходе температура плазмы равна примерно 300 °С. В МГД-генераторе осуществляется следующая цепь преобразований энергии:

тепловая энергия плазмы ► **кинетическая энергия потока плазмы** ► **электрическая энергия**

В чем же преимущества МГД-генератора?

Как известно, для увеличения КПД теплового двигателя необходимо повышать начальную температуру рабочего тела T . Но в тепловых двигателях ТЭС - паровых турбинах начальную температуру водяного пара не поднимают выше 540 °С. Это объясняется тем, что наиболее ответственные элементы турбины, прежде всего рабочие лопатки, испытывают одновременно воздействие высокой температуры и большой механической нагрузки. В канале МГД-генератора вообще отсутствуют движущиеся части, поэтому материал, из которого

сделаны элементы его конструкции, не испытывает сколько-нибудь значительных механических усилий. В этом состоит одно из важных преимуществ МГД-генератора.

И хотя не существует материала, способного выдерживать температуру 2600 °С, высокотемпературные элементы конструкции МГД-генератора охлаждаются обычно водой. Статические условия работы позволяют использовать материалы, на поверхности которых температура может достигать 2700-3000 °С. Это открывает широкие перспективы повышения КПД преобразования энергии. Теоретически КПД может достигать 90%. реально он составляет 50—60%.

Итак, в классическом паросиловом цикле имеют место следующие преобразования энергии: тепловая энергия, полученная при сжигании топлива, превращается во внутреннюю энергию пара в котле (550 °С), затем в механическую энергию турбины и в электрическую энергию генератора. В магнетогидродинамическом цикле: тепловая энергия, полученная при сжигании топлива (2600 °С), превращается в канале МГД-генератора в механическую энергию низкотемпературной плазмы и затем за счет работы против сил внешнего магнитного поля – в электрическую энергию генератора. Таким образом, цепочка преобразований энергии в МГД-методе значительно короче. Меньшее количество преобразований приводит к меньшим потерям и повышению эффективности всего цикла в целом. Экономия топлива составляет 20-25% по сравнению с традиционным циклом. КПД идеального теплового цикла Карно зависит от значений максимальной и минимальной температур рабочего тела. Максимальная температура рабочего тела в МГД-методе несравнимо выше.

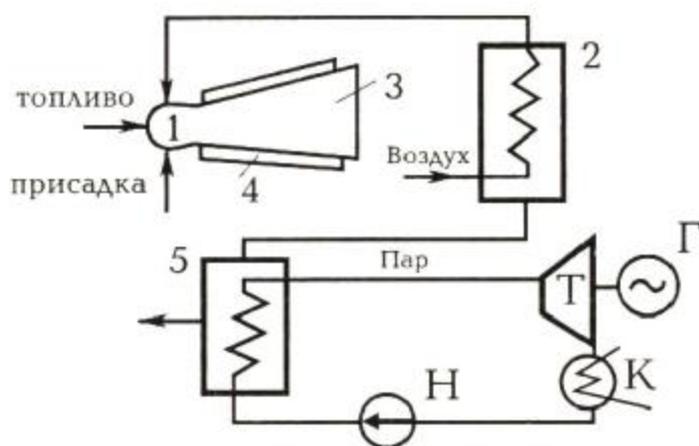


Рис.2.13. Комбинация МГД-генератора с паросиловым циклом

На выходе из канала МГД-генератора продукты сгорания все еще имеют высокую температуру – около 2000 °С. При этой температуре плазма уже недостаточно электропроводка, поэтому продолжение провеса в МГД-генераторе невыгодно. В то же время продукты сгорания на выходе из канала обладают температурой более высокой, чем в топке котла паросилового цикла. Их тепловую энергию целесообразно использовать. Эта идея реализуется в двухступенчатой установке - комбинации МГД-генератора с паросиловым циклом (рис. 2.13). В камеру сгорания 1 подается топливо, легкоионизирующаяся присадка и нагретый окислитель (воздух). Продукты сгорания с температурой около 2600 °С поступают через сопло в канал МГД-генератора 3, а из канала при температуре около 2000 °С - в парогенератор 5. Здесь за счет тепла, отдаваемого уходящими газами, происходит нагревание воды, образование и перегрев водяного пара. В парогенераторе или в отдельном воздухоподогревателе 2 производится подогрев направляемого в камеру сгорания 1 окислителя. Из парогенератора отводится, а затем используется вновь легкоионизирующаяся присадка.

Паросиловая часть МГД-электростанции принципиально не отличается от схемы ТЭС. Главное преимущество МГД-электростанции – возможность получения высокого КПД - до 50-60% против 40% для лучших ТЭС. Большинство существующих и строящихся опытных и опытно-промышленных МГД-установок рассчитано для работы на газовом топливе. Другим важным преимуществом МГД-электростанций является их высокая маневренность, создаваемая возможностью полного отключения МГД-ступени.

Существует ряд технических проблем реализации эффективных МГД-электростанций:

- создание материалов для стенок и электродов МГД-каналов, которые могли бы длительно и надежно работать при высоких температурах,
- создание сверхпроводящей магнитной системы, охлаждаемой жидким гелием,
- создание эффективного электрического инвертора для преобразования получаемого от МГД-установки постоянного тока в переменный.

В перспективе рассматривается возможность использования мощных МГД-установок на АЭС. В этом случае место камеры сгорания займет атомный реактор, а рабочим телом МГД-генератора будут служить не продукты сгорания, а более легко ионизирующийся газ, например, гелий.

Представляет интерес МГД-генератор с пульсирующей плазмой, позволяющий получать электрическую энергию при переменном токе.

Вопросам создания достаточно эффективных промышленных МГД-установок уделяется большое внимание во многих индустриально развитых странах мира.

Термоэлектрический генератор ТЭГ. Работа ТЭГ основана на известном в физике эффекте Зеебека (1821 г.). Его сущность заключается в том, что в замкнутой электрической цепи, состоящей из разнородных материалов, протекает ток при разных температурах контактов материалов (термопар).

На рис. 2.14 показан термоэлемент, электрическая цепь которого состоит из двух проводников - меди и константана (сплав меди и никеля). Такие термопары используются для измерения температуры. Один из спаев находится при температуре, которую требуется измерить, а другой – при постоянной, например, при практически неизменной температуре смеси воды и льда. Если составить цепь из последовательно соединенных различных материалов, обычно полупроводников, т.е. цепь из отдельных термоэлементов, то получится термоэлектрический генератор (рис. 2.15). ЭДС, создаваемая ТЭГ, пропорциональна числу термоэлементов, его образующих. КПД термоэлемента, а следовательно, и ТЭГ регламентируется II законом термодинамики.

Из всех устройств, непосредственно преобразующих тепловую энергию в электрическую, ТЭГ в настоящее время находит наиболее широкое практическое применение. Основными достоинствами ТЭГ: отсутствие движущихся частей, необходимости высоких давлений, возможность использования любых источников тепла, значительный ресурс работы. Однако ТЭГ пока еще дороги, их КПД невелик – до 10%. Они находят применение в качестве небольших, как правило, автономных источников энергии, например, на космических объектах, ракетах, подводных лодках, маяках и т. п.

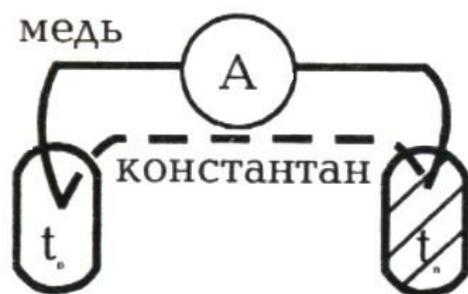


Рис. 2.14. Принципиальная схема термоэлемента: А - амперметр; t_0 t_n - температуры спаев.

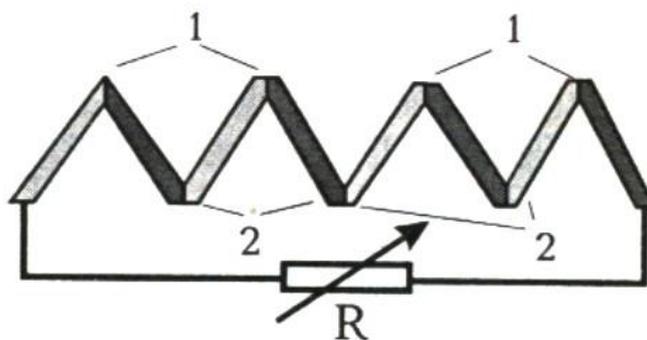


Рис. 2.15. Принципиальная схема термоэлектрического генератора (ТЭГ)

В зависимости от назначения ТЭГ могут преобразовывать в электрическую энергию тепловую, полученную в атомных реакторах, энергию солнечной радиации, энергию органического топлива и т.д. Тепло распада радиоактивных изотопов и тепло, получаемое при делении ядер тяжелых элементов в реакторах, стало применяться в ТЭГ с конца 50-х годов. Широкие исследования и конструктивные работы по совершенствованию ТЭГ ведутся в СНГ,

США, Англии, Франции, Японии. Почти все современные ТЭГ содержат полупроводниковые материалы и изготавливаются мощностью от нескольких ватт до нескольких киловатт.

Исход промышленного применения ТЭГ во многом зависит от успехов поиска материалов, которые обладали бы свойствами полупроводников в условиях высоких температур (до 1100°C) и интенсивного радиоактивного облучения.

Вопрос о целесообразности применения тех или иных источников энергии решается в пользу ТЭГ, когда главное значение имеет не КПД, а компактность, надежность, портативность и удобство.

Термоэмиссионный преобразователь (ТЭП). Работа ТЭП основана на открытом Т. Эдисоном в 1883 г. явлении термоэлектронной эмиссии: если какое-либо твердое тело (металл, полупроводник) поместить в вакуум, то известное количество электронов этого тела перейдет в вакуум. Твердое тело называется эмиттером. Эмиссия электронов тем больше, чем выше температура эмиттера. Если поместить в вакуум два тела – два электрода, причем к одному из них (электроду-эмиттеру) подводить тепло и поддерживать его при более высокой температуре, а от второго (электрода-коллектора) тепло отводить, чтобы его температура оставалась более низкой (рис. 2.16), при подключении эмиттера и коллектора к внешней электрической цепи по ней потечет ток. Таким образом, получим источник тока, называемый термоэмиссионным преобразователем (ТЭП). Он, как и ТЭГ, преобразует тепловую энергию в электрическую, минуя ступень механической энергии, и, следовательно, подчиняется ограничениям, установленным II законом термодинамики.

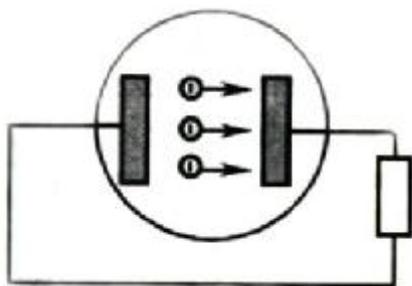


Рис. 2.16. Принцип действия термоэмиссионного преобразователя (ТЭП)

При использовании термоэмиссионных преобразователей в энергетических целях для нагрева катода можно воспользоваться теплом, получаемым в результате ядерной реакции. КПД первых ядерных ТЭП равен примерно 15%, по прогнозам, его можно будет довести до 40%. Принципиально возможна установка прямого преобразования ядерной энергии в электрическую, когда при радиоактивном распаде электроны испускаются вследствие естественного свойства элементов.

Возможно применение термоэлектрических элементов в так называемых тепловых насосах, осуществляющих в одной части выделение, а в другой – поглощение тепла одновременно за счет электрической энергии. При изменении направления тока насос работает в противоположном режиме, т. е. части, в которых происходит выделение и поглощение тепла, меняются местами. Такие тепловые насосы могут успешно применяться для терморегуляции жилых и прочих помещений. Зимой насосы надевают воздух в помещении и охлаждают его на улице, а летом наоборот - охлаждают воздух в помещении и нагревают на улице.

2.5.2. Преобразование световой энергии

Многообещающе прямое превращение солнечной энергии в электрическую с помощью солнечных элементов, в которых используется явление фотоэффекта. В настоящее время наиболее совершенны кремниевые фотоэлементы. Их КПД, однако, составляет не более 15%, и они очень дороги. Существуют различные варианты промышленного фотоэлектрического преобразования энергии, но для реализации этих проектов предстоит провести большой объем научных исследований и решить серьезные научно-технические проблемы.

2.5.3. Преобразование химической энергии

Электрохимический генератор. В электрохимических генераторах происходит прямое преобразование химической энергии в электрическую, для чего используются водородно-кислородные топливные элементы. Последние были применены в космических ко-

раблях серии «Аполлон» для полетов на Луну.

Топливный элемент – это обычный электрохимический элемент, отличающийся тем, что активные вещества к нему подаются извне, а электроды в электрохимических превращениях не участвуют.

Почему топливный элемент получил такое название и каков принцип его работы?

Можно сжечь водород в атмосфере кислорода. В результате образуется вода и выделяется тепло, которое затем можно использовать в теплосиловом двигателе. В топливном элементе также происходит реакция горения водорода, но она разделена на два процесса, в одном из которых участвует водород, а в другом – кислород.

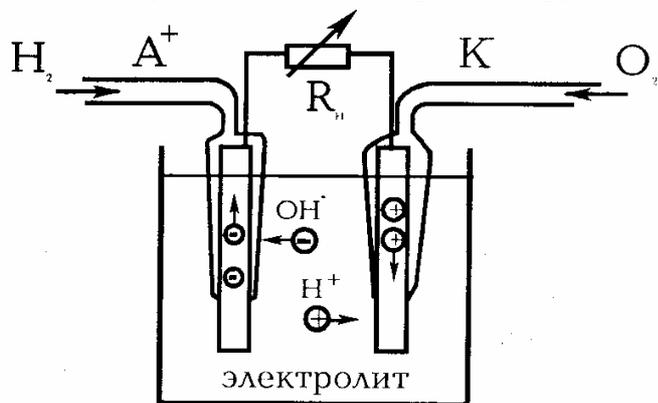


Рис. 2.17 Схема топливного элемента

двухатомная молекула H_2 разделяется на атомы, а атомы делятся на свободные электроны и ядра атомов – ионы. Электроны уходят в металл, а ядра атомов – в раствор (электролит). В результате электрод насыщается отрицательно заряженными электронами, а электролит – положительно заряженными ионами. Аналогичный процесс происходит на втором электроде, на который подастся кислород. Вследствие происходящих у поверхности электрода процессов на нем появляются положительные электрические заряды. Кроме того, возникают отрицательно заряженные ионы OH^- , которые остаются в электролите и, соединяясь с ионами водорода, образуют воду H_2O . Если соединить внешней цепью оба электрода, то возникает электрический ток. Таким путем химическая энергия превращается в электрическую.

В топливном элементе отсутствует промежуточная стадия преобразования химической энергии в тепловую, поэтому его КПД не имеет ограничений, присущих тепловому двигателю. КПД топливного элемента вполне может достигать 65-70%. К тому же он работает при низкой температуре.

Идея топливного элемента появилась еще в середине XIX в., но по сей день отсутствует подходящая конструкция для широкого применения. Сегодня – начальный этап применения топливных элементов. Они используются, когда не требуется большая мощность, прежде всего как автономные источники тока. Удельная мощность топливных элементов хотя и во много раз больше, чем у электрических аккумуляторов, но еще примерно в 3 раза меньше сравнению с бензиновыми двигателями.

Первыми потребителями топливных элементов будут космические аппараты, нуждающиеся в небольших по мощности бортовых источниках тока, и электромобили. В космических аппаратах водородно-кислородные топливные элементы уже находят применение, что же касается электромобилей, то пока создаются опытные образцы.

Использование водорода в качестве топлива сопряжено с высокой стоимостью эксплуатации топливных элементов, поэтому изучаются возможности применения других видов топлива, в первую очередь природного и генераторного газа, т.к. они относятся к дешевым видам топлива. Однако для удовлетворительных скоростей протекания реакции окисления газа необходимы высокие температуры – 800-1200 °С, что требует применения твердых электролитов с ионной проводимостью

На рис. 2.17 представлена схема топливного элемента. Элемент состоит из двух электродов, погруженных в электролит. На один из них непрерывно подается водород, а на другой – кислород. Поэтому отличием топливного элемента от электрического аккумулятора является то, что запас горючего – водорода и окислителя – кислорода постоянно пополняется. Водород, попадая на металлический электрод и находясь на разделе трех фаз: твердого электрода, электролита, газовой фазы, – переходит в атомарное состояние. Его

Опыт использования водорода в качестве топлива уже есть. На базе кузова и шасси автобуса MERSEDES-BENZ создан электробус на топливных элементах, получивший название NEBUS. В качестве топлива для него используется водород, который размещается в баллонах, установленных на крыше автобуса. NEBUS тяжелее базового автобуса на 3500 кг. При этом масса баллонов с водородом составляет 1900 кг. Силовая установка машины разработана канадской компанией Ballard. По габаритам она примерно соответствует дизелю, применяемому на автобусе этого типа. Мощность батареи топливных элементов - 250 кВт, пробег - 200 км. Для приведения в движение автобуса, рассчитанного на 42 места, применяются асинхронные двигатели мощностью 75 кВт. Количество вредных выхлопных газов, уровень шума у него меньше, чем у автобусов аналогичного класса.

Контрольные вопросы

- 1. Назовите известные Вам станции преобразования первичной энергии во вторичную.*
- 2. Изобразите тепловую схему ТЭС. Опишите принцип ее работы*
- 3. На какие циклы делится процесс производства электроэнергии на ТЭС?*
- 4. Как ориентировочно оценить общий коэффициент полезного действия ТЭС?*
- 5. Изобразите тепловую схему АЭС. Опишите принцип ее работы.*
- 6. Опишите принцип работы ГЭС.*
- 7. Изобразите принципиальную схему ТЭС с ГТУ. Опишите принцип ее работы.*
- 8. Изобразите принципиальную схему ТЭС с парогазовой установкой. Опишите принцип ее работы.*
- 9. Дайте определение понятию «график нагрузки». Перечислите важнейшие цели энергетического менеджмента.*
- 10. Перечислите известные Вам механические системы аккумулирования энергии. Опишите принцип их действия.*
- 11. Перечислите известные Вам электрические системы аккумулирования энергии. Опишите принцип их действия.*
- 12. Перечислите известные Вам химические системы аккумулирования энергии. Опишите принцип их действия.*
- 13. Перечислите известные Вам системы аккумулирования тепловой энергии. Опишите принцип их действия.*
- 14. Опишите известные Вам способы прямого преобразование тепловой энергии в электрическую.*
- 15. Опишите известные Вам способы прямого преобразование световой энергии.*
- 16. Опишите известные Вам способы прямого преобразование химической энергии.*

БЛОК 3 НЕТРАДИЦИОННЫЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

3.1. Перспективы, достоинства и недостатки нетрадиционных 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. На рис. 3.1 представлены виды энергии, получаемые от возобновляемых источников, способы ее преобразования. Запасы возобновляемых энергоресурсов: энергии Солнца, ветра, рек, морских приливов, недр Земли, растительных энергетических плантаций и т. д. - громадны, по существу, неисчислимы.



Рис.3.1. Возобновляемые источники энергии и их использование (числа – мощность источника в тераваттах)

Установки, работающие на возобновляемых источниках, оказывают гораздо меньшее воздействие на окружающую среду, чем традиционные 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. Их применение крайне заманчиво, многообещающе, но требует больших расходов на развитие соответствующих техники и технологий. При ориентации части энергетики на возобновляемые источники важно избежать необоснованной эйфории, 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 2020г. оценивают долю их различных видов следующим образом: биомассы – 45-42%, солнечной энергии – 20-26%, ветровой – 16%, геотермальной – 7%, энергии малых водотоков -9-5%, океанической энергии – 3-4%. Доля участия возобновляемых источников в покрытии суммарной мировой потребности в первичных ЭР оценивается, согласно этим прогнозам, в 3-12%.

Учитывая истощенность энергетических ресурсов, роль использования возобновляемых источников энергии во многих странах с каждым годом возрастает. Так, выработка электроэнергии на ветряных установках увеличивается в среднем в год на 24 %, от солнечных батарей – на 17, а на геотермальных станциях – на 4%. В Дании на ветроустановках вырабаты-

вается 10 % всей производимой в стране электроэнергии, в германской земле Шлезвиг-Гольштейн - 14, в провинции Наварра (Испания) - 22 %.

Задача оценить, использовать потенциал возобновляемых ресурсов, найти их место в топливно-энергетическом комплексе стоит 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*, на несколько порядков ниже, чем у невозобновляемых источников (паровые котлы, ядерные реакторы), *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 на агропромышленных предприятиях 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. Рекомендуется планировать энергетику на возобновляемых источниках для районов размером примерно 250 км.

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

3.2. Биологическая энергия

Под действием солнечного излучения в растениях образуются органические вещества и аккумулируется химическая энергия. Этот процесс называется фотосинтезом. Животные существуют за счет прямого или косвенного получения энергии и вещества от растений. Этот процесс соответствует трофическому уровню фотосинтеза. В результате фотосинтеза происходит естественное преобразование солнечной энергии. Вещества, из которых состоят растения и животные, называют биомассой. Посредством химических или биохимических процессов биомасса может быть превращена в определенные виды топлива: газообразный метан, жидкий метанол, твердый древесный уголь. Продукты сгорания биотоплива путем естественных экологических или сельскохозяйственных процессов вновь превращаются в биотопливо. Система круговорота биомассы показана на рис. 3.2.



Рис. 3.2. Система планетарного круговорота биомассы

Энергия биомассы может использоваться в промышленности, домашнем хозяйстве. Так, в странах, поставляющих сахар, за счет отходов его производства покрывается до 40% потребностей в топливе.

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

Получаемые в результате переработки виды биотоплива и ее КПД приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

КПД некоторых видов биотоплива

Источник биомассы или топлива	Производимое биотопливо	Технология переработки	КПД переработки, %
Лесоразработки	теплота	сжигание	70
Отходы переработки древесины	теплота газ нефть уголь	сжигание пиролиз	70 85
Зерновые	солома	сжигание	70
Сахарный тростник, сок	этанол	сбраживание	80
Сахарный тростник, отходы	жмых	сжигание	65
Навоз	метан	анаэробное (без доступа воздуха) разложение	50
Городские стоки	метан	анаэробное разложение	50
Мусор	теплота	сжигание	50

Существуют различные энергетические способы переработки биомассы (рис. 3.3):

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

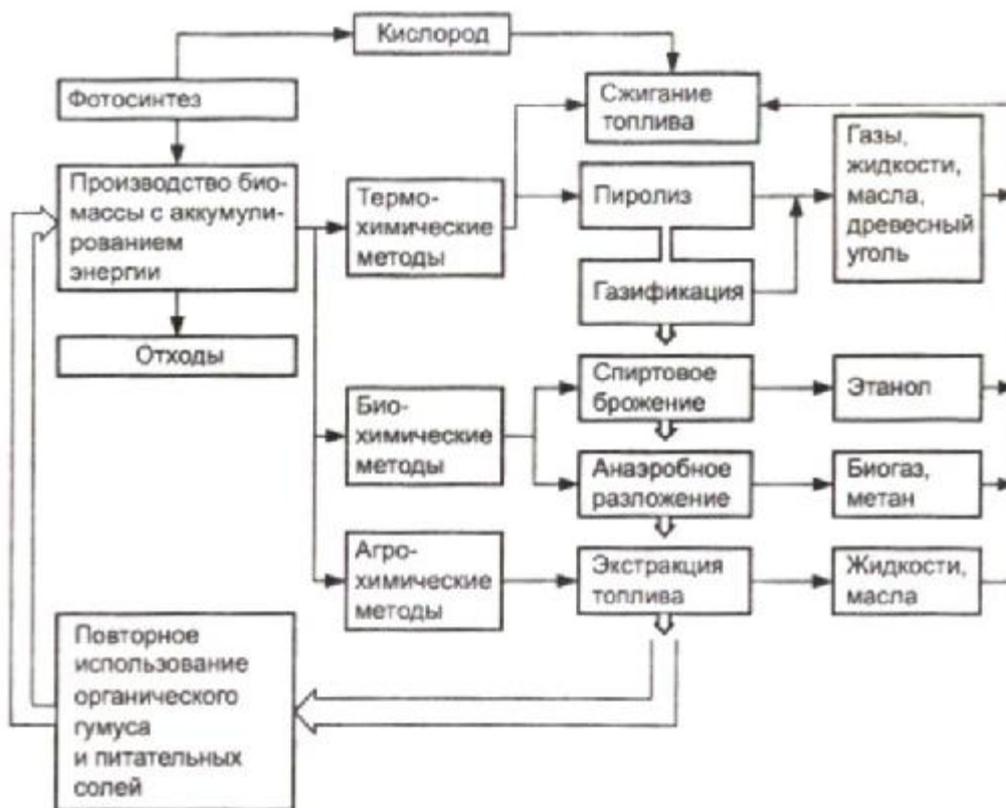


Рис. 3.3. Классификация основных типов энергетических процессов связанных с переработкой биомассы

В последнее время появились проекты создания *искусственных энергетических плантаций* для выращивания биомассы и последующего преобразования биологической энергии. Для получения тепловой мощности равной 100 МВт потребуется около 50м² площади энергетических плантаций. Более широкий смысл имеет понятие энергетических ферм, которое подразумевает производство биотоплива как основного или побочного продукта сельскохозяйственного производства, лесоводства, речного и морского хозяйства, промышленной и бытовой деятельности человека.

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 и биосферно совместимым источником энергетического сырья.

Биомасса – наиболее перспективный и значительный возобновляемый источник энергии в республике, который может обеспечивать до 15% се потребностей в топливе. В таблице 3.2 указана структура и оценка его потенциала.

Таблица 3.2

Потенциал использования биомассы

Вид биотоплива	Потенциал
Древесное топливо, включая отходы лесопользования и переработки	Около 3,0 млн.т.у.т./год (2,1 млн. т.н.э./год) + экологический эффект
Отходы растениеводства, фитомасса	До 2,0 млн.т.у.т./год (1,4 млн. т.н.э./год) + экологич.эффект + удобрения
Бытовые органические отходы	Около 472 тыс.т.у.т./год (330 тыс. т.н.э./год)
Технически возможный потенциал (без выращивания специальных быстрорастущих деревьев и высокоурожайных растений) — 7,05 млн. т.у.т./год (4,93 млн. т.н.э./год)	
Экономически целесообразный потенциал в настоящий период (в основном древесное топливо) — 3,58 млн. т.у.т./год (2,5 млн. т.н.э./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. Энергосодержание 1м³ биогаза (60-75% метана, 30-40% углекислого газа, 1,5% сероводорода) составляет 22,3 МДж, что эквивалентно 0,5 м³ очищенного природного газа, 0,5 кг дизельного топлива, 0,76 кг условного топлива. Сдерживающим фактором развития биогазовых установок в республике являются продолжительные зимы, большая металлоёмкость установок, неполная обеззараженность органических удобрений. Важным условием реализации потенциала биомассы является создание соответствующей инфраструктуры – от заготовки, сбора сырья до доставки конечной продукции потребителю. Биоэнергостановку рассматривают в первую очередь как установку для производства органических удобрений и попутно – для получения биотоплива, позволяющего получить тепловую и электрическую энергию.

Термохимические методы переработки биомассы. Пиролиз – процесс нагревания биомассы либо в отсутствие воздуха, либо за счет сгорания некоторой ее части при ограниченном доступе воздуха или кислорода. КПД процесса пиролиза достигает 80-90 %.

В качестве исходного энергетического продукта в процессе пиролиза могут использоваться:

- *органическое топливо (уголь, сланцы, торф и т. д.);*
- *древесные отходы;*
- *сельскохозяйственные отходы (солома, ботва растений и т. п.);*

- биобрикеты и т. д.

Состав получаемых при этом вторичных энергетических продуктов чрезвычайно разнообразен. Изменение состава продуктов пиролиза зависит от температурных условий, типа вводимого в процесс сырья, способов ведения процесса. Разновидности топлива, получаемого в результате пиролиза, имеют несколько меньшую по сравнению с исходной биомассой суммарную энергию сгорания, но отличаются большей универсальностью применения:

- лучшей управляемостью процесса горения и соответственно повышением его энергоэффективности;
- большей технологичностью, более широким диапазоном возможных потребителей и соответственно более высокими экономическими и качественными показателями.

Газификация – способ ведения процесса пиролиза, при котором основным энергетическим продуктом является горючий газ.

Газогенератор – устройство, в котором реализуется процесс газификации (рис.2.3).

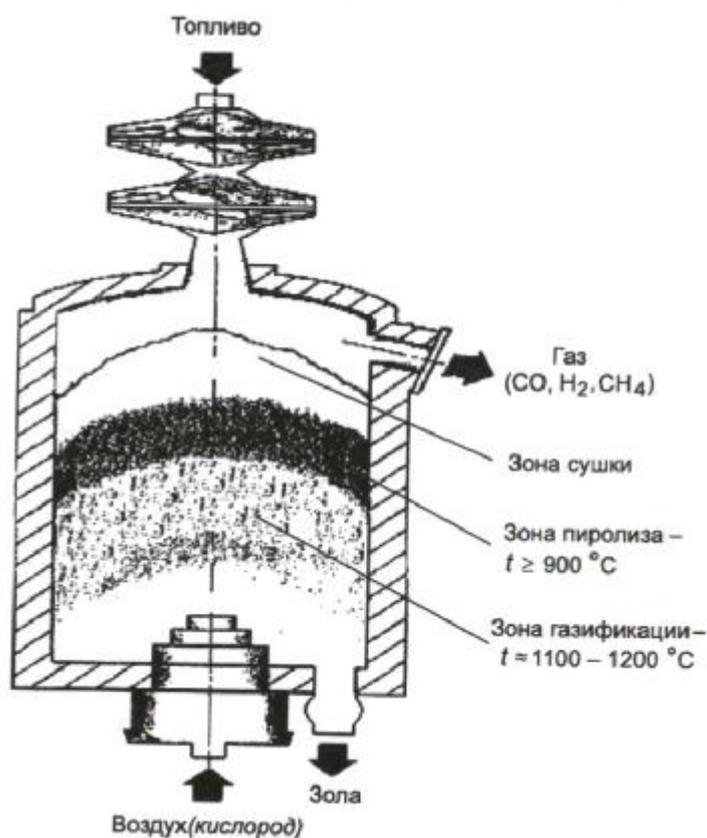


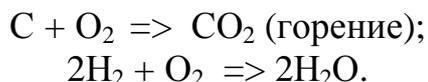
Рис. 3.4. Конструкция промышленного газогенератора

В состав образующегося в газогенераторе генераторного газа входят следующие горючие компоненты: окись углерода, водород, газообразные углеводороды, метан.

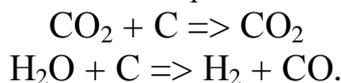
Процесс газификации включает такие последовательные фазы, как сушка, пиролиз (коксование) и собственно газификация топлива.

В зоне сушки происходит выпаривание начальной влаги из поступающего в газогенератор топлива за счет остаточной теплоты уходящего генераторного газа.

В зоне пиролиза при температуре до 800 °C от топлива отделяются легкие газообразные фракции, самой важной из которых является метан (CH₄). Закоксовавшееся в зоне пиролиза топливо сначала реагирует с кислородом, находящимся в свежем воздухе, образуя двуокись углерода и водяной пар:



В зоне газификации при температуре свыше 900 °C CO₂ и H₂O продолжают реагировать с углеродом, образуя окись углерода и водород, которые являются активно горящими газами:



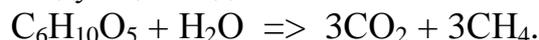
Следует указать, что верхняя граница температуры прохождения реакции газогенерации ограничена значениями 1100-1200 °C (температура плавления золы).

Биохимические методы переработки биомассы. Анаэробное разложение – процесс получения энергии из биомассы микроорганизмами (анаэробными бактериями) в отсутствие или при недостатке кислорода и света. Полезный энергетический продукт этого процесса – биогаз.

Биогаз - смесь углекислого газа (CO₂) и метана (CH₄). Энергетическая эффективность процесса сжигания биогаза может достигать 60-90 % эффективности сжигания сухого ис-

ходного материала.

Основное уравнение, описывающее процесс анаэробного разложения биомассы (на примере целлюлозы) имеет следующий вид:



Биогазогенератор – устройство, в котором реализуется процесс преимущественного получения CH_4 посредством анаэробного разложения исходной биомассы. Конструкции биогазогенераторов отличаются чрезвычайным разнообразием как по организации собственно технологического процесса анаэробной переработки биомассы, так и по составу исходного продукта (рис. 3.5). В мире эксплуатируется 8 млн. установок для получения биогаза.

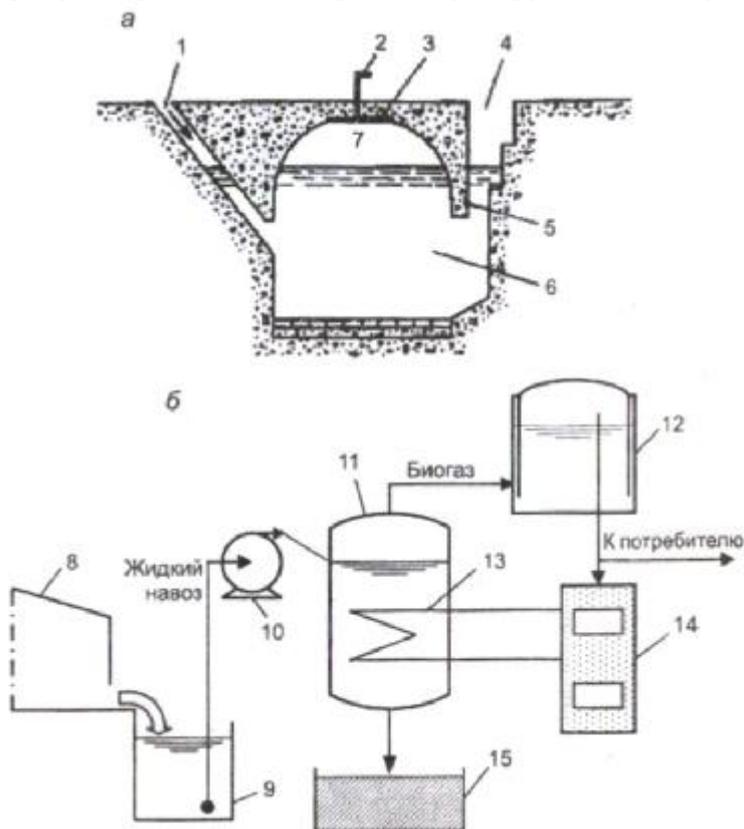


Рис. 3.5. Технологические схемы китайского биогазогенератора (а) и установки для промышленной переработки отходов животноводства (б): 1 - ввод материала; 2 - газопровод; 3 - съемная крышка; 4 - вывод переработанного материала; 5 - разделительная стенка; 6 - ферментатор; 7 - газ; 8 - ферма; 9 - навозоприемник; 10 - насос; 11 - метантенк; 12 - газгольдер; 13 - теплообменник; 14 - котел; 15 - переработанный остаток

онных двигателях.

В настоящее время стоимость топливного этанола сравнима со стоимостью бензина, причем наблюдается тенденция ее снижения. Вместе с тем этанол характеризуется более высоким октановым числом.

Фотолит - процесс разложения воды на водород и кислород под действием света. Если водород сгорает или взрывается в качестве топлива при смешении с воздухом, то происходит рекомбинация O_2 и H_2 .

Некоторые биологические организмы продуцируют или могут при определенных условиях продуцировать водород путем биофотолитиза.

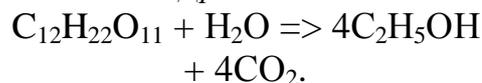
Подобный результат можно получить химическим путем без участия живых организмов в лабораторных условиях. Промышленного внедрения эти технологии еще не получили.

Спиртовая ферментация – процесс получения этилового спирта в качестве энергетического продукта. Этиловый спирт (этанол) C_2H_5OH - летучее жидкое топливо, которое можно использовать вместо бензина.

В естественных условиях этанол образуется из сахаров соответствующими микроорганизмами в кислой среде (рН от 4 до 5).

Основная реакция превращения сахарозы в этанол имеет следующий вид:

Дрожжи



Жидкие топлива, и в частности этанол, отличаются чрезвычайной технологической эффективностью из-за удобства использования и хорошего управления процессом горения в двигателях внутреннего сгорания.

В качестве заменителя бензина этанол можно использовать в виде:

- 95 % -го этанола в модернизированных двигателях;
- смеси 100 %-го (обезвоженного) этанола с бензином в соотношении один к десяти в традиционных двигателях.

Агрехимические методы переработки биомассы. Экстракция топлив – процесс получения жидких или твердых топлив прямо от растений или животных.

Производство растений можно разделить на следующие категории:

- семена – подсолнечник с массовым содержанием масла до 50 %, рапс;
- орехи – пальмовое масло, копра кокосов с массовым содержанием масла до 50%;
- плоды – оливки;
- листья – эвкалипт с массовым содержанием масла до 25%;
- сок растений – сок каучука;
- продукты переработки отходов растений – масла и растворители до 15 % сухой массы (например, скипидар, канифоль, маслянистые смолы и т. д.).

Возможна организация ферм по производству агрохимических топлив на основе перечисленных выше растений. Вместе с тем получаемые таким образом продукты по своим химическим свойствам могут быть гораздо ценнее, чем просто топливо.

В связи с этим более предпочтительным представляется способ получения агрохимических топлив, который основан на *культивировании специализированных микроводорослей*. Исследования возможности использования микроводорослей в процессе экстракции топлив показали, что содержание в них углеводов - основного горючего компонента - может быть довольно значительным. Так, в сухих клетках зеленой расы микроводоросли «ботриококкус браунии» содержится от 1 до 36 % углеводов, а в сухих клетках коричневой расы - до 86%. Предполагается, что залежи нефти обязаны своим происхождением предкам именно этих микроводорослей. Углеводы, вырабатываемые «ботриококкус браунии», в основном локализованы на наружной поверхности клетки и могут быть удалены механическими методами. Оставшуюся биомассу можно подвергнуть гидрокрекингу, в результате которого получают 65 % газолиты, 15 % авиационного топлива, 3 % остаточных масел.

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

3.3. Гидроэнергетические ресурсы

Гидроэнергетика – это область наиболее развитой на сегодня энергетики на возобновляемых ресурсах, использующая энергию падающей воды, волн (амплитуда волн в некоторых районах мирового океана достигает 10 м) и приливов. Цель гидроэнергетических установок – преобразование потенциальной энергии воды в механическую энергию вращения гидротурбины. В главе 2 были рассмотрены принципы работы гидроэлектростанций (ГЭС) и гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС), указаны их характеристики и роль в энергосистеме.

Преобразование гидроэнергии в электрическую стало возможным в конце XIX в. Крупные гидроэлектростанции начали строиться на рубеже XIX и XX вв. Наносимый окружающей среде их водохранилищами ущерб: уничтожение флоры, фауны, плодородных земель в результате затопления, климатические изменения, потенциальная угроза землетрясений и др., заиливание гидротурбин, их коррозия, большие капитальные затраты на сооружение – вот наиболее сложные проблемы, связанные с сооружением и эксплуатацией ГЭС. Гидроэнергетический потенциал всех рек мира оценивается в 2857 ГВт, приливов – в 13 ГВт. Маловероятно, что когда-либо он будет полностью освоен. В ближайшие десятилетия установленная мощность ГЭС в целом будет расти при одновременном снижении их доли в суммарной выработке электроэнергии в мире. Вырабатываемую ГЭС энергию легко регулировать, и она преимущественно используется для покрытия пиковой части графика нагрузки энергосистем с целью улучшения работы базисных электростанций (ТЭС, КЭС, АЭС).

Гидроресурсы Беларуси оцениваются в 850-1000 МВт. Однако практически реализуемый потенциал малых рек и водотоков составляет едва ли 10% этой величины, что эквивалентно экономии 0,1 млн. т.у.т. Для достижения большего пришлось бы затопить значительные площади из-за равнинного характера рек.

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

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

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

Общую мощность малых ГЭС в республике предполагается довести к 2010 г. до 100 МВт, что обеспечит экономию 120 тыс. т условного топлива в год. Бассейны рек Западная Двина и Неман, протекающих по территории Беларуси, относятся к зонам высокого гидроэнергетического потенциала, и использование его еще в 40-х годах XX в. намечалось путем строительства многоступенчатых каскадов ГЭС. В настоящее время разработан проект создания каскада из 4 ГЭС на р. Западная Двина со строительством ГЭС в районе Витебска, Бешенковичей и Полоцка и еще одной ниже по течению с общей установленной мощностью 132 МВт и ежегодной выработкой электроэнергии 530 МВт·ч. Требуемые капитальные вложения для реализации этого проекта составляет около 120 млн долларов США. Аналогичный проект разработан и для р. Неман со строительством ГЭС в районе г. Гродно и д. Немново с общей установленной мощностью каскада 45 МВт. Этот проект требует около 40 млн долларов США капитальных вложений.

3.4. Ветроэнергетические ресурсы

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

Наиболее эффективный способ утилизации энергии ветра – производство электроэнергии. В ветроэнергетической установке (ВЭУ) кинетическая энергия движения воздуха превращается в энергию вращения ротора генератора, который вырабатывает электроэнергию. Выходная мощность установки пропорциональна площади лопастей ветрового ротора и скорости ветра в кубе. Поэтому ВЭУ большой мощности оказываются крупногабаритными, ведь скорость ветра в среднем бывает небольшой. Для защиты от разрушения сильными случайными порывами ветра установки проектируются со значительным запасом прочности. Трудности в использовании ВЭУ связаны с непостоянством скорости ветра. Приходится управлять частотой вращения ветроколеса и согласовывать ее с частотой вращения электрогенератора. Кроме того, в периоды безветрия электроэнергия не производится. Для исключения перерывов в электроснабжении ВЭУ должны иметь аккумуляторы энергии. Крупномасштабное применение ВЭУ в каком-то одном районе может вызвать значительные климатические изменения, испортить ландшафт. ВЭУ создают шум и электромаг-

нитные помехи.

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

Доля ветроэнергетики Великобритании и Германии оценена в 20%. Наибольшая доля (до 30%) в производстве электроэнергии получена в 1993 г. в Дании, где ветровые турбины рассеяны по всей стране. Строительство современных ВЭУ началось здесь в конце 70-х годов. А в начале 80-х в штате Калифорния (США) наблюдался особенно интенсивный рост ВЭУ. Принятие здесь закона о налоговых льготах на инвестиции в возобновляемые источники энергии в дополнение к федеральным налоговым льготам создало благоприятную обстановку. В результате Калифорния превратилась в мирового лидера по производству электроэнергии из ветра. США могут потерять это лидерство, так как в ЕС поставили цель вырабатывать 8 тыс МВт ветровой электроэнергии, что составляет 1% потребностей не в электроэнергии. Дания, Германия и Нидерланды должны вырабатывать электроэнергию из ветра по крайней мере до 5000 МВт.

Стоимость ветровой энергии снижается на 15% в год и даже сегодня может конкурировать на рынке, а главное – имеет перспективы дальнейшего снижения в отличие от стоимости энергии, получаемой на АЭС; при этом темпы роста ветроэнергетики в настоящее время превышают 25% в год. Использование энергии ветра в различных государствах набирает силу.

Территория Республики Беларусь находится в умеренной ветровой зоне. Стабильная скорость ветра составляет 4-5 м/с и соответствует нижнему пределу устойчивой работы отечественных ВЭУ. Это позволяет использовать лишь 1,5-2,5% ветровой энергии. К зонам, благоприятным для развития ветроэнергетики, со среднегодовой скоростью ветра выше 5-5,5 м/с, относится 20% территории страны. Поэтому ветроэнергетику можно рассматривать в качестве вспомогательного энергоресурса, решающего местные проблемы, например, отдельных фермерских хозяйств. По некоторым оценкам, возможная установленная мощность ВЭУ к 2010 г. в республике может составить 1500 кВт.

Ветровые установки классифицируются по двум основным признакам (рис. 3.6) – геометрии ветрового колеса и ориентации оси вращения ветрового колеса относительно направления ветра. Установки, использующие подъемную силу (лифт-машины), имеют, как правило, линейную скорость концов лопастей ветрового колеса больше скорости ветра.

Установки, использующие силу лобового сопротивления (драг-машины - рис. 3.7), как правило, вращаются с линейной скоростью, меньшей скорости ветра.

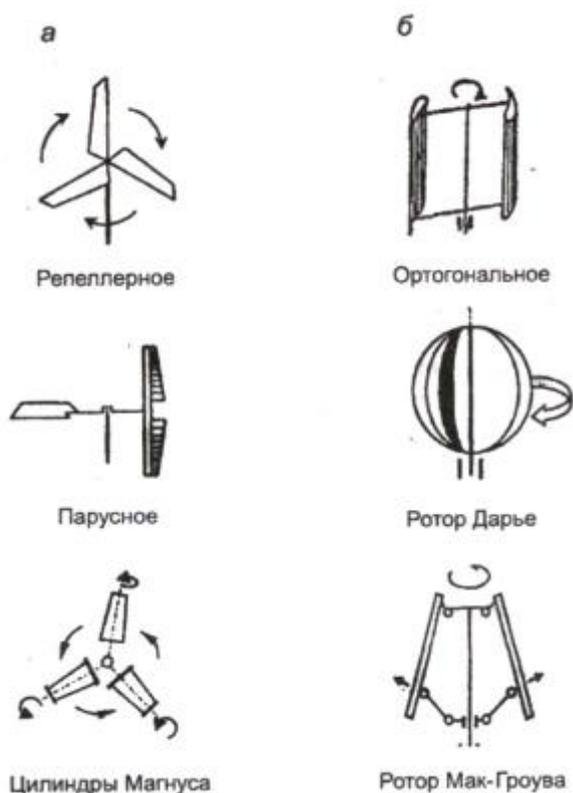


Рис- 3.6. Классификация ветроэнергетических установок по типу исполнения и ориентации ветровых колес: а - ветровые колеса с горизонтальной осью вращения; б - ветровые колеса с вертикальной осью вращения

Среди различных типов ветровых колес следует выделить цилиндры Магнуса. В основе работы ВЭУ данного типа лежит использование реактивной подъемной силы (рис. 3.8), возникающей вследствие различных условий обтекания (и соответственно различного перепада давлений) на верхней и нижней образующих цилиндров вращения.

Отличительной особенностью ВЭУ, использующих эффект Магнуса, является достижение максимальной эффективности восприятия ветрового потенциала при не очень высоких (~ 4-5 м/с) скоростях

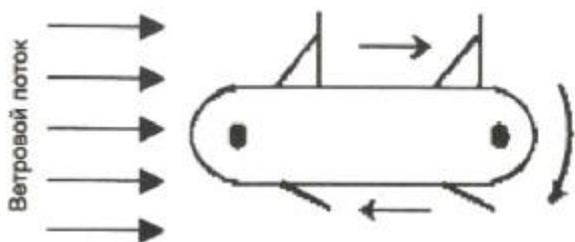


Рис. 3.7. Принципиальная схема ветровой установки, использующей силу лобового сопротивления

ветра.

На рис. 3.9 и 3.10 приведены примеры промышленных конструкций лопастных (с продольной и вертикальной осями вращения ветрового колеса) ВЭУ и опытно-промышленной ВЭУ роторного типа.

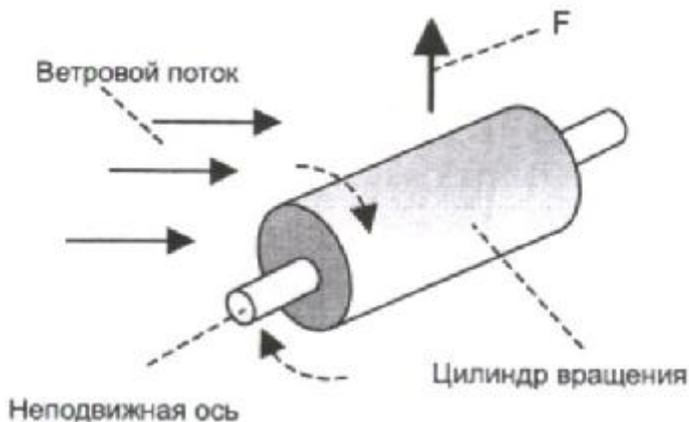


Рис. 3.8. Роторный элемент ветровой установки, использующей эффект Магнуса: F - реактивная подъемная сила



Рис. 3.9. Конструкции лопастных ВЭУ



Рис. 3.10. Роторная ВЭУ фирмы «Аэролла» (Беларусь)

Расчет энергетических характеристик ВЭУ. Запас энергии воздушных потоков (или ветровой потенциал) характеризуется прежде всего устойчивыми значениями скорости ветра на уровне размещения ветрового колеса.

Для определения локальных значений скорости ветра на заданной высоте используется соотношение

$$U_z = U_{10}(Z/10)^b, \quad (3.1)$$

где U_z - скорость ветра на определяемой высоте Z ; U_{10} - стандартное значение ско-

рости ветра для данной местности на высоте флюгера 10 м; b - параметр соотношения, зависящий от времени года и рельефа местности (для открытых мест b приблизительно равно 0,14).

Соответственно, при скорости ветра U на уровне оси ветрового колеса мощность P , развиваемая ветроэнергетической установкой, определяется из соотношения

$$P = c_p S_{om} \frac{\rho U^3}{2} \quad (3.2)$$

где $S_{om} = \pi D^2/4$ - *ометаемая площадь* (площадь, покрываемая лопастями ветрового колеса диаметром D при его вращении); c_p - коэффициент мощности, характеризующий эффективность использования ветровым колесом энергии ветрового потока и зависящий от конструкции ветрового колеса; ρ - плотность воздуха.

Максимальная проектная мощность ВЭУ определяется для некоторой стандартной скорости ветра (обычно в пределах 8-12 м/с в зависимости от типа установки), при которой гарантируется оптимальный режим и безопасность работы ветрового колеса и узлов трансмиссии. В целом при проектировании ВЭУ учитываются максимально возможные для данной местности порывы ветра.

Основным направлением использования ВЭУ в нашей республике на ближайший период будет применение их для привода насосных установок и как источников энергии для электродвигателей. Перспективны ВЭУ в сочетании с МГЭС для перекачки воды.

Автономные ВЭУ обязательно должны комплектоваться резервными дизельными источниками электроэнергии или аккумуляторными батареями.

3.5. Солнечная энергия

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

Радиационное излучение характеризуется также числом часов солнечного сияния, которое для Беларуси и средневропейской части России составляет от 1750 до 1850 ч в год в зависимости от региона. Такая же величина характерна, например, и для Швеции, где солнечная энергетика имеет достижения и поддерживается государством.

Минимальное число дней без солнца приходится на декабрь. По данным многочисленных наблюдений, таких дней бывает один или два. Напротив, в июле наибольшее количество солнечных дней – 19-22.

Известно *два направления использования* солнечной энергии. Наиболее реальным, находящим относительно широкое распространение в таких странах, как Австралия, Израиль, США, Япония, является преобразование солнечной энергии в тепловую и использование в нагревательных системах. Второе направление – системы непрямого и прямого преобразования в электрическую энергию.

Солнечные нагревательные системы могут выполнять ряд функций:

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

Горячее водоснабжение. В системах горячего водоснабжения и отопления используются плоские солнечные коллекторы.

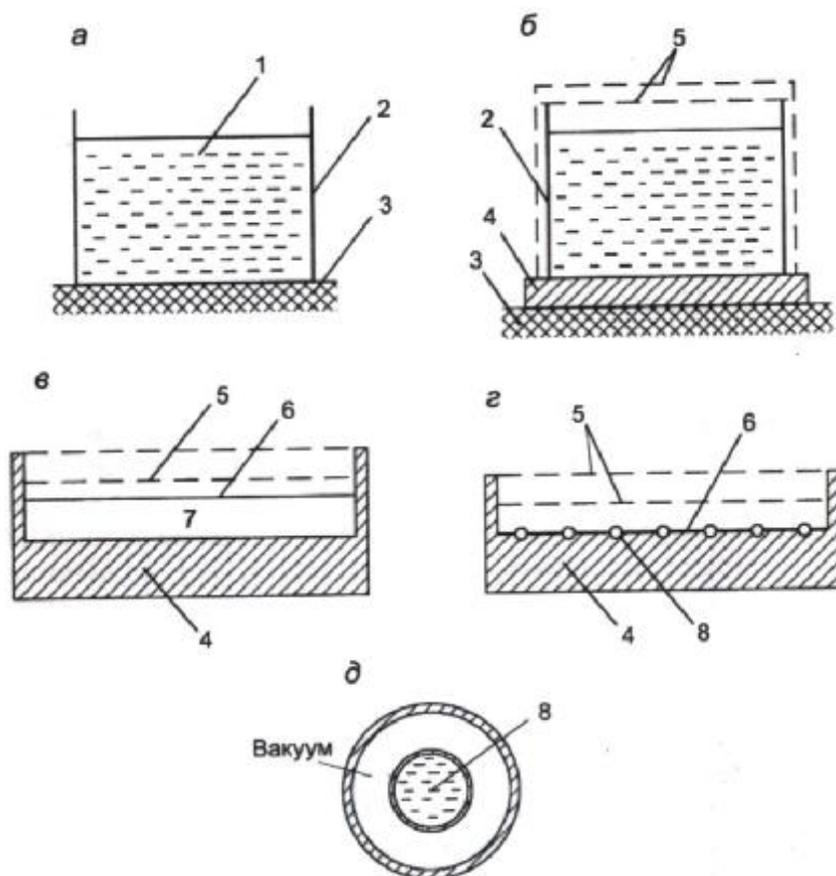
Солнечный коллектор представляет собой теплообменный аппарат с каналами, через которые проходит теплоноситель. Часть солнечной радиации поглощается поверхностью те-

плообмена и передается теплоносителю.

Простейшим накопителем энергии в форме теплоты является емкость, заполненная водой (рис. 3.11). Если емкость не изолирована и открыта – эффективность аккумулирования теплоты наименьшая, если закрыта и установлена на теплоизолирующей площадке – эффективность будет выше.

Качество изоляции и расположение коллектора по отношению к горизонту влияют на температуру теплоносителя. Неизолированный коллектор позволяет нагреть воду до 50 °С (табл. 3.2).

Плоский коллектор поглощает прямое и рассеянное солнечное излучение. В связи с тем



что потоки солнечных лучей носят нерегулярный характер, для надежного теплоснабжения следует использовать двухконтурные схемы с резервным источником теплоты в виде теплоэлектронагревателя. Оптимальный угол расположения коллектора к горизонту превышает широту местности на 10 - 15°.

Для повышения производительности солнечной установки используется замкнутый контур с естественной или принудительной циркуляцией, который содержит солнечный коллектор (теплоприемник) и аккумулирующую теплоизолированную емкость (рис. 3.12).

Изолированный коллектор имеет многослойное остекление, пропускающее солнечные лучи, и позволяет нагреть воду до 90 °С.

Если использовать вакуумные трубки, то температура воды может составлять ~ 150 °С

Исследования показывают, что с учетом экономического фактора для широты Минска целесообразно использовать сезонные солнечные системы горячего водоснабжения.

Солнечное отопление. Солнечное отопление делится на активное и пассивное.

Активное солнечное отопление основано на применении инженерных систем, которые, как и системы горячего водоснабжения, включают контур циркуляции жидкого теплоносителя или воздуха. На практике жидкостные системы солнечного отопления встречаются чаще, чем воздушные (рис. 3.13), однако они требуют наличия отопительных приборов и дополнительных мер для защиты от замерзания и коррозии.

Характеристики солнечного плоского коллектора площадью 1 м²

Параметр	Значение
Производство теплоты	4,86-6,48 кВт•ч/сут. (1070÷1426 кВт•ч/год)
Нагрев воды	420-560 л/сут. (при 30 °С) 210-280 л/сут. (при 40 °С) 130-175л/сут. (при 50°С) 90-120 л/сут. (при 60 °С)
Экономия ресурсов	Электроэнергии 1070-1426 кВт•ч/год Условного топлива 0,14-0,19 т/год Дерева 0,95-1,26 т/год

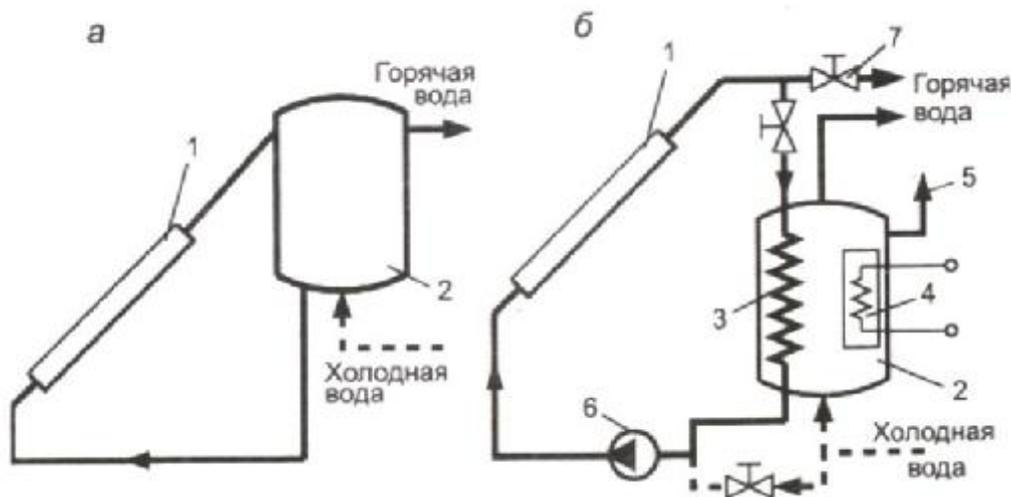


Рис. 3.12. Принципиальные схемы простейшей одноконтурной с естественной циркуляцией теплоносителя (а) и двухконтурной с принудительной циркуляцией теплоносителя (б) солнечных водонагревательных установок:

- 1 - солнечный коллектор; 2 - аккумулятор теплоты; 3 - теплообменник;
4 - резервный источник энергии; 5 - предохранительный клапан;
6 - насос; 7 - задвижка

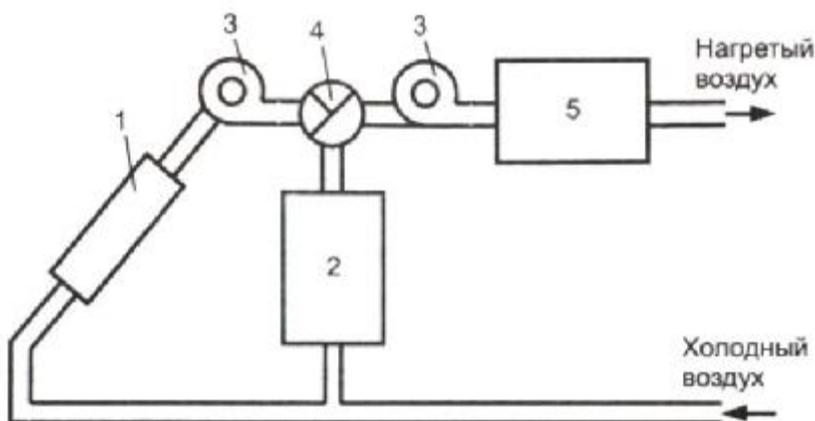


Рис. 3.13. Схема воздушной системы солнечного отопления:
1 – коллектор; 2 – галечный аккумулятор; 3 – вентилятор;
4 – переключатель; 5 – резервный источник энергии

Пассивные системы солнечного отопления (рис. 3.14) используют ориентированные

Согласно схеме воздушного отопления в солнечный день с помощью вентилятора организуется циркуляция воздуха по замкнутому контуру через коллектор и галечный аккумулятор. Вечером или в прохладный день реализуется режим, при котором поток холодного воздуха проходит через аккумулятор, воспринимает накопленную теплоту и поступает в отапливаемое помещение. При необходимости воздух дополнительно нагревается с помощью резервного нагревателя.

в южном направлении остекленные элементы строительных конструкций больших площадей для накопления и переноса теплоты потребителю.

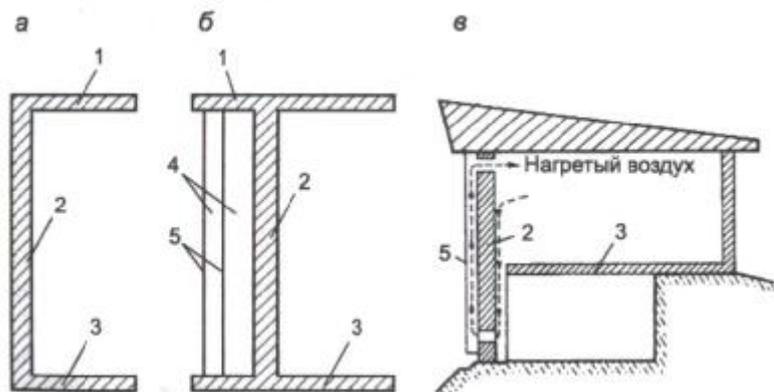


Рис. 3.14. Обычный дом (а) и дома с пассивными солнечными системами отопления без циркуляции воздуха (б) и с циркуляцией воздуха (в): 1 - здание; 2 - стена; 3 - пол; 4 - воздушная прослойка; 5 - стекло

включать конвективные каналы.

Пассивные солнечные теплоиспользующие системы имеют наименьшую стоимость для вновь строящихся зданий и такой же срок службы, как и само здание, при низких эксплуатационных расходах.

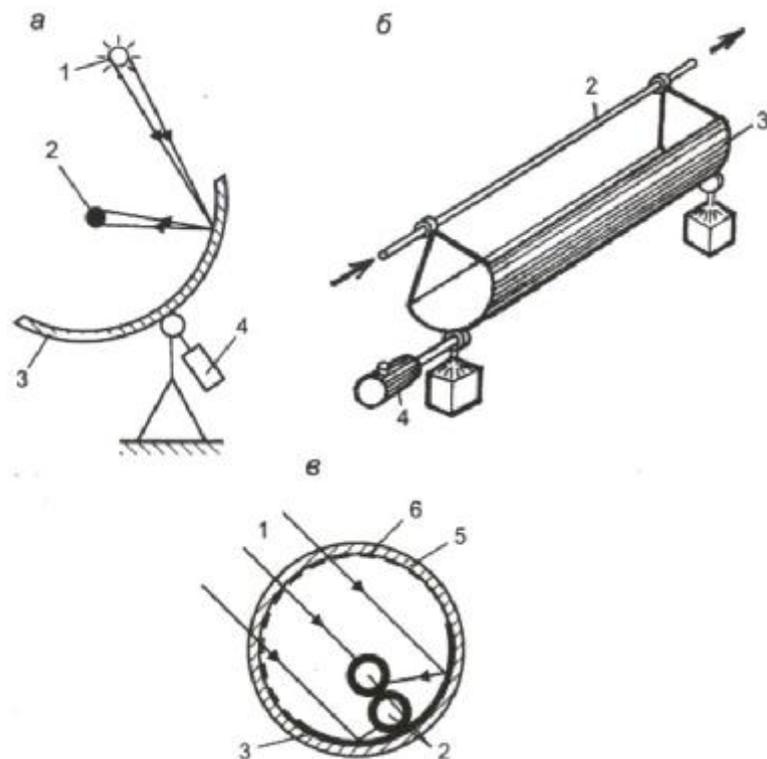


Рис. 3.15. Схемы солнечных коллекторов с концентраторами. Сечение параболического концентратора (а) и его обший вид (б), концентратор с вакуумной трубой (в): 1 - солнце (солнечные лучи); 2 - теплоприемник; 3 - концентратор; 4 - следящее устройство; 5 - вакуумная труба; 6 - селективное покрытие

Для создания больших плотностей потоков солнечной радиации и соответственно тепловой энергии используются солнечные концентраторы параболического или сферического типа, которые сфокусированы на поверхность теплоприемника (рис. 3.15). В подобных конструкциях солнечных коллекторов теплоприемником является канал, по которому течет теплоноситель. В отличие от плоских коллекторов данные конструкции поглощают только прямое солнечное излучение и снабжаются системами, следящими за Солнцем.

В течение отопительного сезона трехслойные окна могут обеспечить такие же тепловые поступления, как и тепловые потери. Другой подход включает строительство зданий с теплоаккумулирующей стеной, расположенной за остеклением. Большая тепловая инерционность строительных стеновых материалов позволяет использовать накопленную теплоту в пасмурные дни и ночное время. Стены также могут являться пассивными солнечными коллекторами, если они будут

включать конвективные каналы. Пассивные солнечные теплоиспользующие системы имеют наименьшую стоимость для вновь строящихся зданий и такой же срок службы, как и само здание, при низких эксплуатационных расходах. Использование данных систем в существующих зданиях связано со значительными трудностями и затратами.

Получение электроэнергии. Преобразование потока солнечной энергии в электричество осуществляется двумя способами: термомеханическим и фотоэлектрическим.

Термомеханический способ основан на передаче теплоты теплоносителю с генерацией пара и дальнейшим ее преобразованием по традиционной схеме в механическую и электрическую энергию.

Для создания больших плотностей потоков солнечной радиации и соответственно тепловой энергии используются солнечные концентраторы параболического или сферического типа, которые сфокусированы на поверхность теплоприемника (рис. 3.15). В подобных конструкциях солнечных коллекторов теплоприемником является канал, по которому течет теплоноситель. В отличие от плоских коллекторов данные конструкции поглощают только прямое солнечное излучение и снабжаются системами, следящими за Солнцем.

Теплоприемник с теплоносителем может располагаться отдельно от концентратора. Тогда на нем фокусируются солнечные лучи от концентраторов, размещенных на большой площади. По такому принципу, например, работают солнечные электростанции башенного типа, где теплоприемником является паровой котел. Преимущество такого подхода заключается в том, что не нужно осуществлять транспортировку рабочей жидкости на большие расстояния, а это уменьшает неизбежные потери. В настоящее время ни одна из 10 ранее построенных опытных солнечных башенных электростанций мощностью 0,5-10 МВт не работает, так как их эксплуатация в качестве коммерческих невыгодна.

Недостатком рассмотренных конструкций солнечных электростанций является периодический характер их работы. Они работают тогда, когда светит Солнце. Более перспективными являются гибридные солнечно-топливные электростанции с распределенными теплоприемниками.

В основе **фотоэлектрического способа** прямого преобразования солнечного излучения в электроэнергию лежит явление фотоэффекта. Базовыми элементами данной технологии являются устройства, называемые соответственно *фотоэлементами* или *солнечными элементами*. Некоторые из фотоэлементов представляют собой кремниевые полупроводниковые фотодиоды (рис. 3.16), где происходит разделение положительных и отрицательных носителей заряда при поглощении электромагнитного излучения.

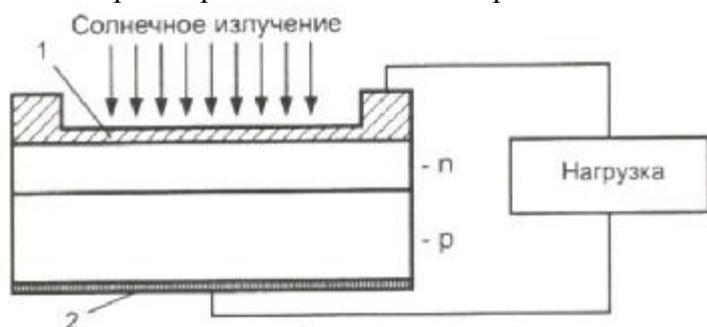


Рис. 3.16. Схема солнечного элемента с p-n переходом: 1 — противоотражательное покрытие лицевого контакта; 2 — металлический контакт с тыльной стороны

При плотности потока солнечного излучения около 1 кВт/м^2 создается разность потенциалов $0,5 \text{ В}$ и плотность тока около 200 А/м^2 . При таких параметрах современные преобразователи с КПД порядка 15-20 % позволяют получить напряжение 120 В с 1 м^2 .

В настоящее время стоимость электроэнергии, получаемой с помощью фотоэлектрических установок, превышает стоимость энергии, получаемой на традиционных энергоустановках. Однако она постепенно снижается.

Перспективными могут быть следующие фотоэлектрические установки:

- солнечные батареи с пиковой мощностью 3 кВт , сооружаемые на крышах зданий для энергоснабжения автономных объектов;
- установки мощностью $100-500 \text{ кВт}$, устанавливаемые на открытых пространствах;
- комбинированные установки мощностью $4-40 \text{ кВт}$ с аккумулятором,

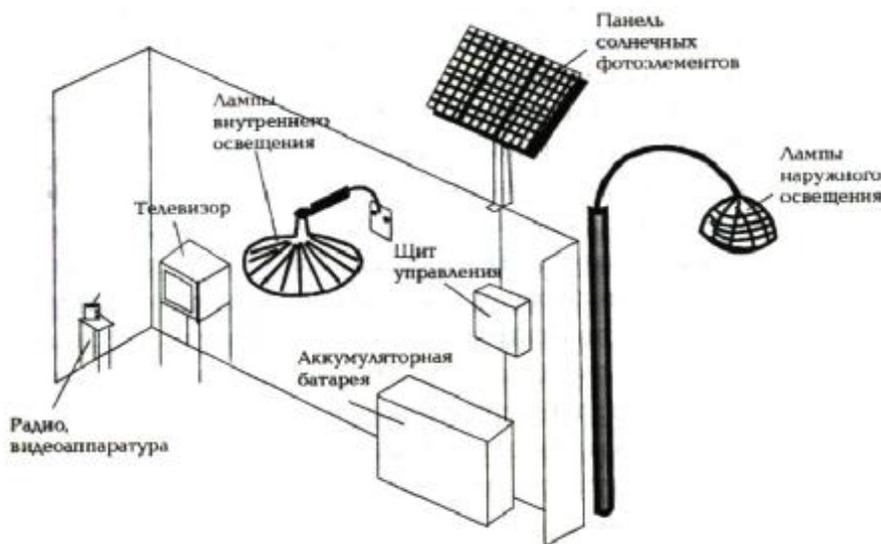


Рис. 3.17. Фотоэлектрическая солнечная установка для энергообеспечения дома в сельской местности.

работающие параллельно с дизельным или газовым генератором.

Практические области применения фотоэлектрического преобразования солнечной

энергии сегодня:

-личное освещение, зарядные устройства, потребительские товары (фотоаппараты, калькуляторы, часы и т.д.);

- электромобили;

- автономные потребители (0,01-10 кВт): насосы, ирригация, холодильники, вентиляторы, аэрация водоемов, мобильные сельскохозяйственные установки, энергообеспечение домов (рис. 3.17), системы телекоммуникации и сигнализации;

- так называемые солнечные дома, имеющие солнечные модули (1-20 кВт) на крышах, объединенные с энергосистемой;

- центральные солнечные станции (50-5000 кВт), снабжающие энергией поселки и небольшие города.

Что касается **крупных электростанций**, то предложено 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, где приниматься приемной антенной (рис. 3.18). Второй вариант предполагает монтаж сборных панелей солнечных фотоэлектрических элементов в малонаселенных и малоиспользуемых пустынных районах Земли. Для реализации этих проектов предстоит провести большой объем научных исследований и решить серьезные научно-технические проблемы.

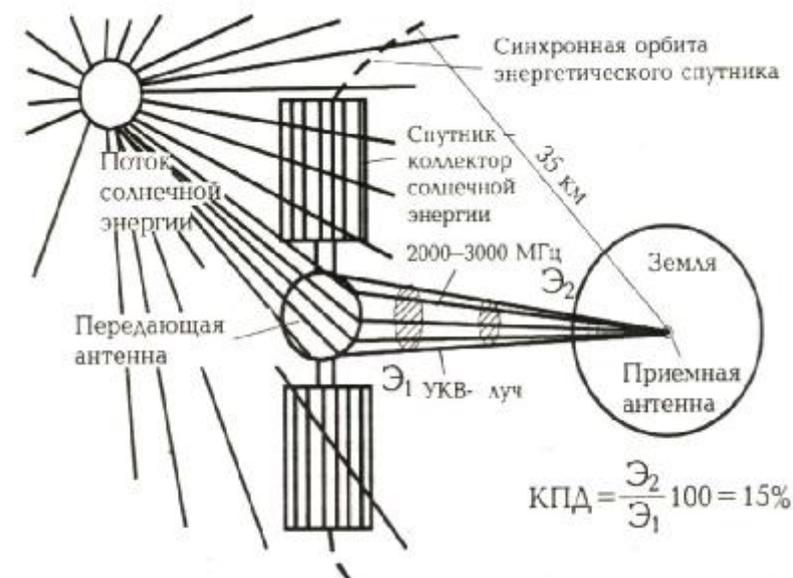


Рис. 3.18. Схема солнечной электростанции на искусственно» спутнике.

Интересны примеры использования солнечной энергии в разных странах. В условиях Великобритании жители сельской местности покрывают потребность в тепловой энергии на 40—50% за счет использования энергии Солнца.

В Германии (под Дюссельдорфом) проводились испытания солнечной водонагревательной установки площадью коллекторов 65 м². Эксплуатация установки показала, что средняя экономия тепла, расходуемого на обогрев, составила 60%, а в летний период — 80—90%. Для условий Германии семья из 4 человек может обеспечить себя теплом при наличии энергетической крыши площадью 6—9 м.

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

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

Наиболее эффективно в странах ЕС солнечные энергоустановки эксплуатируются в Греции, Португалии, Испании, Франции: выработка энергии солнечными энергоустановками составляет соответственно 870 000, 290 000, 255 200, 174 000 МВт ч в год. В целом по Европейскому союзу вырабатывается 185600 МВт ч в год (по данным 1992 г.).

Наибольшей суммарной площадью установленных солнечных коллекторов располагают: США – 10 млн. м², Япония – 8 млн. м², Израиль – 1,7 млн. м², Австралия – 1,2 млн. м².

В настоящее время 1 м² солнечного коллектора вырабатывает электрической энергии: 4,86-6,48 кВт в сутки; нагревает воды в сутки 420-360 л (при 30°С).

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 пашей 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.

3.6. Геотермальные ресурсы

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

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

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

Температурные условия недр территории Беларуси изучены недостаточно. По предварительным данным, наиболее благоприятные условия для образования термальных вод имеются в Припятской впадине. Температура воды на устье скважин составляет 35-50 °С. Относительно низкая температура вод, большая глубина залегания (2000-3000 м), их высокая минерализация (330-450 г/дм³), низкий дебит скважин (100-150 м³/суткн) не позволяют в настоящее время рассматривать термальные воды в качестве заслуживающего внимания источника энергии.

3.7. Твердые бытовые отходы

В жилых и общественных зданиях (школах, вузах, детсадах, магазинах, столовых и т.д.) образуются твердые бытовые отходы (ТБО). Содержание органического вещества в них составляет 40-75%, углеводов – 35-40%, зольность – 40-70%. Количество горючих компонентов в ТБО равно 50-88%. Их теплотворная способность – 800-2000 ккал/кг. Бытовые отходы содержат также трудно разлагаемые химические элементы, в их числе хлорорганические и токсичные. В большой степени ТБО обогащены кадмием, оловом, свинцом и медью.

В мировой практике получение энергии из ТБО осуществляется сжиганием или газификацией. В Японии, Дании, Швейцарии сжигается около 70% твердых бытовых отходов, остальная часть складывается на полигонах или компостируется. В США сжигается около 14% ТБО, в Германии – 30%, Италии – 25%. В Республике Беларусь общий энергетический потенциал ТБО оценивается в 20-23 млн. т.т., из них только 8-10% перерабатывается и исполь-

зуются в производстве. Ежегодно накапливается 2,4 млн. тонн ТБО с потенциальной энергией 470 тыс. т.у.т. Учитывая бедность республики энергетическими ресурсами, необходимо вовлечь ТБО в ее энергопотенциал путем применения прогрессивных технологий, заимствованных из опыта других стран, либо развернуть исследования и создать собственные технологии переработки ТБО.

Ежегодно в республике накапливается 2 млн т твердых **бытовых отходов** (ТБО) в виде бумаги, текстиля, пищевых отходов, дерева, которые вывозятся десятками и сотнями тысяч тонн на городские свалки, занимающие в республике 850 га, и лишь 4 % утилизируются на опытном заводе по переработке отходов в Минске. На одного горожанина в 1999 году приходилось 267 кг бытового мусора. Подсчитано, что в случае утилизации всех ТБО только под Минском может быть получено 220 млн м³ биогаза, что составляет 170 тыс. т у. т в год, а вся потенциальная энергия, заключенная в ТБО, по республике эквивалентна 470 тыс. т.у.т. в год.

Общая оценка. Как видно, общие возможности экономии ТЭР за счет применения нетрадиционных и возобновляемых источников для условий РБ ограничены. Их потенциал оценивается в 8,7-14,9 млн. т.у.т. в год, т.е. около 0,5-1% общих потребностей Беларуси в ТЭР. Основными потребителями возобновляемых энергоресурсов могут стать объекты сельского хозяйства. **Возобновляемые источники энергии могут решать в основном локальные задачи энергообеспечения и служить необходимым дополнением к традиционной энергетике на органическом топливе и ядерной энергетике.** Следует подчеркнуть возможность и важность поиска новых идей, оригинальных решений в области нетрадиционной возобновляемой энергетике. На правительственном уровне в РБ приняты решения, создавшие благоприятные условия для развития нетрадиционных возобновляемых источников энергии, в частности, энергосистема обязана принимать электроэнергию, выработанную ими, и тариф на нее превышает в 2,4 раза среднюю себестоимость по республике.

Контрольные вопросы

1. *Какие виды энергии получают от возобновляемых источников?*
2. *Каковы особенности возобновляемых источников энергии по сравнению с традиционными невозобновляемыми?*
3. *Перечислите нетрадиционные возобновляемые источники энергии, которые могут иметь практическое значение для Республики Беларусь.*
4. *Назовите известные Вам энергетические способы переработки биомассы.*
5. *Дайте определение понятию «искусственная энергетическая плантация».*
6. *Перечислите термохимические методы переработки биомассы.*
7. *Изобразите схему промышленного газогенератора.*
8. *Перечислите биохимические методы переработки биомассы.*
9. *Изобразите схему установки для промышленной переработки отходов животноводства.*
10. *Перечислите известные Вам агрохимические методы переработки биомассы.*
11. *Каковы основные направления развития малой гидроэнергетики в Беларуси?*
12. *Охарактеризуйте возможности использования ветроэнергетических ресурсов в Республике Беларусь.*
13. *Классифицируйте ВЭУ по типу исполнения и ориентации ветровых колес*
14. *Перечислите направления использования солнечной энергии.*
15. *Опишите системы использования солнечной энергии для горячего водоснабжения.*
16. *Дайте определение понятиям «активного и пассивного водоснабжения».*
17. *Изобразите схему воздушной системы солнечного отопления.*
18. *Опишите способы использования солнечной энергии для выработки электроэнергии.*
19. *Охарактеризуйте возможности использования геотермальных ресурсов и твердых бытовых отходов в Республике Беларусь.*

БЛОК 4 ТРАНСПОРТ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ

4.1. Транспортировка первичных 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, больше половины мировых запасов нефти сосредоточено в районах Среднего и Ближнего Востока, а потребление энергоресурсов там в четыре с лишним раза ниже среднемирового.

Несовпадение мест сосредоточения и потребления энергоресурсов вызывает необходимость в транспортировке энергии.

Примерно 30—40% от добытых и предназначенных к полезному использованию первичных энергоресурсов теряется при добыче, транспортировке и хранении.

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 перевозить 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 проводам к удаленным промышленным предприятиям и городам.

Целесообразность передачи на расстояние тех или иных носителей энергии определяется их энергоемкостью.

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.

Передача первичных энергетических ресурсов к преобразующим шергию установкам, в том числе к электростанциям, может осуществляться перевозками по суше и воде или перекачкой по каналам, трубопроводам воды, угля, газа и т.д.

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 в трубах и энергии, идущей на перекачку. Важно объективно соотнести затраты в трубопроводы и в производство электро-

энергии. В электроэнергетике нефть и нефтепродукты используются все меньше в силу ценности их как химического сырья и экологических причин. Эта тенденция в дальнейшем не только сохранится, но и усилится.

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. Проявляется интерес к транспорту угля по трубопроводам в контейнерах и в виде пульп т. е. примерно 50%-ной смеси измельченного угля с водой.

Передача электрической энергии. Более универсальным средством транспорта энергии является электронная - электропередача, которые включают собственно линию электропередачи (ЛЭП), повысительную и понизительную электрические подстанции.

Кроме передачи энергии они осуществляют связи 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-сотни километров, соединяющие мощные электростанции, где концентрированно производится электроэнергия, с крупными центрами энергопотребления.

Распределительные системы. Передача и распределение доставленной электрической энергии осуществляется на более низких напряжениях по распределительным электрическим сетям.

Распределение тепловой энергии осуществляется по тепловым сетям и ограничивается радиусом 5—7 км.

Весьма разветвленными, сложными по структуре системами являются современные нефте- и газораспределительные сети, назначение которых – доставить газ от основной магистрали через газораспределительные пункты, где осуществляется снижение давления газа, и газопроводы к многочисленным потребителям.

4.2. Транспортировка теплоты

Транспортировка преобразованной энергии в виде энергоносителей проводится в большинстве случаев по трубопроводам, что сопряжено, как указывалось выше, с ее потерями на преодоление гидравлического сопротивления. Дополнительная составляющая потеря энергии в виде теплоты присутствует при транспортировке горячих энергоносителей – воды и пара, воздуха и др.

Передача теплоты от источника потребителям осуществляется с помощью **систем теплоснабжения**, которые включают источник, тепловую сеть и потребителей (рис. 4.1).

Наиболее распространенными **источниками тепло снабжения** являются энергетические установки: ТЭЦ, атомные станции теплоснабжения (АСТ) и котельные.

Тепловая сеть включает систему трубопроводов (теплопроводов), по которым теплоноситель (горячая вода или пар) переносит теплоту от источника к потребителям и возвращается обратно к источнику. Потребителями теплоты являются промышленные и коммунально-

бытовые предприятия, жилые, общественные и административные здания. Отпускаемая теплота расходуется на технологические нужды, отопление, горячее водоснабжение, вентиляцию.

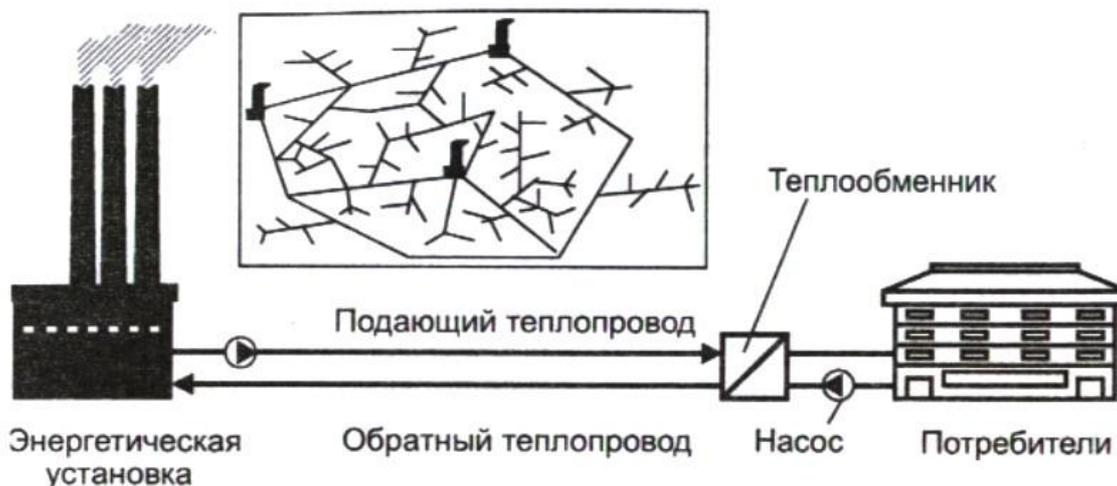


Рис. 4.1. Принципиальная схема централизованного теплоснабжения и тепловой сети

Реальные тепловые сети отличаются чрезвычайной разветвленностью и могут включать несколько источников теплоты - ТЭЦ или котельные. Отдельные магистрали таких сетей связаны перемычками и имеют закольцованные участки, что повышает надежность снабжения теплотой.

Транспортировка теплоты осуществляется с помощью теплопроводов. Современные теплопроводы изготавливаются в заводских условиях и конструктивно включают (рис. 4.2):

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



Рис. 4.2. Схема элемента предварительно изолированного теплопровода

Кроме того, теплопроводы оснащены определителем течи, что позволяет точно устанавливать место повреждения и быстро устранять неисправности. Благодаря пластиковому защитному кожуху и жесткому сцеплению изоляции такие теплопроводы герметичны и выдерживают механические нагрузки со стороны грунта. Данные теплопроводы являются перспективными и прокладываются непосредственно в грунте, что сокращает затраты на их монтаж и эксплуатацию. Они надежны и удобны в обслуживании.

Для сведения тепловых потерь к минимуму при монтаже теплопроводов предусмотрена технология герметизации швов на стыках и других элементов – задвижек, переходников.

Наиболее ответственными элементами являются **трубы**, которые должны быть достаточно прочными и герметичными при максимальных давлениях и температурах теплоносителя, стойкими, с высоким термическим сопротивлением стенок, способствующим сохранению теплоты, неизменностью свойств материала при длительном воздействии высоких температур и давлений.

В настоящее время в системе холодного и горячего водоснабжения все больше применение находят пластмассовые трубы. Срок службы их составляет для холодного водоснабжения – 50, для горячего – 30 лет. Стальные трубы могут служить 7-15, чугунные – 15-20 лет. При этом трудоемкость монтажа пластмассовых труб в 2-3 раза ниже, чем стальных или

чугунных. Они эластичны, устойчивы к коррозии, обладают высокими гидравлическими свойствами и не требуют ухода, сохраняя при этом необходимую чистоту.

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

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

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

Прокладка трубопроводов производится надземным и подземным способами (рис. 4.3). Надземная прокладка применяется при высоком уровне грунтовых и внешних вод, на территории промышленных предприятий, при пересечении оврагов, рек, многоколейных железнодорожных путей. При подземной прокладке трубопроводы размещаются либо непосредственно в грунте (бесканальная прокладка), либо в непроходных, полупроходных и проходных каналах.

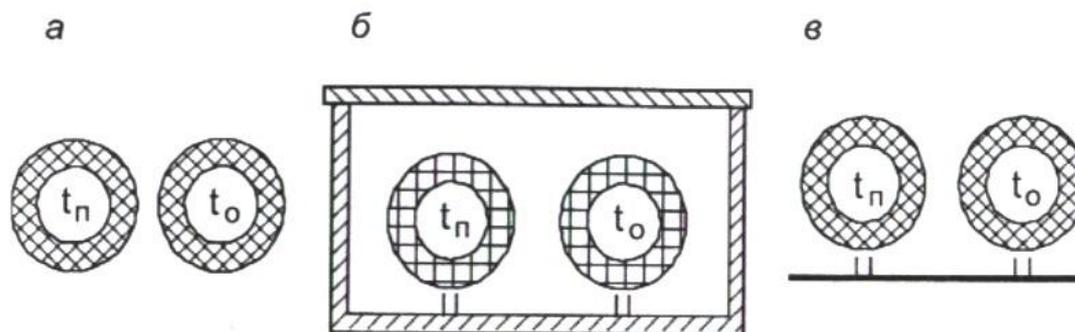


Рис. 4.3. Схемы конструкций типичных теплопроводов замкнутой системы теплоснабжения: а - подземный предызолированный теплопровод с заводской изоляцией из пенополиуретана; б - подземный теплопровод в непроходном канале с изоляцией из минеральной ваты; в - надземный теплопровод

Существующие конструкции трубопроводов при бесканальной прокладке можно разделить на три группы: 1) в монолитных оболочках; 2) засыпные; 3) литые.

В качестве изоляции трубопроводов в монолитных оболочках используется битумперлит, битумкерамзит, другие материалы на битумном вяжущем.

Изготовление изоляционного слоя засыпных трубопроводов производится на трассе трубопровода. Трубы засыпаются асфальтоизолом, нагреваются до 140 ... 150 °С с выдержкой некоторое время при этой температуре, что обуславливает получение трехслойной изоляции.

Литые бесканальные трубопроводы – трубопроводы, предварительно покрытые защитным антикоррозионным слоем (асфальтовой мастикой), монтируются в траншее и заливаются жидкой пенобетонной массой. После затвердения засыпаются грунтом.

В последнее время все более широкое применение при бесканальной прокладке теплотрасс находят предварительно изолированные трубы (ПИ-трубы) и гибкие трубы. ПИ-трубы представляют цельную конструкцию, состоящую из полиэтиленового или металлического

кожуха. Внутри ее находится металлическая стеклопластиковая или полипропиленовая труба, а пространство между грубой и кожухом заполнено теплоизоляционным материалом плотностью более 80 кг/м^3 таким образом, что подающая и защитная труба связаны силовым замыканием. Экономическая эффективность применения таких труб приведена в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Усредненная оценка стоимости прокладки 1 км двухтрубной теплотрассы с различными видами теплоизоляции

Диаметр, мм	Вид теплоизоляции		
	минеральная вата (канал)	армопенобетон (бесканально)	ПИ-трубы (бесканально)
89	95272	88181 (-7%)	78545 (-18%)
159	145089	105300 (-27%)	101400 (-30%)
420	405089	244094 (-40%)	228300 (-44%)

Гибкие трубы (рис. 4.4.) значительно облегчают процесс прокладки трубопровода, а также его стоимость.

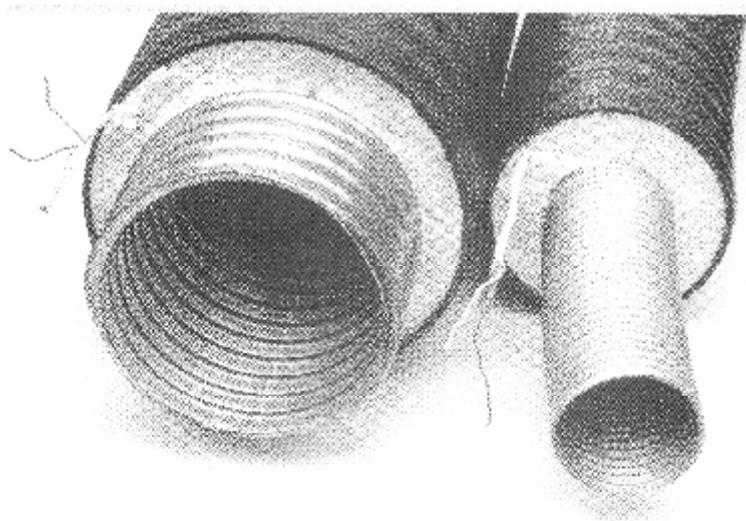


Рис. 4.4. Гибкие теплоизолированные полимерные трубы

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

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

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

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

Непроходные каналы изготавливают из унифицированных железобетонных элементов. Они представляют собой корытообразный лоток с перекрытием из сборных железобетонных плит. Наружная поверхность стен лотка покрывается рубероидом на битумной мастике. В качестве изоляции устраиваются сетки из проволоки. Сверху - антикоррозионный защитный слой, теплоизоляционный слой (минеральная вата или пеностекло), защитное механическое покрытие в виде металлической асбоцементной штукатурки.

Последнее время все более широкое применение получают фасонные теплоизоляционные изделия из пенополиуритана (рис. 4.5), которые отличаются высокими теплоизоляционными свойствами, технологичностью в применении, долговечностью, безопасностью и биохимической устойчивостью, механической прочностью.

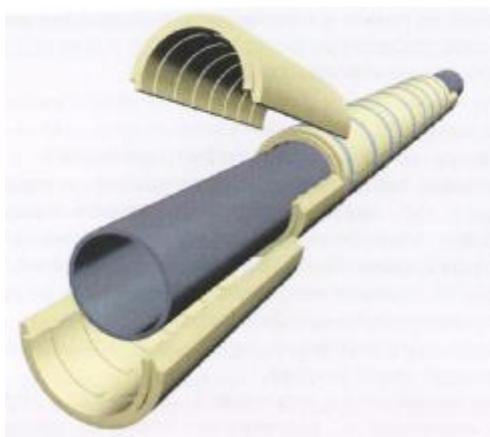


Рис. 4.5. Фасонные теплоизоляционные изделия из пенополиуритана

При транспортировке теплоты имеются **потери** в окружающую среду, величина которых зависит как от разности температур теплоносителя и окружающей среды, так и от качества тепловой изоляции теплопроводов. Основной характеристикой теплоизоляционных материалов является *коэффициент теплопроводности*. Коэффициент теплопроводности зависит от применяемого материала и его влажности; с ростом влажности материала коэффициент теплопроводности увеличивается.

Потери теплоты при транспортировке теплоносителей связаны с их охлаждением, а при использовании пара появляются дополнительные потери, обусловленные конденсацией. В общем случае при транспортировке потери теплоты в окружающую среду можно рассчитать по данным измерений на основе уравнения теплового баланса:

$$Q = Gc_p(t_1 - t_2) + rG_K \quad (4.1)$$

где G - массовый расход однофазного энергоносителя (пар или жидкость), кг/с; c_p — удельная теплоемкость теплоносителя при постоянном давлении, Дж/(кг·К); t_1 и t_2 - температура теплоносителя соответственно на входе и выходе рассматриваемого участка сети; r - теплота конденсации, Дж/кг; G_K - расход сконденсировавшегося теплоносителя, кг/с.

Потери тепловой энергии надземным теплопроводом в окружающую среду можно довольно просто оценить на основании уравнения теплопередачи. При этом тепловой поток удобно отнести к длине теплопровода l . Тогда

$$Q = q_l l = k_l \Delta t l \quad (4.2)$$

где q_l - линейная плотность теплового потока, Вт/(м·°С); k_l - линейный коэффициент теплопередачи, Вт/(м·°С); $\Delta t \cong \bar{t}_T - t_\infty$ - температурный напор, °С; \bar{t}_T - средняя температура теплоносителя на исследуемом участке теплопровода, °С; t_∞ - температура окружающей

среды, °С.

Линейный коэффициент теплопередачи через многослойную стенку предизолированного теплопровода определяется по соотношению

$$k_l = \left(\frac{1}{a_T p D_B} + \frac{1}{2pl} \ln \frac{D_H}{D_B} + \frac{1}{2pl_{II}} \ln \frac{D_{II}}{D_H} + \frac{1}{2pl_K} \ln \frac{D_K}{D_{II}} + \frac{1}{a_\infty p D_K} \right)^{-1} \quad (4.3)$$

где a_T - коэффициент теплоотдачи со стороны теплоносителя, Вт/(м²·К); a_∞ - коэффициент теплоотдачи со стороны воздуха, Вт/(м²·К); l, l_{II}, l_K - коэффициенты теплопроводности соответственно трубы, изоляции и защитного кожуха, Вт/(м·°С); D_B, D_H, D_{II}, D_K - внутренний и наружный диаметры стальной трубы, наружные диаметры изоляции и защитного кожуха, м.

В уравнении (4.3) первый член выражает термическое сопротивление теплоотдачи со стороны теплоносителя, второй – стальной трубы, третий - слоя изоляции, четвертый - защитного кожуха и пятый – теплоотдачи со стороны окружающей среды. В предельном случае, упростив формулу (4.3), можно оценить максимальное значение возможных тепловых потерь, приняв, что коэффициент теплопередачи определяется только термическим сопротивлением многослойной стенки теплопровода:

$$k_l = R^{-1} = \left(\frac{1}{2pl} \ln \frac{D_H}{D_B} + \frac{1}{2pl_{II}} \ln \frac{D_{II}}{D_H} + \frac{1}{2pl_K} \ln \frac{D_K}{D_{II}} \right)^{-1} \quad (4.4)$$

Так например: по чугунному теплопроводу диаметром 60x3,5 мм движется пар с температурой $t_{II} = 325^\circ\text{C}$; коэффициент теплоотдачи от пара к трубе $\alpha_1 = 110$ Вт/(м²·К); окружающий наружный воздух имеет температуру $t_B = 20^\circ\text{C}$; теплопровод изолирован слоем пеношамота толщиной 70 мм; коэффициент теплоотдачи со стороны воздуха $\alpha_2 = 15$ Вт/(м²·К); коэффициент теплопроводности чугуна равен 90 Вт/(м·К), а пеношамота - 0,29 Вт/(м·К).

В соответствии с условием задачи наружный и внутренний диаметры теплопровода и диаметр изоляции соответственно равны: $D_H = 60$ мм, $D_B = 60 - 2 \cdot 3,5 = 53$ мм, $D_{II} = 60 + 2 \cdot 70 = 200$ мм.

Коэффициент теплопередачи находим по формуле (4.3):

$$k_l = \left(\frac{1}{110 \cdot p \cdot 0,06} + \frac{1}{2p \cdot 90} \ln \frac{60}{57} + \frac{1}{2p \cdot 0,29} \ln \frac{200}{60} + \frac{1}{15 \cdot p \cdot 0,2} \right)^{-1} = 1,225 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{град})$$

Удельные потери теплоты теплопроводом

$$q_l = k_l (t_{II} - t_B) = 1,225 (325 - 20) = 374 \text{ кВт}/\text{м}$$

При транспортировке теряется значительное количество теплоты. В отдельных случаях эти потери достигают 50 %. Это связано с неудовлетворительной тепловой изоляцией и утечкой теплоносителя. Особенно большие потери могут происходить в технологических теплопроводах с большим уровнем температур и образованием конденсата. При конденсации пара дополнительно выделяется значительное количество теплоты за счет фазового перехода, а в горизонтальных трубах также увеличиваются потери давления на прокачку теплоносителя.

Для уменьшения потерь теплоты в окружающую среду можно рекомендовать следующее:

- применять теплопроводы с высокими теплоизоляционными свойствами;
- понижать уровень температур теплоносителя без ущерба для потребителя;
- при возможности заменять технологический пар горячей водой;
- своевременно с помощью конденсатоотводчиков удалять конденсат из паропроводов;
- ликвидировать утечки теплоносителя;
- использовать гибкие системы регулирования отпуска и распределения теплоты.

4.3. Теплоносители

Теплоносителем называют вещество, служащее для доставки теплоты от источника к потребителю. Таким образом, доставка теплоты неразрывно связана с переносом массы самого теплоносителя, а для осуществления подвода и отвода теплоты необходимы, по крайней мере, два теплообменника.

К веществам, используемым в качестве теплоносителей, предъявляют ряд специфических требований. Теплоноситель должен быть удобен для транспортировки от источника тепловой энергии к потребителю. С этой точки зрения наиболее подходят жидкие и газообразные теплоносители, которые можно транспортировать по трубопроводам. Единицей объема теплоносителя должно переноситься максимальное количество теплоты. Следовательно, удельная (на единицу массы) энтальпия теплоносителя у источника и потребителя должна изменяться максимально, насколько это возможно, а плотность теплоносителя должна быть наибольшей. Выполнение этих условий обеспечивает минимальный объемный расход теплоносителя, т. е. позволяет уменьшить сечение трубопровода, по которому он движется, а также уменьшить скорость движения. В конечном итоге снижаются капитальные затраты на строительство теплотрассы и расходы на ее эксплуатацию.

Максимальное изменение энтальпии теплоносителя возможно в том случае, когда в процессе подвода и отвода теплоты будет изменяться его агрегатное состояние, а теплота фазового перехода будет наибольшей. Если агрегатное состояние не изменяется, теплоноситель должен иметь максимальную удельную (на единицу массы) теплоемкость. Теплоноситель должен также иметь минимальную вязкость. Выполнение этого требования совместно с выполнением требования максимальной плотности позволяет добиться минимальных гидравлических потерь при движении теплоносителя и, следовательно, снизить затраты энергии на его транспортировку.

В процессе подвода и отвода теплоты должны быть обеспечены **максимальные значения коэффициента теплоотдачи**. Выполнение этого требования позволяет уменьшить площадь поверхности теплообменных аппаратов, а в конечном счете снизить их стоимость и эксплуатационные расходы. Теплоноситель должен позволять производить **доставку теплоты на необходимом температурном уровне**. Соблюдение этого требования необходимо для достижения рабочей температуры в потребителе теплоты. Теплоноситель **должен позволять регулировать уровень температуры**. Выполнение этого условия дает возможность регулировать температурный режим потребителя теплоты. Рабочее **давление теплоносителя по возможности должно быть близко к атмосферному**. Это позволяет уменьшить толщину стенок трубопроводов, теплообменных аппаратов, упростить конструкцию уплотнительных устройств. Теплоноситель должен быть **термостойким**, т. е. не разлагаться при рабочих температурах. В противном случае продукты разложения будут загрязнять поверхности теплообмена и трубопроводов. Теплоноситель должен иметь **низкую химическую активность**. Выполнение этого условия позволяет при изготовлении трубопроводов, теплообменников и других элементов использовать дешевые конструкционные материалы. Теплоноситель должен быть **нетоксичен** или по крайней мере, иметь минимальную токсичность. Единственными нетоксичными теплоносителями являются вода, водяной пар и воздух. Все остальные теплоносители в большей или меньшей степени токсичны. Применение нетоксичных теплоносителей позволяет меньше опасаться их утечки, что значительно удешевляет уплотнительные устройства, существенно облегчает выполнение ремонтных работ. Теплоноситель должен быть **сравнительно дешевым и доступным**. Выполнение этого требования дает возможность снизить капитальные затраты и эксплуатационные расходы.

Ни одно из известных веществ не может в полной мере удовлетворить всем перечисленным требованиям. Какие бы два вещества ни сравнивались при оценке их в качестве теплоносителей, у каждого из них будут свои преимущества и недостатки. Поэтому при выборе теплоносителя надо исходить из того, что он должен, во-первых, отвечать самым необходимым требованиям и, во-вторых, совокупности всех требований, предъявляемых: к теп-

лоносителям в целом.

К основным теплоносителям относятся следующие вещества.

Вода широко используется в качестве теплоносителя, особенно для отопления. К преимуществам воды как теплоносителя следует отнести ее высокую плотность, удельную теплоемкость, сравнительно низкую вязкость, высокие значения коэффициента теплоотдачи, низкую химическую активность, нетоксичность, дешевизну и доступность, возможность регулирования уровня температуры. Недостатком воды является ограниченный верхний уровень температуры (при обычно используемых на производстве давлениях до 150°C). Подогрев воды осуществляется в специальных водогрейных котлах, в нагревательных установках, ТЭЦ и котельных. Горячую воду, как правило, транспортируют по трубопроводам на расстояния до 20 км. При этом снижение температуры воды в хорошо теплоизолированном трубопроводе не превышает 1°C на 1 км.

Водяной пар – самый распространенный теплоноситель для производственных целей. Его преимуществами являются высокая теплота парообразования, высокие значения коэффициента теплоотдачи при кипении воды и при конденсации пара, возможность поддержания постоянного режима теплоиспользующего оборудования благодаря постоянству температуры при конденсации, нетоксичность, доступность. Водяной пар имеет сравнительно невысокую вязкость и приемлемую плотность. Основным его недостатком является ограниченный верхний предел температуры. Для повышения температуры насыщенного пара необходимо значительно повышать давление. Например, абсолютному давлению 0,2 МПа соответствует температура насыщенного пара 120°C, давлению 0,5 МПа — температура 152°C, давлению 1 МПа — температура 180° С. Подача перегретого пара в рекуперативные теплообменники нецелесообразна, так как теплота перегрева мала по сравнению с теплотой парообразования. В текстильной промышленности для теплоснабжения оборудования обычно используют пар давлением 0,3–0,4 МПа и только в редких случаях, когда необходимо получить повышенную температуру, до 0,8 МПа. Так как давление пара, полученного в парогенераторах, обычно выше, пар дросселируют до необходимого давления и лишь после этого направляют в паропровод. Транспортировку пара осуществляют, как правило, на расстояния до 5 км.

Топочные газы используют в качестве греющего теплоносителя в большинстве случаев на месте их получения для непосредственного нагревания материалов и изделий, качество которых не зависит от загрязнения продуктами сгорания. Преимуществом топочных газов является возможность их получения непосредственно у аппаратов, теплоснабжение которых они обеспечивают. При этом отпадает необходимость в теплотрассе, промежуточных теплообменниках, уменьшается металлоемкость теплоиспользующего оборудования. Применение топочных газов позволяет достичь любого практически необходимого уровня температуры и тем самым повысить производительность тепло-технологических установок. К недостаткам топочных газов следует отнести их низкую плотность и теплоемкость, низкие значения коэффициента теплоотдачи, способность загрязнять поверхность теплообмена, пожароопасность, токсичность.

Горячий воздух в технологии текстильного производства используют для сушки материалов, где он служит для доставки теплоты к материалу и уноса испарившейся влаги. К преимуществам горячего воздуха относятся его нетоксичность и доступность. В связи с этим он, как правило, в конце цикла выбрасывается непосредственно в атмосферу. Недостатками воздуха как теплоносителя являются низкие плотность и удельная теплоемкость, низкие значения коэффициента теплоотдачи. Перечисленные недостатки затрудняют процесс теплообмена, а также ограничивают расстояние возможной транспортировки воздуха.

Высокотемпературные теплоносители используют тогда, когда температурный уровень подвода теплоты в теплоиспользующей установке не может быть обеспечен перечисленными выше теплоносителями. Повышение температуры применяют в тех случаях, когда необходимо увеличить скорость протекания физико-химических процессов в технологических аппаратах. Ряд процессов без использования повышенных температур просто невоз-

можно осуществить. Примером такого процесса может служить выпаривание высококипящих растворов. В табл. 4.1 приведены некоторые характеристики наиболее часто используемых высокотемпературных теплоносителей.

Табл. 4.1

Характеристики некоторых высокотемпературных теплоносителей

Теплоноситель	Химическая формула	Температура, °С	
		отвердения	кипения при атмосферном давлении
Минеральные масла	–	0–15	215
Нафталин	$C_{10}H_8$	80,2	218
Дифенил	$C_{12}H_{10}$	69,5	255
Дифениловый эфи	$(C_{10}H_8)O_2$	27	259
Дефениловая смесь (ВОТ)	26,5% дифенила и 73,3% дифенилового эфира	12,3	258
Глицери	$C_3H_5(OH)_3$	– 17,9	290
Кремнийорганические соединения (тетракрезил-оксисилен и др.)	$(CH_3C_6H_4O)_4$	– (30...40)	440
Нитритнитратная смесь	7% $NaNO_3$ 40% $NaNO_2$ 53% KNO_3	143	Выше 550
Натрий	Na	97,8	883

Все высокотемпературные теплоносители в большей или меньшей степени токсичны. Некоторые из них, например глицерин, не являются токсичными при комнатных температурах, но при повышенной температуре разлагаются на токсичные соединения. Использование высокотемпературных теплоносителей предъявляет повышенные требования к герметичности теплообменной аппаратуры, трубопроводов, арматуры, надежности уплотнительных устройств.

При конструировании и расчете теплообменного аппарата возникает необходимость выбора скорости движения теплоносителей в элементах конструкции. Повышение скорости теплоносителя приводит к увеличению интенсивности теплообмена, но вызывает и повышение гидравлических потерь. Рекомендуемые значения скорости различных теплоносителей, полученные на основе опыта конструирования и эксплуатации теплообменных аппаратов, даны в табл. 4.2.

Табл. 4.2

Рекомендуемые значения скорости некоторых теплоносителей

Теплоноситель	Скорость, м/с	Теплоноситель	Скорость, м/с
Маловязкие жидкости (вода, бензин, керосин)	0,5–3	Газы под давлением (до десятков МПа)	До 15–20
Вязкие жидкости (масла, растворы солей)	0,2–1	Насыщенный водяной пар	30–50
Запыленные газы при атмосферном давлении	6–10	Перегретый водяной пар	30–75
Незапыленные газы при атмосферном давлении	12–16		

4.4. Транспортирование электрической энергии

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

К **основному оборудованию**, производящему и распределяющему электроэнергию, относятся:

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

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

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

Электроэнергетическая (электрическая) система – это совокупность электрических частей электростанции, электрических сетей и потребителей электроэнергии, связанных общностью режима и непрерывностью процесса производства, распределения и потребления электроэнергии. Электрическая система – часть энергосистемы, за исключением тепловых сетей и тепловых потребителей. Электрическая сеть – совокупность электроустановок для распределения электрической энергии, состоящая из подстанций, распределительных устройств, воздушных и кабельных линий электропередачи. По электрической сети осуществляется распределение электроэнергии от электростанций к потребителям. Линия электропередачи (воздушная или кабельная) – электрическая линия, выходящая за пределы электростанции или подстанции и предназначенная для передачи электрической энергии на расстояние.

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

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

Классификация *электрических сетей* может осуществляться по роду тока, номинальному напряжению, выполняемым функциям, характеру потребителя, конфигурации схемы сети и т. д. По роду тока различаются сети переменного и постоянного тока: по напряжению – сверхвысокого ($U_{ном} > 330$ кВ), высокого ($U_{ном} = 3 \dots 220$ кВ), низкого ($U_{ном} < 1$ кВ) напряжения. По конфигурации схемы сети делятся на замкнутые и разомкнутые.

По выполняемым функциям различаются системообразующие, питающие и распределительные сети. Системообразующие сети напряжением 330-1150 кВ осуществляют функ-

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

Питающие линии предназначены для передачи электроэнергии от подстанции системообразующей сети и частично от шин 110-120 кВ электростанций центрам питания распределительных сетей – районным подстанциям.

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

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

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

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

Потери в электрической сети.

Передачу электроэнергии можно осуществлять при напряжении, вырабатываемом источником, согласованным с потребителем, или изменяя напряжение в линии электропередачи (ЛЭП) с помощью трансформаторов (рис. 4.6).

Рассмотрим оба случая передачи электроэнергии, полагая, что полезная нагрузка P , обусловленная сопротивлением потребителя R_H , остается постоянной и передается при сопротивлении цепи $R = \text{const}$.

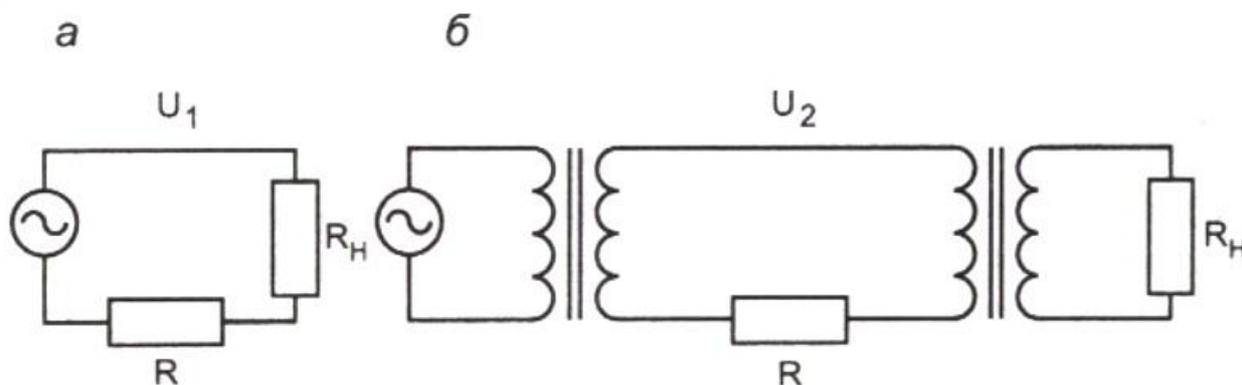


Рис. 4.6. Система передачи электроэнергии без повышения напряжения (а) и с повышением напряжения (б) в линии электропередачи

В основе анализа лежат закон Ома и формула для расчета мощности участка цепи:

$$I=U/R \quad (4.4)$$

$$P=IU \quad (4.5)$$

При принятых допущениях полезная мощность, передаваемая источником потребителю в обеих схемах, равна

$$P=I_1U_1 \quad (4.6)$$

$$P=I_2U_2 \quad (4.7)$$

где индексы 1 и 2 соответственно относятся к схемам а и б на рис. 4.6.

Потери энергии в обеих схемах, напротив, различаются:

$$P_1^n = I_1^2 R \quad (4.8)$$

$$P_2^n = I_2^2 R \quad (4.9)$$

Относительная величина потерь

$$P_1^n / P_2^n = I_1^2 R / I_2^2 R = I_1^2 / I_2^2 \quad (4.10)$$

Откуда

$$P_1^n / P_2^n = (P/U_1)^2 / (P/U_2)^2 = U_2^2 / U_1^2 \quad (4.11)$$

Таким образом, потери при передаче электроэнергии обратно пропорциональны квадрату напряжения. По этой причине в линиях электропередачи используются высокие напряжения, которые в настоящее время достигают 750-1150 кВ. Это позволяет без существенных потерь передавать электроэнергию на большие расстояния по проводам небольшого сечения, что также приводит к косвенной экономии энергии за счет снижения материалоемкости ЛЭП.

Наличие трансформаторов в передающих и распределительных системах переменного тока приводит к возникновению дополнительного индуктивного сопротивления X_L и дополнительным потерям за счет реактивной мощности Q (рис. 4.7).

Паразитную реактивную мощность можно уменьшить, последовательно включив в цепь емкостное сопротивление X_C в виде батареи конденсаторов. Это следует из векторного характера рассматриваемых параметров (рис. 4.7). Полная мощность S зависит от коэффициента (косинуса угла ϕ), показывающего степень запаздывания тока от напряжения:

$$S = \frac{P}{\cos j}, \quad \cos j = \frac{P}{S} = \frac{R}{Z}. \quad (4.12)$$

Потребителями реактивной мощности наряду с активной кроме трансформаторов являются электродвигатели, сварочные аппараты, индукционные электропечи, флюоресцентные лампы и другое электротехническое оборудование.

Составляющая реактивной мощности всегда присутствует в цепях переменного тока, содержащих катушки или обмотки, за счет ЭДС самоиндукции. Как и в рассмотренном случае с трансформатором, ее можно уменьшить введением емкостного сопротивления.

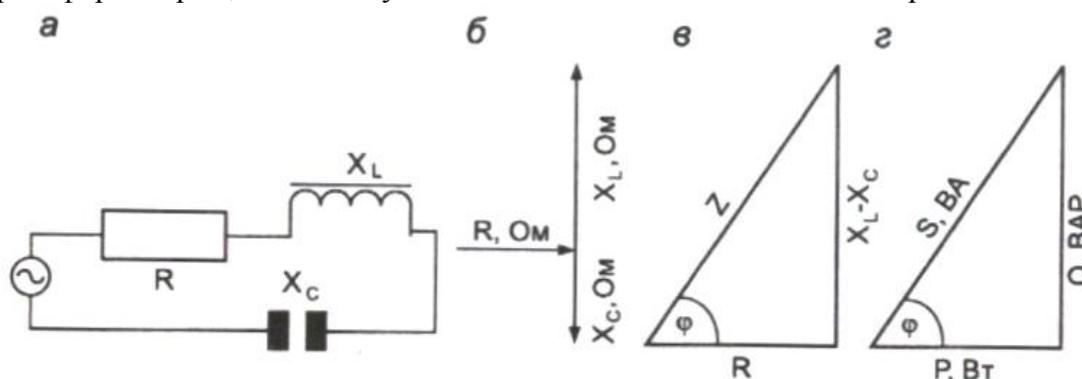


Рис. 4.7. Определение полной мощности и сопротивления в цепи переменного тока: а - электрическая цепь; б - векторный характер последовательного соединения сопротивлений; в - треугольник сопротивлений; г - треугольник мощностей

Пример. Электрическая цепь переменного тока содержит последовательно включенные активное сопротивление $R=80$ Ом и индуктивное сопротивление $X_L = 100$ Ом. Для компенсации реактивной мощности в цепь добавлено емкостное сопротивление

$X_C = 40$ Ом. Напряжение в цепи осталось без изменения и равно $U=110$ В.

Определить, на какую величину изменилась потребляемая мощность.

Решение. Сопротивление цепи с активным и индуктивным сопротивлением

$$Z_1 = \sqrt{R^2 + X_L^2} = 128,1 \text{ Ом}$$

Сопротивление цепи с активным, индуктивным и емкостным сопротивлением

$$Z_2 = \sqrt{R^2 + (X_L^2 - X_C^2)} = 100 \text{ Ом}$$

Потребляемая полная мощность:

$$S = \frac{P}{\cos j} = \frac{U^2}{R} \cdot \frac{Z}{R}$$

Первоначальная потребляемая мощность равна 242,1 Вт, а после установки емкостного сопротивления - 189 Вт. Таким образом, потребляемая мощность уменьшилась на 53,1 Вт.

Активная, реактивная и полная мощности связаны с соответствующими напряжениями и током в электрической цепи:

$$P = U_a I; \quad Q = U_r I; \quad S = UI$$

где U_a - активное (обычное) падение напряжения; U_r - реактивное падение напряжения; U — полное падение напряжения в цепи.

Снижение потерь в линиях электропередачи может быть также достигнуто использованием постоянного тока или сверхпроводников. В первом случае требуются мощные преобразователи напряжения. Опытная эксплуатация таких линий показала их высокую стоимость и нерентабельность по сравнению с традиционными системами передачи электроэнергии. Во втором случае эксплуатация сверхпроводника ЛЭП требует криогенных систем, что еще выше по стоимости.

Контрольные вопросы

1. Назовите известные Вам критерии выбора места расположения электростанций.
2. Как осуществляется транспорт нефти и нефтепродуктов?
3. Как осуществляется транспорт угля?
4. Как осуществляется транспорт газа?
5. Из каких основных элементов состоит система теплоснабжения?
6. С помощью чего осуществляется транспорт теплоты?
7. Какие материалы используются для тепловой изоляции трубопроводов?
8. Перечислите известные Вам способы прокладки трубопроводов?
9. Дайте определение понятию «ПИИ-труба».
10. От чего зависят потери тепла при транспортировке теплоты?
11. От чего зависит линейный коэффициент теплопередачи через многослойную стенку?
12. Какие мероприятия применяют для уменьшения потерь теплоты в окружающую среду при транспортировке теплоносителя?
13. Дайте определение понятию «теплоноситель».
14. Какими требованиями должен обладать идеальный теплоноситель и чем они обусловлены?
15. Охарактеризуйте воду и водяной пар, как теплоносители.
16. Дайте характеристику горячему воздуху и топочным газам, как теплоносителям.
17. Для чего используются высокотемпературные теплоносители?
18. Какое оборудование производящее и распределяющее электроэнергию Вам известно?
19. Определите понятие «электрическая сеть».
20. Как определить величину потерь при передаче электроэнергии?

БЛОК 5

ЦЕНЫ И ТАРИФЫ НА ЭНЕРГОРЕСУРСЫ. ЦЕНОВОЕ И ТАРИФНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ. НОРМИРОВАНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ. ПОТЕНЦИАЛ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

5.1. Понятие тарифа. История тарифообразования на энергоносители РБ

Ключевым звеном в экономическом механизме стимулирования энергосбережения является система тарифов на энергоносители. Общий принцип тарифообразования в условиях регулируемой рыночной экономики заключается в соответствии тарифов на энергоносители и цен на топливо для всех категорий потребителей (промышленность, транспорт, энергетика, сельское хозяйство, коммунально-бытовой сектор) фактическим затратам на производство и транспорт всех видов энергоносителей. С одной стороны, система тарифов служит важным элементом системы управления энергосбережением, с другой – средством государственного регулирования взаимоотношений поставщиков и потребителей энергии для реализации энергетической политики.

Термин «*тарифы*» происходит от арабского «тариф», что переводится как «обозначение», «определение» и означает систему ставок, по которым взимается плата за услуги производственного и потребительского назначения как за продукцию, которая относится к особому рода потребительской стоимости, доставляемой трудом, оказывающим услугу не только в вещественной форме, но прежде всего в форме деятельности. Тарифы, в том числе на электрическую и тепловую энергию, воду, газ, являются разновидностью монопольной цены, отличаются от цен на вещественную продукцию относительно большей устойчивостью и более сложным дифференцированием ставок, в большей степени подвержены государственному регулированию. Тарифы, как и цены, представляют собой денежное выражение стоимости и продукции и призваны возмещать сумму всех затрат предприятия на производство и продажу продукции, обеспечивая прибыль.

В СССР в доперестроечные времена, в эпоху дешевых энергоресурсов и безусловной монополии их поставщиков, применялись весьма примитивные тарифы, не отражавшие фактических затрат на производство и доставку энергоресурсов, не стимулировавшие ни производителей, ни потребителей к их эффективному использованию. Доля затрат на ТЭР в себестоимости продукции промышленного производства (энергетическая составляющая) составляла 5-7% и далеко не отражала их действительную стоимость. Низкая плата населения за коммунальные услуги обеспечивалась значительными необоснованными дотациями из государственного бюджета. Таким образом, действовавшая система тарифов способствовала энергозатратному характеру экономики. Экономический кризис 90-х гг. в странах СНГ, вызванный разрывом производственных связей между бывшими республиками, изменением социально-экономических отношений в них, привел к энергетическому кризису, одним из признаков которого является отсутствие системы тарифов, отвечающей стабильному развитию и прогрессу экономики.

В Беларуси цены на энергоносители резко возросли. Сложилась порочная 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.

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

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

- льготные тарифы не способствуют рациональному энергосбережению и приводят к расточительному потреблению электроэнергии;
- повышение себестоимости промышленных товаров приводит к потере ценовой конкурентоспособности белорусских товаров на внешнем рынке;
- увеличение тарифов для промышленных предприятий сокращает доходную часть бюджета, поскольку уменьшается основная часть налогообложения предприятий - прибыль.

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 при увеличении цены.

5.2. Виды системы тарифов на электроэнергию

Основными видами системы тарифов на электроэнергию являются:

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

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

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

Одноставочный тариф стимулирует потребителя сокращать непроизводительный расход электроэнергии, создавать наиболее рациональные системы электроснабжения и режимы работы энергоприёмников, так как это позволяет снизить издержки данного предприятия. Однако отсутствие дифференциации стоимости электроэнергии по времени суток не стимулирует потребителя снижать нагрузку в часы максимума и повышать в часы ночных провалов, т. е. не способствует выравниванию графика нагрузки ЭЭС, а следовательно, и снижению затрат на производство электроэнергии.

Двухставочный тариф с основной ставкой за мощность присоединённых электроприёмников предусматривает плату (Π) за суммарную мощность присоединённых электроприёмников (P_n) и плату за потреблённую электроэнергию (W), кВт•ч, учтённую счётчиками:

$$\Pi = a P_n + bW,$$

где a - плата за 1 кВт (или кВт·А) присоединённой мощности; b - плата за 1 кВт·ч потреблённой электроэнергии.

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

Общая установленная мощность электрооборудования в отраслях промышленности превышает установленную мощность электростанций и с каждым годом возрастает. Это определяется широкой электрификацией технологических процессов, использованием индивидуальных электроприводов и электроаппаратов. Для рационализации систем электроснабжения и снижения потерь энергии в них принимается децентрализация распределения, трансформации, преобразования и коммутации электроэнергии, которая осуществляется применением глубоких вводов питающих линий, позволяющих трансформировать и преобразовывать энергию на рабочее напряжение непосредственно у электроприёмника. При этом сокращаются ступени трансформации. Разукрупнение подстанций уменьшает токи, что, в свою очередь, приводит к снижению потерь энергии. Однако децентрализация трансформации, как правило, приводит к возрастанию суммарной мощности трансформаторов, установленных на подстанциях глубоких вводов, по сравнению с мощностью трансформаторов, необходимой при централизованной трансформации.

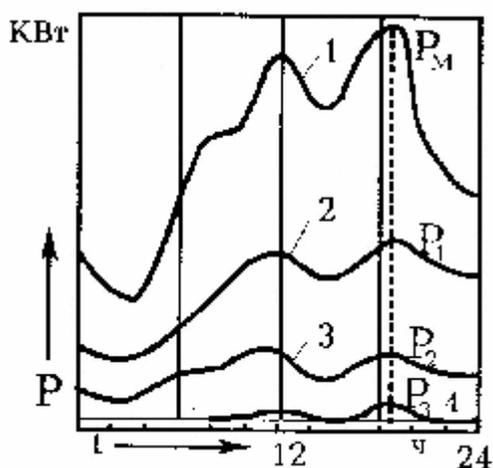


Рис. 5.1. Суточные графики нагрузки энергосистемы и ее потребителей

Двухставочный тариф с оплатой максимальной нагрузки предусматривает плату как за максимальную нагрузку (P_{max} , кВт) потребителя (основная ставка), так и за потреблённую электроэнергию (W , кВт·ч), учтённую счётчиками;

$$\Pi = a P_{max} + bW,$$

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

Для объяснения смысла основной ставки тарифа рассмотрим рис. 5.1, на котором даны суточные графики нагрузки энергосистемы (1) и питающихся от нее крупных потребителей (2,3,4). Точка P_M (кВт) определяет максимум нагрузки ЭЭС, а точки P_1 , P_2 , P_3 — мощности соответствующих потребителей, участвующих в максимуме, за которые взимается плата по основной ставке.

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

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

$$\Pi = a P_{max} + (W - W_{min}) b_2 + W_{min} b_1,$$

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

При таком тарифе потребитель свободен в выборе наиболее рациональной схемы электроснабжения предприятия, заинтересован снижать мощность, участвующую в максимуме ЭЭС (поскольку соответственно снижаются его затраты), и стремится сокращать непроизводительный расход электроэнергии. Уменьшение максимума нагрузки и смещение потребле-

ния в другую часть графика выравнивают график и, следовательно, снижают стоимость вырабатываемой электроэнергии.

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

Плата за электроэнергию при применении этого вида тарифа

$$\Pi = W_1 b_1 + W_2 b_2 + W_3 b_3 = W_1 b_1 + (W - W_1 - W_3) b_2 + W_3 b_3$$

где W_1 - энергия, потреблённая в часы ночного провала графика нагрузки ЭЭС; W_2 - энергия, потреблённая в часы полупиковой нагрузки; W_3 - энергия, потреблённая в часы максимума ЭЭС; $W = W_1 + W_2 + W_3$ - общее потребление энергии.

Рациональное использование ТЭР стимулируется установлением сезонных цен на природный газ и сезонных тарифов на электрическую и тепловую энергию. Тарифы дифференцированы в зависимости от времени суток и дней недели. Например, с целью снижения пиковых нагрузок в дневное время устанавливаются более низкие нормы тарифа на электроэнергию.

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

5.3. Тарифы на природный газ и тепловую энергию

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

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

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

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

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

Тепловая энергия в Республике Беларусь продаётся по одноставочному тарифу. Тариф дифференцируется по энергосистемам и параметрам отпускаемой тепловой энергии (отборный, острый и редуцированный пар). При понижении параметров отпускаемой тепловой энергии уменьшается её потребительская ценность. Это ведёт к снижению тарифа.

Стоимость тепловой энергии в паре и горячей воде определяется тарифами за 1 Гкал согласно паспортным параметрам котлов или отборов турбин на коллекторе ТЭЦ (котельной). При этом количество тепловой энергии в паре, поступающем потребителю, определяется как произведение весового количества пара на его теплосодержание, обусловленное договором при установленных параметрах пара, и учитывается на границе раздела тепловых сетей энергоснабжающей организации и потребителя. Граница раздела определяется по балансовой принадлежности тепловых сетей.

На тепловую энергию тарифы устанавливаются с учётом возврата конденсата. За невозвращённый конденсат потребитель должен платить дополнительно (на 10-20 % больше). Стимулирование потребителей к возврату конденсата является одним из путей решения задач энергосбережения.

5.4. Регулирующая роль государства

В Республике Беларусь взят стратегический курс на создание регулируемой рыночной экономики. Так как государство обладает естественной монополией на энергоснабжение, то оно и устанавливает тарифы на энергию. При этом *основными принципами* являются следующие:

- соответствие тарифов реальным затратам на получение и доставку ТЭР,
- учет экономических интересов производителей и потребителей энергии,
- создание условий для конкуренции между энергоснабжающими организациями, которая способствует снижению тарифов.

В этой связи предстоит решить три основных аспекта тарифной проблемы в Беларуси:

- построить систему тарифов на энергоносители, соответствующую формирующимся рыночным отношениям в энергоснабжении, с механизмом адаптации ее к их изменениям.
- осуществлять государственное регулирование тарифов,
- устранить практику перекрестного субсидирования и обеспечить в сфере энергоснабжения социальную защиту низкооплачиваемых слоев населения.

Тарифы на тепло- и электроэнергию предполагается определять в условиях свободы экономической конкуренции между производителями энергии на основе рыночного механизма взаимодействия цены и спроса на энергопродукцию. В республике в качестве конкурентов энергосистемы выступают:

- по производству тепловой энергии - промышленные и отопительные котельные и местные теплогенераторы,
- по производству электроэнергии - небольшие промышленные ТЭЦ, создаваемые на предприятиях, на которых используются экономичные газотурбинные и паротурбинные установки, работающие по теплофикационному циклу; кроме того, импорт электроэнергии из России, Литвы, Украины, Польши.

Так что, существует вполне определенный интервал, в котором государственная энергосистема может регулировать тарифы в интересах своего развития и наибольшей прибыли и обеспечивать при этом сохранение лидирующего положения на рынке энергии. Верхняя граница этого интервала определяется стоимостью производства энергии вышеназванными альтернативными энергоисточниками. Нижняя граница – рентабельностью ЭС при обеспечении нормативных удельных расходов топлива, потерь энергии при ее транспорте и затрат на эксплуатацию энергоисточников и энергосетей.

В чем же может проявляться государственное регулирование тарифов? Регулирующая роль государства заключается в создании конкурентной среды между производителями энергии и стимулировании как производителей, так и потребителей энергии на энергосбережение.

Государство, регулируя тарифы, управляет процессами *централизации и децентрализации энергоснабжения* путем выбора и допуска на рынок энергии альтернативных энергоисточников - конкурентов энергосистеме. Например, стоимость производства тепловой энергии

на действующих котельных, новых котельных, построенных за счет средств потребителя, и новых котельных, построенных на заемные средства, различна и возрастает в порядке перечисления. Устанавливая ограничения тарифов на тепловую энергию для той или иной категории котельных, можно регулировать масштабы строительства новых котельных, скрытие существующих, рост централизации теплоснабжения от ЭС. Регулирование тарифов позволяет также предупредить массовое использование электроэнергии для целей теплоснабжения.

Существует критическое *соотношение тарифов на тепловую и электрическую энергию*, которое не должно превышать, так как потребителю становится выгодно использовать электроэнергию для отопления. Это недопустимо: КПД преобразования топлива в тепловую и электрическую энергию соответственно равен 85-93% и 30-39%, следовательно, будет происходить перерасход ПЭР в 2,5-3 раза при больших выбросах вредных веществ в атмосферу.

Государство может установить *льготные энергетические тарифы* для отдельных предприятий, продукция которых пользуется спросом на внешнем рынке, тем самым повысить ее конкурентоспособность за счет снижения энергетической составляющей в себестоимости продукции.

Устанавливая энергетические тарифы, государство может использовать их как мощный экономический инструмент для реализации своей энергетической политики. В зависимости от соотношения тарифов и стоимости производимой энергии энергоисточники оказываются конкуренто- или неконкурентоспособными на энергетическом рынке. Соотношение тарифов на тепловую и электрическую энергию, их внутренняя структура влияют на развитие комбинированного производства тепловой и электрической энергии, т. е. дальнейшее ускорение теплофикации в республике. Тарифы на тепловую энергию, отпускаемую с ТЭЦ, дифференцированы по территории республики с учетом доли теплофикации по областям. Предлагается также дифференцировать их в зависимости от энергетической ценности тепловой энергии (давления отбираемого пара или температуры сетевой воды), чтобы стимулировать потребителей к снижению давления потребляемого пара и более глубокому использованию теплоты обратной сетевой воды.

Дифференциация тарифов на электроэнергию по зонам графика электрической нагрузки стимулирует потребителей к снижению потребления в период максимума нагрузки ЭС, т.е. выравниванию графика. При этом обеспечивается экономический эффект благодаря снижению затрат, которые были бы необходимы на прирост установленной мощности в ЭС, и оптимизации функционирования электростанций в ЭС за счет снижения расхода топлива и использования более экономичных энергоустановок для покрытия нагрузок.

В статье 20 Закона «Об энергосбережении» записано: «В целях стимулирования рационального использования топливно-энергетических ресурсов осуществляется установление сезонных цен на природный газ и сезонных тарифов на электрическую и тепловую энергию, дифференцированных по времени суток и дням недели тарифов на эти виды энергии...» В качестве неотложной меры в Программе «Энергосбережение» ставится задача: «Привести в соответствие системы цен и тарифов на энергоносители фактическим затратам на производство и транспорт для всех категорий потребителей». Эта задача решается постепенно посредством государственного регулирования параллельно со стабилизацией экономической ситуации в республике при социальной защите малообеспеченных слоев населения.

В разделе Программы «Основные механизмы и меры энергосбережения для отрасли» (энергетика) определены «переход на тарифы на электроэнергию для населения, возмещающие затраты на производство и распределение электроэнергии, стабилизация тарифов на электроэнергию для промышленных предприятий, снижение для них тарифов на тепловую энергию и перевод на первом этапе крупных потребителей, на втором этапе – более мелких и на третьем этапе - населения на дифференцированные по времени суток тарифы».

В числе первоочередных мер программа называет разработку гибких тарифов, обеспечивающих максимальную загрузку наиболее экономичных источников – ТЭЦ, районных котельных, крупных промышленных котельных, пересмотр тарифов на тепловую энергию для

жилищно-бытового сектора. Предусматривается поэтапное повышение тарифов для населения на потребляемые ТЭР. Для общественных, бюджетных организаций, для населения города и села рекомендуется при использовании ТЭР в объемах, не превышающих установленных нормативов, оплата по льготному тарифу, а при превышении расхода - по повышенному. В промышленности, на транспорте и в сельском хозяйстве при снижении нормативов потребления всех видов энергоносителей более чем на 4% тариф на потребленную электро- и теплоэнергию уменьшается пропорционально снижению суммарного приведенного норматива.

Перечисленные функции государственного регулирования тарифов позволяют осуществлять активное внедрение энергоэффективных и энергосберегающих технологий как у производителей, так и у потребителей энергии.

5.5. О нормировании энергопотребления

Необходимым прямым и косвенным инструментом государственной политики энергосбережения является механизм нормирования расхода топлива и энергии для технологических процессов, установок, оборудования, продукции, электробытовых приборов, а также стандартизации энергопотребляющих продукции, работ и услуг. В Национальной системе сертификации Республики Беларусь обеспечивается контроль соответствия энергопотребляющих продукции, в том числе энергосберегающей, работ и услуг, а также топливно-энергетических ресурсов требованиям эффективного энергопотребления, установленным нормативными актами.

Разработка норм расхода топлива и энергии осуществляется субъектами хозяйствования независимо от форм собственности с периодичностью один раз в три года, а также при изменении технологии, структуры и организации производства и совершенствовании методики нормирования расхода этих ресурсов. Утверждаются нормы для предприятий, учреждений и организаций соответствующими республиканскими органами государственного управления, объединениями, подчиненными правительству Республики Беларусь, местными исполнительными и распорядительными органами.

Для субъектов хозяйствования с суммарным годовым потреблением в объеме 1 тыс. т. у. т. и более и для котельных производительностью 0,5 Гкал в час и выше нормы согласовываются с Госкомэнергосбережением. Для иных субъектов хозяйствования нормы расхода топлива и энергии утверждаются Госкомэнергосбережением. Пересмотр норм производится ежегодно.

Рассмотрим наиболее существенные моменты «Положения по нормированию расхода топлива, тепловой и электрической энергии в народном хозяйстве Республики Беларусь».

Согласно этому документу, *норма расхода топливно-энергетических ресурсов – это мера потребления этих ресурсов на единицу продукции (работы, услуги) определенного качества в планируемых условиях производства.*

Фактический удельный расход – это количество энергии, фактически потребленное объектом на производство единицы продукции или работы в реальных условиях производства.

Нормирование расхода топлива и энергии осуществляется отдельно по котельно-печному топливу, тепловой и электрической энергии на всех уровнях планирования и хозяйственной деятельности: предприятие, министерство (ведомство), народное хозяйство.

Для комплексной оценки эффективности использования ТЭР наряду с нормами расхода топлива и энергии применяются *прямые обобщенные удельные энергозатраты*. Обобщенные затраты всех видов ТЭР может производиться в первичную энергию и в произведенную работу. Прямые обобщенные энергозатраты определяются на основе расходов топлива прямого использования, тепловой и электрической энергии и соответствующих эквивалентов энергоресурсов. Энергетические эквиваленты численно характеризуют первичную энергоёмкость и экономическую работоспособность энергоресурсов: первичная энергоёмкость ис-

пользуется для расчета первичной энергии, экономическая работоспособность – для расчета произведенной работы.

В таблице 5.1 дана классификация норм расхода топлива, тепловой и электрической энергии. Нормы расхода топлива, тепловой и электрической энергии включают перечень статей их расхода, учитываемых в нормах на производство продукции (работы). Состав норм расхода устанавливается ведомственными (отраслевыми) инструкциями, на основе которых на каждом предприятии определяется конкретный состав норм расхода. Коммунально-бытовое и другое непромышленное потребление ТЭР не нормируется.

Для анализа эффективности энергоиспользования, выявления резервов экономии ТЭР кроме удельных и обобщенных показателей расхода ТЭР рекомендуется рассчитывать систему энергоэкономических показателей, позволяющих исследовать закономерности развития энергохозяйства предприятия во времени. В таблице 5.2 представлен перечень энергоэкономических показателей по нормированию. Нормативные показатели расхода устанавливаются по электрической энергии, по тепловой энергии, включая передаваемую потребителям посредством пара и горячей воды, по котельно-печному топливу: углю, торфу, сланцам, дровам, мазутам, сырой нефти, природному, попутному, коксовому газу и т. д.

Для разработки норм расхода ТЭР могут применяться следующие методы:

– **расчетно-аналитический**. Предусматривает определение норм расхода расчетным путем по статьям расхода на основе прогрессивных показателей использования ТЭР в производстве или путем математического описания закономерности протекания процесса на основе учета нормообразующих факторов;

– **отчетно-статистический** (предусматривает определение норм расхода на основе анализа статистических данных о фактических удельных расходах ТЭР и факторов, влияющих на их изменение, за ряд предшествующих лет);

– **расчетно-статистический** (использует экономико-статистические модели в виде зависимостей фактического удельного расхода энергоресурса от воздействующих факторов);

– **опытный** (заключается в определении удельных затрат ТЭР по данным, полученным в результате испытаний (эксперимента)).

Рекомендуется разумное сочетание названных методов, что позволяет снизить трудоемкость и повысить достоверность энергетического нормирования. Для предприятий, не выпускающих продукции (работу, услуги), предусмотрено согласование предельных уровней потребления ТЭР.

«Положение по нормированию расхода топлива, тепловой и электрической энергии в народном хозяйстве Республики Беларусь» устанавливает также порядок разработки мероприятий по энергосбережению, в частности плана организационно-технических мероприятий (ОТМ) по экономии ТЭР, который является важным направлением формирования нормативной базы планирования расхода ТЭР в производстве.

Работа по энергосбережению должна быть направлена на то, чтобы прирост потребности предприятия в ТЭР удовлетворялся в основном за счет экономии. Основными показателями эффективности использования ТЭР в результате внедрения мероприятий по энергосбережению являются абсолютная и относительная их экономия.

На предприятиях должен быть организован коммерческий и внутрипроизводственный учет расхода ТЭР с помощью приборов, установленных в соответствии с правилами технической эксплуатации.

В состав технико-экономической части проектов новых и реконструированных производств включаются показатели удельного расхода топлива, тепловой и электрической энергии, а также обобщенные энергозатраты на производство продукции (работы), соответствующие лучшим отечественным и мировым достижениям. В стандартах на машины и оборудование, наряду с другими качественными характеристиками, указываются показатели расхода ТЭР на единицу продукции (работы), а также другие энергоэкономические показатели.

Соответствие производимого бытового оборудования требованиям, установленным нормативными документами по стандартизации в части показателей энергоэффективности,

подтверждается маркировкой оборудования.

Таблица 5.1

Классификация норм расхода топлива, тепловой и электрической энергии

Признак классификации	Виды расходов топлива, тепловой, электрической энергии	Определение	Составляющие
Степень агрегации объектов нормирования	Индивидуальные, включая отраслевые для средних по отрасли условиям производства данного вида продукции Групповые	Расходы на производство продукции (работы) по однотипным технологическим объектам, агрегатам, установкам, машинам применительно к планируемым условиям производства продукции (работы) Расходы на производство всего объема одноименной продукции (работы) по хозяйственным объектам разных уровней планирования: предприятие, отрасль и др.	Расход на технологические процессы + расход на вспомогательные нужды производства + потери в сетях и аппаратах
Состав расходов	Технологические Общепроизводственные: I – общецеховые расходы на технологическую цель и в цехах на вспомогательные процессы, санитарно-технические нужды, освещение, регламентированные потери энергии в цехе II – общезаводские состоят из общецеховой нормы, общезаводских расходов, нормативных потерь в заводских сетях преобразовательных установках III – производственного объединения – из общезаводских, затрат во вспомогательных службах, объединения, потерь на его функционирование.	Расходы на основные и вспомогательные технологические процессы производства данного вида продукции (работы), расход на поддержание технологических агрегатов в горячем резерве, на их разогрев и пуск после текущих ремонтов и холодных простоев, неизбежные технически обоснованные потери энергии при работе оборудования технологических агрегатов и установок Расходы теплоты, электрической энергии на основные и вспомогательные технологические процессы, на вспомогательные нужды производства, а также технически неизбежные потери энергии в преобразователях, в теплотехнических и электрических сетях предприятия, отнесенные на производство данной продукции (работы)	Теоретический расход на энергетическое воздействие на обрабатываемый материал, определяемое физико-энергетическими процессами, и осуществление главной цели технологического процесса + сопутствующий расход на создание условий + потери передачи и трансформации энергии в технологических установках: при сгорании топлива, теплопередаче в теплообменниках, электромеханические потери в двигателях
Период действия	Текущие (квартальные, годовые) Перспективные	Расходы для планирования, контроля за фактическим расходом ТЭР Расходы для перспективного планирования, прогнозирования потребности в ТЭР	

Перечень энергоэкономических показателей по нормированию

Наименование и формула расчета показателя	Пояснение обозначений
Прямые обобщенные энергозатраты: $A_{тэр} = B + KэЭ + KqQ$, т.у.т	В - количество топлива, поступившего на предприятие извне, т.у.т. Э и Q - количество электро- и теплоэнергии, полученные предприятием от энергосистемы, Мвт.ч Кэ и Kq - топливные эквиваленты-количество условного топлива для производства и передачи к месту потребления единицы электрической и тепловой энергии, т.у.т./Мвт.ч и т.у.т./Гкал
Энергоемкость продукции (работы): $A_{п} = A_{тэр} / П$, т.у.т/е.и.п.	П - объем продукции, произведенной за анализируемый период в единицах измерения продукции (е.и.п.)
Электроемкость продукции (работы): $A_{п} = Э / П$, тыс.кВт.ч/е.и.п.	Э - количество потребленной электроэнергии за анализируемый период, тыс.кВт.ч
Теплоемкость продукции: $Q_{п} = Q / П$, Гкал/е.и.п.	Q - количество потребленной тепловой энергии за анализируемый период, Гкал
Энерговооруженность труда: $A_{м} = A_{тэр} / М$, т.у.т./чел.	М - среднесписочная численность промышленно-производственного персонала
Электровооруженность труда: $A_{м} = Э / М$, тыс.кВт.ч/чел.	Э, М - те же обозначения, что и выше
Электровооруженность труда по мощности: $A_{р} = P_{н} / М$, тыс.кВт.ч/чел.	P _н - установленная мощность всех токоприемников на предприятии, тыс.кВт
Коэффициент электрификации: $A_{э} = Э / A_{тэр}$, тыс.кВт.ч/т.у.т.	Э, A _{тэр} - те же обозначения, что и выше
Теплоэлектрический коэффициент: $Q_{э} = Q / Э$, Гкал/тыс.кВт.ч/т.у.т.	Q, Э - те же обозначения, что и выше
Электротопливный коэффициент: $A_{в} = Э / В$, тыс.кВт.ч/т.у.т.	Э, В - те же обозначения, что и выше

Государственный метрологический надзор за средствами и методами измерений, работы по стандартизации и сертификации в сфере энергосбережения организует и проводит республиканский орган Государственного управления по стандартизации, метрологии и сертификации.

5.6. Потенциал энергосбережения

Для стран, подобных Беларуси, не имеющих достаточно собственных энергоресурсов энергосбережение следует считать крупным потенциальным источником энергии.

Чтобы выявить источники энергосбережения и дать их количественную оценку, нужно сделать анализ приходной (источников топливно-энергетических ресурсов) и расходной (структуры энергопотребления) частей топливно-энергетического баланса организации, а также способов преобразования, передачи и распределения энергии. Для выявления источников энергосбережения в масштабе государства необходимо исследовать и проанализировать структуру ТЭР, технологии их передачи, распределениями потребления по отраслям национальной экономики.

Выявленные в результате этого анализа источники энергосбережения служат в качестве

исходных данных для определения *энергосберегающих потенциалов*, которые, в свою очередь, служат исходными данными для определения параметров так называемых энергосберегающих эквивалентов.

Рассмотрим понятия энергосберегающих потенциалов и энергосберегающих эквивалентов.

Потенциал энергосбережения (энергосберегающий потенциал) - это возможное снижение энергопотребления при выпуске одного и того же объема продукции и при обеспечении неизменных условий жизни населения за счет массового использования технически уже освоенных образцов энергосберегающих техники и технологии.

В общем виде его можно определить следующей формулой:

$$П = V - V^* \quad (5.1)$$

где П - общий потенциал энергосбережения; V - гипотетический объем энергопотребления, необходимый для реализации поставленных целей социально-экономического развития на традиционной технологической основе; V* - то же при условии максимально возможного, с учетом сроков жизни оборудования, внедрения новых технологий в виде энергосберегающих мероприятий.

Различают четыре вида энергосберегающих потенциалов: технический, экономический, экологический и поведенческий.

Технический потенциал энергосбережения определяет максимальные технические возможности энергосбережения, которые могут быть реализованы за фиксированный период времени, и зависит от темпов и достижений научно-технического прогресса. Для объективной оценки его величины весьма полезным представляется использование типовых матриц энергосберегающих мероприятий и технологий (ЭСМТ). На рис. 5.2 представлена классификация этих матриц с учетом структуры системы энергосбережения.



Рис. 5.2. Классификация матриц энергосберегающих мероприятий и технологий (ЭСМТ)

Матрицы ЭСМТ – один из важных и удобных инструментов специалиста, осуществляющего энергетический менеджмент. Они ориентированы на универсализацию и автоматизацию его функций в системе интегрированной автоматизированной системы управления энергосбережением. По публикациям можно ознакомиться с матрицами ЭСМТ подробнее. Далее в блоке 8 им также будет уделено внимание в свете использования при выполнении энергоаудитов.

Экономический потенциал энергосбережения определяется только рентабельной частью технического потенциала, освоение которой зависит от наличия инвестиций. Таким образом, величина экономического потенциала меньше технического и ограничивается жест-

костью требований, предъявляемых к окупаемости капиталовложений в энергосбережение.

Для каждого мероприятия или технологии матриц ЭСМТ можно оценить возможности реализации и затраты при проведении активной энергосберегающей политики, установить экономическую целесообразность отдельных энергосберегающих мероприятий и их приоритеты. Это функция энергетического менеджера. Оценка ЭСМТ, их ранжирование позволяют найти величину экономического энергосберегающего потенциала и тенденции его роста.

При анализе технического и экономического потенциалов учитываются повышение уровня надежности энергоснабжения и увеличение прибылей за счет снижения ущерба от его перерывов благодаря реализации ЭСМТ.

Экологический потенциал энергосбережения определяется максимально возможным снижением экологического ущерба, наносимого выбросами вредных веществ (CO_2 , NO_x , SO_2 и др.), излучениями и т. п. объектов, а также занимаемой ими территории благодаря выполнению энергосберегающих мероприятий. Ущерб может быть выражен в денежной форме в виде дополнительных затрат на очистительные устройства, здравоохранение, возмещение ущерба от недовыпуска продукции заболевшими членами общества, потери урожайности, стоимости земли, ущерба от коррозии сооружений и оборудования, ухудшения биологических элементов природы.

Поведенческий потенциал энергосбережения определяется мерой осознания актуальности проблемы энергосбережения всеми лицами, принимающими и реализующими решения о ЭСМТ - от деятелей межгосударственных организаций до отдельных домовладельцев, а также согласованностью их действий.

Задача оценки энергосберегающих потенциалов имеет многоуровневый итеративный характер, основывается на использовании прогнозов развития региона, статистических данных учета и контроля энергопотребления и относится к классу задач с неопределенной информацией. Это важнейшая задача энергетического менеджмента, принципы ее решения даны в.

Для учета потенциалов энергосбережения при планировании развития экономики и управлении ею, и прежде всего топливно-энергетическим комплексом, в известные, используемые сегодня математические модели оптимизации для рассматриваемых объектов (отрасль, предприятие и т. д.) вводятся энергосберегающие эквиваленты.

Энергосберегающими эквивалентами топливной базы, транспорта, электрической станции, электрических сетей и т. п. называются расчетные эквиваленты энергосберегающих мероприятий и технологий, благодаря которым удается избежать строительства реальных одноименных объектов с определенными энергетическими, экологическими и социально-экономическими эквивалентными параметрами.

Использование таких эквивалентов позволяет учесть следующие моменты:

- возможности энергосбережения во всей цепи – от добычи ПЭР до конечного потребления и утилизации отходов,
- территориальное распределение и значимость энергосберегающего потенциала, экономические затраты на энергосбережение, факторы надежности и времени в части изменения потенциала энергосбережения,
- условия реализации энергосберегающих мероприятий, в том числе, соотношение государственного и частного секторов в экономике, психологическую подготовленность и настроенность обслуживающего персонала и населения, отношение местных властей и т. д.

Итак, технология учета энергосбережения в задачах планирования развития и управления ТЭК может быть представлена последовательностью следующих процедур:

1. Выявление источников энергосбережения.
2. Оценка энергосберегающих потенциалов.
3. Выбор энергосберегающих эквивалентов и расчет их параметров.
4. Ввод энергосберегающих эквивалентов и их параметров в математические модели и алгоритмы оптимизации энергетических систем.

Параметры энергосберегающих эквивалентов делятся на три группы: энерготехниче-

ские, эколого-экономические, социально-экономические.

Энерготехнические параметры определяют составляющую прибыли от ЭСМТ, получаемую за счет разности между экономией затрат на энергосберегающий объект, строительства которого избегают благодаря энергосбережению, и затратами в ЭСМТ.

Эколого-экономические параметры определяют составляющую прибыли от ЭСМТ, обусловленную снижением воздействия на окружающую среду за счет нестроительства реального энергообъекта, - предотвращенный ущерб от выбросов вредных веществ и занятия земли, а также улучшения технологии у конечного потребителя.

Социально-экономические параметры позволяют рассчитать суммарную прибыль от реализации энергосберегающего потенциала с учетом повышения надежности энергоснабжения и качества производства.

Наилучшим вариантом (сценарием) развития энергетической отрасли следует считать вариант, обеспечивающий максимальную прибыль с учетом фактора энергосбережения, т. е. всех названных ее составляющих.

Контрольные вопросы

1. *Дайте определение понятию «тариф».*
2. *Что такое перекрестное субсидирование и каковы его последствия?*
3. *Перечислите основные виды тарифов на электроэнергию.*
4. *Как рассчитать плату за электроэнергию по одноставочному тарифу по счётчику.*
5. *Как рассчитать плату за электроэнергию по двухставочному тарифу с основной ставкой за мощность присоединённых электроприёмников.*
6. *Как рассчитать плату за электроэнергию по двухставочному тарифу с оплатой максимальной нагрузки.*
7. *Как рассчитать плату за электроэнергию по одноставочному тарифу дифференцированному по времени суток, дням недели, сезонам года.*
8. *По каким тарифам отпускается природный газ и тепло?*
9. *В чем заключается регулирующая роль государства в вопросах тарифообразования?*
10. *Дайте определение понятию «норма расхода топливно-энергетических ресурсов».*
11. *Приведите классификацию норм расхода топлива, тепловой и электрической энергии.*
12. *Какие методы применяются для разработки норм расхода ТЭР?*
13. *Какие энергоэкономические показатели по нормированию Вы знаете?*
14. *Дайте определение понятию «энергоёмкость продукции».*
15. *Какие виды энергосберегающих потенциалов Вы знаете.*
16. *Дайте определение понятию «энергосберегающий эквивалент».*

БЛОК 6
ОСНОВНЫЕ ПРАВОВЫЕ И НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ В
ОБЛАСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ. УПРАВЛЕНИЕ ТЭК.
ПРОГРАММЫ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ

6.1. Закон «Об энергосбережении»

Правовую основу государственной политики энергосбережения и решения всех проблем в области эффективного использования энергии образуют, прежде всего, Закон «Об энергосбережении», республиканские, отраслевые и региональные программы энергосбережения, а также указы Президента, постановления Совета Министров Республики Беларусь и других правительственных органов по конкретным вопросам координации и реализации энергосберегающей политики.

Закон «Об энергосбережении» был принят и вступил в силу в июне 1998 г. Им регулируются отношения, возникающие в процессе деятельности юридических и физических лиц в сфере энергосбережения, в целях повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов, и определяются правовые основы этих отношений. *Закон устанавливает энергосбережение в качестве приоритета государственной политики в решении энергетической проблемы в Республике Беларусь.*

Структура Закона «Об энергосбережении» представлена в таблице 6.1. Прокомментируем некоторые положения этого документа. В статье 1 дан ряд определений, в том числе:

– «*энергосбережение* – 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»;

– «*пользователи топливно-энергетических ресурсов* – субъекты хозяйствования независимо от форм собственности, зарегистрированные на территории Республики Беларусь в качестве юридических лиц или предпринимателей без образования юридического лица, а также другие лица, которые в соответствии с законодательством Республики Беларусь имеют право заключать хозяйственные договоры, и граждане, использующие топливно-энергетические ресурсы»;

– «*производители топливно-энергетических ресурсов* – 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».

Пользователи и производители топливно-энергетических ресурсов являются субъектами отношений в сфере энергосбережения. Все виды деятельности, которые они осуществляют, от добычи энергоресурсов до внедрения систем управления энергосбережением и средств контроля за использованием ТЭР, сформулированы в статье 3. Государственное управление в сфере энергосбережения включает комплекс мер, направленных на создание экономических, информационных, организационных условий для реализации политики энергосбережения. В том числе – разработку государственных межгосударственных научно-технических, республиканских, отраслевых и региональных программ энергосбережения, создание финансово-экономических механизмов их реализации, повышение уровня обеспечения республики местными ТЭР, распространение экологически чистых и безопасных энергетических технологий, демонстрационные проекты высокой энергоэффективности, информационное обеспечение деятельности по энергосбережению, обучение производственного персонала и населения методам экономии топлива и энергии. Предусмотрен государственный надзор за рациональным использованием ТЭР. Согласно статье 7, порядок и условия оснащения пользователей и производителей ТЭР приборами учета их расхода, а также порядок разработки и утверждения правил пользования электрической и тепловой энергией, природным и сжиженным газом, продуктами нефтепереработки устанавливаются правительством Республики Беларусь. В технологические регламенты, технические паспорта, технологиче-

ские инструкции по эксплуатации всех видов энергопотребляющей продукции включаются нормы расхода топлива и энергии, порядок разработки, утверждения и пересмотра которых, согласно статье 10, также устанавливается Правительством. Статьями 12, 13, 14 регламентируются задачи и объем соответственно надзора за рациональным использованием ТЭР, экспертизы проектных решений, энергетических обследований предприятий, учреждений и организаций. Последние обязательны, если годовое потребление ими ТЭР составляет более 1,5 тыс. т.у.т. Финансирование мероприятий по энергосбережению осуществляется (статья 18) за счет средств республиканского и местных бюджетов, республиканского фонда «Энергосбережение», средств юридических и физических лиц, направляемых добровольно на эти цели, и ДР. Пользователям и производителям ТЭР, осуществляющим мероприятия по энергосбережению, в соответствии со статьей 20. могут предоставляться льготы в виде субсидий, дотаций. Юридические и физические лица, виновные в нарушении законодательства об энергосбережении, несут ответственность в соответствии с законодательством Республики Беларусь (статья 21).

Таблица 6.1.

Структура закона «Об энергосбережении»

ГЛАВЫ		СТАТЬИ	
№	Наименование	№	Наименование
1	Общие положения	1	Основные понятия
		2	Законодательство об энергосбережении
		3	Субъекты отношений в сфере энергосбережения
		4	Международное сотрудничество в сфере энергосбережения
2	Основы государственного управления энергосбережением	5	Основные принципы государственного управления в сфере энергосбережения
		6	Государственное управление в сфере энергосбережения
		7	Учет топливно-энергетических ресурсов
		8	Программы энергосбережения
		9	Научно-техническое обеспечение в сфере энергосбережения
		10	Нормы расхода топлива и энергии
		11	Стандартизация, сертификация и метрология в сфере энергосбережения
		12	Государственный надзор за рациональным использованием топливно-энергетических ресурсов
		13	Государственная экспертиза энергетической эффективности проектных решений
		14	Проведение энергетического обследования предприятий, учреждений, организаций
		15	Государственное статистическое наблюдение за эффективным использованием топливно-энергетических ресурсов
		16	Образование и подготовка кадров для сферы энергосбережения
		17	Информационное обеспечение деятельности по энергосбережению
3	Экономические и финансовые механизмы энергосбережения	18	Источники финансирования
		19	Республиканский фонд "Энергосбережение"
		20	Экономическое стимулирование энергосбережения
4	Ответственность за нарушение законодательства об энергосбережении	21	Ответственность за нарушение законодательства об энергосбережении
5	Заключительные положения	22	Вступление в силу настоящего Закона

Во исполнение Закона Республики Беларусь «Об энергосбережении», для реализации государственной политики энергосбережения был принят целый ряд нормативных документов:

- Постановление о дополнительных мерах по обеспечению эффективного использования топливно-энергетических ресурсов.
- Постановление о создании областных и Минского городского управления по надзору за рациональным использованием топливно-энергетических ресурсов Государственного комитета по энергосбережению и энергетическому надзору,
 - «Положение по нормированию расхода топлива, тепловой и электрической энергии в народном хозяйстве Республики Беларусь».
- Постановление «О мерах по усилению работы по реализации энергосберегающей политики в республике»,
- Постановление «О мерах по экономическому стимулированию деятельности субъектов хозяйствования, направленной на сокращение потребления топливно-энергетических ресурсов и освоение энерго- и ресурсосберегающих технологий»,
- Постановление «О порядке разработки, утверждения и пересмотра норм расхода топлива и энергии»,
- Постановление «О порядке проведения энергетического обследования предприятий, учреждений и организаций»,
- Положение «О порядке разработки и выполнения республиканских, отраслевых и региональных программ энергосбережения».

6.2. Структура управления ТЭК и системой энергосбережения Республики Беларусь

На рис. 6.1 показаны связи между субъектами управления подсистем ТЭК и системы энергосбережения; серыми стрелками обозначены связи государственного регулирования, черными – связи хозяйственного ведения.

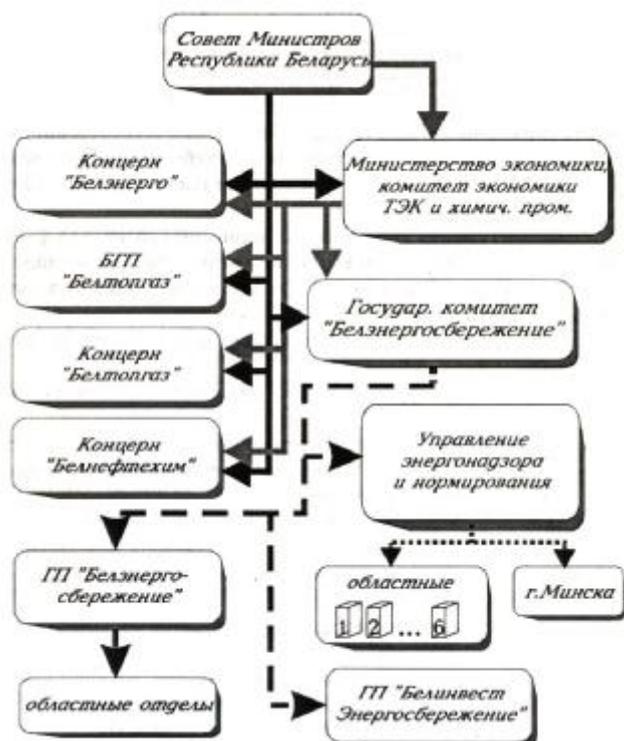


Рис. 6.1. Структура субъектов управления ТЭК и энергосбережением в Республике Беларусь.

Система управления энергосбережением в Беларуси формировалась с 1993 г. Ее структура показана в первой части рис. 6.1, где связи подчиненности субъектов управления обозначены пунктирными стрелками.

Республиканским органом государственного управления, реализующим функции государственного регулирования по обеспечению топливно-энергетическими ресурсами, является Министерство энергетики Республики Беларусь (Минэнерго).

В топливно-энергетический комплекс Республики Беларусь входят:

- Министерство энергетики, которому подчинены.
 - Белорусское государственное предприятие по транспортировке газа «Белтрансгаз» (50 % акций принадлежит РБ, 50% – РФ);
 - Белорусский государственный энергетический концерн «Белэнерго»;

- Белорусский концерн по топливу и газификации «Белтопгаз»;

•Белорусский государственный концерн по нефти и химии «Белнефтехим», подчиненный непосредственно Совету Министров Республики Беларусь.

Основными задачами Минэнерго являются:

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

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

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

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

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

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

Предприятие по транспортировке и поставке газа – «Белтрансгаз» явилось правопреемником созданного в 1960 г. в республике Управления магистральных газопроводов. Для эксплуатации введенного в том же году магистрального газопровода «Дашава - Минск» в 1973 году оно было преобразовано в Западное производственное объединение по транспортировке и поставке газа «Западтрансгаз», а в 1982 г. – в Белорусское государственное предприятие по транспортировке и поставке газа «Белтрансгаз». В 2001 г. оно стало Республиканским унитарным предприятием по транспортировке и поставке газа "Белтрансгаз". За 40 лет газовая система на территории нашей республики возросла настолько, что может транспортировать по своим магистральным артериям до 50 млрд м³ газа. Для сравнения укажем, что в 1992 г. Беларусь потребила 17,5 млрд м³ газа, а в 1999 г. в республику поступило 16 млрд м³ газа. В 2000 году объем транспортируемого «Белтрансгазом» по системе магистральных газопроводов, проложенных по нашей республике, составил 41,8 млрд м³, из них 16,5 млрд м³ – потребителям Республики Беларусь. Остальное количество – транспортные поставки в Украину, Литву, Калининградскую область, Западную Европу. В 2006г. подписано соглашение о продаже Российской Федерации 50% акций «Белтрансгаз».

«Белтрансгаз» эксплуатирует 6,4 тыс. км газопроводов диаметром от 100 до 1400 мм. Подача природного газа потребителям республики обеспечивается функционированием 6 линейных компрессорных станций, 201 газораспределительной станции, 8 узлов редуцирования. Устойчивое газоснабжение поддерживается 6 газоизмерительными станциями, 632 станциями катодной защиты. В его ведении два подземных хранилища газа: Осиповичское с объемом активного газа 0,36 млрд м³ и Прибугское, первая очередь которого позволяет создать запасы активного газа в объеме 0,48 млрд м³, – в определенной мере обеспечивают

удовлетворение неравномерного сезонного спроса на газ хозяйствующих субъектов.

В настоящее время природный газ *составляет порядка 70 % в топливном балансе* страны. От надежности состояния и функционирования системы газоснабжения зависят экономика страны и жизнеобеспечение населения. Газ прочно вошел в нашу повседневную жизнь, стал незаменимым в народном хозяйстве. Он используется в качестве топлива для коммунально-бытовых нужд населения в 92 административных районах, является важнейшим топливным ресурсом для производства электрической и тепловой энергии.

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

За транзит по российскому газопроводу «Ямал - Западная Европа» через нашу территорию от «Газпрома» России РБ получала порядка 18 млрд м³ газа.

В соответствии с прогнозом потребления электроэнергии ожидается потребность в ней в 2015 г. в размере 41-45 млрд кВт·ч или увеличение по сравнению с 1999 г. на 22-23 %, тепловой энергии – 83-89 млн Гкал, или на 14-22 %. Установленная мощность всех энергоисточников при условии самообеспечения республики электроэнергией должна составить к 2010 году 8,3-9,0 млн кВт, к 2015 году – 8,6-9,4 млн кВт.

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

Концерн «Белтопгаз» был создан в 1992 году для снабжения природным и сжиженным газом, а также твердым топливом (торфяными брикетами, дровами) на основе существовавшего Государственного комитета БССР по газификации. Он занимается также эксплуатацией, строительством, проектированием газовых сетей. В его ведении 20 тыс. км трубопроводов, свыше 2 тыс. газорегуляторных пунктов, свыше 3 тыс. групповых установок сжиженного газа. Им обслуживается более 3,5 млн квартир, более 30 тыс. объектов социального назначения, 3700 предприятий промышленности, энергетики, сельского и коммунального назначения. Концерн отвечает за производство топливных брикетов, других видов топлива.

Государственным органом, осуществляющим межведомственный и независимый надзор за рациональным использованием ТЭР, является **Комитет по энергоэффективности** при Совете Министров Республики Беларусь, основными задачами которого являются:

– проведение государственной политики в сфере энергосбережения, регулирование деятельности, направленной на эффективное использование и экономию ТЭР в народном хозяйстве Республики Беларусь;

– осуществление государственного надзора за рациональным использованием топлива, электрической и тепловой энергии объединениями, предприятиями, учреждениями независимо от их форм собственности и ведомственной подчиненности.

В соответствии с этими задачами Комитет по энергоэффективности организует разработку и реализацию мер по энергосбережению, участвует в Реализации инвестиционной политики, исходя из приоритетных направлений развития экономики Республики Беларусь. Он разрабатывает критерии оценки эффективности использования ТЭР на территориальном и отраслевом уровне и в установленном порядке вносит предложения:

– по внедрению экономических механизмов стимулирования эффективного использования научно-технического, промышленного, энергетического и трудового потенциала для реализации государственной энергосберегающей политики;

– по определению основных целевых показателей по энергосбережению на основе важнейших параметров прогноза социально-экономического развития республики;

– по повышению энергоэффективности народного хозяйства республики.

Комитет по энергоэффективности принимает участие в разработке республиканских,

отраслевых и территориальных топливно-энергетических балансов, выступает заказчиком НИОКР в сфере энергосбережения, организует **разработку концепций и республиканских программ по энергосбережению**, согласовывает соответствующие отраслевые, областные и Минскую городскую программы и контролирует их реализацию. Он также принимает участие в разработке проектов республиканских программ создания новых технологий техники в части энергосбережения, организует проведение работ по развитию и использованию нетрадиционных источников энергии вторичных энергетических ресурсов, замещению импортируемых видов топлива, участвует в формировании программ производства и внедрения энергосберегающего оборудования, приборов учёта и регулирования потребления ТЭР, в разработке и рассмотрении проектов стандартов норм и правил, относящихся к сфере использования ТЭР. Комитет по энергоэффективности осуществляет и другие функции, предусмотренные законодательством.

Главному государственному инспектору Республики Беларусь в линии председателя Комитета по энергоэффективности, его заместителям, главным государственными инспекторам областей и г. Минска, их заместителям, государственными инспекторами по надзору за рациональным использованием ТЭР предоставлено право:

- беспрепятственно посещать (при предъявлении документов) проверяемые объекты;
- привлекать специалистов и технические средства предприятий (по согласованию с руководителями предприятий) для выполнения своих служебных обязанностей;
- давать обязательные для всех потребителей предписания об устранении фактов нерационального расходования топлива, электрической и тепловой энергии, отсутствия необходимых приборов учёта и регулирования;
- составлять протоколы о фактах нерационального использования ТЭР для принятия решений о применении к их потребителям экономических санкций в соответствии с законодательством.

Координация выполнения функций субъектами управления энергетического сектора в полной мере возможна лишь в условиях интегрированной автоматизированной системы управления энергосбережением (ИАСУЭ), охватывающей все уровни энергоменеджмента – от отдельных предприятий, фирм до руководящих национальных органов. ИАСУЭ сложит информационно-технической основой управления потоками энергии, а также связанными с ними финансовыми и информационными потоками. Она обеспечит прозрачность и управляемость в системе энергосбережения. Кроме того, эта система служит для оценки энергосберегающего потенциала, распределения финансирования на ЭСМТ, оценки экономического и социально-экологического эффектов энергосбережения.

6.3. Республиканские отраслевые и региональные программы по энергосбережению

Основным *инструментом* проведения энергосберегающей политики Республики Беларусь является разработка и реализация государственной научно-технической, республиканской, областных и отраслевых программ энергосбережения.

Программа – это документ, отражающий, комплекс организационных, технических, экономических мероприятий, взаимоувязанных по ресурсам, исполнителям, срокам реализации и направленных на решение задач энергосбережения в республике, отрасли, регионе. Она определяет приоритетные направления реализации государственной политики в области энергосбережения, а также пути максимального использования имеющихся резервов экономики ТЭР.

Республиканские программы разрабатываются на каждые предстоящие 5 лет, начиная с 2001 года. Комитет по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь по согласованию с Министерством экономики в срок до 1 ноября года, предшествующего началу реализации разработанной республиканской программы, вносит ее на рассмотрение Совет Министров Республики Беларусь.

Программы энергосбережения определяют приоритеты в реализации государственной



Рис. 6.2. Этапы разработки программ энергосбережения

региональных программ – облисполкомы и Минский горисполком. В разработке программ участвуют компетентные организации и учреждения, ведущие ученые и специалисты. В числе основных задач программ – обеспечение в планируемый период снижения потребления ТЭР в отраслях и регионах по отношению к уровню их расходования за предшествующий период. Объем снижения определяется по основным целевым показателям прогноза социально-экономического развития республики на соответствующий период. О ходе выполнения программ энергосбережения Госкомэнергосбережение в установленном порядке информирует Совет Министров Республики Беларусь и Министерство экономики.

Первая республиканская программа по энергосбережению, которая была принята в 1996 г. на период до 2000 г., включала комплекс неотложных мер по энергосбережению

Работа по энергосбережению проводилась по следующим приоритетным направлениям:

- модернизация и повышение эффективности котельных, внедрение парогазовых и газотурбинных установок;
- оптимизация режимов и схем теплоснабжения;
- замена электродкотельных на более экономичные теплоисточники;
- внедрение систем учета и регулирования энергии;
- использование вторичных энергоресурсов;
- уменьшение потерь при передаче энергии;
- установка энергоэкономичных осветительных устройств;
- внедрение новых энергосберегающих технологий и оборудования;
- внедрение нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.

Главный результат выполнения программы – с 1995 по 2000 г. обеспечен прирост валового внутреннего продукта (ВВП) на 28,3 % без прироста потребления топливно-энергетических ресурсов, что впервые за последние годы способствовало реализации положительной тенденции снижения энергоемкости ВВП на 22,4 %. Суммарная экономия топ-

политики в области энергосбережения, пути использования энергосберегающего потенциала в республике, отрасли, регионе и содержат комплекс организационных, технических, экономических и иных мероприятий, взаимосвязанных по ресурсам, исполнителям, срокам реализации. Республиканские и отраслевые долгосрочные программы разрабатываются на каждые 5 лет, начиная с 2001 г., отраслевые краткосрочные и региональные программы разрабатываются сроком на один год. На рис. 6.2 представлены этапы разработки программ энергосбережения. Государственным заказчиком республиканских программ является Государственный комитет по энергосбережению и энергетическому надзору (Госкомэнергосбережение). Он же осуществляет организационное, методическое обеспечение и контроль их разработки и выполнения. Те же функции в отношении отраслевых программ выполняют соответствующие республиканские органы государственного управления, в отношении ре-

тивно-энергетических ресурсов в республике в сопоставимых условиях на этот период оценивается на уровне 6,8 млн тонн условного топлива, в том числе за счет реализации энергосберегающих мероприятий – более 4 млн тонн условного топлива.

Концептуально основные направления энергосбережения до 2005г были сгруппированы в два блока:

- организационно-экономический;
- технические приоритеты.

В организационно-экономические направления деятельности по энергосбережению были включены:

- государственная экспертиза по эффективности проектных решений;
- оценка на соответствие действующим нормативам и стандартам и определение достаточности и обоснованности предусматриваемых мер по энергосбережению;
- проведение регулярных энергосберегающих обследований хозяйствующих субъектов, а также сертификации продукции по энергоемкости и введение в действие системы прогрессивных норм расхода топлива и энергии;
- пересмотр тарифной политики на топливо, тепловую и электрическую энергию с целью поэтапной ликвидации перекрестного субсидирования, а также включение в тариф только нормируемых затрат на производство и транспортировку соответствующих видов энергоресурсов;
- разработка новых и совершенствование существующих экономических механизмов, стимулирующих повышение энергоэффективности производства продукции и оказания услуг, определяющих меры ответственности за нерациональное потребление ТЭР как для хозяйствующих субъектов, так и для конкретных руководителей и должностных лиц;
- реализация положений Закона Республики Беларусь "Об энергосбережении" (введение обязательной энергомаркировки бытовых электроприборов и их сертификации по показателям энергопотребления);
- разработка стандартов минимальной энергоэффективности основных видов бытовых электроприборов в соответствии с директивами ЕС;

К основным техническим приоритетам деятельности в области энергосбережения отнесены:

- повышение эффективности работы генерирующих источников за счет изменения структуры генерирующих мощностей в сторону расширения внедрения парогазовых и газотурбинных технологий, увеличения выработки электроэнергии на тепловом потреблении, преобразование котельных в мини-ТЭЦ, оптимизации режимов работы энергоисточников и оптимального распределения нагрузок энергосистемы;
- модернизация и повышение эффективности работы действующих котельных;
- внедрение котельного оборудования работающего на горючих отходах;
- снижение потерь и технологического расхода энергоресурсов при транспортировке тепловой и электрической энергии, природного газа, нефти, нефтепродуктов;
- внедрение автоматических систем регулирования потребления энергоносителей в системах отопления, освещения, горячего и холодного водоснабжения и вентиляции;
- разработка и внедрение энергосберегающей технологии при нагреве, термообработке, сушке изделий, производстве новых строительных и изоляционных материалов;
- дальнейшее развитие системы учета всех видов энергоносителей, включая расходы на отопление жилых помещений, а также внедрение многотарифных счетчиков энергии;
- максимальная утилизация тепловых вторичных энергоресурсов;
- разработка и внедрение технологии использования бытовых отходов и мусора в качестве топлива;
- экономически целесообразное внедрение ветро-, гелио- и других нетрадиционных источников энергии;
- техническое перевооружение автомобилей и тракторов, включая переход на дизельное топливо, сжиженный и сжатый природный газ, разработка и внедрение экономичных

двигателей;

- разработка и внедрение технологии получения топлива для дизельных установок из метанола и рапсового технического масла;
- выращивание быстрорастущей древесины для топливных целей;
- децентрализация систем энергообеспечения потребителей с малыми нагрузками и резко переменными режимами работы, теплом, топливом, сжатым воздухом;
- максимальное снижение энергозатрат в жилищно-коммунальном хозяйстве путем внедрения регулируемых систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, освещения, утилизации тепла вентвыбросов, сточных вод, использования энергоэффективных стройматериалов, конструкций, гелиоподогревателей.

Реализация данных направлений потребовала финансовых затрат в 0,5–0,6 млрд дол, США на период до 2005 г. или ежегодно по 100–120 млн дол. США, а суммарная экономия ТЭР за 5 лет составила около 6,3 млн т у.т., что соответствует среднегодовой – 1,3 млн т у.т.

Отраслевые программы бывают как долгосрочные, так и краткосрочные сроком на 1 год. Концерны «Белэнерго», «Белнефтехим», «Белтопгаз» республиканское унитарное предприятие по транспортировке газа, «Белтрансгаз» свои программы представляют в Министерство энергетики до 15 сентября года, предшествующего их реализации.

Региональные программы разрабатываются на 1 год в срок до 1 декабря года, предшествующего их реализации и представляются на согласование Комитету по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь и Министерству экономики.

Республиканские и долгосрочные отраслевые программы должны включать:

- анализ состояния и определение перспектив развития ТЭК;
- прогноз потребления ТЭР на рассматриваемую перспективу;
- анализ мировых тенденций в решении задач энергосбережения, а также новейших достижений НТП в этой области;
- определение резервов экономии ТЭР;
- обоснование наиболее важных направлений энергосбережения с указанием исполнителей, сроков и этапов их выполнения;
- оценку финансовых, материально-технических, трудовых ресурсов, требующихся для реализации программ с определением источников их обеспечения;
- механизмы реализации программы и контроля за ходом их выполнения;
- ожидаемые конечные разработки и оценка эффективности.

Краткосрочные отраслевые и региональные программы должны предусматривать:

- основные направления энергосбережения, обеспечивающие выполнение установленных заданий по снижению потребления ТЭР;
- перечень мероприятий по реализации основных направлений энергосбережения с указанием ожидаемых конечных результатов и их экономической эффективности, в т. ч. сроков окупаемости, планируемых затрат и источников финансирования, исполнителей программы и сроков выполнения намеченных мероприятий;
- мероприятия по энергосбережению, актуальные для отрасли или региона на ближайший период, с указанием мер по их реализации.

В республиканской программе энергосбережения определяются имеющиеся резервы экономики ТЭР в отраслях экономики и намечаются меры по их реализации. Ежегодно разрабатываемые и реализуемые отраслевые и региональные программы энергосбережения обеспечивают достижение установленных в республиканской программе показателей по энергосбережению, в т. ч. в долгосрочной перспективе.

6.4. Система финансовой поддержки энергосбережения

Для проведения политики энергосбережения в республике сложилась определенная система финансовой поддержки энергосбережения (таблица 6.1).

Одной из форм поддержки инновационной деятельности по энергосбережению является получение как внутренних, так и внешних кредитов. Внутренние кредиты предостав-

ляются уполномоченными банками на льготных условиях (50 % ставки рефинансирования). Погашение кредита и процентов по нему может производиться как в период осуществления мероприятий по энергосбережению, так и по завершению их. А вся прибыль в Результате осуществления энергосберегающих мероприятий остается непосредственно у предприятия.

Таблица 6.1

Система финансовой поддержки энергосбережения

Средства	Источники образования
1. Инновационного фонда концерна «Белэнерго», предназначенные для долевого участия в финансировании работ по энергосбережению	Законом о бюджете разрешено создавать инновационный фонд (ИФ) за счет увеличения тарифов на электро- и теплоэнергию с включением в себестоимость продукции, при этом 30-33 % этого фонда перечисляются на финансирование мероприятий по энергосбережению
2. Инновационных фондов министерств и ведомств	Предусмотрено законом о бюджете. До 20 % ИФ направляются на энергосбережение
3. Собственные субъектов хозяйствования	В соответствии с законодательством
4. Фонда «Энерго- и ресурсосбережение»	Образуются субъектами хозяйствования, которым разрешено включать в себестоимость продукции (работ, услуг) после внедрения энерго- и ресурсосберегающих мероприятий стоимость сэкономленных ТЭР, материальных и сырьевых ресурсов и аккумулировать данные средства в создаваемом фонде
5. Республиканского и местных бюджетов	В соответствии с законом о бюджете
6. Республиканского бюджетного фонда «Энергосбережение»	Платежи и штрафы за нарушение правил и нерациональное использование ТЭР
7. Привлеченные (кредиты, займы и гранты международных финансовых институтов и организаций)	В соответствии с условиями международных финансовых организаций

Контрольные вопросы

1. *Опишите структуру закона «Об энергосбережении».*
2. *Прокомментируйте основные статьи закона «Об энергосбережении».*
3. *Какие нормативные документы были приняты во исполнение закона «Об энергосбережении».*
4. *Перечислите основные задачи Минэнерго и опишите его структуру.*
5. *Какова сфера деятельности концерна «Белнефтехим»?*
6. *Охарактеризуйте возможности предприятия по транспортировке и поставке газа «Белтрансгаз».*
7. *Какова сфера деятельности концернов «Белэнерго» и «Белтопгаз»?*
8. *Что является задачами комитета по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь?*
9. *Перечислите этапы разработки программ энергосбережения.*
10. *Какие приоритетные направления предусматриваются республиканскими программами по энергосбережению? Каковы их результаты?*
11. *Какие основные разделы должны включать Республиканские и долгосрочные отраслевые программы?*
12. *Опишите механизмы финансовой поддержки энергосбережения.*

БЛОК 7

НЕКОТОРЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В настоящее время к основным техническим приоритетам Государственной программы «Энергосбережение» определены следующие приоритетные технические направления энергосбережения в Республике Беларусь, на выполнении которых в первую очередь должны концентрироваться усилия:

- малые и мини-ТЭЦ;
- использование вторичных энергоресурсов;
- котельные и тепловые сети;
- парогазовые установки в энергетике;
- регулируемый электропривод;
- системы освещения;
- холодильная техника и компрессорное оборудование;
- строительные конструкции и теплоизоляционные материалы;
- теплонасосные установки;
- автоматизированные системы управления технологическими процессами;
- нетрадиционные и возобновляемые источники энергии;
- внедрение новых технологий и оборудования;
- учет и регулирование ТЭР.

7.1. Малые и мини-ТЭЦ, повышение эффективности котельных

В настоящее время энергоснабжение предприятий и фирм Беларуси практически полностью централизовано: электроснабжение осуществляется от Белорусской энергосистемы, теплоснабжение – частично от собственных источников энергии (около 50%), частично от объектов энергосистемы. Доля ТЭЦ значительна в балансе электрической мощности Белорусской энергосистемы (ЭС). Использование ТЭЦ является существенным фактором энергосбережения: при комбинированной выработке энергии повышается коэффициент использования топлива. При одинаковых соотношениях полезной работы по тепловой и электрической энергии при комбинированном производстве расход топлива меньше на 20-25%, чем при раздельном. На практике эффект несколько снижается из-за трудностей совмещения графиков электрического и теплового потребления, меньшего КПД более сложной теплофикационной турбины, потерь в тепловых сетях.

Решение проблемы *экономии энергоресурсов в ближайшее время связано с развитием газотурбинной энергетики и созданием небольших парогазовых* (на основе газотурбинных установок) ТЭЦ в ЭС и непосредственно у потребителей. Газотурбинная технология является на сегодня наиболее эффективной из топливоиспользующих в электроэнергетике и позволяет при тех же объемах выработки электрической и тепловой энергии снизить расход топлива на 30% и более, а также в кратчайшие сроки и без значительных затрат увеличить объем производства энергии. Кроме того, применение газовых турбин дает возможности маневрирования мощностью для обеспечения оптимальных режимов ЭС, отказа от протяженных электрических и тепловых сетей, снижения вредных выбросов в атмосферу, быстрого ввода генерирующих мощностей при малых сроках их окупаемости.

Децентрализация и развитие малой энергетики, т.е. строительство малых и мини-ТЭЦ, модернизация котельных с целью повышения их эффективности, восстановление малых ГЭС, признаны одним из основных направлений эффективного использования ТЭР в энергетическом секторе республики. К объектам малой энергетики относятся *источники электрической и (или) тепловой энергии, использующие котельные, теплонасосные, паро- и газотурбинные, дизель- и газогенераторные установки единичной мощностью до 6 МВт*. Ориента-

ция на применение парогазового цикла, газотурбинных установок, рециркуляции газов, ввода вторичного воздуха, ступенчатого сжигания топлива и других прогрессивных технологий позволит, кроме энергосберегающего и экологического эффектов, повышения КПД ТЭЦ, обеспечить также, с одной стороны, работу ТЭЦ в энергосистеме в качестве маневренных электростанций, с другой – создать конкурентную среду в системах энергообеспечения промышленных и коммунально-бытовых потребителей. Широкая конкуренция создаст альтернативу действующей ЭС, даст потребителю возможность выбора производителя и поставщика энергии, что будет стимулировать снижение потерь при преобразовании и транспорте энергии, поможет решить проблему недостатка инвестиций в энергетику: предприятия-потребители сами будут участвовать в создании акционерных малых и мини-ТЭЦ.

В качестве первоочередных, приоритетных видов малых и мини-ТЭЦ Государственная программа «Энергосбережение» называет:

– *газотурбинные и парогазовые ТЭЦ* (ГТУ и ПГУ ТЭЦ) с электрической мощностью 4-72 МВт и тепловой мощностью 25-86 МВт,

– *паротурбинные ТЭЦ* (ПТУ ТЭЦ) на базе промышленных котельных мощностью 0,6-3,5 МВт,

– *моторогенераторные ТЭЦ*.

ГТУ и ПГУ ТЭЦ отличаются высокими экономическими показателями: относительная выработка на тепловом потреблении в 2,5 раза выше, а удельный расход условного топлива на отпущенную электроэнергию в 1,3 раза ниже, чем на ПТУ ТЭЦ, срок окупаемости – 3-4 года, а стоимость в 1,5 раза меньше традиционных той же производительности.

Стоимость вырабатываемой электроэнергии на котельных, реконструированных в мини-ТЭЦ, будет в 1,5– 2 раза меньше, чем электроэнергии из ЭС; срок окупаемости модернизации котельных - 2-3 года.

Моторогенераторные мини-ТЭЦ на основе дизель- и газогенераторных двигателей являются эффективными при работе на природном газе и утилизации теплоты для отопительных, технологических и коммунальных целей.

На промышленных предприятиях республики вырабатывается в год примерно 4 млн. Гкал тепловой энергии, из которых около 40% идет на собственные нужды и около 60% отпускается сторонним потребителям, и в то же время 2 млн. Гкал тепла поступает на предприятия со стороны. Поэтому имеется возможность организовать совместное производство электрической и тепловой энергии на базе мини-ТЭЦ на предприятиях промышленности. На начальном этапе предполагается не ограничивать использование тепловой энергии от ЭС, а создавать мощности малых и мини-ТЭЦ только на базе теплоты, вырабатываемой собственными источниками самих предприятий. По оценочным расчетам, наиболее экономично сооружение на промышленных предприятиях мини-ТЭЦ с установленной мощностью 50 МВт с использованием противодавленческих турбин мощностью 600 кВт и дизельных установок мощностью 400 кВт.

В коммунальной энергетике решающим фактором должны стать газотурбинные или парогазовые установки с мощностью агрегатов 2,5-16 МВт, легко и быстро встраиваемые, пристраиваемые к действующим ТЭЦ, котельным, центральным тепловым пунктам (ЦТП), возводимые как самостоятельные объекты либо как отдельные секции в промышленных, жилых и общественных зданиях. ГТУ мощностью 2,5 МВт - идеальная «коммунальная» мощность – может обеспечивать электричеством и теплом один многоподъездный или 2-4 современных 9-14-этажных дома. Такие мини-ТЭЦ выпускаются в виде блок-контейнеров транспортного габарита в широкой номенклатуре мощностей – от 1 до 25 МВт и монтируются непосредственно на площадке у потребителя с учетом внешних сетей за несколько месяцев. Получаемая от них инергия в 2,5-3,5 раза дешевле, чем от ЭС, а затраты на станцию окупаются за 1,5-2 года. Объем вредных выбросов от газотурбинных станций в 3-5 раз ниже, чем от традиционных ГРЭС и ТЭЦ. Минимальный гарантированный ресурс работы – 60-120 тыс. часов, при непрерывной работе – 20-30 тыс. часов. Станции очень мобильны: после пуска набирают электрическую мощность за десятков секунд, тепловую – за 10–15 минут. Поэтому

их можно отключать на выходные дни, на ночь и даже на обеденные перерывы. Они полностью автоматизированы, почти не требуют эксплуатационного персонала, могут работать в автономном режиме и в режиме энергосистемы.

В Республике Беларусь функционирует около 22 000 отопительных и отопительно-производственных котельных, на которых вырабатывается около 53% тепловой энергии, остальная часть производится на ТЭЦ. Из них 550, котельные средней и большой мощности производительностью более 10 Гкал/час с КПД около 90%, вырабатывают в виде пара и перегретой воды 24% всей тепловой энергии. И 29%, треть всей производимой в республике тепловой энергии, вырабатывается на мелких котельных с низким КПД – менее 80%. Это приводит к большим потерям топлива и определяет потенциал энергосбережения минимум в 0,5 млн. т.у.т. только за счет повышения КПД котлов малой мощности на 10%.

Эффективность работы промышленных и отопительных котельных предусматривается повысить благодаря следующим мерам:

- применению энергоэффективного оборудования и устройств: котлов с двухступенчатым сжиганием топлива и рециркуляцией дымовых газов, газотурбинных надстроек к котлам для дополнительного производства электроэнергии, автоматизированных высокоэффективных горелок, компьютерного приборного учета расхода топлива и выработки энергии;
- повышению эффективности использования топлива путем автоматизации, регулирования и контроля процесса горения, утилизации тепла уходящих дымовых газов для нагрева питательной воды или дутьевого воздуха, применения «схемы с дожиганием» (утилизируется кислород отходящих газов ГТУ как окислитель сжигаемого в котле топлива), применения вместо редукционных установок в паровых котельных турбин с противодавлением;
- внедрению прогрессивных технологий водоподготовки, в частности объединению процессов подготовки воды и переработки стоков котельных с восстановлением реагентов для повторного использования;
- применению экологически чистого оборудования и малоотходных технологий.

Установка газотурбинных агрегатов в котельных и перевод на этой основе котлов в режим утилизации турбинных газов взамен или в дополнение к топливу способствует оздоровлению окружающей среды и уменьшает на треть объем сжигаемого топлива. Срок окупаемости устанавливаемых в котельных энергоустановок – 2-2,5 года, при менее благоприятных условиях – 3-4 года при удельной стоимости турбогенераторных установок \$ 180-220 за 1 кВт (не более 300, при наличии паровых котлов).

С 1 января 1999 г. в республике *не допускается* строительство новых и реконструкция действующих производственно-отопительных котельных мощностью 10 Гкал в час и выше без установки в них электро-генерирующего оборудования с годовым использованием мощности более 5000 часов на базе парогазовых, паро- и газотурбинных агрегатов, двигателей внутреннего сгорания с учетом технических возможностей и экономической целесообразности их установки.

Достичь экономии топлива за счет повышения КПД котлоагрегатов и котельной в целом можно благодаря мероприятиям, которые по силам персоналу котельной и не требуют больших затрат:

- устранению паразитных подсосов воздуха в самом котле, дымоходах, экономайзере и воздухоподогревателе;
- улучшению тепловой изоляции котла, дымоходов, трубопроводов, хвостовых поверхностей;
- очистке теплообменных поверхностей от наружного загрязнения, удалению отложений солей в барабане котла, трубных пучках;
- организации отбора теплого дутьевого воздуха из верхней зоны здания котельной.

7.2. Компрессорное оборудование и холодильная техника

Значительный резерв энергосбережения заложен в повышении эффективности работы компрессорных станций и использования пневматической энергии сжатого воздуха. Ком-

прессорная станция – это энергетическая установка стационарного или передвижного типа, представляющая собой комплекс агрегатов для выработки сжатого воздуха или иного газа (азот, аммиак, кислород, фреон и т. д.) под избыточным давлением не ниже 2 кг/см^2 . Пневматическая энергия применяется для осуществления технологических операций на предприятиях строительной, металлургической, машиностроительной, химической, пищевой промышленности и др. Компрессорные станции используются также в системах транспортировки и распределения газов для бытовых и промышленных целей. Основными элементами компрессорных станций являются поршневые, ротационные, центробежные (турбинные) или осевые компрессоры с приводами, воздушные фильтры для очистки атмосферного воздуха от пыли и дымовых газов, холодильники для конденсации паров воды, содержащихся в сжатом воздухе, воздухоотборники для выравнивания давления в нагнетательной магистрали, трубопроводы, арматура и вспомогательное оборудование. На малых и средних предприятиях республики для выработки сжатого воздуха установлены в основном поршневые компрессоры, а на крупных – центробежные производительностью 250 и 500 $\text{м}^3/\text{мин}$. Давление сжатого воздуха, применяемого в технологии машиностроения, находится в пределах $4\text{-}7 \text{ кг/см}^2$. Значительную экономию энергоресурсов можно получить в результате комплекса организационных и технических мероприятий:

- остановки компрессорных станций в нерабочие смены, выходные и праздничные дни с заменой их локальными или передвижными станциями малой производительности на участках, где требуется сжатый воздух для целей пожарной безопасности, для непрерывного длительного цикла работы (термические печи), для ремонтных работ, одиночных потребителей и т.п.,
- децентрализации компрессорных станций путем установки локальных компрессоров на отдельных производствах;
- сокращения использования сжатого воздуха на технологические и вспомогательные нужды там, где от него можно отказаться, устранения утечек воздуха;
- внедрения регулируемого привода компрессоров.

В перспективе для повышения энергоэффективности компрессорных станций и использования сжатого воздуха необходима замена морально устаревших и физически изношенных компрессоров, разделение сетей сжатого воздуха на предприятиях на сети низкого и высокого давления с разделением, соответственно, и компрессоров, работающих на эти сети.

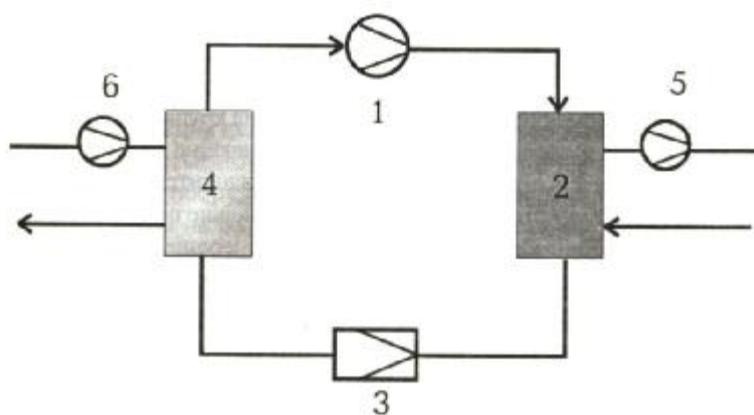


Рис. 7.1. Принципиальная схема холодильника:

1 – компрессор, 2 – конденсатор, 3 – регулирующий вентиль, 4 – испаритель, 5 – насос или вентилятор для конденсации и охлаждения хладагента, 6 – насос на холодной стороне.

ной техники:

- внедрение новых энергетически оптимизированных конструкции позволяет сэкономить до 40% электроэнергии: холодильный компрессор снабжается асинхронным электродвигателем с электронным регулированием скорости вращения; электронное управление

Компрессоры являются неотъемлемой частью систем искусственного охлаждения - промышленных и бытовых холодильных и морозильных установок, работа которых основана на последовательном осуществлении процессов расширения и сжатия холодильного агента и изменении его агрегатного состояния. Холодильное оборудование широко применяется на предприятиях практически всех отраслей экономики, и прежде всего на фармацевтических, пищевых, торговых предприятиях. Принципиальная схема холодильника дана на рис. 7.1.

Основные направления повышения эффективности работы холодильной техники:

обеспечивает адаптивную энергетическую оптимизацию процесса охлаждения;

- переход от аммиачного холодильного оборудования к фреоновому повысит безопасность и надежность, снизит электропотребление и расходы на обслуживание, ремонт, устранит вредные выбросы;
- улучшение тепловой изоляции стен и дверей холодильной и морозильной камер снижает потери холода;
- исключение утечек холодного воздуха через уплотнения дверей и уменьшение времени их открытия;
- повышение эффективности работы компрессора;
- контроль работы холодильных установок предприятий с помощью постоянного или переносного измерительного оборудования: электрических счетчиков, манометров, датчиков температуры в холодильной камере и конденсаторе;
- правильная эксплуатация, техническое обслуживание, своевременные профилактика и ремонт.

7.3. Энергосберегающий электропривод

Электропривод – это система, осуществляющая управляемое преобразование электрической энергии в механическую, а также обратное преобразование с целью приведения в действие какой-либо технологической установки для совершения ею полезной работы. На рис. 7.2 показана структурная схема электропривода, в которой выделены энергетический (силовой) и информационный (управляющий) каналы.

Разнообразны технические реализации отдельных блоков каналов электроприводов. В энергетическом канале - это устройства преобразования переменного напряжения в управляемое постоянное, источники тока, преобразователи частоты, разного типа электрические машины и механические передачи и др. В информационном – разнообразные устройства, от простейших релейных элементов до управляющих ЭВМ со специальным программным обеспечением.

Электропривод – основной потребитель электроэнергии: более 60% производимой электроэнергии преобразуется в механическую работу с его помощью. Современный электропривод позволяет реализовывать чрезвычайно сложные технологические операции, требующие высокой точности, определенной последовательности действий, изменений режимов во времени и положений в пространстве. Однако основная область применения электропривода – простые, массовые, как правило, на сегодня нерегулируемые устройства: насосы, вентиляторы, транспортеры, конвейеры, подъемные краны, исполнительные технологические механизмы в промышленности, строительстве, сельском хозяйстве, быту. Именно в этой области заключаются основные возможности энергосбережения за счет совершенствования элементов и использования регулируемого электропривода.

Следует различать два источника энергосбережения при использовании электропривода:

- снижение технологического расхода (потерь) энергии в процессах ее преобразования в самом электроприводе,
- экономия энергии за счет оптимизации технологических процессов, осуществляемых с помощью современного регулируемого привода.

Основным силовым элементом электропривода является электродвигатель. Стремление конструкторов в течение прежних лет к удешевлению двигателей за счет конструкционных материалов и изготовления привели к снижению КПД, который колеблется от 15% у небольших универсальных двигателей до 95% у трехфазных двигателей мощностью 500 кВт. Повышение КПД двигателя за счет совершенствования его конструкции, применения современных изоляционных и магнитных материалов, рациональный выбор типа, мощности, режима эксплуатации электродвигателя, регулярный текущий ремонт и содержание в полной исправности дают возможности экономии электроэнергии. Широкое внедрение электродвигателей с повышенным КПД еще более актуально в условиях роста цен на электроэнергию.

Повышение КПД электродвигателей, особенно крупных, делает их более дорогими, кроме того, влияет на ряд эксплуатационных характеристик. Поэтому определение оптимального КПД двигателя должно выполняться на основе технико-экономического анализа. Причем должна проводиться оптимизация всей системы электропривода с учетом параметров и режимов соприкасающихся системы электроснабжения, обеспечивающей привод электроэнергией, и технологической установки, в которой производится полезная механическая работа. Осуществлять оптимизацию такой системы в реальном режиме времени позволяют современные системы управления электродвигателями (контроллеры) на базе современной силовой электроники, микроэлектроники и применение в информационном канале электропривода микропроцессоров и микро-ЭВМ.

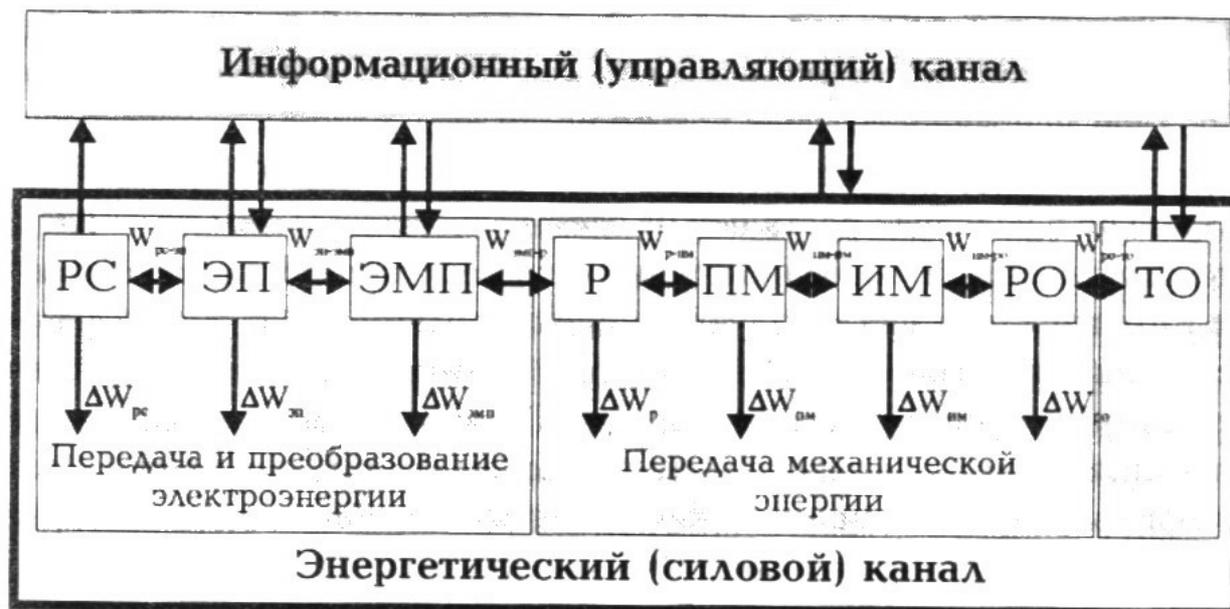


Рис. 7.2. Структурная схема электропривода:

PC – участок распределительной электрической сети, подводящей электроэнергию; *ЭП* – электрический преобразователь (трансформатор, частотный преобразователь и т.п.); *ЭМП* – электромеханический преобразователь (электродвигатель); *P* – редуктор; *ПМ* – передаточный механизм; *ИМ* – исполнительный механизм; *РО* – рабочий орган; *ТО* – технологический объект; *W* – поток энергии между элементами силового канала; ΔW – потери энергии в элементе канала.

Более половины производимой в странах СНГ электроэнергии потребляют асинхронные электроприводы, в Беларуси – около 56%. Потенциал энергосбережения за счет электропривода по указанным двум источникам: собственно приводу и технологическим процессам в республике оценивается в 0,4 млрд. кВтч/год. Первоочередными направлениями считаются следующие:

- обследование предприятий с целью определения мероприятий по энергосбережению в области совершенствования электроприводов;
- организация производства бесконтактной (тиристорной) пускорегулирующей аппаратуры для асинхронных электроприводов;
- внедрение систем автоматического управления технологическими установками на основе регулируемого привода с применением импортных преобразователей;
- организация производства преобразователей частоты для асинхронных электроприводов малой и средней мощности.

Важным путем экономии электроэнергии является применение асинхронных электроприводов с регулируемой частотой вращения для исполнительных механизмов, где производительность изменяется с изменением скорости. Плавное бесступенчатое регулирование

скорости трехфазного асинхронного электродвигателя производится частотными преобразователями, что дает возможность отказаться от ряда регулирующих элементов, производить плавный пуск и останов двигателя. Современные преобразователи позволяют улучшить качество технологического процесса, для которого применяется привод, согласованно управлять несколькими исполнительными механизмами, обеспечивают экономию энергии на непроизводительных затратах, а также благодаря так называемой встроенной функции энергосбережения путем поддержания электродвигателя в режиме оптимального КПД, автоматически отслеживая изменения нагрузки. Если технологический процесс не требует регулирования скорости вращения двигателя, а лишь плавного разгона и торможения, то рекомендуется использовать устройства плавного пуска двигателей, которые в 3-5 раз дешевле частотных преобразователей и тоже могут иметь встроенную функцию энергосбережения.

В республике регулируемые электроприводы успешно применяются на предприятиях энергетики и жилищно-коммунального хозяйства, например, для дутьевых вентиляторов ТЭС, насосных установок систем тепло- и водоснабжения г. Минска и других городов. Предусматривается широкое внедрение регулируемого электропривода переменного тока на предприятиях металлургии, машиностроения, авто- и моторостроения, стройиндустрии, нефтехимии и т. д.

7.4. Автоматизация управления производственными процессами

7.4.1. Общие положения

Общеотраслевым, относительно быстрым и экономичным способом повышения энергоэффективности производственных процессов является реконструкция систем управления ими, и прежде всего оптимизация структуры и автоматизация управления. Как правило, стоимость систем управления энергоемкими производствами составляет доли или единицы процентов от стоимости самого управляемого производства.

Автоматизация производственных процессов создает определенные технико-экономические преимущества во всех отраслях современного народного хозяйства страны.

С внедрением средств автоматизации неизбежно повышается производительность труда. За последние сто лет она возросла в 20 раз, при этом доля механизированного труда с 6 % увеличилась до 96 %.

В результате автоматизации снижается себестоимость изделий, увеличивается выпуск продукции, повышается ее качество, уменьшается количество брака и отходов производства, сокращаются расходы на заработную плату, сырье, материалы и т.п.

При этом решающим фактором является снижение расходов топлива, тепловой и электрической энергии, что весьма характерно для систем теплоснабжения и теплопотребления. Использование средств автоматизации увеличивает надежность оборудования, точность производства, безопасность труда. Появляется возможность использовать высокоэффективные технологические процессы и устройства, характер применения которых исключает участие человека (ядерная энергетика, химическое производство, высокоскоростные процессы и т.п.).

Значительная экономия тепловой энергии, расходуемой на теплопотребление, при сравнительно небольших капиталовложениях обеспечивается за счет автоматического регулирования. При установлении оптимального режима работы экономия теплоты может составить 20% и более годового потребления без нарушения теплового режима зданий. Еще больший эффект от автоматизации может быть получен при технической (тепловой) реконструкции существующих зданий. Срок окупаемости зависит от тепловой мощности систем, функциональных характеристик применяемого регулятора, стоимости систем и их обслуживания.

Внедрение автоматизации приносит и косвенный эффект, так как увеличение производительности оборудования, экономия ресурсов эквивалентны строительству добавочных производственных мощностей. Экономия рабочей силы позволяет более рационально использовать трудовые ресурсы, а улучшение качества продукции способствует экономии топ-

лива, энергии, материалов и т.д.

Важнейшие вопросы автоматизации – установление ее рационального уровня и объема, которые должны быть тщательно экономически обоснованы, и определение методов и средств автоматизации. Автоматизация является наиболее экономически выгодным мероприятием и окупается в среднем за 1...1.5 года.

На сегодняшний день наилучшими считаются структуры управления, имеющие 3 функциональных уровня:

1) совокупность элементов регулирования, работающих в зоне нормального технологического режима с целью его оптимизации;

2) совокупность элементов, вступающая в работу при отклонениях параметров режима от норм с целью удержать управляемый процесс (объект) в области нормального режима;

3) система противоаварийной защиты, которая в целях предупреждения развития и локализации аварии отключает технологический узел – источник аварии.

Первый из указанных функциональных уровней позволяет обеспечить оптимальные режимы работы оборудования и протекание технологических процессов и, тем самым, наименьшие расходы энергоресурсов. Причем элементы современных систем управления (интеллектуальные датчики, исполнительные механизмы, контроллеры, программные продукты и т.п.) позволяют получать оптимальные режимы на всех технологических стадиях: пуска, исполнения рабочих функций, останова. Второй и третий функциональные уровни систем управления, выполненные на современном уровне, позволяют предвидеть развитие аварийных ситуаций, адаптировать технологический процесс к текущим параметрам и вернуть в нормальный, а затем и оптимальный режим. Благодаря этому удастся снизить расходы энергоресурсов, связанные с аварийными простоями, с неудовлетворительным техническим состоянием оборудования, сократить длительность неоптимальных режимов, а также, улучшив качество производимых продукции или услуг, косвенно снизить энергозатраты их потребителей.

7.4.2. Понятие автоматического регулирования

Автоматическое регулирование – процесс, заставляющий качественный параметр состояния объекта (регулируемый параметр) быть постоянным или изменяться по заданному закону.

Автоматический регулятор – устройство или комплекс устройств, реализующих задачу автоматического регулирования.

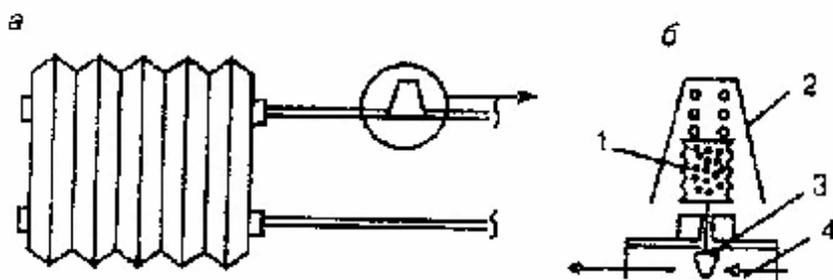


Рис. 7.3. Термостат: а- установка, б – схема

Рассмотрим на примере (рис. 7.3) устройство и работу простейшего автоматического регулятора температуры воздуха в помещении, оборудованном системой центрального водяного отопления. Такие терморегуляторы (термостаты) получили широкое распространение для индивидуального регулирования температуры воздуха в отапливаемых помещениях и экономии тепловой энергии.

На рис. 7.3 схематично показан автоматический термостат, устанавливаемый перед нагревательными приборами на трубопроводе системы отопления (а). Герметичный гармоничный чувствительный элемент – термодатчик 1 заполняется термочувствительной массой, которая расширяется при повышении температуры в комнате (б). Перемещение датчика связано с перемещением регулирующего органа – клапана 3 в корпусе арматуры 4, который изменяет расход теплоносителя. Можно вручную задавать нужную температуру поворотом

колпачка 2 с пружиной, которая принудительно деформирует датчик 1, заставляя его реагировать на другую (желаемую) температуру. Этот элемент называется задающим устройством, или корректором. Таким образом, в состав простейшего автоматического регулятора входят:

- 1) чувствительный элемент, или датчик, воспринимающий изменение регулируемого параметра (в данном случае температуры воздуха в помещении);
- 2) регулирующий орган — клапан, изменяющий расход теплоносителя — горячей воды;
- 3) задающее устройство — натяжная пружина, позволяющая задавать желаемую температуру в комнате, обычно в пределах 15...25°C.

При желании поворотом колпачка 2 до упора можно отключить нагревательный прибор от питания теплоносителем. По такому принципу Действуют многочисленные регуляторы прямого действия, не использующие другой энергии, кроме энергии регулируемой среды.

7.4.3. Классификация подсистем автоматизации

Степень оснащения средствами автоматизации может быть различной и определяется нормативными и техническими требованиями, а также функциональным назначением ТСА. По объему и степени оснащения объекта ТСА автоматизация может быть частичной, полной и комплексной. Например, если в котельной установке регулируется только давление пара, имеет место частичная автоматизация, а если все процессы автоматизированы – полная. При автоматизации вспомогательных операций (погрузки, транспортировки топлива и т.п.) с использованием ЭВМ, увязкой с режимами тепловых сетей, других котлов речь идет о комплексной автоматизации.

В ходе управления сложными и простыми объектами приходится осуществлять множество функционально различных операций, которые выполняют разные подсистемы, входящие в общую схему автоматизации объекта. Эти подсистемы подразделяются на информативные, защитные, управляющие и подсистемы технологического контроля.

Информативные включают подсистемы технологического контроля и телеизмерения, технологической и телесигнализации. Результат действий этих подсистем адресуется оператору, а его задачей является принятие того или иного решения.

Защитные подсистемы включают средства технологической и аварийной защиты, технологической и аварийной блокировки, предохраняющие технологическое оборудование от последствий неправильной эксплуатации.

К управляющим относятся подсистемы управления, включая дистанционное управление, телемеханические подсистемы, подсистемы диспетчеризации, автоматического управления и регулирования, вычислительной техники.

Основные функции подсистемы технологического контроля: а) получение количественных и качественных показателей технологического процесса – всех видов измерений с помощью контрольно-измерительных приборов (КИП); б) наблюдение за ходом технологического процесса. Разница в функциях заключается в том, что во втором случае фиксируется характер изменения физических величин. Для реализации функций технологического контроля применяют приборы местного и дистанционного действия, а также приборы с регистрацией, позволяющие вести учет расхода тепловой, электрической энергии, газа, холодной воды и т.п.

Уровень оснащения объекта автоматизации различными подсистемами зависит от конкретных условий эксплуатации и нормативных документов, определяющих минимально необходимый уровень автоматизации.

7.4.4. Датчики

В ходе теплоэнергетических процессов требуется получать информацию о различных параметрах, характеризующих функционирование тех или иных объектов. Рассмотрим основные датчики для измерения таких параметров, как температура, влажность, давление,

расход, количество теплоты.

Датчики температуры. Датчики с механическими выходными величинами. Жидкостные термометры стеклянные в основном используют как показывающие приборы местного действия при интервале температур от -200 до $+750^{\circ}\text{C}$. Термометрическими жидкостями являются ртуть, толуол, этиловый спирт, керосин, эфир, ацетон, пентан и т.д. В качестве датчиков применяют главным образом ртутные термометры с преобразованием механического перемещения в электрический сигнал – электроконтактные термометры, ртуть используют в качестве подвижного контакта. Вторым контактом может быть вольфрамовая нить, впаянная или опускаемая в капилляр термометра (рис. 7.4, а и 7.4, б). Сила электрического тока, проходящего через контакты, не должна превышать $0,5$ мА при напряжении не более $0,3$ В.

В манометрических термометрах используется объемное расширение рабочего вещества в герметичной термосистеме, состоящей из термобаллона (жезла) 3, капилляра 2 и манометрического преобразователя 1 – трубчатой пружины, сильфона и т.п. (рис. 7.5). В зависимости от свойств заполнителя эти термометры разделяются на газовые (азот), конденсационные или парожидкостные (ацетон, хладон-22, хлорметил, пропилен) и жидкостные (метанксилол, керосин, силиконовые жидкости и т.п.). Пределы измерения приборов составляют: $-150...+600^{\circ}\text{C}$; $-50...+300^{\circ}\text{C}$; $-150...+300^{\circ}\text{C}$ при соответственной длине капилляров 60, 25, 10 м. К этой группе можно отнести датчики с твердым и упругим заполнителями – пастами на основе воска, церезином и рядом других специальных материалов. Например, сильфонные датчики с такими заполнителями широко используются в комнатных терморегуляторах (см. рис. 7.3).

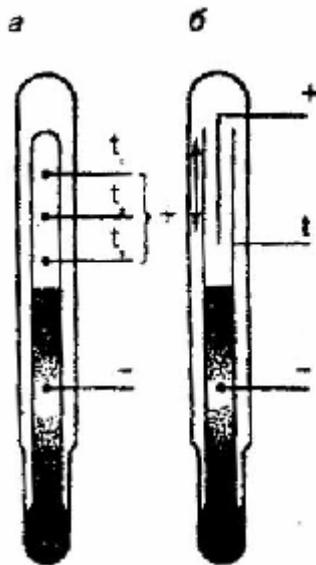


Рис. 7.4. Схема жидкостного термометра

Принцип действия биметаллических и дилатометрических датчиков основан на эффекте совместного линейного расширения двух разнородных соединенных вместе металлов. В качестве одного (пассивного) металла обычно используют инвар ($36\% \text{Ni} + 64\% \text{Fe}$), другого (активного) — латунь, медь, сталь, хромомолибден. Их коэффициенты линейного расширения отличаются примерно в 20 раз. Слои термобиметаллической тонколистовой двухслойной ленты соединяются контактной сваркой. Из ленты делают пластины (рис. 7.6, а), плоские и пространственные спирали (рис. 7.6, б), которые с увеличением температуры деформируются: загибаются или закручиваются в сторону материала с меньшим коэффициентом линейного расширения а.

Дилатометрические термометры представляют собой термосистему – стержень П (пассивный материал) и трубку А (активный) с продольным линейным перемещением относительно друг друга (рис. 7.6, в). Оба вида термометров применяются очень широко, особенно биметаллические, в диапазоне температур $0...400^{\circ}\text{C}$, а некоторые и до 1000°C (например, дилатометры инвар — латунь Л62).

Датчики с электрическими выходными величинами. В основе принципа действия термоэлектрических термометров (термопар) лежит эффект Зеебека, открывшего механизм возникновения термоЭДС в цепи, составленной из двух различных проводников, например меди и платины, места соединений которых (сваркой, пайкой или скручиванием) имеют раз-

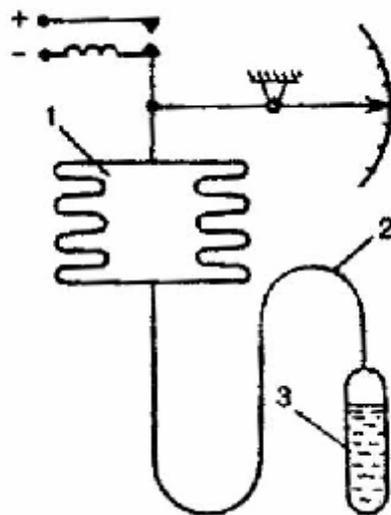


Рис. 7.5. Схема манометрического термометра

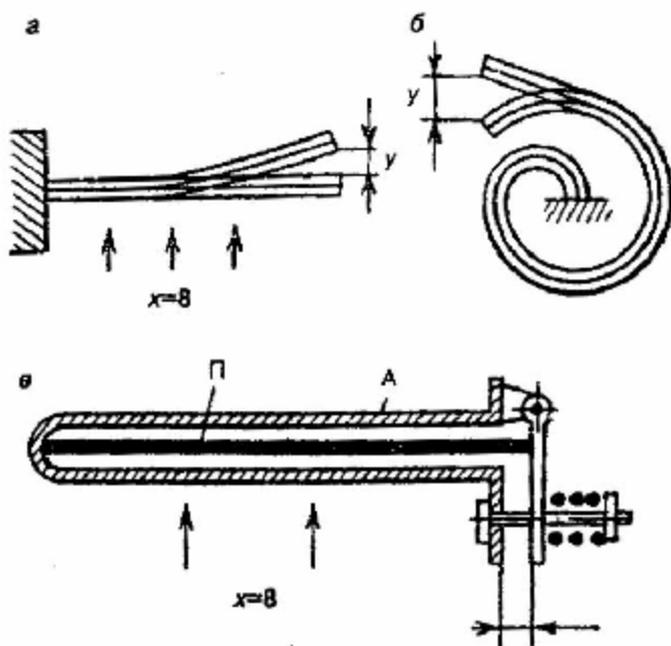


Рис. 7.6. Принцип биметаллических (а,б) и dilatометрических (в) датчиков

трубчатый чехол (стальной, керамический, кварцевый) с головкой, имеющей электрозажиг. Рабочий спай может быть приварен или припаян к чехлу для лучшего теплового контакта и уменьшения инерционности.

Электроизмерительный прибор может быть присоединен к свободному концу термопары (рис. 7.7, а) или к термоэлектроду (рис. 7.7, б). Включение соединительного проводника

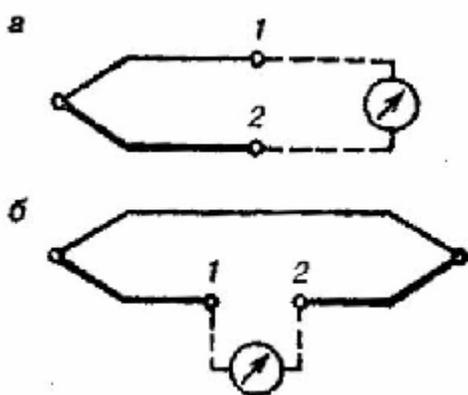


Рис. 7.7. Схемы присоединения электроизмерительного прибора: а - к свободному концу термопары, б - к термоэлектроду

используются также полупроводниковые термодиоды Д7А—Д7Ж, термотранзисторы МП40, П14, Д237Г, варисторы, тиристоры, семисторы, у которых электронно-дырочная проводимость зависит от температуры. Конструктивно проволочные терморезисторы представляют собой бифилярную (двойную) намотку соответствующей проволоки на каркас — изолятор различных поперечных сечений (круглых, плоских, Х-образных), который помещают в защитный трубчатый чехол, похожий на чехол термопары.

Датчики температуры бесконтактные. Их действие основано на использовании за-

ную температуру T_0 и T_1 . Чем больше разность T_1 и T_0 , тем больше термо ЭДС, но функциональная зависимость $e(T_0, T_1)T = f(T_1) - f(T_0)$ является неопределенной. Поэтому одну температуру принимают постоянной, термостатируя один из спаев, например при $T_0 = \text{const}$. Термостатируемый спай называют свободным или холодным, спай, помещаемый в измеряемую среду, — рабочим или горячим. Положительным считают электрод, по которому ток течет от рабочего спаю к свободному. Диаметр проволоки электродов из драгоценных металлов и сплавов составляет 0,5 мм, прочих — 1,2...3,2 мм. Конструкция стандартного термоэлектрического термометра состоит из электродов с изоляцией из фарфоровых трубок или бус, помещенных в защитный

(показан пунктиром) не сказывается на термо ЭДС, если точки соединения 1 и 2 имеют одинаковую температуру. Обычно термо ЭДС сравнительно невелика и даже при измерении высоких температур не превышает 70 мВ.

В терморезисторах (термометрах сопротивления) используется известное явление изменения электрического сопротивления проводника или полупроводника с изменением температуры.

Полупроводниковые терморезисторы, или термисторы (смеси окислов некоторых металлов, например MnO_2 , Cu_2O_3 , Fe_2O_3 , NiO , VO_2 , спрессованные при высокой температуре), уменьшают свое сопротивление при повышении температуры.

Полупроводниковые терморезисторы по внешнему виду ничем не отличаются от обычных стандартных резисторов, применяемых в электротехнике. В качестве датчиков температуры

висимости интенсивности и спектрального состава излучения от температуры излучающего тела. Примерами применения могут служить измерение высокой температуры в топках теплогенераторов, печей, измерение температуры поверхностей нагревательных приборов, ограждений, определение результирующей температуры в помещении и т.д.

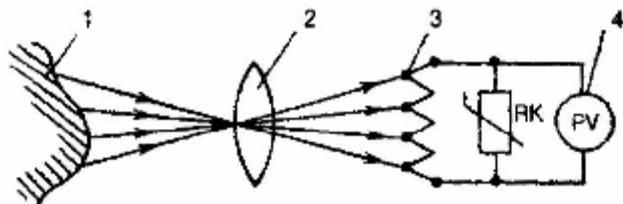


Рис. 7.8. Схема радиационного пирометра

Базовые методы основаны на измерении яркостной, радиационной и цветовой температур. Датчики включают оптическую систему и приемник излучения, тип которого определяется диапазоном измеряемых температур (длиной волны излучения). На рис. 7.8 показана схема радиационного пирометра. Лучистый поток от тела 1 через объектив 2 фокусируется на термобатарею 3, состоящей из лепестковых термопар, работающей в комплекте с милливольтметром 4, градуированным по температуре. Для определения суммарного эффекта влияния температуры воздуха и радиационной температуры окружающих поверхностей применяют шаровой термометр, состоящий из термодатчика (термометр, терморезистор или термопара), помещенного внутри тонкостенного полого медного шара диаметром 152 мм, окрашенного изнутри и снаружи черной матовой краской. В последнее время широко используются приборы дистанционного теплового контроля (тепловизоры), позволяющие оперативно определять поля температур на поверхностях нагретых предметов. Близки по принципу действия к рассмотренным актинометры, служащие для измерения интенсивности тепловой радиации.

Датчики влажности газов (воздуха). Датчики и приборы для измерения влажности воздуха и газов называют гигрометрами или гумидостатами, для измерения влажности тел в других агрегатных состояниях – влагомерами. Основные затруднения при измерении и регулировании влажности связаны с ее функциональной зависимостью от температуры и парциального давления водяных паров. Это особенно сказывается при связанном регулировании важнейших технологических параметров в вентиляционных, сушильных и холодильных установках – крупнейших потребителях тепловой и электрической энергии.

Среди многочисленных методов измерения влажности практическое применение получили: психрометрический – по разности температур; точки росы – по началу конденсации водяного пара; электролитический; сорбционный, основанный на переменных свойствах гигроскопических тел; методы полного поглощения, конденсационный, диффузионный; диэлько-метрический (с использованием излучений сверхвысоких частот (СВЧ)); поглощения инфракрасных, ультрафиолетовых, радиоактивных излучений.

Первые два метода связаны с использованием датчиков температуры для измерения влажности. Наибольший интерес представляют электрические психрометры, схемы которых определяются видом измеряемой величины (относительная или абсолютная влажность) и типом применяемого датчика (термоконтакты, терморезисторы и т.п.).

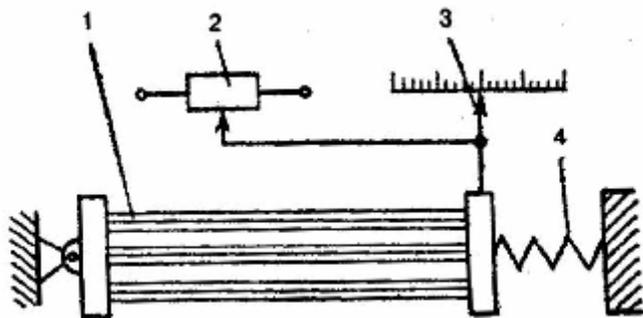


Рис. 7.9. Схема сорбционных гигрометров деформационного типа

Действие сорбционных гигрометров деформационного типа основано на изменении упругости и геометрических размеров некоторых тел. К наиболее распространенным датчикам относится волосной, чувствительным элементом которого служит прядь обезжиренных человеческих волос 1, растянутая пружиной 4. В зависимости от влажности воздуха положение указателя 3 и связанного с ним преобразователя 2 будет меняться, формируя сигнал об изменении влажности (рис. 7.9). В последнее время вместо

волосных стали применяются влагочувствительные элементы из пластиков в виде нитей, мембран, полос.

Датчики давления (разрежения). В большинстве датчиков давления используется принцип преобразования давления в механическое перемещение или усилие. Для измерения очень больших давлений применяются электрические датчики, а для контроля за малыми давлениями используются датчики косвенных измерений вязкости, теплопроводности, степени ионизации.

Жидкостные, или гравитационные, приборы с гидростатическим принципом действия широко распространены благодаря простоте и относительно высокой точности. Наполнителями жидкостных манометров являются дистиллированная вода, подкрашенный этиловый спирт, ртуть, керосин, дихлорэтан, толуол и другие жидкости, не меняющие со временем своих физико-химических свойств. Для использования дифманометров в качестве датчиков необходимы преобразователи сигнала — перемещения уровня заполнителя, например поплавки.

Механические – мембранные – датчики – круглые пластины постоянной толщины, находящиеся между двумя тарелками (рис. 7.10, а), образующими герметичные упругие камеры. В сечении мембраны – плоской (рис. 7.10, а), гофрированной (рис. 7.10, б) и выпуклой (рис. 7.10, в) формы, причем последняя разновидность называется хлопающей мембраной. Особенно широко в автоматике применяются сильфоны – гармониковые мембраны (рис. 7.10, г), обладающие большой способностью к деформированию. Трубчатые пружины Бурдона плоской и спиральной формы широко применяются в устройстве традиционных пружинных манометров. Материалом служат металлы – стали и бронзы (упругие) и неметаллы – капрон, пропитанные ткани, резина, пластики (вялые мембраны выполняются с жестким центром – рис. 7.10, д).

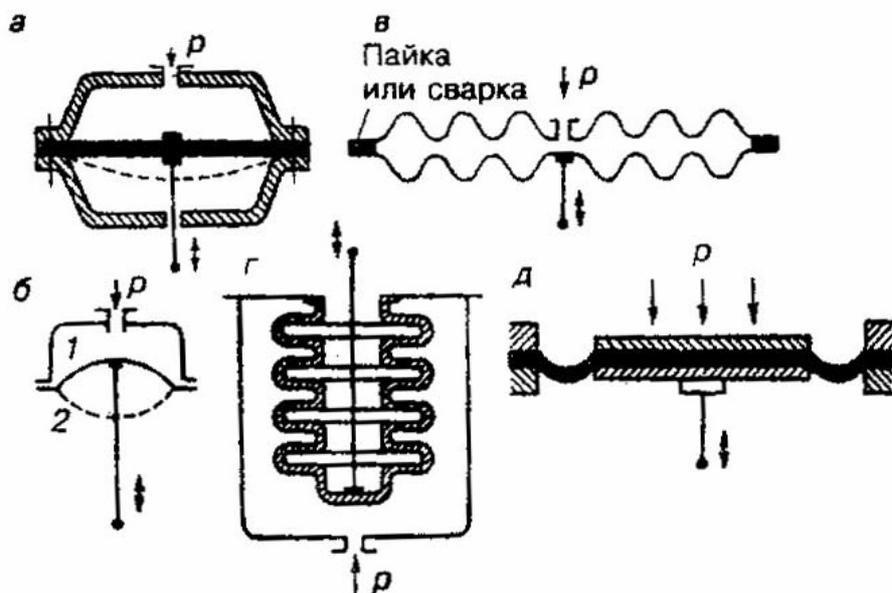


Рис. 7.10. Схемы механических мембранных датчиков давления: а- плоская, б- гофрированная, в- выпуклая, в- гармониковая мембраны; д- мембрана с жестким центром

В датчиках с электрическим выходом используется пьезоэффект в кристаллах сегнетовой соли, кварца и тензоэффект, когда тензоэлементы наклеивают, например, на мембрану или сильфон.

Датчики расхода. Масса или объем вещества, проходящего через сечение канала за определенный промежуток времени, называется расходом вещества, а измеряющие его приборы – расходомерами. Расходомер,

снабженный интегратором для суммирования показаний за какой-то промежуток времени, называют счетчиком.

Для измерения расхода жидкости при ее течении по трубопроводам постоянного сечения применяются *дроссельные* датчики. Сужение сечения при помощи такого датчика, например, диафрагмы, достигается путем установки в трубопроводе тонкого диска диаметром D с концентрическим отверстием определенного диаметра d_0 и профиля (рис. 7.11, а). В су-

женном сечении происходит увеличение скорости и падение статического давления потока. По измеренному дифманометром перепаду давления Δp определяют скорость жидкости и ее расход (рис. 7.11, б).

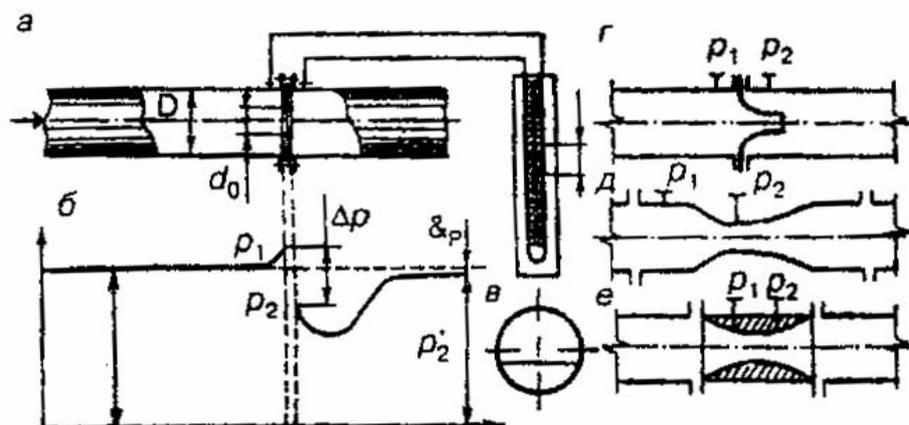


Рис. 7.11. Дроссельные датчики: а- схема, б- определение скорости и расхода, в- сегментная диафрагма, г- сопла, д, е – трубы Вентури и Фостера

В качестве других устройств используются сегментные диафрагмы (рис. 7.11, в), сопла (рис. 7.11, г) и трубы Вентури и Фостера (рис. 7.11, д и е).

Из расходомеров с *постоянным перепадом давления* наибольшее распространение получили ротаметры (рис. 7.12, а). Основной элемент прибора — конический поплавок 1,

вертикально перемещающийся под действием динамического давления потока внутри кольцевой диафрагмы 2. Перемещение поплавка прекращается при уравнивании сил тяжести поплавка и давления потока, при этом каждому значению расхода соответствует определенное положение поплавка. Обычно перемещение поплавка передается в электроизмерительную схему вторичного прибора.

В основу *скоростного* метода положено измерение при помощи стационарных напорных трубок средней скорости потока v_m , связанной с расходом: $v = v_m \cdot F$ (F — площадь поперечного сечения потока).

Для косвенных измерений скорости потока используются счетчики с лопастными колесами, вертушками, взаимодействующими с потоком, средняя скорость движения которого влияет на частоту вращения датчика, например, в анемометрах (рис. 7.12, б), водомерах (рис. 7.12, в). В *электротермоанемометре*, степень охлаждения датчиков-термопар или терморезисторов которого пропорциональна скорости потока, формируется электрический сигнал об изменении расхода.

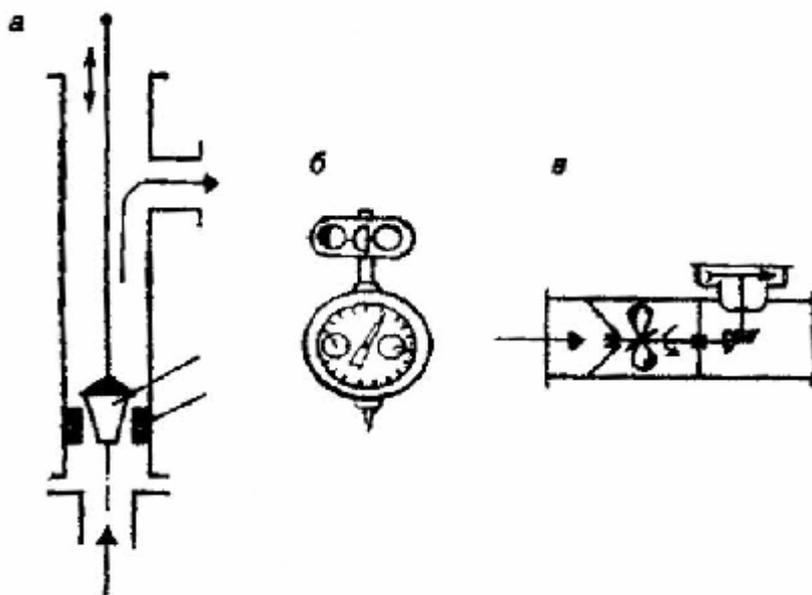


Рис. 7.12. Ротаметр (а), анемометр (б), водомер (в)

Широкое распространение для измерения нестационарных расходов получили *бесконтактные методы* — индукционные, ультразвуковые, СВЧ, ионизационные, радиоизотопные

и др. Их сущность заключается в том, что под воздействием излучения от какого-либо источника И в потоке происходит соответствующая флуктуация, например образуется ионное облачко-метка О, движущееся вместе с потоком (рис. 7.13). Зная момент подачи t_1 частотного импульса генератором Г, расстояние l и момент t_2 прохождения облачком чувствительного элемента приемника-регистратора Р, определяют расход вещества V . Так, в газоснабжении измеряется расход газа с помощью радиоактивных меток – порций криптона или ксенона, поступающих из специального баллончика-дозатора.

7.4.5. Первичный приборный учет

Учет тепловой энергии осуществляется с помощью теплосчетчиков горячей воды и пара. Современные конструкции теплосчетчиков позволяют осуществлять обработку, преобразование и регистрацию информации о количестве потребленной или отпущенной тепловой энергии, температуре, давлении, расходе теплоносителя и о времени работы в системах теплоснабжения отопления и горячего водоснабжения.

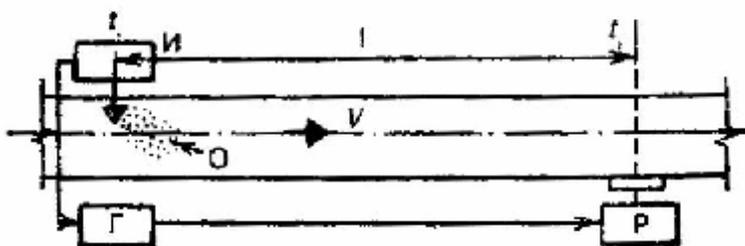


Рис. 7.13. Схема бесконтактного метода измерения нестационарных расходов

вые счетчики на базе ультразвуковых расходомеров, как показал опыт Дании, Германии, России, имеют то преимущество, что качество теплоносителя (горячей сетевой воды) не влияет на погрешность и стабильность измерений. Более остро стоит проблема измерения

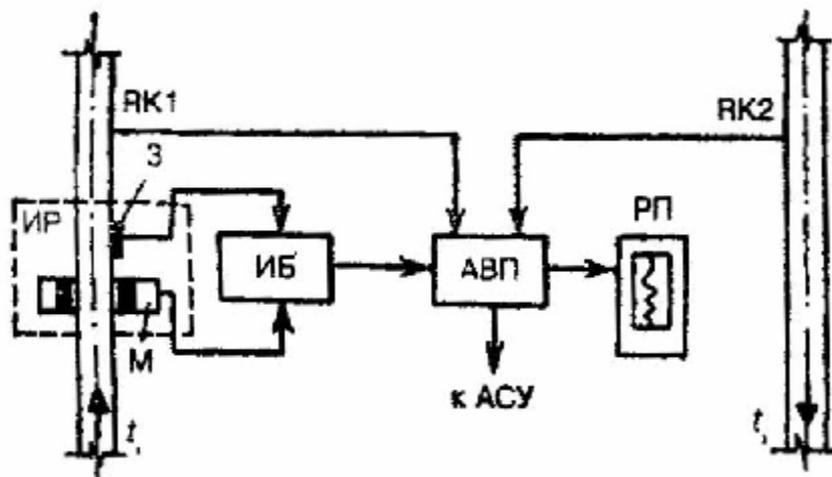


Рис. 7.14. Измерительная система теплосчетчика "Квант"

тепловой энергии пара. Применяемые сегодня диафрагмы (метод разностного давления) удовлетворительны только при стабильном потреблении пара на предприятии; для переменных режимов потребления могут использоваться теплосчетчики на базе вихревого расходомера.

Измерительная система теплосчетчика "Квант" (рис. 7.14) состоит из электромагнитного (индукционного) расходомера (ИР), платиновых терморезисторов – датчиков температуры прямого и обратного потоков и автоматического вычислительного прибора (АВП). Подающий трубопровод расположен между полюсами электромагнита М, под действием которого ионы жидкости отдают заряды измерительным электродам Э, создавая ток, пропорциональный расходу V . Измерительный блок (ИБ) трансформирует сигнал о расходе и передает на АВП, куда также поступают сигналы от терморезисторов RK1 и RK2. АВП произво-

В зависимости от метода измерения расхода теплоносителя существует достаточно широкий спектр теплосчетчиков воды: электромагнитные индукционные, массовые, крыльчатые, вихревые, ультразвуковые. Наиболее подходящими для условий Беларуси признаны индукционный и ультразвуковой методы измерения расхода воды. Тепло-

вые счетчики на базе ультразвуковых расходомеров, как показал опыт Дании, Германии, России, имеют то преимущество, что качество теплоносителя (горячей сетевой воды) не влияет на погрешность и стабильность измерений. Более остро стоит проблема измерения тепловой энергии пара. Применяемые сегодня диафрагмы (метод разностного давления) удовлетворительны только при стабильном потреблении пара на предприятии; для переменных режимов потребления могут использоваться теплосчетчики на базе вихревого расходомера.

Измерительная система теплосчетчика "Квант" (рис. 7.14) состоит из электромаг-

дит счетные операции с выходом на регистрирующий прибор (РП) и АСУ.

Наибольшее количество в общем парке теплосчетчиков составляют:

- приборы электромагнитного принципа действия - 48 %;
- ультразвуковые приборы - 30 %;
- скоростные или тахометрические – 15,7 %;
- переменного перепада давления - 6 %;
- прочие приборы - 0,3 %.

Приборы учета электромагнитного принципа действия обладают следующими достоинствами:

- отсутствие подвижных частей в потоке жидкости;
- минимальная погрешность при измерении (0,25-1,5 %);
- линейность шкалы измерения;
- возможность измерения в абразивных средах;
- малая длина прямых участков трубопроводов перед датчиками расхода (3-5 диаметра трубопровода).

Основным недостатком их является высокая чувствительность к химическому составу воды.

Применение скоростных теплосчетчиков с крыльчатými расходомерами в последнее время значительно сократилось из-за их основных недостатков:

- высокой чувствительности к механическим примесям в воде;
- необходимостью установки фильтров, требующих постоянного обслуживания;
- наличием изнашивающихся в процессе эксплуатации подвижных механических частей.

Приборы ультразвукового действия являются наиболее применимыми и имеют преимущество как переносные с накладными датчиками, поскольку они не создают гидравлического сопротивления потоку среды, не имеют механических движущихся частей, обеспечивают широкий динамический диапазон и высокую линейность, а также обладают независимостью от изменения физико-химических параметров среды, имеют высокую точность и надежность.

Реальную экономию можно получить лишь при совместном применении учета теплопотребления с помощью счетчиков и его автоматического регулирования.

Для поквартирного учета расхода горячей и холодной воды устанавливаются водосчетчики, перед которыми рекомендуется устанавливать фильтры. Экономии воды, более равномерному ее распределению по этажам способствует установка на водоразборных кранах ограничителей расхода воды. В общественных зданиях применяют водоразборные краны с фиксированным временем автоматического их закрытия.

В республике выпускаются в достаточном ассортименте приборы группового и индивидуального учета расхода тепловой энергии и воды, отвечающие мировым стандартам.

Теплосчетчики выпускают НПП «Гран-система-С», ООО «АрВас»; СП «Термо-К» и др. в городе Минске; радиозавод «Спутник» в Молодечно, ПО «Электроизмеритель» в Витебске, опытный завод «Кобальт» в Плещинцах и др. Освоены и выпускаются водосчетчики холодной и горячей воды 12 предприятиями Минска, Новополоцка и Молодечно, многие из которых – по разработкам БЕЛТЭИ. 17 субъектов хозяйствования выпускают регуляторы расхода тепловой энергии. Газовые счетчики бытовые выпускают 4 предприятия, бытовые - 2. В республике имеется 55 проверочных станций приборов учета ТЭР.

Коммерческий учет объема газа и измерение его расхода производится с помощью счетчиков газа, применение которых позволяет снизить расходы на оплату газа в среднем на 10-20%. По конструкции различают турбинные, электромагнитные, массовые, крыльчатые, вихревые счетчики газа.

Современный парк электросчетчиков весьма разнообразен. Они классифицируются по роду тока, количеству фаз, классу точности, измеряемым параметрам, количеству тарифов, элементной базе и т. д. С точки зрения элементной базы, более широкое применение находят

индукционные (электромеханические) счетчики и более современные – гибридные и электронные электросчетчики. Электронные счетчики могут выполняться на интегральных схемах с фиксированным набором функций – «на жесткой логике» или на микропроцессорных элементах с гибкими, программируемыми в условиях эксплуатации функциями. Электронные счетчики в 5-10 раз дороже индукционных, их применение оправдано при переходе от локальных измерений к автоматизации энергоучета, т.е. в первую очередь, в *автоматизированных системах контроля и управления различными энергообъектами* энергосистем и промышленных предприятий.

7.4.6. Схемы автоматизации. Автоматизированные системы контроля и управления различными энергообъектами

Примером схемы автоматизации может служить схема энергоресурсосберегающей пофасадной системы центрального отопления с повторным использованием обратного теплоносителя и насосным смешением (рис. 7.15).

Известно, что фасады зданий находятся в неодинаковых условиях по отношению к внешним воздействиям. Так, южная часть перегревается от влияния солнечной радиации, северная — подвергается охлаждению ветровым воздействием и т.п. Система включает ввод тепловой сети 1, подсистему северного (восточного) фасада 3 с параметрами теплоносителя 105...80°C, регулятор температуры этой подсистемы 2 с регулирующим клапаном и датчиками температуры наружного воздуха TE1, внутреннего воздуха TE2 и теплоносителя TE3. Подсистема южного (западного) фасада 4 с параметрами теплоносителя 105...70°C имеет регулятор температуры этой подсистемы 5 с регулирующим клапаном и датчиками температуры наружного воздуха TE4, внутреннего воздуха TE5 и теплоносителя TE6. Циркуляционный насос является общим для обеих подсистем.

Насос обеспечивает циркуляцию теплоносителя во всей системе отопления, включая подсистемы северного (восточного) и южного (западного) фасадов. При этом обратный теплоноситель подсистемы северного (восточного) фасада с температурой 80°C направляется к насосу для повторного использования в системе отопления. Обратный теплоноситель подсистемы южного (западного) фасада с температурой 70°C, соответствующей температуре обратного теплоносителя в системе теплоснабжения, направляется в теплотель и, частично, на всасывание насоса. Таким образом, в подсистеме северного (восточного) фасада поддерживается повышенная температура обратного теплоносителя 80°C, а в теплотель возвращается только обратный теплоноситель подсистемы южного фасада с расчетной температурой 70°C, соответствующей расчетной температуре системы теплоснабжения.

Такая система позволяет экономить до 20% теплоты и 5% радиаторов, включая монтажные работы, обеспечивает хорошие тепловые и гидравлические режимы, особенно в аварийных ситуациях. Подбор комбинаций характеристик водоструйного и центробежного насосов позволяет оптимизировать режим системы отопления в широком диапазоне нагрузок. При использовании регу-

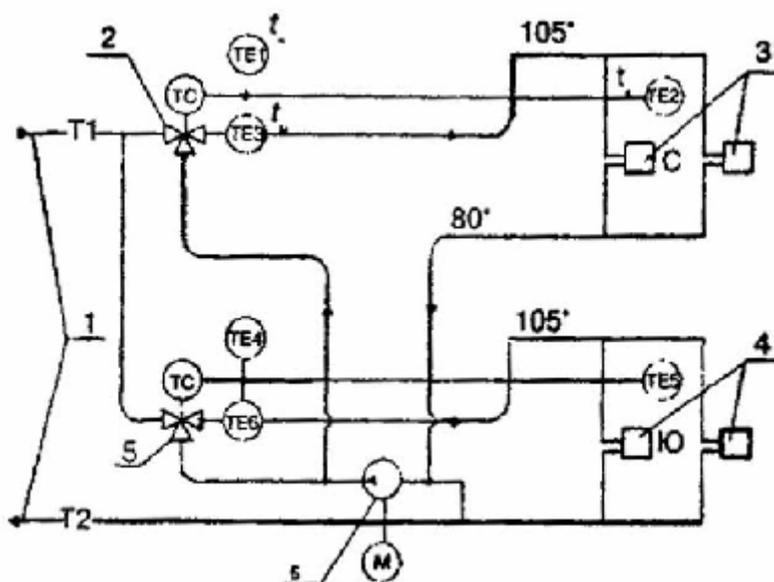


Рис. 7.15. Схема энергоресурсосберегающей пофасадной системы центрального отопления

лировать режим системы отопления в широком диапазоне нагрузок. При использовании регу-

лируемого элеватора качество регулирования повышается.

В настоящее время хорошо известна *автоматизированная измерительная система (ИС)*, позволяющая организовывать *автоматизированные системы контроля и управления различными энергообъектами (АСКУЭ)*, разработанная научно-производственным центром (НПЦ) «Спецсистема». Смысл создания и использования АСКУЭ заключается в постоянной экономии энергоресурсов и финансов на предприятии при минимальных начальных одноразовых денежных затратах. Величина экономического эффекта от использования АСКУЭ достигает на предприятиях в среднем 15-30 % от годового потребления энергоресурсов, а затраты окупаются за 2-4 квартала.

АСКУЭ предназначена для организации многоузлового коммерческого и технического учета отпуска или потребления, контроля и распределения энергоресурсов (электрическая и тепловая энергия с водой и водяным паром, газ, вода, сжатый воздух и т. д.) в пределах промышленных и энергетических предприятий, предприятий сельского хозяйства и жилищного хозяйства, отвечает современным требованиям, имея сертификат, внесена в Госреестр РБ, и на нее Министерством промышленности выдана лицензия,

На первом уровне устанавливаются измерительные системы (ИС), представляющие собой, в общем случае, совокупность первичных измерительных преобразований (ПИП) и цифровых вычислительных устройств, объединенных общим алгоритмом функционирования и предназначенных для автоматизированного получения данных о состоянии объекта путем измерительных преобразований множества изменяющихся во времени и распределенных в пространстве величин (расход, температура, давление и т. д.), характеризующих это состояние (тепловая энергия с паром и водой, электроэнергия, газ и т. д.); на втором уровне – вычислительная система на базе персонального компьютера (ПК) сменного мастера (главного энергетика), которая производит сбор и обработку информации от ИС в масштабе реального времени.

Применение программного обеспечения на ПК позволяет оптимизировать технологические процессы работы энергетических объектов (ЭО) за счет формирования управляющих решений по критерию максимума КПД и, в результате, улучшить его технико-экономические показатели.

При очевидной независимости этих двух подсистем решение вышеуказанных задач экономии ТЭР возможно только в их жесткой взаимосвязи. Эти две подсистемы тесно взаимосвязаны между собой, поскольку для повышения уровня технологической и исполнительской дисциплины необходима жесткая регламентация исполнительных функций как оперативного, так и управленческого персонала. Имея четкие инструкции по контролю основных технологических параметров ЭО, оперативный персонал одновременно контролирует их по показаниям вычислительного устройства первого уровня и является подконтрольным управленческому персоналу, отслеживающему комплексные задачи оптимизации режимов работы ЭО, используя вычислительную систему второго уровня.

7.5. Приоритетные направления энергосбережения в промышленных отраслях

В промышленности более 2/3 потенциала энергосбережения находится в сфере потребления наиболее энергоемкими отраслями — химической и нефтехимической, топливной, строительных материалов, машиностроения, черной металлургии, лесной, деревообработывающей и целлюлозно-бумажной, пищевой и легкой промышленностью.

Значительные резервы экономии ТЭР в этих отраслях обусловлены несовершенством технологических процессов и оборудования, схем энергоснабжения, недостаточным внедрением новых энергосберегающих и безотходных технологий, уровнем утилизации вторичных энергоресурсов, малой единичной мощностью технологических линий и агрегатов, применением неэкономичной осветительной аппаратуры, нерегулируемого электропривода, неэффективной загрузкой энергооборудования, низкой оснащенностью приборами учета, контроля и регулирования технологических и энергетических процессов, недостатками, заложенными при проектировании и строительстве предприятий и отдельных производств, низким

уровнем эксплуатации оборудования, зданий и сооружений.

Машиностроение и металлургия. Примерно треть всего используемого в машиностроении котельно-печного топлива идет на нужды литейного, кузнечно-прессового и термического производства. На технологические нужды используется около половины всей потребляемой теплоты и около трети всей электроэнергии. Свыше трети всей электроэнергии идет на механическую обработку. Основными потребителями энергоресурсов в машиностроении являются мартеновские печи, вагранки, плавильные печи, тягодутьевые машины (вентиляторы и дымососы), нагревательные печи, сушилки, прокатные станы, гальваническое оборудование, сварочные агрегаты, прессовое хозяйство.

Причинами малой эффективности использования топлива и энергии в отраслях машиностроения являются низкий технический уровень печного хозяйства, высокая металлоемкость изделий, большие отходы металла при его обработке, незначительный уровень рекуперации сбросной теплоты, нерациональная структура используемых энергоносителей, значительные потери в тепловых и электрических сетях.

Более половины резервов экономии энергоресурсов может быть реализовано в процессе плавки металлов и литейного производства. Остальная экономия связана с совершенствованием процессов металлообработки, в том числе за счет повышения уровня ее автоматизации, расширения использования менее энергоемких по сравнению с металлом пластмасс и других конструкционных материалов.

Доля затрат на топливо и энергию в общих затратах на производство продукции черной металлургии составляет около 1/3.

Наиболее крупными потребителями топлива в отрасли являются доменное и прокатное производство, самыми энергоемкими – ферросплавное, горнорудное, прокатное, электросталеплавильное и кислородное производство, самым теплеемким – коксохимическое производство.

Основными направлениями энергосбережения в этих отраслях являются:

- использование эффективных футеровочных и теплоизоляционных материалов в печах, сушилках и теплопроводах;
- применение тиристорных преобразователей частоты в процессах индукционного нагрева металла в кузнечном и термическом производстве;
- внедрение энергосберегающих лакокрасочных материалов (с пониженной температурой сушки, водоразбавляемых, с повышенным сухим остатком);
- снижение энергозатрат при металлообработке (замена процессов горячей штамповки выдавливанием и холодной штамповкой);
- применение накатки шестерен вместо изготовления на зубофрезерных станках;
- расширение использования методов порошковой металлургии;
- применение станков с ЧПУ (числовым программным управлением), развитие робототехники и гибких производственных структур;
- снижение энергоемкости литья за счет уменьшения брака.

Химическая и нефтехимическая промышленность. В этих отраслях промышленности существует разнообразие технологических процессов, при которых потребляется или выделяется большое количество теплоты. Уголь, нефть и газ используются как в качестве топлива, так и в качестве сырья.

Основными направлениями энергосбережения в этих отраслях являются:

- применение высокоэффективных процессов горения в технологических печах и аппаратах (установка рекуператоров для подогрева воды);
- использование погруженных газовых горелок для замены парового разогрева негорючих жидкостей;
- внедрение новой технологии безотходного экологически чистого производства капролактама с получением тепловой энергии в виде пара и горючих газов (ПО "Азот");
- повышение эффективности процессов ректификации (оптимизация технологического процесса с использованием тепловых насосов, повышение активности и селективности

катализаторов);

- совершенствование и укрупнение единичной мощности агрегатов в производстве химических волокон;
- снижение потерь топлива и сырья в низкотемпературных процессах;
- перепрофилирование производства аммиака на менее энергоемкое производство метанола (ПО "Азот").

Крупным резервом экономии энергоресурсов в нефтехимической промышленности является утилизация вторичных энергетических ресурсов, в том числе внедрение котлов-утилизаторов для производства пара и горячей воды с целью утилизации тепла высокопотенциальных газовых выбросов.

Среди промышленных производств выпуск минеральных удобрений является одним из наиболее энергоемких. Энергетические затраты в себестоимости отдельных видов продукции этой отрасли составляют примерно третью часть. Повышение энергетической эффективности связано с необходимостью разработки принципиально новых видов оборудования для производства минеральных удобрений, основанных на применении современных физических, физико-химических и физико-механических воздействий (акустических, вибрационных, электромагнитных) на технологические процессы, в том числе теплообменных аппаратов, фильтров, перемешивающих устройств, грануляторов и др.

Производство строительных материалов. Производство высококачественных строительных материалов основано на огневых процессах, связанных с расходом значительных количеств мазута, природного газа и кокса, т.е. наиболее ценных тогшв. При этом коэффициент полезного использования этих топлив в отрасли не превышает 40 %.

Наибольшее количество энергоресурсов внутри отрасли строительных материалов потребляется при производстве цемента. Наиболее энергоемким процессом в производстве цемента является отжиг клинкера (клинкер — обожженная до спекания смесь известняка и глины — сырьё для производства цемента). При так называемом мокром способе производства удельный расход энергоресурсов на отжиг клинкера примерно в 1,5 раза выше, чем при сухом способе. Поэтому важным направлением энергосбережения является применение сухого способа производства цемента из переувлажненного сырья.

В производстве бетона энергосберегающими являются производство и внедрение добавок-ускорителей отверждения бетона для перехода на малоэнергоемкую технологию производства сборного железобетона, а также использование теплогенераторов для тепловлажной обработки железобетона в ямных камерах; в производстве кирпича — внедрение метода вакууми-рованных автоклавов на кирпичных заводах, внедрение обжиговых печей панельных конструкций в цельнометаллическом корпусе для производства глиняного кирпича.

Необходимы организация выпуска строительных и изоляционных материалов и конструкций, снижающих теплопотери через ограждающие конструкции, и разработка и внедрение системы мероприятий по использованию потенциала местных видов топлив для обжига стеновой керамики.

В стекольной промышленности тепловой КПД пламенных стекловаренных печей (основных потребителей топлива) не превышает 20—25%. Наибольшие энергетические потери происходят через ограждающие конструкции печей (30—40%) и с отходящими газами (30—40%). Главные задачи в области энергосбережения в стекольной промышленности состоят в повышении КПД стекловаренных печей, замещении дефицитных видов органического топлива и в утилизации вторичных тепловых ресурсов.

В лесной, бумажной и деревообрабатывающей промышленности основными направлениями энергосбережения являются:

- внедрение экономичных агрегатов для сушки щепы в производстве древесностружечных плит;
- разработка и внедрение новых экономичных способов производства бумажных изделий, включая производство нетканых материалов и бумаги с синтетическим волокном;
- увеличение производства мебели менее энергоемкими способами с применением но-

вых видов облицовочных материалов вместо ламинирования;

- изготовление деталей из древесно-стружечных плит;
- утилизация теплоты вентиляционных выбросов и низкопотенциальной теплоты паровоздушных смесей;
- разработка и внедрение оборудования по производству и использованию генераторного газа из древесных отходов для получения тепловой и электроэнергии;
- переоборудование сушильных камер ПАП-32 с электроэнергии на производство древесных отходов.

Основные направления энергосбережения в легкой промышленности:

- совершенствование технологических процессов обжига фарфора;
- внедрение теплообменников-утилизаторов, использующих теплоту сушильного агента теплоиспользующего оборудования на предприятиях легкой промышленности.

В сельском хозяйстве около половины экономии энергии может быть обеспечено в результате внедрения энергосберегающих машин, технологических процессов и оборудования.

Преобладающая доля потенциала энергосбережения приходится на устранение прямого расточительства и повышения экономичности работы сельскохозяйственной техники, сокращение потребления ТЭР животноводческими фермами и тепличными хозяйствами за счет улучшения теплофизических характеристик ограждающих конструкций, утилизации низкопотенциальных ВЭР, оптимизации энергобалансов в сочетании с использованием нетрадиционных источников (биогаза и др.), снижение расходов топлива на сушку зерна, использование экономичных котлов с кипящим слоем вместо электрокотлов, использование отходов (соломы и др.) вместо традиционных видов топлива.

Основные направления энергосбережения в *сельском хозяйстве* наряду с созданием новой техники следующие:

- совершенствование технологии сушки зерна и кормов, методов применения минеральных и органических удобрений;
- разработка и внедрение систем использования отходов растениеводства и животноводства в энергетических целях, а также для производства удобрений и кормовых добавок;
- использование теплоты вентиляционных выбросов животноводческих помещений для подогрева воды и обогрева помещений для мо лодняка (с применением пластинчатых рекуператоров);
- обеспечение оптимальных температурных режимов и секционирование системы отопления животноводческих помещений;
- применение тепловых насосов в системах теплохладоснабжения и устройств для плавного регулирования работы систем вентиляции, внедрение современных контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации, установка приборов учета и контроля энергоресурсов, а также строительство биогазовых установок.

В пищевой промышленности к числу наиболее энергоемких относится производство сахара. Основная экономия энергоресурсов в сахарном производстве может быть достигнута в результате совершенствования технологических схем и целенаправленного внедрения энергосберегающего оборудования, использование низкопотенциальной теплоты вторичных паров выпарных и вакуум-кристаллизационных установок и конденсатов в тепловых схемах.

Энергоемким является также производство спирта. Для снижения расхода теплоты здесь необходимо внедрение ферментативного гидролиза при подготовке крахмала, содержащего сырье к сбраживанию.

Сущность энергосберегающей политики в рассматриваемый период состоит в максимально возможном обеспечении потребности в ТЭР за счет их экономии в промышленности, сельском хозяйстве, коммунально-бытовом секторе и более эффективном использовании в электроэнергетике.

Главные причины неэффективного использования ТЭР в Беларуси обусловлены отсутствием комплексной технической, экономической, нормативно-правовой политики энергосбережения, недостатками проектирования, строительства и эксплуатации, отсутствием тех-

нической базы по производству необходимого оборудования, приборов, аппаратуры, средств автоматизации и систем управления.

Потенциал энергосбережения в *электроэнергетике* формируется за счет широкого развития теплофикации на базе ГТУ и ПГУ, модернизации и реконструкции действующих энергетических объектов, совершенствования технологических схем и оптимизации режимов работы оборудования, повышения эффективности процессов сжигания топлива и их автоматизации, внедрения автоматизированных систем управления.

Контрольные вопросы

1. *Перечислите основные приоритетные технические направления энергосбережения в Республике Беларусь*
2. *Что относится к объектам малой энергетики?*
3. *Какие меры предусматриваются для повышения эффективности работы промышленных и отопительных котельных?*
4. *В результате каких организационных и технических мероприятий в области компрессорного оборудования можно получить экономию энергоресурсов?*
5. *Опишите принцип действия холодильника.*
6. *Перечислите основные направления повышения эффективности работы холодильной техники.*
7. *Какие источники энергосбережения при использовании электропривода Вам известны?*
8. *Дайте определение понятию «регулируемый электропривод».*
9. *Какие функциональные уровни имеют современные структуры управления?*
10. *Опишите принцип действия автоматического термостата.*
11. *Какие подсистемы автоматизации Вы знаете?*
12. *Назовите известные Вам разновидности и изобразите принципиальные схемы датчиков температур.*
13. *Назовите известные Вам разновидности и изобразите принципиальные схемы датчиков влажности газов (воздуха).*
14. *Назовите известные Вам разновидности и изобразите принципиальные схемы датчиков давления.*
15. *Назовите известные Вам разновидности и изобразите принципиальные схемы датчиков расхода.*
16. *Какие методы измерения расхода воды признаны для условий Беларуси наиболее подходящими?*
17. *Назовите достоинства и недостатки приборов учета расхода горячей воды электромагнитного принципа действия.*
18. *Изобразите схему автоматизации какого-либо энергообъекта.*
19. *Что собой представляют автоматизированные системы контроля и управления различными энергообъектами.*
20. *Перечислите основные направления энергосбережения в машиностроении и металлургии.*
21. *Перечислите основные направления энергосбережения в производстве строительных материалов.*
22. *Перечислите основные направления энергосбережения в лесной, бумажной и деревообрабатывающей промышленности.*
23. *Перечислите основные направления энергосбережения в пищевой промышленности.*

БЛОК 8 ВТОРИЧНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

8.1. Общие вопросы

8.1.1. Вторичные энергетические ресурсы в промышленности

Важнейшей проблемой, поставленной на уровень государственной политики особое место занимает проблема энергосбережения. Главные направления и важнейшие мероприятия по сбережению топлива, энергии и теплоты и развитию топливно-энергетического комплекса Республики Беларусь отражены в Государственной программе “Энергосбережение”.

В энергетических балансах предприятий особенно энергоемких отраслей значительное место занимают вторичные энергетические ресурсы (ВЭР).

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

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

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

Все ВЭР подразделяют на три основные группы.

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

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

ВЭР избыточного давления – энергия газов, жидкостей, пара, покидающие агрегаты с избыточным давлением ($P > P_{ам}$), которое необходимо снижать при выбросе в атмосферу. Все виды ВЭР в зависимости от их свойств могут использоваться потребителем как в виде топлива или для выработки теплоты, холода, электроэнергии и механической работы посредством специализированных утилизационных установок.

На каждом этапе технического развития существуют экономические пределы повышения КПД энергоиспользования. Но практика использования ВЭР в различных отраслях промышленности, особенно в энергоемких производствах, показывает, что резервы повышения коэффициента полезного использования (КПИ) очень велики. Современный уровень развития производства и техники позволяет свести потери энергии до 10 – 15 % от расхода первичных ТЭР. Только применение новейших энергосберегающих технологий позволит дополнительно уменьшить расход энергоресурсов в 2 – 4 раза.

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

расхода первичных ТЭР.

Применительно к ВЭР используются следующие понятия и термины:

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

Общие энергетические отходы подразделяются на три потока:

1. неизбежные потери энергии в технологическом аппарате;
2. энергетические отходы внутреннего использования, - которые возвращаются обратно в агрегат за счет регенерации или рециркуляции;
3. энергетические отходы внешнего использования, - которые используются в других агрегатах.

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

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

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

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

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

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

Для характеристики состояния использования ВЭР, пригодных для непосредственного использования без преобразования энергоносителей, применяют следующие показатели: выход ВЭР; фактическое использование ВЭР; резерв утилизации ВЭР; экономия топлива за счет ВЭР; коэффициент утилизации ВЭР.

8.1.2. Вторичные энергетические ресурсы на предприятиях текстильной промышленности

Для теплоиспользующих установок текстильной промышленности главными являются тепловые ВЭР. Тепловые ВЭР – это тепловые отходы, представляющие собой энтальпию основной, побочной, промежуточной продукции, отходов производства, рабочих тел систем охлаждения технологических агрегатов, теплоносителей, отработавших в технологических установках, тепла отходящих газов от огнетехнических аппаратов, тепла горячей воды и вторичного пара и др., которые могут использоваться для теплоснабжения других потребителей.

К основным видам тепловых ВЭР текстильной промышленности относятся теплота сбросных растворов от красильных и промывных аппаратов, теплота паровоздушной смеси от сушильных, запарных установок, теплота конденсата «глухого» пара от установок, использующих водяной пар как теплоноситель, отходящие топочные газы от котельных агрегатов и опальных машин, физическая теплота различных материалов, выходящих из теплоиспользующих машин.

Общие энергетические отходы – это энергетический потенциал всех материальных потоков на выходе из технологического агрегата и все потери энергии в агрегате. Количественно общие энергетические отходы равны разности между энергией, поступающей в технологический аппарат, и полезно используемой энергией. Общие энергетические отходы делятся на три потока: неизбежные потери энергии в технологическом агрегате (потери в окружающую среду), энергетические отходы внутреннего использования, т.е. те отходы, которые возвращаются обратно в технологический агрегат за счет регенерации или рециркуляции, энергетические отходы внешнего использования.

Степень утилизации ВЭР зависит от величины, структуры и режима энергопотребления

предприятия, а также от вида параметров и количества образующихся ВЭР. Для расчета выхода тепловых ВЭР необходимо знать характеристики оборудования – источников тепловых ВЭР, к которым относятся в текстильной промышленности разные виды теплоиспользующего оборудования. При анализе видов ВЭР, расчете возможного выхода ВЭР и путей применения их, особое внимание следует обращать не только на их выход, но и показатели качества ВЭР. Под показателями качества ВЭР понимают совокупность свойств, определяющих технико-экономическую целесообразность наиболее полного использования данного вида ВЭР. К основным показателям качества ВЭР относятся температурный уровень ВЭР, достижимый коэффициент теплоотдачи, плотность, вязкость, химическая активность, наличие примесей, загрязняющих поверхность теплообмена, рабочее давление и ряд других показателей. Необходимые данные для расчета выхода тепловых ВЭР в текстильной промышленности получают на основе технических паспортов оборудования, а также по результатам балансовых и наладочных испытаний установок – источников ВЭР.

Относительное максимально возможное количество тепловой энергии, передаваемое от одного агрегата к другому, определяется уравнением

$$q = \frac{t_{ex} - t_{вых}}{t_{ex} - t_0}, \quad (8.1)$$

где t_{ex} , $t_{вых}$ – температура ВЭР на входе и выходе утилизационной установки, °С, t_0 – температура окружающей среды.

Коэффициент утилизации тепловых ВЭР представляется выражением

$$h_{ym} = \left[1 - \frac{t_{вых} - t_0}{t_{ex} - t_0} \right]. \quad (8.2)$$

На основании формулы (1.1) можно записать выражение для определения теплоты, используемой в утилизационной установке

$$Q = Q_{вых} \left[1 - \frac{t_{вых} - t_0}{t_{ex} - t_0} \right], \quad (8.3)$$

где $Q_{вых}$ – количество теплоты, которым обладают ВЭР на входе в утилизационный аппарат, (кДж/ч); Q – количество теплоты, которую можно утилизировать.

Возможная выработка тепловых ВЭР в утилизационной установке определяется по формуле (1.1), а коэффициент, учитывающий несоответствие режима и числа часов работы утилизационной установки и технологического оборудования можно определить по уравнению

$$b = t_{ym.уст.} \cdot G_{исн.}^{ВЭР} / (t_{mex.уст.} \cdot G_{исн.}^{ВЭР}), \quad (8.4)$$

где $t_{ym.уст.}$, $t_{mex.уст.}$ – продолжительность работы утилизационной установки и технологического оборудования, (ч), $G_{исн.}^{ВЭР}$ – количество ВЭР, используемых в утилизационной установке (кг/ч).

Коэффициент несоответствия режима работы утилизационного оборудования b выбирается по справочным данным в зависимости от типа и технологического цикла работы теплотехнологического оборудования.

При планировании использования тепловых ВЭР и определении возможного выхода ВЭР необходимо:

- изучить и проанализировать технологию производства и работу оборудования в технологическом цикле;
- выделить основные технологические процессы, связанные с выделением ВЭР;
- составить материальные и тепловые балансы агрегатов - источников ВЭР; определить направления использования ВЭР и выбрать тип утилизационного оборудования;
- рассчитать возможный выход ВЭР по каждому технологическому оборудованию, экономический эффект от утилизации ВЭР и срок окупаемости капиталовложений от энергосберегающих мероприятий.

К основным видам тепловых ВЭР текстильной промышленности относятся теплота конденсата глухого пара, теплота паровоздушной смеси, теплота сбросных растворов.

1. Конденсат глухого пара как вид ВЭР получается при работе машин для обработки материала в жидкости, сушильных машин, машин для влажно-тепловой обработки материала.

Конденсат глухого пара, выходящий из рекуперативных теплообменников теплоиспользующих установок при нормальной работе конденсатоотводчиков, как правило, имеет давление 0,3–0,8 МПа и массовую долю пролетного пара 0,03–0,05, следовательно, энтальпия конденсата может составлять 600–800 кДж/кг.

При этом уровень температуры конденсата составляет 120–160 °С, а коэффициент теплоотдачи достигает значений порядка 5000–10000 Вт/м²·град.

Высокая плотность, сравнительно низкая вязкость, отсутствие загрязняющих примесей, незначительная химическая активность позволяет использовать для утилизации тепла конденсата обычные рекуперативные теплообменные аппараты и трубопроводы из дешевых конструкционных сталей.

Совокупность всех этих показателей дает возможность утилизировать теплоту конденсата, используя простые теплообменники с небольшой поверхностью теплообмена, а следовательно, и при минимальных капитальных и эксплуатационных затратах. Такой высокий энергетический потенциал конденсата при использовании его в утилизационных установках позволяет экономить расход первичного греющего пара на 10–25 %.

На текстильных предприятиях теплоту конденсата пара применяют для нагрева технологической воды. При этом охлаждение конденсата производится до температуры не ниже 70–80 °С, после чего конденсат возвращают на ТЭЦ или в котельную для использования его в качестве питательной воды котлоагрегатов. Переохлаждение конденсата ниже 70 °С не допустимо, так как приводит к повышению растворимости в нем различных газов и вызывает коррозию поверхностей трубопроводов и теплообменников. Возврат конденсата с температурой 120–160 °С, а тем более с наличием пролетного пара, приводит к увеличению расхода греющего пара для теплоснабжения установок, обработки питательной воды для котлов, увеличению потерь тепла при транспортировке конденсата, вызывает ухудшение гидравлического режима работы насосов и конденсатоотводчиков. Поэтому ТЭЦ и котельные конденсат повышенных параметров не принимают. При загрязнении конденсата в машинах с разогревом жидкостей и растворов глухим паром в красильных аппаратах охлаждение конденсата при утилизации производится до температуры 35–40 °С и затем сбрасывается в канализацию.

Различают открытую и закрытую схемы сбора конденсата. По открытой схеме конденсат от теплоиспользующих установок поступает в конденсатосборный бак, сообщаемой с атмосферой. При снижении давления конденсата образуется пар вторичного вскипания, с которым бесполезно теряется тепло в атмосферу. Прямой контакт воздуха с конденсатом приводит к развитию коррозии теплообменников и трубопроводов.

По закрытой схеме сбора конденсата конденсатосборный бак не сообщается с атмосферой. Используются схемы с предварительным охлаждением конденсата в рекуператоре-утилизаторе и с конденсатором пара вторичного вскипания. С точки зрения простоты изготовления и обслуживания и более полной утилизации тепла предпочтительнее схема с предварительным охлаждением конденсата.

Для схемы с конденсатором пара вторичного вскипания характерно снижение интен-

сивности теплообмена.

Теплота конденсата пара, как правило, используется для нагрева воды, используемой на технологические нужды или для горячего водоснабжения. При этом в теплоутилизационной схеме применяются секционные или кожухотрубчатые теплообменники. Конденсат как более чистый теплоноситель подается в межтрубное пространство, а нагреваемая вода в полости труб трубного пучка.

2. Одним из наиболее крупных потребителей тепла в текстильной промышленности является отделочное производство. Горячие сбросные растворы являются видом тепловых ВЭР от машин для обработки материала в жидкости. Так, например, для получения 1 кг ткани затрачивается от 5 до 10 кг пара и от 50 до 200 л горячей воды. Около 80% подведенной теплоты теряется с отработанной сбросной водой. Низкотемпературная сбросная вода с температурой порядка 50–90°C является характерным для текстильных предприятий видом тепловых ВЭР. Такая вода не может использоваться в технологическом процессе и непригодна по энергетическим параметрам, высокой химической активностью, и загрязненностью для систем отопления, горячего водоснабжения и вентиляции. Несмотря на невысокий температурный напор сбросных растворов коэффициенты теплоотдачи имеют порядок 2000–4000 Вт/м²·град, что позволяет использовать теплоту сбросных растворов для подогрева технологической воды с помощью небольших по поверхности теплообмена теплообменников – утилизаторов.

К наиболее сложным вопросам использования тепловых ВЭР сбросных растворов относится выбор конструкции теплообменников, работающих в условиях значительного содержания химически активных веществ (крашение, беление, промывка), значительной загрязненности остатками нитей, волокон, пуха, очесами и др. примесями, которые снижают эффективность работы теплообменников. Наличие механических примесей, агрессивная среда и низкий температурный потенциал сбросных растворов предъявляет высокие требования к теплообменной аппаратуре. Конструктивные элементы теплообменной аппаратуры должны выполняться из коррозионноустойчивых материалов, стойкими к воздействию кислот и щелочей, с высокими коэффициентами теплопроводности. Теплообменники должны быть легко разборными, удобными для чистки с наличием сменных фильтров для очистки механических примесей.

Наилучшими свойствами обладают пластинчатые теплообменники. Они просты в изготовлении, легко и быстро монтируются, компактны с небольшим расходом металла, имеют высокий коэффициент теплопередачи, незначительное гидравлическое сопротивление.

В текстильном производстве наибольшее применение получили именно такие конструкции теплообменников, которые позволяют быстро и с минимальными затратами осуществлять сборку и разборку аппаратов при очистке поверхностей от загрязнений. Из конструкций пластинчатых теплообменников широкое применение получили спиральные и пакетно-разборные, которые почти в два раза компактнее обычных кожухотрубчатых теплообменников.

Выбор типа теплообменника для утилизации тепла сбросных растворов определяется технологическим процессом. Например, для красильных цехов и отделке синтетических тканей рекомендуется использовать пластинчатые теплообменники в производствах, где окрашивается натуральное или штапельное волокно лучше применять трубчатые теплообменники. В трубчатых теплообменниках загрязненная вода движется по гладким трубам в горизонтальном направлении, что затрудняет осаждение твердых частиц. Очистка трубчатых теплообменников проще, чем пластинчатых.

Так как сброс растворов из машин для обработки материала в жидкости (автоклавы) осуществляется периодически, имеет залповый характер, то в системе утилизации данного вида тепловых ВЭР необходимо предусматривать наличие бака-аккумулятора, служащего баком-накопителем раствора, обеспечивающим постоянство расхода раствора через теплообменник-утилизатор. Теплообменные аппараты смешивающего типа в таких схемах утилизации тепла ВЭР не применяются, так как прямой контакт нагреваемого теплоносителя со

сбросным раствором недопустим.

3. Источником отработавшей паровоздушной смеси являются сушильные машины и машины для влажно-тепловой обработки материала. Удельный вес теплопотребления на процессы сушки в текстильной промышленности достигает 30 %, при этом количество тепла, выбрасываемого из сушильного оборудования с паровоздушной смесью составляет 50 ч – 70% от подведенного тепла. Поэтому утилизация теплоты отработанной паровоздушной смеси играет важную роль в экономии топливно-энергетических ресурсов в текстильной промышленности. Паровоздушная смесь, как вид тепловых ВЭР по показателям качества существенно уступает конденсату пара. Для отработавшего воздуха сушильных машин характерны сравнительно высокая температура 90–150 °С, низкий коэффициент теплоотдачи 20–40 Вт/м²·град, низкая плотность, наличие примесей, загрязняющих поверхности теплообмена, малые удельные плотности тепловых потоков. Совокупность этих показателей требует использования для утилизации тепла паровоздушной смеси громоздких теплообменников, применение сменных фильтров, создания специальной вентиляционной системы для концентрации тепловых потоков. Особенностью использования теплоты паровоздушной смеси является то, что при ее охлаждении ниже точки росы начинается конденсация, а это приводит к коррозии теплообменников. Перечисленные причины затрудняют использование теплоты паровоздушной смеси. Однако в настоящее время утилизация данного вида тепловых ВЭР необходима, так как выход ВЭР этого вида соизмерим с суммарным выходом всех других видов вторичных энергоресурсов текстильной промышленности.

Теплоту отработавшей паровоздушной смеси можно использовать как для подогрева свежего воздуха, поступающего на вход в сушильную машину, так и для подогрева технологической воды, или воздуха для нужд вентиляции. С точки зрения увеличения коэффициента утилизации ВЭР, экономической эффективности использования капиталовложений и компактности теплообменной аппаратуры вариант подогрева воды паровоздушной смесью предпочтительнее, так как комбинация теплоносителей паровоздушная смесь – вода имеет коэффициент теплопередачи примерно в 2–3 раза выше, чем при комбинации теплоносителей паровоздушная смесь – воздух. При этом, чем больше массовая доля пара в смеси, тем выше коэффициент теплоотдачи от нее к поверхности теплообменника, и тем выше экономическая целесообразность использовать в качестве нагреваемого теплоносителя воду. Кроме того, при такой комбинации теплоносителей возможно применение в схемах утилизации ВЭР смесительных теплообменников, которые отличаются простотой изготовления и компактностью. Данное утверждение является справедливым для комбинации теплоносителей дымовые газы – вода.

Однако практическое использование теплоты отработавшей паровоздушной смеси для подогрева воды не всегда оказывается возможным. Горячая вода в таком количестве, в котором она может быть получена, оказывается не нужна. Поэтому варианты использования тепла паровоздушной смеси решают не только на основе экономической целесообразности, но и исходя из практических нужд конкретного предприятия. При применении рекуператоров для утилизации ВЭР паровоздушной смеси поверхность теплообмена со стороны смеси обязательно оребряется для увеличения поверхности теплообмена. В качестве теплообменников паровоздушная смесь – вода широко используется калориферы КФС, КФБ, СТД и др. При этом более предпочтительнее применение калориферов с пластинчатыми ребрами, которые легко поддаются очистке. Широкое применение для подогрева воды паровоздушной смесью получили барботажные смесительные аппараты, в которых смесь барботируется сквозь слой нагреваемой воды. В нагреваемую воду попадают примеси, содержащиеся в паровоздушной смеси. Для получения горячей воды, удовлетворяющей санитарным нормам, применяют схемы утилизации с промежуточным теплоносителем. В этом случае схема утилизации выглядит так: барботируемая смесь – промежуточная горячая вода; промежуточная горячая вода – горячая вода. Схема утилизации ВЭР будет иметь дополнительный смесительный аппарат.

В случае использования теплоты отработавшей паровоздушной смеси для нагрева воз-

духа широко используются регенеративные теплообменные аппараты, а также пластинчатые теплообменники, которые имеют по сравнению с рекуператорами других типов наибольшую в единице объема поверхность теплообмена.

Для изготовления поверхности теплообмена пластинчатого рекуператора используются листы из конструкционной стали с коррозионностойким покрытием, используются алюминий, стекло, полимерные пленки и др. материалы. Поверхности теплообмена выполняются плоскими или гофрированными.

Наибольшей тепловой эффективностью при утилизации ВЭР теплоты паровоздушной смеси обладают вращающиеся регенеративные теплообменники и простые, дешевые контактные теплообменники, в которых процессы теплообмена протекают при соприкосновении двух теплоносителей.

Однако необходимо отметить, что перспективным направлением в экономии топливно-энергетических ресурсов в сушильных установках является не утилизация ВЭР паровоздушной смеси в различных установках, а сокращение потерь тепла, за счет применения рециркуляции или многократного использования сушильного агента с осушкой его в специальных аппаратах.

8.1.3. Определение выхода ВЭР и экономия топлива за счет их использования

Под выходом ВЭР понимают количество вторичных энергоресурсов, которые образуются в агрегате – источнике ВЭР.

Удельный выход ВЭР рассчитывается или в единицу времени (ч) работы агрегата или на единицу продукции. Удельный выход для горючих ВЭР определяется формулой

$$q_{уд}^c = G_{вых} \cdot Q_H^P, \text{ (Дж/ч)}. \quad (8.5)$$

Для тепловых ВЭР

$$q_{уд}^T = G_{вых} \cdot C (t_1 - t_0), \text{ (кДж/ч)}. \quad (8.6)$$

Для ВЭР избыточного давления

$$q_{уд}^P = G_{вых} \cdot l, \text{ (кДж/ч)} \quad (8.7)$$

Здесь – $G_{вых}$ часовое количество энергоносителя в виде твердых, жидких или газообразных продуктов (кг/ч) или ($m^3/ч$); C – теплоемкость энергоносителя (кДж/кг град. или кДж/ m^3 гр); l – работа изоэнтропного расширения (кДж/кг); t_1 , и t_0 – температура энергоносителя на входе в теплообменник – утилизатор и температура окружающей среды.

Общий объем выхода ВЭР

$$Q_{вых} = q_T \cdot t \cdot M, \text{ (ГДж)}$$

где M – выход энергоносителя за рассматриваемый период (месяц, год), (ГДж); t – число часов работы установки – источника ВЭР; q_T – удельный выход ВЭР, (кДж/кг).

Обычно определяют годовой выход ВЭР. Однако только часть энергии из общего выхода может быть полезно использована.

Для оценки реального потенциала ВЭР, возможного к использованию, рассчитывается возможная выработка энергии за счет ВЭР. Различают возможную, планируемую экономически целесообразную и фактическую выработку ВЭР.

Возможная выработка ВЭР – это максимальное количество теплоты, электроэнергии или механической работы, которое можно получить практически за счет данного вида ВЭР, с учетом режимов работы агрегата – источника ВЭР и утилизационной установки. Фактическая выработка – действительно полученная энергия за отчетный период. Коэффициент вы-

работки или использования за счет ВЭР отношение фактической ВЭР к возможной выработке

$$s = \frac{Q_{\phi}}{Q_{\text{воз}}};$$

Использование ВЭР ставит конечной задачей достижение экономии первичного топлива и сокращение затрат на приобретение топлива.

При использовании тепловых ВЭР экономия топлива определяется

$$DB = \frac{0,0342}{h_{\text{зам}}} \cdot Q_{\text{воз}} \cdot s = \frac{0,0342}{h_{\text{зам}}} \cdot Q_{\phi}; \text{ (т.у.т.)} \quad (8.8)$$

где 0,0342 – коэффициент эквивалентного перевода 1 ГДж в т.у.т.; Q_{ϕ} – фактическое использование тепловых ВЭР (ГДж/год); $h_{\text{зам}}$ – КПД замещаемой энергетической установки, с показателями которой сравнивается эффективность утилизационной установки работы теплоэнергетического агрегата – источника ВЭР. Как правило, в качестве замещаемой установки рассматривается промышленная котельная или ТЭЦ.

Коэффициент использования выработки s зависит от несовпадения режимов работы утилизационной установки и теплоэнергетического агрегата – источников ВЭР, которые определяются потребителем теплоты.

При использовании тепловых ВЭР предприятиями, которые снабжаются теплом централизованно от ТЭЦ экономия топлива за счет ВЭР определяется с учетом увеличения расхода топлива на ТЭЦ

$$DB = Q_{\phi} \left[\frac{0,0342}{h_{\text{ТЭЦ}}} - \varepsilon_{\text{уд}} (\varepsilon_K - \varepsilon_T) \cdot 10^{-6} \right], \quad (8.9)$$

где $h_{\text{ТЭЦ}}$ – КПД котельной ТЭЦ, $\varepsilon_{\text{уд}}$ – удельная выработка электроэнергии на ТЭЦ (кВт·ч/ГДж); ε_K – удельный расход топлива на выработку электроэнергии по теплофикационному циклу, грамм условного топлива на 1 кВт·ч; ε_T – удельный расход топлива на выработку электроэнергии на замещаемой ТЭЦ, грамм условного топлива на 1 кВт·ч.

При использовании горючих ВЭР экономия топлива определяется по формуле

$$B = 0,0342 Q_{\phi}^{\Gamma} \frac{h_1}{h_2}, \text{ т.у.т.} \quad (8.10)$$

где Q_{ϕ}^{Γ} – фактические горючие ВЭР (ГДж/год), h_1, h_2 – КПД топливоиспользующего агрегата при работе на горючих ВЭР и КПД того же агрегата при работе на первичном топливе.

Отношение h_1/h_2 – зависит от физических свойств горючих ВЭР. Для высококалорийных горючих ВЭР это отношение равно единице.

8.1.4. Экономическая эффективность использования вторичных энергетических ресурсов

Направление использования ВЭР зависит от величины, структуры и режима энергопотребления предприятия, а также от вида, параметров и количества образующихся ВЭР. В каждом конкретном случае направление использования ВЭР производится на основе разработки оптимального топливно-энергетического баланса предприятия с учетом достижения максимальной экономической эффективности при минимальных капитальных затратах на утилизацию ВЭР.

Необходимые данные для расчета выхода ВЭР, образуемых при работе теплоэнергетических агрегатов, получают на основе технических паспортов оборудования или по результатам балансовых и наладочных испытаний установок – источников ВЭР. Выход ВЭР от установок зависит также от ряда факторов технологического характера, поэтому график выхода ВЭР очень часто может иметь значительную неравномерность.

В расчетах обычно используют возможную выработку ВЭР в утилизационной установке для установившегося технологического режима.

Возможная выработка ВЭР в утилизационной установке определяется по формуле

$$Q_{ВЭР} = G_{вых.}^{ВЭР} \cdot c \cdot (t_1 - t_2) \cdot b \cdot h_{ум} \cdot t_{\delta}, \quad (\text{кДж}), \quad (8.11)$$

где $Q_{ВЭР}$ – количество теплоты, полученной в утилизационной установке (кДж); $G_{вых.}^{ВЭР}$ – выход ВЭР (кг/ч); c – теплоемкость теплоносителя на выходе из теплотехнологического агрегата – источника ВЭР (кДж/кг·град); t_1 – температура на входе и выходе t_2 из утилизационной установки; b – коэффициент, учитывающий несоответствие режима и числа часов работы утилизационной установки и технологического оборудования - источника ВЭР ($b = 0,8-0,95$); $\eta_{ут}$ - К.П.Д. утилизационной установки ($h_{ум} = 0,75-0,96$); t_{δ} – действительное время использования ВЭР (ч).

При разработке мероприятий по повышению эффективности использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) или выборе вариантов использования ВЭР необходимо определять приведенные затраты. Приведенные годовые затраты определяются по уравнению

$$z = K \cdot E_H + C_{экс}, \quad (8.12)$$

где z – годовые приведенные затраты (у.е.); E_H – нормативный коэффициент сравнительной эффективности капиталовложений ($E_H = 0,15$); K – капиталовложения (у.е.); $C_{экс}$ – годовые эксплуатационные расходы (у.е.).

Экономическая эффективность использования ВЭР или мероприятий связанных с модернизацией оборудования определяется минимумом приведенных годовых затрат при выборе того или иного варианта при условии их сопоставимости.

За наиболее экономически выгодный принимают вариант, соответствующий минимуму приведенных годовых затрат. В соответствии с этим при расчете экономической эффективности использования ВЭР учитывается экономия текущих издержек на топливо. При этом сравнивают два варианта энергоснабжения (теплоснабжения):

1. Обеспечение потребителя энергией с учетом использования ВЭР;
2. Обеспечение потребителя энергией в тех же объемах без использования ВЭР.

Варианты должны сравниваться в одинаковых условиях по объему и режиму подачи энергии потребителю, при одинаковых по техническому совершенству тепловых схем и оборудования, по надежности энергоснабжения.

Если выход ВЭР позволяет обеспечить производство энергии в количестве, превышающем потребности данного предприятия, то в расчете экономической эффективности следует исходить из необходимости использования ВЭР в полном объеме за счет энергоснабжения другого близлежащего промышленного предприятия. В приведенных затратах по варианту с использованием ВЭР учитываются затраты на сооружение и эксплуатацию утилизационной установки.

Экономический эффект от использования ВЭР рассчитывается как разность приведенных годовых затрат по сравниваемым вариантам:

$$DЭ = C_{ЭК}^{\delta.ум} - C_{ЭК}^{ум} + E_H (K_{\delta.ум} - K_{ум}), \quad (\text{у.е./год}). \quad (8.13)$$

Использование ВЭР экономически оправдано в том случае, если величина экономии $\Delta \mathcal{E}$ имеет положительный знак. Индексы “б.ум.” и ”ум.” обозначают варианты энергоснабжения без утилизации и с утилизацией ВЭР.

Формулу можно записать в следующем виде:

$$D\mathcal{E} = B_{\text{ЭК}} \cdot C_{\text{мон}} + DC + E_H (K_{\text{ум.}} - K_{\text{б.ум.}}), \text{ (у.е./год)}, \quad (8.14)$$

где $B_{\text{ЭК}}$ – экономия условного топлива при использовании ВЭР (т.у.т./год); $C_{\text{мон}}$ – замыкающие затраты на единицу сэкономленного топлива (у.е./ т.у.т.); ΔC – разность эксплуатационных затрат в сравниваемых вариантах без учета затрат на топливо. Величина ΔC учитывает изменение затрат на воду, электроэнергию, текущий ремонт и т.п. Замыкающие затраты на топливо (природный газ, мазут) можно принимать до 100 у.е.

Расчет экономической эффективности капиталовложений в энергосберегающие мероприятия оцениваются сроком окупаемости капитальных затрат по зависимости

$$T = \frac{K}{D\mathcal{E} - C_{\text{экс}}}, \text{ лет}, \quad (8.15)$$

где K – требуемый объем капиталовложений в мероприятия по использованию ВЭР (у.е.); $D\mathcal{E}$ – годовая экономия, достигаемая в результате мероприятий по использованию ВЭР или модернизации оборудования.

Возможная экономия условного топлива от утилизации ВЭР определяется

$$B_{\text{усл.}}^{\text{ВЭР}} = \frac{\sum Q_{\text{ВЭР}}}{Q_{\text{н.усл.}}^P}, \text{ (кг/год)}, \quad (8.16)$$

где $Q_{\text{н.усл.}}^P = 29300$ (кДж/кг) - теплота сгорания условного топлива.

Экономический эффект за счет энергосберегающих мероприятий при утилизации ВЭР определяется

$$D\mathcal{E} = B_{\text{усл.}}^{\text{ВЭР}} \cdot C_{\text{усл.т.}}, \text{ (у.е.)}, \quad (8.17)$$

где $C_{\text{усл.т.}}$ – цена 1 тонны условного топлива.

При расчете расхода условного топлива на выработку тепла в замещающей установке (промышленная котельная, ТЭЦ), расход условного топлива определяется

$$B_{\text{усл.}}^{\text{ВЭР}} = \frac{\sum Q_{\text{ВЭР}}}{29300 \cdot h_c \cdot h_k}, \text{ (кг/год)}, \quad (8.18)$$

где h_c – К.П.Д. тепловых сетей ($h_c = 0,8-0,96$); h_k – К.П.Д. котельной ($h_k = 0,75-0,9$).

Возможная выработка электроэнергии в утилизационном турбогенераторе за счет использования ВЭР в виде избыточного давления пара определяется формулой

$$W = D_{\text{П}}^{\text{ВЭР}} \cdot l_{\text{ад.}} \cdot t_{\text{д}} \cdot h_{\text{oi}} \cdot h_{\text{м}} \cdot h_{\text{г}}, \text{ (кВт·ч/год)}, \quad (8.19)$$

где $D_{II}^{BЭP}$ – секундный расход пара на турбину (кг/с); $l_{ад}$ – работа адиабатного расширения пара в турбине (кДж/кг); t_d – действительный фонд времени работы агрегата-источника ВЭР (ч); h_{oi} – внутренний относительный К.П.Д. турбины; h_m – механический К.П.Д. турбины; h_e – К.П.Д. электрогенератора. При выработке электроэнергии на КЭС или ТЭЦ удельный расход условного топлива $\epsilon_{усл.}=0,36-0,38$ кг/кВт·ч. Одной из важнейших задач совершенствования теплотехнических процессов является возможно более полное выявление резервов ВЭР, и экономически, а также экологически обоснованное их полное использование для целей производства. Экономия ТЭР при использовании резервов ВЭР может составлять 25–30% от первичных энергоресурсов.

В случае использования водяного пара от утилизационной установки выработка электроэнергии

$$W = \frac{D_{II}^{BЭP} (i_1 - i_2) \cdot h_m \cdot h_e}{3600}, \text{ (кВт·ч/год)}, \quad (8.20)$$

где $D_{II}^{BЭP}$ – годовой расход пара на выработку электроэнергии, тыс.т. в год; i_1 и i_2 – энтальпия пара на входе и выходе из паровой турбины (кДж/кг), определяется по i - z диаграмме водяного пара.

При силовом направлении использования ВЭР экономия топлива определяется

$$B_{эж} = \epsilon_{эл} \cdot W, \text{ (т.у.т./год)}, \quad (8.21)$$

где $\epsilon_{эл}$ – удельный расход топлива на выпработку электроэнергии в энергетической системе или на замещаемой установке, с показателями которой сравнивается эффективность использования ВЭР, грамм условного топлива на 1 кВт·ч.

Экономический эффект от использования ВЭР может определяться разницей в годовых приведенных затратах за счет сэкономленной при утилизации энергии

$$\mathcal{E}_{ум} = D\mathcal{E} - E_n \cdot K, \text{ (у.е.)}, \quad (8.22)$$

где $D\mathcal{E}$ – стоимость энергии, сэкономленной в процессе утилизации ВЭР;

Стоимость сэкономленной энергии находится из выражения

$$D\mathcal{E} = 3600 \cdot DQ_{BЭP} \cdot t_d \cdot \epsilon_{yд}, \text{ (у.е.)}, \quad (8.23)$$

Здесь: $DQ_{BЭP}$ – энергия, полученная за счет утилизации ВЭР (кВт); $\epsilon_{yд}$ – удельная стоимость энергии, полученной в утилизационном аппарате. Стоимость единицы энергии за счет утилизации ВЭР определяется по стоимости сэкономленного условного топлива

$$DB_{усл.} = \frac{DQ_{BЭP}}{Q_{н.усл.}^P + i_{выб.}}, \text{ (кг/с)}, \quad (8.24)$$

где $i_{выб.}$ – энтальпия выбрасываемого в атмосферу теплоносителя за утилизатором ВЭР, (кДж/кг).

Годовая стоимость сэкономленного условного топлива

$$\mathcal{E}_{мон.}^{усл.} = 3600 \cdot DB_{усл.} \cdot t_d \cdot C, \text{ (у.е.)}, \quad (8.25)$$

где C – цена 1 тонны условного топлива ($C=95$ у.е.).

Удельная стоимость энергии, полученной за счет утилизации ВЭР

$$\varepsilon_{\text{уд.}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{мон.}}^{\text{усл.}}}{DQ_{\text{ВЭР}}^{\text{год}}}, \text{ (у.е./кДж)}, \quad (8.26)$$

Здесь: $DQ_{\text{ВЭР}}^{\text{год}}$ определяется в (кДж) за расчетный период работы утилизируемого оборудования

$$DQ_{\text{ВЭР}}^{\text{год}} = DQ \cdot 3600 \cdot t_{\delta}, \text{ (кДж/год)}, \quad (8.27)$$

Использование ВЭР является экономически целесообразным при положительном значении разности ($\mathcal{E}_{\text{ум.}} > 0$) в формуле (1.22) и сроке окупаемости капиталовложений $T \leq 3-4$ года.

Пример расчета экономической эффективности от использования ВЭР.

Исходные данные для экономического расчета:

1. теплота, полученная в утилизирующей установке
 $DQ_{\text{ВЭР}} = 500$ кВт;
2. действительный фонд времени работы утилизируемого оборудования $t_{\delta} - 6000$ ч;
3. цена 1 тонны условного топлива $\mathcal{C} = 95$ у.е.,
4. капиталовложения в утилизирующее оборудование
 $K = 40000$ у.е.;
5. эксплуатационные расходы $C_{\text{экс}} = 5000$ у.е.

Решение:

Экономия условного топлива за счет утилизации ВЭР

$$DB_{\text{усл.}} = \frac{DQ_{\text{ВЭР}}}{Q_{\text{н.усл.}}^{\text{р}}} = \frac{500}{29300} = 0,017, \text{ (кг/с)}$$

Годовая стоимость сэкономленного топлива

$$\mathcal{E}_{\text{мон.}}^{\text{усл.}} = 3600 \cdot DB_{\text{усл.}} \cdot t_{\delta} \cdot \mathcal{C} = 3600 \cdot 0,017 \cdot 6000 \cdot 10^{-3} \cdot 95 = 34884, \text{ (у.е.)}$$

Удельная стоимость энергии, выработанной в утилизирующей установке

$$\varepsilon_{\text{уд.}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{мон.}}^{\text{усл.}}}{DQ_{\text{ВЭР}}^{\text{год}}} = \frac{34884}{108 \cdot 10^8} = 0,323 \cdot 10^{-5}, \text{ (у.е./кДж)}, \quad (8.28)$$

где $DQ_{\text{ВЭР}}^{\text{год}} = DQ \cdot 3600 t_{\delta} = 500 \cdot 3600 \cdot 6000 = 108 \cdot 10^8$, (кДж/год)

Стоимость сэкономленной энергии

$$\Delta \mathcal{E} = 3600 DQ_{\text{ВЭР}} t_{\delta} \varepsilon_{\text{уд.}} = 3600 \cdot 6000 \cdot 0,323 \cdot 10^{-5} = 34884, \text{ (у.е.)} \quad (8.29)$$

Экономический эффект от использования ВЭР

$$\mathcal{E}_{\text{ум.}} = \Delta \mathcal{E} - E_{\text{н}} \cdot K = 34884 - 0,15 \cdot 40000 = 28884, \text{ (у.е.)} \quad (8.30)$$

Срок окупаемости капиталовложений в утилизацию ВЭР

$$T = \frac{K}{DЭ - C_{ЭК.}} = \frac{40000}{34884 - 5000} = 1,34, \text{ (года)}. \quad (8.31)$$

Использование ВЭР является целесообразным так как величина ($\Delta_{ym} > 0$) положительна и капиталовложения окупаются за достаточно короткий период.

8.2. Утилизация ВЭР

8.2.1. Теплообменные аппараты для утилизации вторичных энергоресурсов

Наибольшее распространение при утилизации ВЭР получили рекуперативные теплообменники с поверхностью теплообмена, выполненной из труб. В таких теплообменниках возможны значительные перепады давления между теплоносителями без деформаций и разрушений поверхностей теплообмена. Рекуперативные кожухотрубные теплообменные аппараты могут работать с любой комбинацией теплоносителей: жидкость – жидкость, газ – жидкость, газ – газ. Общим для всех кожухотрубных теплообменников является наличие большого числа труб (трубного пучка), концы которых герметично укреплены в отверстиях досок, и наличие общего кожуха (корпуса), охватывающего трубный пучок.

В промышленных кожухотрубных теплообменниках используются трубы с внутренним диаметром не менее 12 и не более 38 мм. Ограничения связаны с возможностью очистки внутренней поверхности труб, и снижением удельной поверхности теплообмена.

Возможная длина трубного пучка может составлять 0,9÷6 м, толщина стенок труб 0,5–2,5 мм.

В связи с тем, что температуры греющего и нагреваемого теплоносителей различны, различными являются температура корпуса и трубок в трубном пучке и по этой причине возникают различные температурные удлинения. Для снижения возникающих в трубных досках напряжений в теплообменниках применяют различные методы компенсации температурных деформаций: линзовые компенсаторы, сальниковые уплотнители, плавающие камеры, U-образные трубы и др. По технологическим причинам трубы в трубном пучке кожухотрубного теплообменника не могут быть расположены близко одна от другой, поэтому площадь проходного сечения межтрубного пространства в 2,5–3 раза больше, чем трубного. Соответственно в межтрубном пространстве более низкие скорости движения теплоносителя и интенсивность теплообмена. С целью повышения интенсивности теплообмена скорости теплоносителей увеличивают путем установки поперечных перегородок в межтрубном пространстве и организацией многоходового движения теплоносителя в полости труб.

Теплоносители, способные загрязнять поверхности теплообмена, направляют в полости труб трубного пучка, так как в межтрубном пространстве механическая очистка невозможна.

Секционные теплообменники состоят из последовательно соединенных секций, каждая из которых является кожухотрубным теплообменником с небольшим количеством труб в пучке и представляют собой многоходовой аппарат с наиболее выгодной схемой движения теплоносителей – противоточной. Секционные теплообменники эффективны, когда теплоносители движутся с соизмеримыми скоростями и без изменения агрегатного состояния теплоносителя.

В связи с отсутствием перегородок характерно низкое гидравлическое сопротивление и меньшая степень загрязнения межтрубного пространства. Поверхности теплообмена одной секции составляет 0,75–30 м², а число труб от 4 до 140.

Основой теплообменников типа труба в трубе являются две соосно расположенные трубы, в кольцевом зазоре которых движутся теплоносители. Как правило, теплообменники этого типа состоят из ряда последовательно соединенных коленами («калачами») секций. Необходимые скорости движения теплоносителей обеспечиваются выбором соответствующих диаметров внутренней и наружной труб. Преимуществом таких теплообменников явля-

ется простота изготовления, возможность работы при высоких перепадах давлений теплоносителей, высокие коэффициенты теплоотдачи. Недостатки – высокая металлоемкость, низкая компактность, сложность механической очистки кольцевого зазора между трубами.

Погружные змеевиковые теплообменники состоят из плоских или витых змеевиков, погруженных в емкость с нагреваемой жидкостью. Такие теплообменники широко применяются в различных отраслях промышленности, в том числе в схемах утилизации ВЭР. Нагрев может осуществляться за счет конденсации пара в трубах, или горячей водой. Основное преимущество таких теплообменников простота конструкции, недостатки – низкая интенсивность теплообмена, для повышения которой прибегают к установке различных мешалок в емкости с нагреваемой жидкостью.

Широкое применение получили теплообменники из оребренных труб для увеличения поверхности теплообмена со стороны малых значений коэффициента теплоотдачи. Такие теплообменники (калориферы) используются в сушильных установках для нагревания воздуха и при утилизации ВЭР от паровоздушной смеси. Важным условием работы таких теплообменником является рациональное расположение ребер, а также их плотный контакт с трубой. Конструкции ребер труб разнообразны и связаны с технологией их изготовления. Коэффициенты оребрения $(F_2/F_1) = \psi$ для калориферов, применяемых в системах нагрева воздуха $\psi \approx 3-4$, а для теплообменных аппаратов холодильной техники $\psi \approx 8-12$. Ребра, как правило, выполняются из материалов с большей теплопроводностью, чем материал основной трубы.

Другой разновидностью рекуперативных аппаратов являются теплообменники рубашечного типа, спиральные и пластинчатые. Рубашечные теплообменники обычно используются для нагревания или охлаждения жидкости в емкости. Теплоноситель подается в зазор, образованный двумя листами, один из которых омывается нагреваемой или охлаждаемой жидкостью. Преимущество: не загромождается объем бака, облегчена очистка поверхности теплообмена, простота конструкции аппарата. Недостаток: малая площадь поверхности теплообмена, низкие значения коэффициента теплообмена.

В пластинчатых теплообменниках поверхность теплообмена образуется пакетом пластин, каждая из которых по периметру снабжена уплотнителями. Теплоносители движутся в зазорах, образованных соседними пластинами. С целью интенсификации теплообмена и увеличения площади поверхности пластины выполняются гофрированными. Комбинация теплоносителей может быть разнообразной: жидкость-жидкость, газ-жидкость, газ-газ. Недостатком является недостаточная герметичность и ограниченный перепад давлений между теплоносителями.

Наиболее эффективными утилизационными установками для использования ВЭР высокотемпературных дымовых газов с $t > 600$ °С являются котлы-утилизаторы, а также водяные экономайзеры для нагрева питательной воды котлов и воздухоподогреватели для нагрева дутьевого воздуха, использующие дымовые газы среднего потенциала с температурой 500 – 600°С. Котлы-утилизаторы обеспечивают большую экономию топлива за счет генерирования энергетического или технологического пара, а также нагрева сетевой воды для теплоснабжения и горячего водоснабжения.

В тех случаях, когда допустимо смешение нагреваемой среды с паровым конденсатом, широко используется нагревание острым паром, который вводится в нагреваемую жидкость через перфорированную трубу или сопловой смешивающий диффузор (барботаж). Преимуществом таких смесительных аппаратов является простота конструкции и высокая интенсивность теплообмена. Главным недостатком смесительных теплообменников является контакт теплоносителей. Может применяться комбинация газ-жидкость, когда газ барботируется через жидкость. Такая комбинация позволяет более эффективно утилизировать тепловые ВЭР, применяя схемы с промежуточным теплоносителем. При утилизации тепловых ВЭР с точки зрения увеличения коэффициента утилизации ВЭР и компактности теплообменников и их стоимости вариант нагрева воды предпочтительней, чем нагрев воздуха. При равных условиях при нагреве воды теплообменник будет примерно в 2–2,5 раза меньше по поверхности теплообмена.

Некоторые типы кожухотрубных рекуперативных аппаратов изображены на рис. 8.1, 8.2.

Для проведения технологических процессов, связанных с подводом тепла, используются разнообразные теплотехнологические установки, в которых применяются один или несколько теплоносителей.

8.2.2. Теплообменные аппараты для утилизации высокотемпературных ВЭР

К высокотемпературным ВЭР в промышленности относят дымовые газы с температурой выше 600 °С, которые покидают рабочее пространство огнетехнических агрегатов и поэтому уносят с собой значительное количество тепла. Основными источниками данных ВЭР являются черная и цветная металлургия, химическая и нефтехимическая промышленность, промышленность строительных материалов, стекловаренная промышленность и т.д.

Потери тепла с уходящими газами таких агрегатов могут составлять 20 – 80%. Утилизация теплоты уходящих газов принципиально может выполняться двумя способами: с возвратом отобранного тепла у газов на вход в данный агрегат (ВЭР внутреннего использования) и без возврата (ВЭР внешнего использования). Для утилизации этих ВЭР широко используются разнообразные теплообменники рекуперативного и регенеративного типа, использование которых позволяет повысить КПД агрегатов на 15 – 20%, увеличить температуру горения и сэкономить топливо.

Теплота ВЭР дымовых газов с возвратом на вход в агрегат оказывается значительно ценнее тепла, полученного в результате сгорания топлива, так как вносимое тепло не влечет потерь тепла с дымовыми газами и повышает температуру сгорания топлива.

Практически утилизировать все тепло отходящих газов невозможно, из-за значительно нецелесообразного увеличения поверхности нагрева теплообменников. Утилизация тепла отходящих газов осуществляется в теплообменниках регенеративного и рекуперативного типов. Регенеративные работают при нестационарном тепловом режиме, рекуперативные при стационарном.

Теплообменники регенеративного типа имеют следующие недостатки: не обеспечивают постоянную температуру подогреваемого теплоносителя (воздуха); на время переключения клапанов прекращается питание агрегата теплом; потери тепла через дымовую трубу; смешение теплоносителей из-за неплотностей; большие размеры и масса регенераторов. Однако, несмотря на недостатки регенеративные теплообменники широко используются на высокотемпературных агрегатах, так как они могут работать при высокой температуре дымовых газов (1300 – 1500°С). При такой высокой температуре рекуператоры не могут работать устойчиво.

Рекуперативный принцип утилизации тепла отходящих газов обеспечивает постоянную температуру подогрева нагреваемого теплоносителя, не требуются переключающие клапана, отсутствует унос тепла в дымовую трубу, меньшая металлоемкость и размеры по сравнению с регенераторами. Основным недостатком рекуператоров является низкая огнестойкость металлических теплообменников и низкая газоплотность керамических рекуператоров, а также утечки через неплотности между двумя сторонами теплоносителей из-за перепада давлений.

К рекуператорам предъявляют следующие требования: обеспечение максимальной степени утилизации тепла дымовых газов с высокой температурой; максимальная компактность конструкции; максимальная интенсивность теплопередачи; наименьшее гидравлическое сопротивление; достаточная герметичность.

Рекуператоры изготавливаются из металла и керамических материалов. Керамические рекуператоры более громоздки, занимают много места, однако могут устойчиво работать при высоких температурах 1200 – 1350 °С и обеспечивают подогрев теплоносителя до 800 °С.

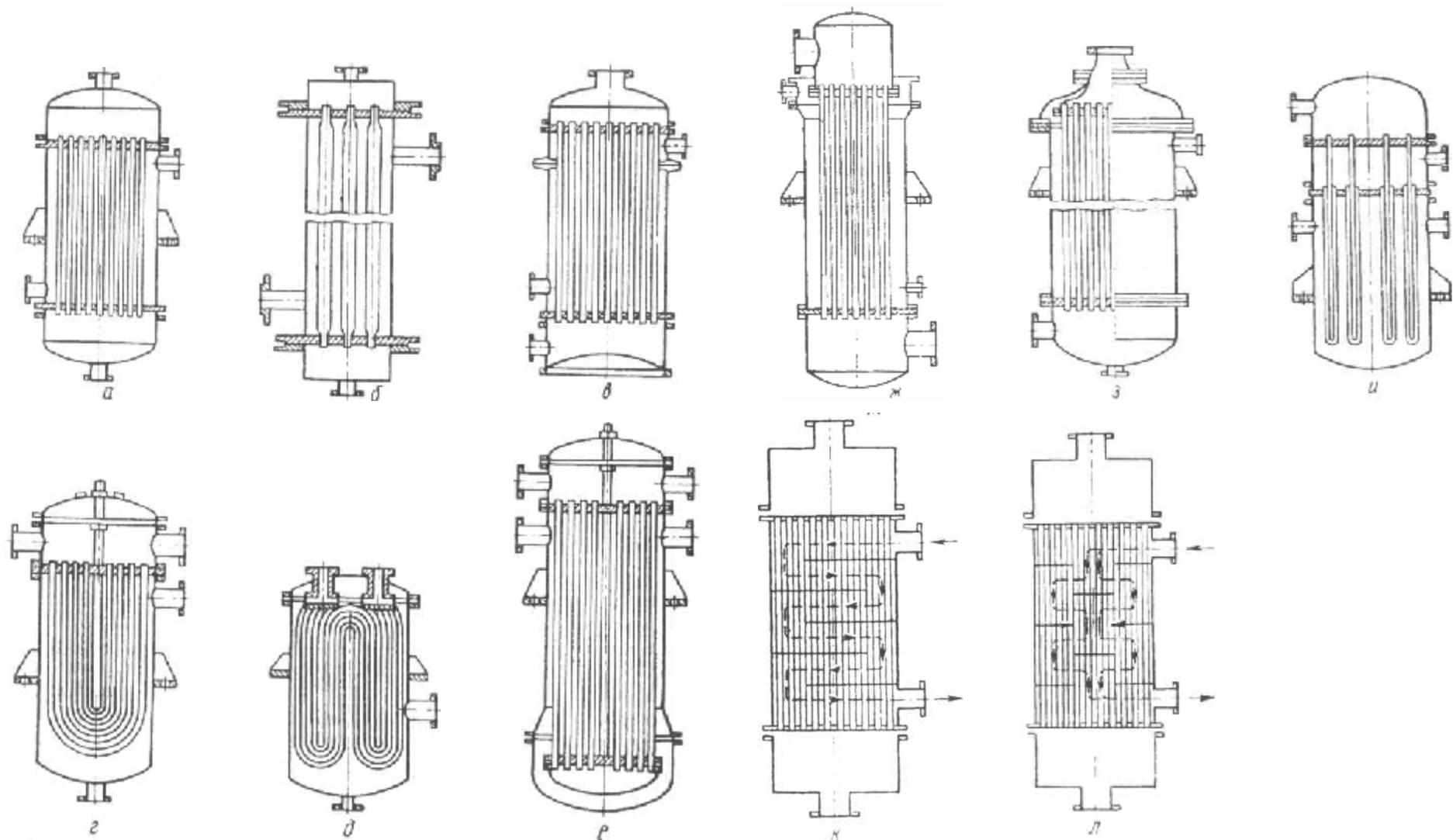


Рис. 8.1. Кожухотрубные рекуперативные теплообменники:

а, б - с жестким креплением труб; в - с линзовым компенсатором; г, д - с U и W-образными трубами; е - с нижней плавающей камерой; ж - с верхней плавающей камерой; з - с сальниковым уплотнителем; и - с трубами Фильда; к, л - с сегментными поперечными перегородками

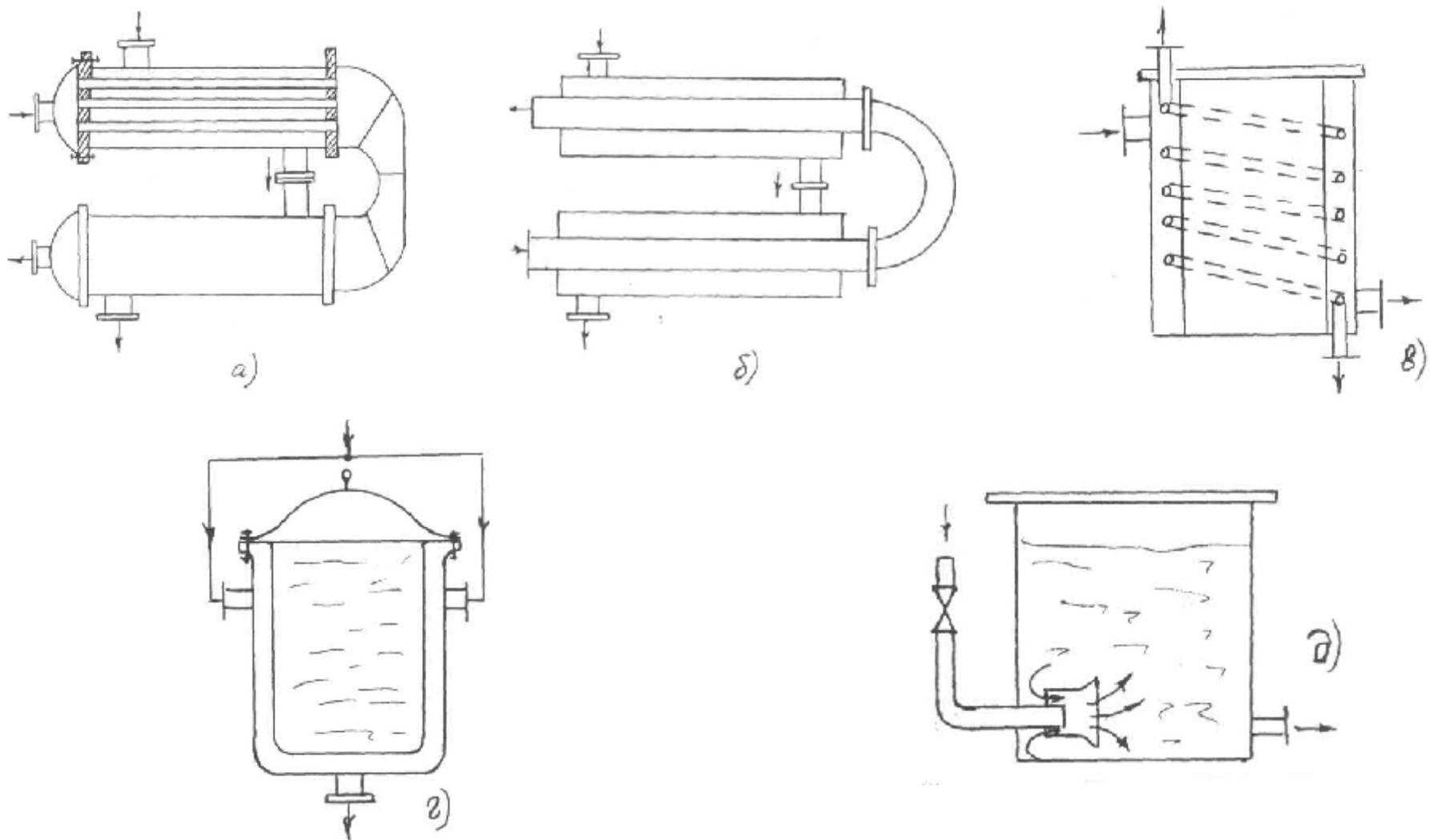


Рис. 8.2. Некоторые типы теплообменников:

а. - секционный теплообменник; б - теплообменник типа труба в трубе; в - погружной теплообменник; г - рубашечный теплообменник; д -смесительный теплообменник с сопловым смешивающим диффузором

Целью расчета рекуператоров является определение размеров теплообменника для обеспечения подогрева необходимого количества нагреваемого теплоносителя (воздуха) до необходимой температуры.

Для утилизации теплоты дымовых газов с температурой 800 – 900 °С часто используются игольчатые рекуператоры, которые собирают из отдельных труб, на которых имеются иглы. Иглы могут быть как на внутренней, так и на наружной стороне трубы.

Иглы увеличивают действительную поверхность нагрева, турбулизируют поток газов, что приводит к существенному увеличению интенсивности теплопередачи и уменьшает габариты теплообменника. Игольчатый рекуператор собирают из отдельных труб с фланцами, соединяемых при помощи болтов. Число ходов рекуператора зависит от температуры подогрева нагреваемого теплоносителя (воздуха). Чаще всего применяются двухходовые рекуператоры с подогревом воздуха до 300 – 400°С при температурах дымовых газов 800–900 °С.

Скорости движения дымовых газов и воздуха принимаются: для металлических рекуператоров скорость движения газов 3 – 5 м/с, скорость воздуха 7 – 10 м/с, для керамических рекуператоров из-за низкой газоплотности скорость газов 0,8–1 м/с, скорость воздуха 0,8–2 м/с для игольчатых рекуператоров скорость дымовых газов 5 – 14 м/с, скорость воздуха 6–10 м/с, что диктуется гидравлическими сопротивлениями по газовой и воздушной стороне теплообменников.

Регенеративные теплообменники применяются в нагревательных печах. Они представляют собой цилиндрические камеры, заполненные кирпичной многорядной насадкой, выложенные из огнеупорного кирпича. Сначала через регенератор пропускают дымовые газы, а затем в обратном направлении нагретая добела насадка отдает аккумулированное тепло теплоносителю. Переключение осуществляется при помощи клапанов.

Особые требования предъявляют к насадкам регенератора. Они должны обеспечивать эксплуатационные качества, экономичность, минимальное гидравлическое сопротивление, высокую интенсивность теплообмена, строительную устойчивость.

Материал насадки должен обладать огнеупорностью, термостойкостью, сопротивлением к деформациям под нагрузкой при повышенных температурах.

При внешнем использовании высокотемпературных ВЭР дымовых газов применяются котлы-утилизаторы (КУ), предназначенные для получения водяного пара с давлением от 14 до 45 бар и даже 100 бар с температурой пара 300 – 450°С и даже 550°С (рис. 2.9, III).

Исходя из этого котлы-утилизаторы классифицируют по следующим признакам:

1. По температуре отходящих газов на входе в КУ при 750 – 900°С низкотемпературные, при температуре 1100 – 1200°С высокотемпературные.

Граница температур в 1000°С, разделяющая эти две группы котлов, выбрана по условиям теплоотдачи от газов к стенке трубы. При температурах ниже 900°С преобладает конвективный теплообмен, при температурах выше 1000°С – терморadiационный теплообмен.

2. По способу циркуляции воды КУ делят на котлы с принудительной и с естественной циркуляцией.

3. По конструкции КУ делят на газотрубные, змеевиковые, конвективные и радиационно-конвективные.

По компоновке бывают П – образные, башенные и горизонтальные.

Газотрубные КУ используются в промышленности строительных материалов (стекловаренные печи, печи обжига керамики, мартеновские печи).

Конвективные КУ устанавливают в нефтеперерабатывающей промышленности, в черной металлургии.

Радиационно-конвективные КУ используют в цветной металлургии за отражательными печами, в химической промышленности.

Все котлы-утилизаторы в отличие от традиционных паровых котлов отличаются только тем, что в КУ отсутствует топочная камера, а все остальные испарительные поверхности нагрева (конвективные пучки труб, пароперегреватели, экономайзеры и т.д.) принципиально не отличаются от обычных котлоагрегатов.

В тех случаях, когда используются горючие ВЭР, в котлах-утилизаторах устанавливаются топочное устройство или камеры дожигания.

8.2.3. Теплообменные аппараты для утилизации низкопотенциальных ВЭР

К низкопотенциальным источникам ВЭР относят различные виды тепловых ВЭР от теплотехнологических аппаратов с температурой менее 300 °С (охлаждающая вода от различных печей, влажный воздух от сушильных установок, водяной пар вторичного вскипания, теплота конденсата греющего пара, теплота «мятого» пара от силовых установок и т.д.).

Низкопотенциальные тепловые ВЭР могут быть использованы в самых разнообразных технологических процессах, а также для теплоснабжения, системах вентиляции, горячего водоснабжения.

Утилизация теплоты низкопотенциальных ВЭР возможна двумя путями: первый предусматривает трансформацию тепла от более высокого уровня теплоносителя ВЭР к более низкому температурному уровню потребителя; второй – трансформация тепла от источника ВЭР с более низкой температурой к более высокому уровню температуры у потребителя.

Первый путь реализуется при помощи теплообменников рекуперативного, регенеративного или смесительного типа, второй основывается на использовании тепловых насосов.

При утилизации низкопотенциальных ВЭР вследствие низких температурных напоров нецелесообразно применять двухступенчатые схемы с промежуточным теплоносителем, так как это приводит к резкому увеличению поверхностей нагрева теплообменников, из-за большого снижения температурного напора в обоих ступенях схемы.

При реализации первого пути использования ВЭР оказываются экономичными теплообменники контактного типа, в которых обеспечивается использование всей теплоты ВЭР, в том числе и теплоты парообразования, если теплоносителем является газ. Особенно экономичны и удобны такие теплообменники для установок при тепловлажностной обработке приточного воздуха в системах вентиляции.

Конструкции контактных теплообменников очень разнообразны и выбираются в зависимости от производительности и назначения.

Например, воздухоподогреватель производительностью по воздуху менее 10000 м³/ч используют для местных отопительно-вентиляционных систем, а более 10000 м³/ч применяют для централизованных отопительно-вентиляционных установок.

В качестве насадочных материалов в контактных теплообменниках используются кольца Рашига (отопительно-вентиляционные агрегаты), роторные насадки в виде скрученной по спирали ленты из белой жести, волнисто-параллельная насадка в виде пакета асбоцементных листов толщиной 5,5 мм.

Контактные теплообменники для утилизации низкопотенциальных ВЭР многообразны по конструкции и по назначению. Поэтому необходимо привести перечень наиболее широко применяемых контактных теплоутилизаторов.

Отопительно-вентиляционные системы: роторный вентиляционный агрегат (АРВ) (рис. 2), отопительно-вентиляционный агрегат (ОВА), отопительно-вентиляционный агрегат с волнисто-параллельной насадкой (КВП), отопительно-вентиляционный агрегат (ОВА-15), контактно-поверхностный теплоутилизатор (ТКПП – 10), блочный контактный экономайзер (ЭК-БМ) для нагрева воды уходящими газами, контактный теплоутилизатор с промежуточным теплообменником (конструкции НИИСТ) для утилизации теплоты отходящих газов и нагрева воды, контактный водонагреватель утилизационный газовый (ВУГ-1). Некоторые типы контактных теплоутилизаторов представлены на рисунках 8.3–8.6.

В текстильной и легкой промышленности применяются регенеративные и смесительные аппараты. В качестве насадки в регенеративных аппаратах используют гофрированную металлическую ленту. Так как в них процесс передачи тепла от горячего теплоносителя к холодному происходит за два периода, то для обеспечения непрерывной подачи теплоносителей в случае неподвижной насадки совмещают два регенеративных аппарата, с двумя перекидными клапанами (рис. 8.7, 8.8).

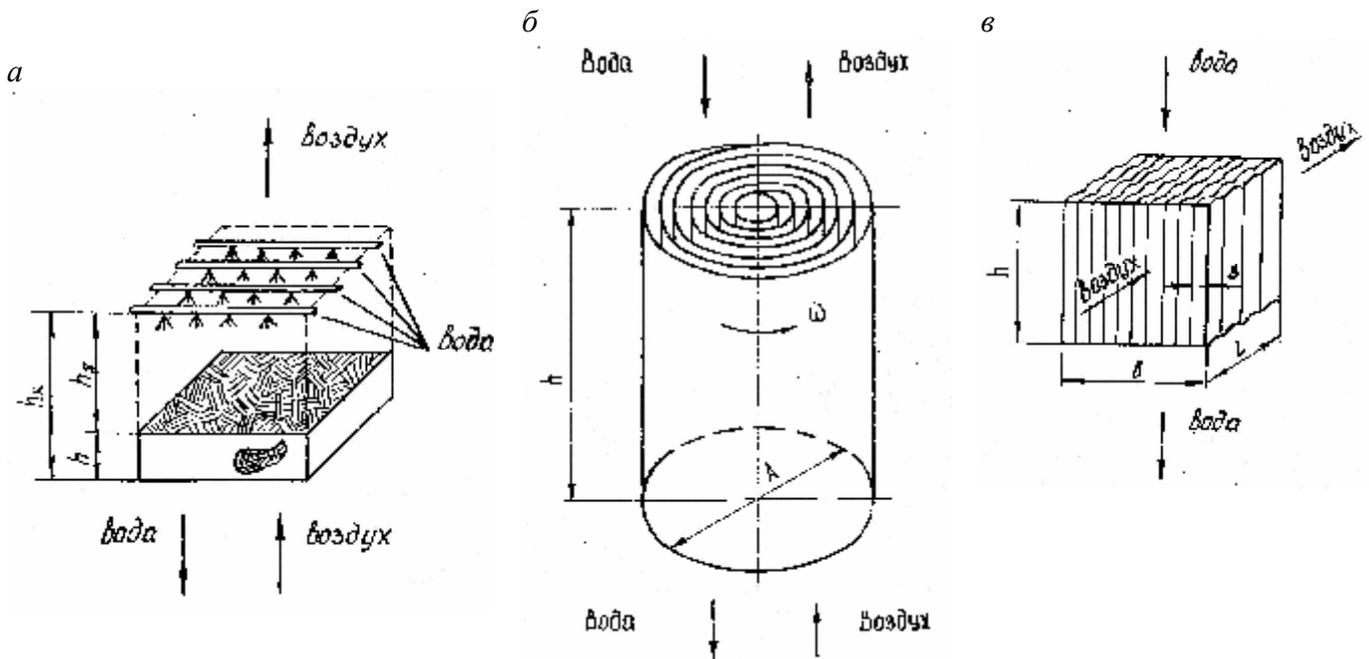


Рис. 2.3. Схемы отопительно-вентиляционных агрегатов

а- контактная камера отопительно-вентиляционного агрегата (ОВА); б- роторный вентиляционный агрегат (АРВ); в- контактная камера с волнисто-параллельной насадкой (КВП).

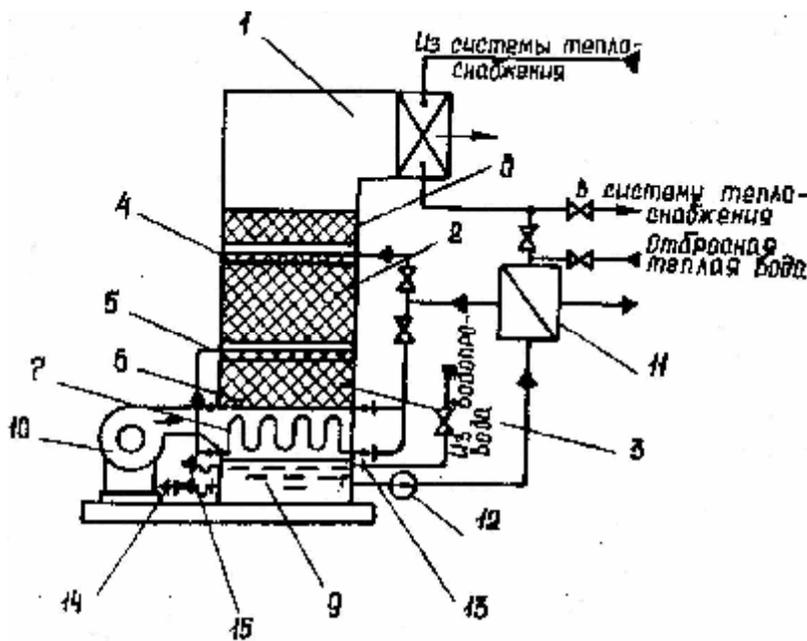


Рис. 8.4. Отопительно-вентиляционный агрегат ОВА-15:

1- калорифер, 2- ступень промежуточного нагрева, 3- ступень предварительного нагрева, 4- водораспределитель, 5- дополнительный водораспределитель, 6- опорная решетка, 7- греющая рубашка, 8- каплеуловитель, 9- поддон, 10- вентилятор, 11- промежуточный теплообменник, 12- насос, 13- патрубок подвода воды, 14- дренажный патрубок, 15- переливной патрубок

(насадка, куски кокса, деревянные рейки).

Преимущества и недостатки регенеративных теплообменников подробно рассмотрены выше.

В смесительных теплообменных аппаратах теплообмен осуществляется путем непосредственного смешения теплоносителей. В связи с тем, что в этих аппаратах в теплообмене не участвуют твердые поверхности интенсивность теплообмена в них значительно выше, чем в поверхностных теплообменниках. По конструкции различают следующие виды смесительных аппаратов (рис. 8.8).

Безнасадочные камеры (колонны), в которых жидкость распыляется форсунками в газовую среду и контакт между жидкостью и газом происходит на поверхности капель жидкости.

Насадочные камеры (колонны) – соприкосновение газа с жидкостью происходит на поверхности пленки жидкости, стекающей по насадке (кольца Рашига, куски кокса, деревянные рейки).

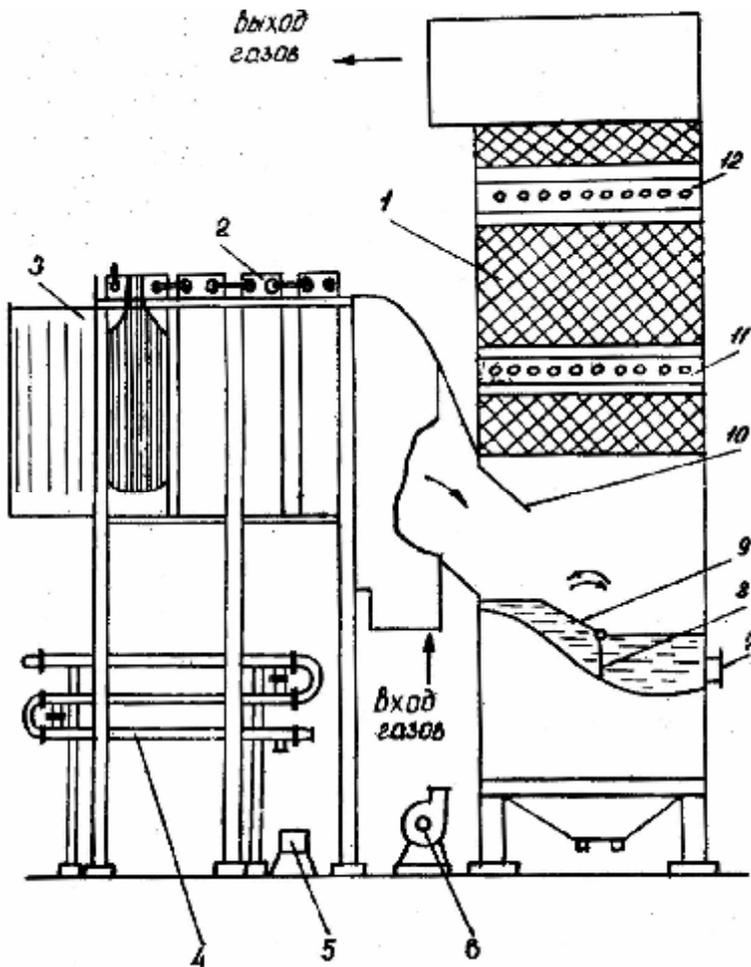


Рис. 8.5. Контактно-поверхностный теплоутилизатор ТКЛП-10:

1— контактная часть, 2— тепловой модуль, 3 — поворотная камера, 4— промежуточный теплообменник, 5— узел очистки, 6— насос, 7— патрубок, 8 — перегородка, 9— заслонка поворотная, 10— козырек (направляющий), 11— водораспределитель дополнительный, 12— водораспределитель основной

Наиболее целесообразно в системах утилизации низкопотенциальных тепловых ВЭР применять теплообменники на тепловых трубах, которые обладают рядом уникальных свойств. Возможности применения теплообменников на тепловых трубах определяются их технико-экономическими показателями стоимостью.

Тепловая труба (ТТ) (рис. 8.9, IV)— устройство обладающее очень высокой эффективностью передачи теплоты. Принцип работы — на внутренней стенке трубы укрепляется фитиль, выполненный из тонкой сетки.

Труба заполняется небольшим количеством теплоносителя (рабочая жидкость), откачивается воздух и плотно закрывается. Один конец трубы нагревается, что вызывает испарение жидкости и движение пара к холодному концу трубы. Здесь пар конденсируется и возвращается к горячему концу трубы под воздействием капиллярных сил. Чем больше теплота парообразования рабочего теплоносителя, тем больший тепловой поток может передавать тепловая труба даже при малой разности температур на концах трубы. В ТТ различают три участка: зону подвода тепла, или участок испарения, зону переноса тепла (адиабатный участок), зону отвода тепла (участок конденсации).

Насадочные аппараты более компактны, чем безнасадочные, но имеют повышенное гидравлическое сопротивление.

Каскадные аппараты имеют внутри корпуса горизонтальные и наклонные полки, жидкость стекает с полки на полку сверху вниз, образуя пленку.

Струйные смесительные аппараты — вода нагревается эжектируемым паром.

Пленочные смешивающие теплообменные аппараты — нагрев воды водяным паром.

Преимущества таких подогревателей по сравнению с поверхностными теплообменниками простота конструкции, компактность, меньшая металлоемкость.

Пенные аппараты — применяются для улавливания из газов или запыленных потоков плохо смачиваемой пыли.

Применяется барботаж газа через слой жидкости.

Широко применяется нагрев жидкостей и растворов острым паром барботированием пара через перфорированную трубу (труба с отверстиями). Главным недостатком смесительных аппаратов является загрязнение нагреваемого теплоносителя, преимущество простота конструкции, компактность.

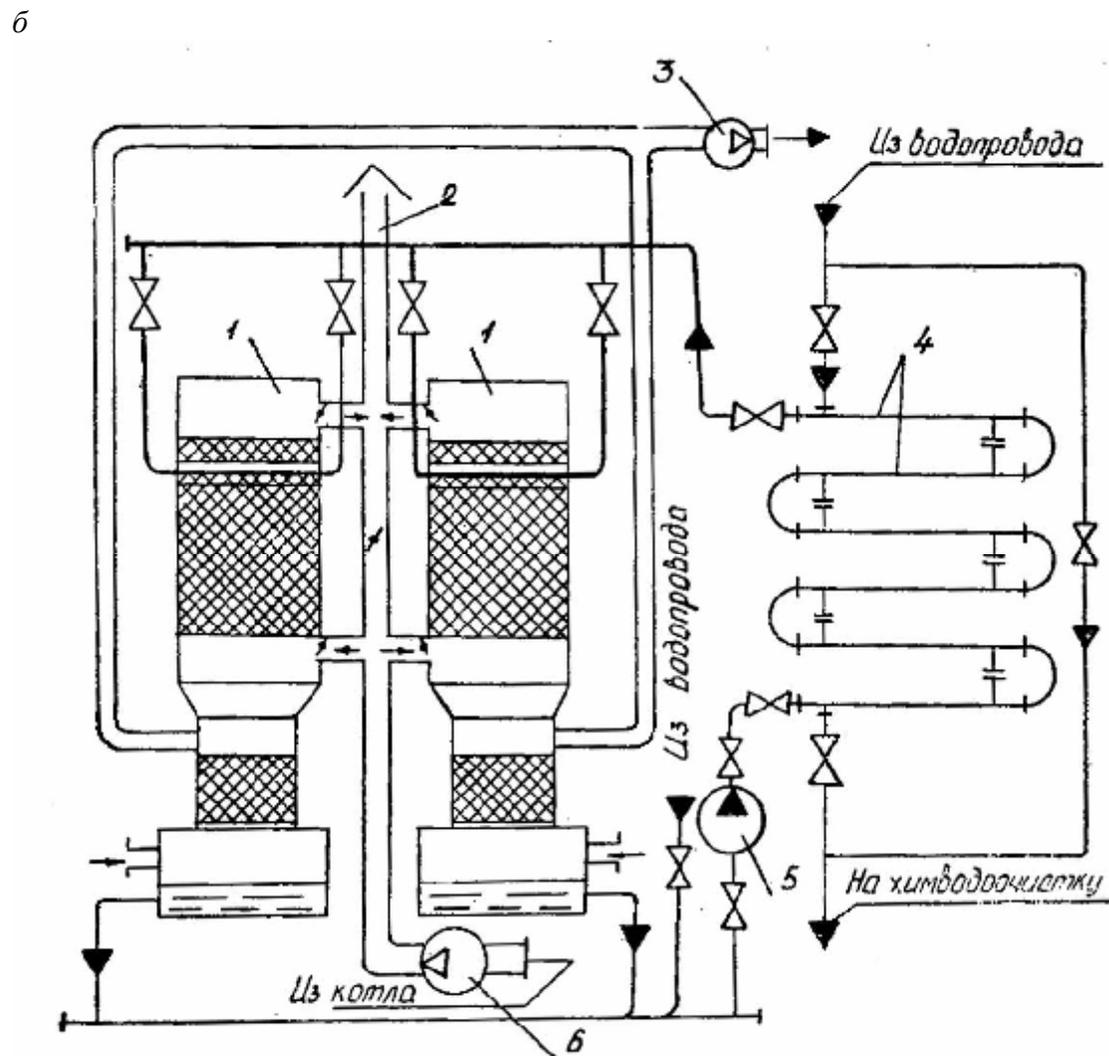
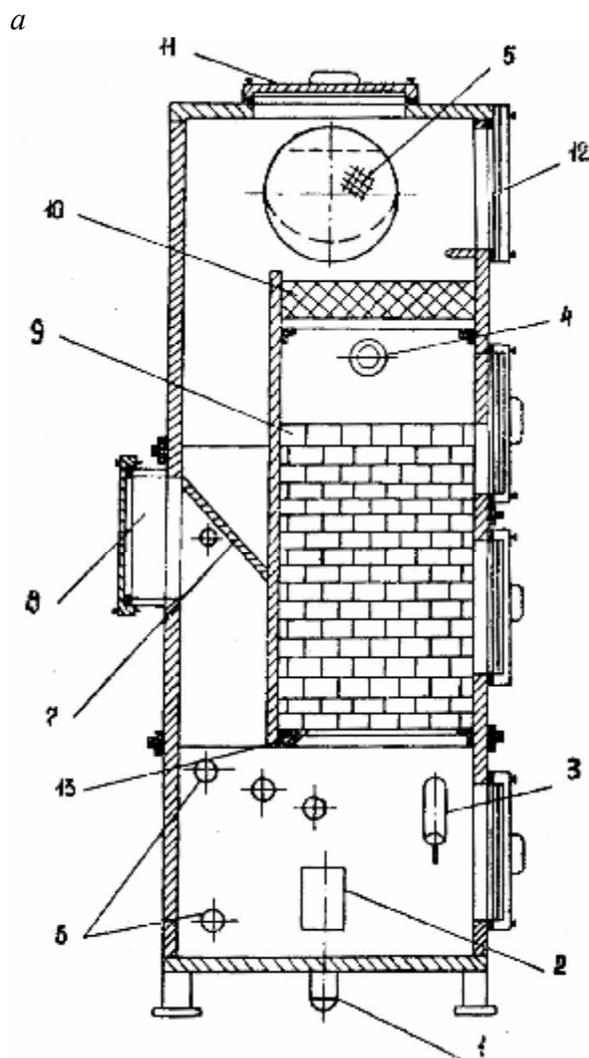


Рис. 8.6. Схема водонагревателя ВУГ-1 (а): 1- дренажный патрубок, 2- патрубок для отвода воды, 3- узел подпитки, 4- ороситель, 5- взрывной клапан. 6- штуцер водоуказательного прибора, 7- заслонка, 8- патрубок подвода газов, 9- рабочий насадной слой, 10- каплеулавливающий насадочный слой, 11- люк, 12- окно отвода газов, 13- опорная решетка; (б) контактный теплоутилизатор с промежуточным теплообменником: 1- контактные камеры, 2- дымовая труба, 3- вентилятор. 4- промежуточный теплообменник, 5- насос, 6- дымосос.

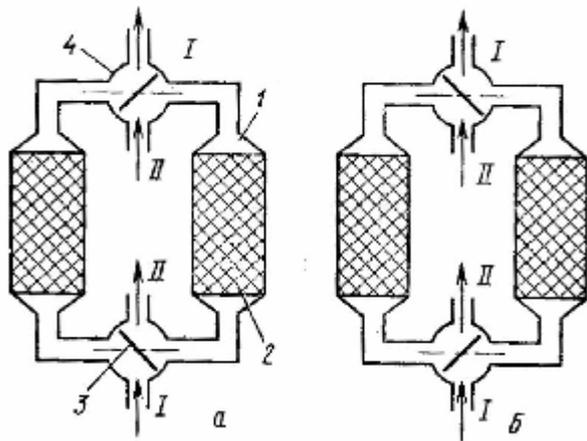


Рис. 8.7. Схемы регенеративных теплообменников: а- левый корпус –период нагрева, б- правый- период охлаждения. 1- корпуса, 2- насадки, 3- перекидные клапана, 4- клапанные коробки

Теплопередающая способность ТТ может быть очень большой. Так, если в ТТ используется в качестве рабочего вещества литий при температуре 1500 °С в осевом направлении передается тепловой поток 10–20 кВт/см².

В качестве теплоносителей используются ацетон, аммиак, фреоны, вода, цезий, калий, натрий, литий, свинец, различные неорганические соли.

Наибольшее применение теплообменники на тепловых трубах получили при утилизации низкопотенциальных ВЭР (температурах 50 – 200°С), так как при таких температурах не требуется применения дорогостоящих материалов и теплоносителей.

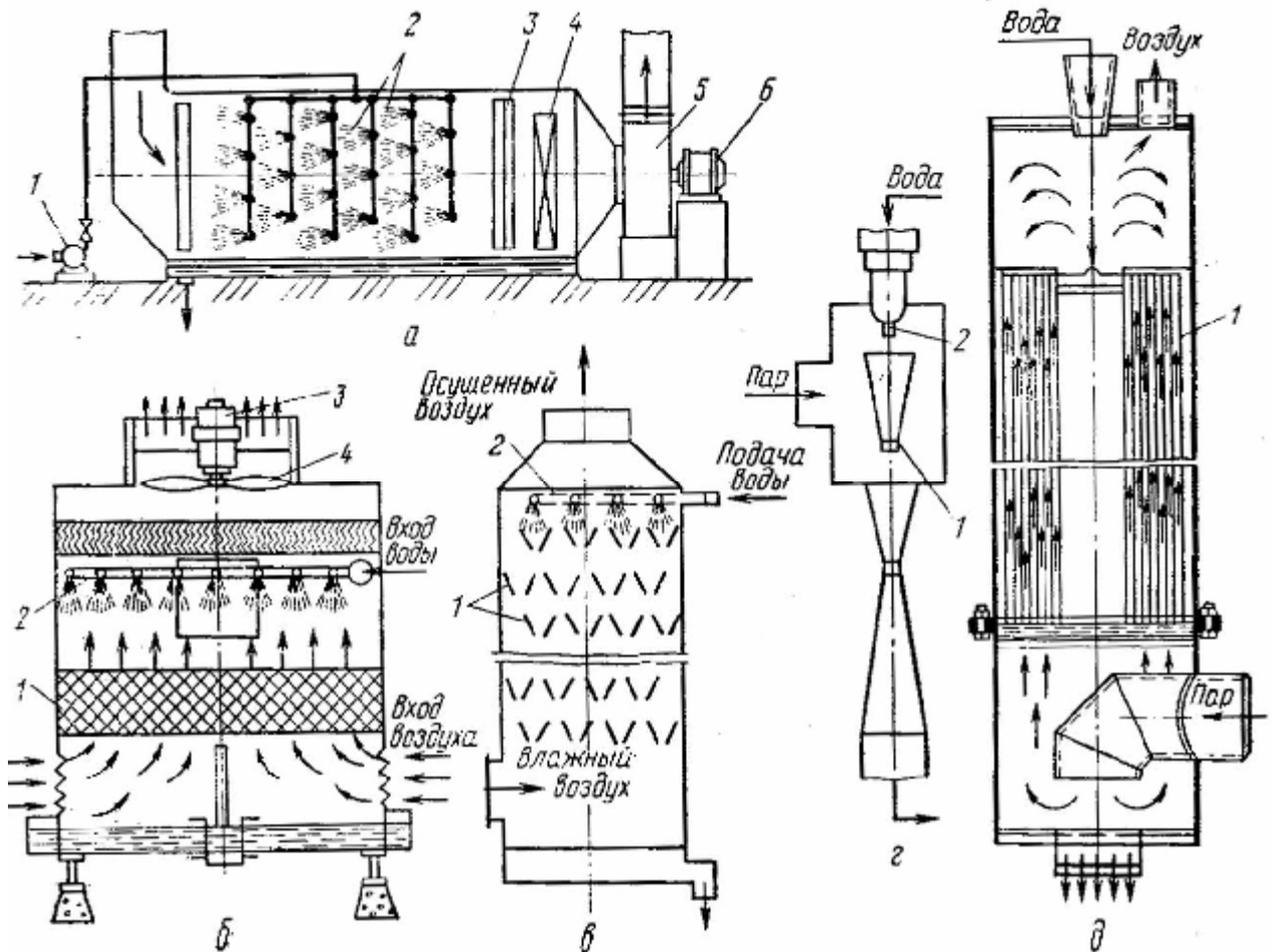
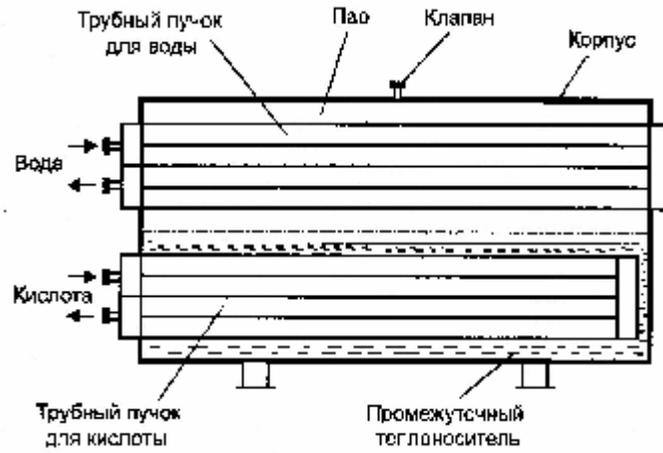
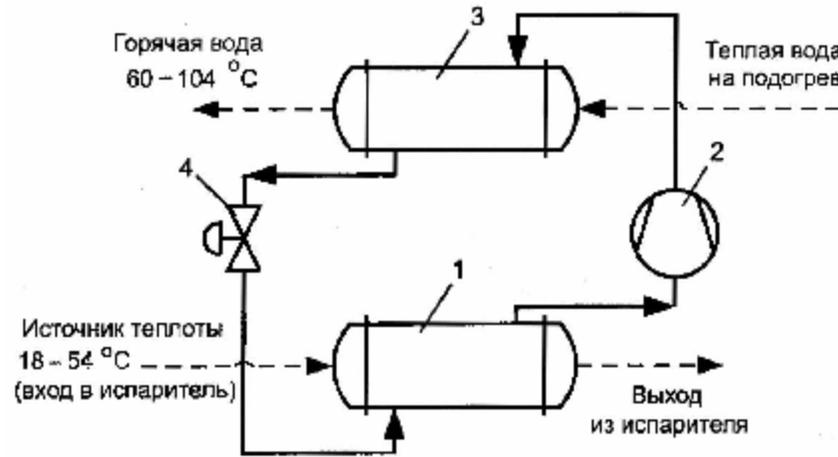


Рис. 8.8. Типы смесительных теплообменников: а- безнасадочный с форсунками: 1- насос, 2- форсунки, 3- иллюминаторы-сепараторы влаги, 4- подогреватель, 5- центробежный вентилятор, 6- электродвигатель; б- насадочный: 1- насадка, 2- распределительная труба, 3- электродвигатель, 4- осевой вентилятор; в- каскадный: 1- каскады, 2- распределительная труба; г- струйный: 1,2- сопла первой и второй ступени струйного смесителя; д- пленочный: 1- коаксиальные трубы.

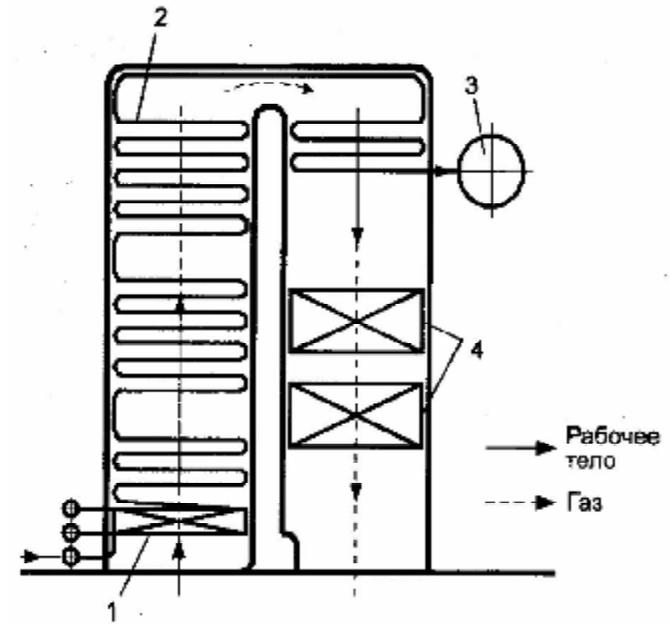
I



II



III



IV

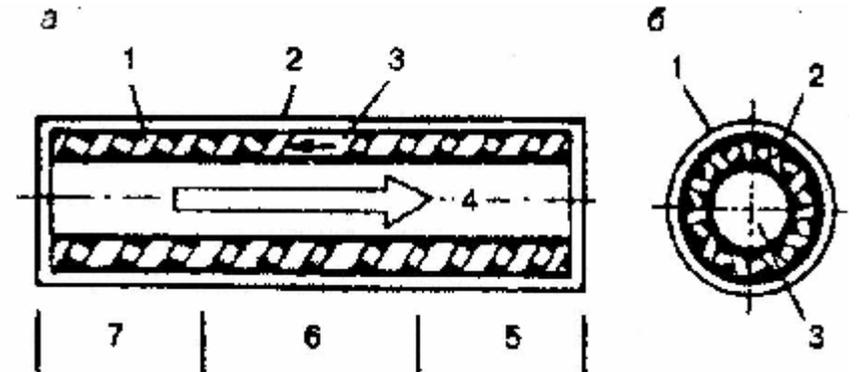


Рис. 8.9. I- теплообменник с промежуточным теплоносителем;

II- тепловой насос для утилизации низкопотенциальной теплоты промышленных сточных вод (1- испаритель, 2- компрессор, 3- конденсатор, 4- дроссель); III- схема котла утилизатора (1- парогенератор, 2- испарительные пакеты, 3- барабан-сепаратор, 4- экономайзер); IV- схема тепловой трубы (а- продольный разрез: 1- фитиль, 2- стенка трубы, 3- возврат жидкости по фитилю, 4- пар, 5- участок конденсации, 6- адиабатный участок, 7- участок испарения; б- поперечное сечение: 1- стенка, 2- фитиль, 3- паровое пространство)

Теплообменники на тепловых трубах (ТТТ) являются разновидностью рекуперативных теплообменников с промежуточным теплоносителем (рис. 8.9, I). Для достижения высокой экономичности и невысокой стоимости ТТТ необходимы дешевые конструкции тепловых труб, малые габариты и рабочие вещества с хорошими теплотехническими характеристиками. К таким ТТТ относятся гладкостенные фитильные и центробежные, но могут применяться и другие виды тепловых труб.

Конструктивно ТТТ выполняются и набора ТТТ. В зависимости от агрегатного состояния теплоносителя ТТТ разделяются на три типа: 1) газ-газ (воздух-воздух); 2) газ-жидкость; 3) жидкость-жидкость.

ТТТ первого типа применяются в качестве воздухоподогревателей для промышленных агрегатов, в системах отопления и вентиляции, в утилизаторах животноводческих ферм.

ТТТ второго типа используются в условиях исключаящих взаимодействие газа и жидкости. Эти ТТТ применяются как конденсаторы, нагреватели и охладители жидкостей.

ТТТ третьего типа используются в химической промышленности, в атомной энергетике, когда исключается взаимодействия между теплоотдающей и тепловоспринимающей жидкостями в широком диапазоне изменения давлений и температур.

Использование ТТТ для утилизации ВЭР дает возможность не только повысить тепловую эффективность энергетических установок, но и уменьшить загрязнение окружающим фактором, препятствующим более широкому использованию ТТТ в промышленности является их стоимость значительно большая, чем стоимость рекуперативных теплообменников.

В настоящее время вопросы использования низкотемпературных источников тепла для отопления, горячего водоснабжения нагрева воды для технологических нужд наиболее успешно решаются с помощью тепловых насосов (ТНУ).

Наибольшее распространение получили компрессионные теплонасосные установки (рис. 8.9, II).

Рабочими телами в ТНУ служат фреоны – вещества, имеющие низкую температуру кипения при давлениях близких к атмосферному.

Коэффициент преобразования тепла $\phi = Q_1/N_э$ при температурах сточных вод или воздуха от вентиляционных систем 20 – 50 °С может быть 3 – 6, а тепловая мощность составлять 50 – 5000 кВт. При затрате электрической мощности $N_э=1$ кВт потребителю подается через конденсатор тепловая мощность в 3 – 6 кВт. Минимальные значения коэффициента преобразования тепла, при котором достигается экономия энергии 2,3 при электроснабжении от КЭС и 2,8 – от ТЭЦ.

Тепловые насосы предназначены для утилизации низкотемпературных ВЭР с температурой 20 – 50 °С, с подачей горячей воды 60 – 100 °С.

Экономическая эффективность использования ТНУ зависят не только от технического совершенства насосов, но и от соотношения цен (тарифов) на электрическую и тепловую энергию. Существует критическое соотношение цен, при котором использование ТНУ становится невыгодным. Годовой фонд времени ТНУ должен быть более 3000 часов.

Схемы использования ТНУ для утилизации низкотемпературных ВЭР настолько разнообразны, что рассматривать их даже в ограниченном объеме невозможно.

В странах Западной Европы, Японии, США, Канады серийно выпускаются теплонасосные станции (ТНС) миллионами экземпляров различного назначения и тепловой мощности, которые широко используются в качестве индивидуальных систем обогрева жилых домов, отдельно стоящих зданий.

8.2.4. Некоторые примеры экономии тепловой энергии за счет использования ВЭР

Использование низкопотенциальной тепловой энергии отопительно-вентиляционным агрегатом. Предусмотрено использование тепловой энергии охлаждающей воды с температурой 28...35 °С от технологического оборудования для подогрева в специальном агрегате наружного воздуха, поступающего в приточные камеры отопительно-

вентиляционных систем.

Отопительно-вентиляционный агрегат (рис. 8.10) состоит из калорифера 1, насадочной контактной камеры, разделенной на ступени промежуточного 2 и предварительно 3 нагрева, водораспределителя 5, установленного между ступенями 2 и 3. Агрегат имеет систему защиты от обмерзания, состоящую из обогреваемой опорной решетки 6, насадки ступени 3, греющей рубашки 7 нижней части ступени 3, каплеуловителя 8, поддона 9, вентилятора с электродвигателем 10, промежуточного поверхностного теплообменника 11, циркуляционного насоса 12 с регулировочным клапаном 13 для подачи воды в градирню.

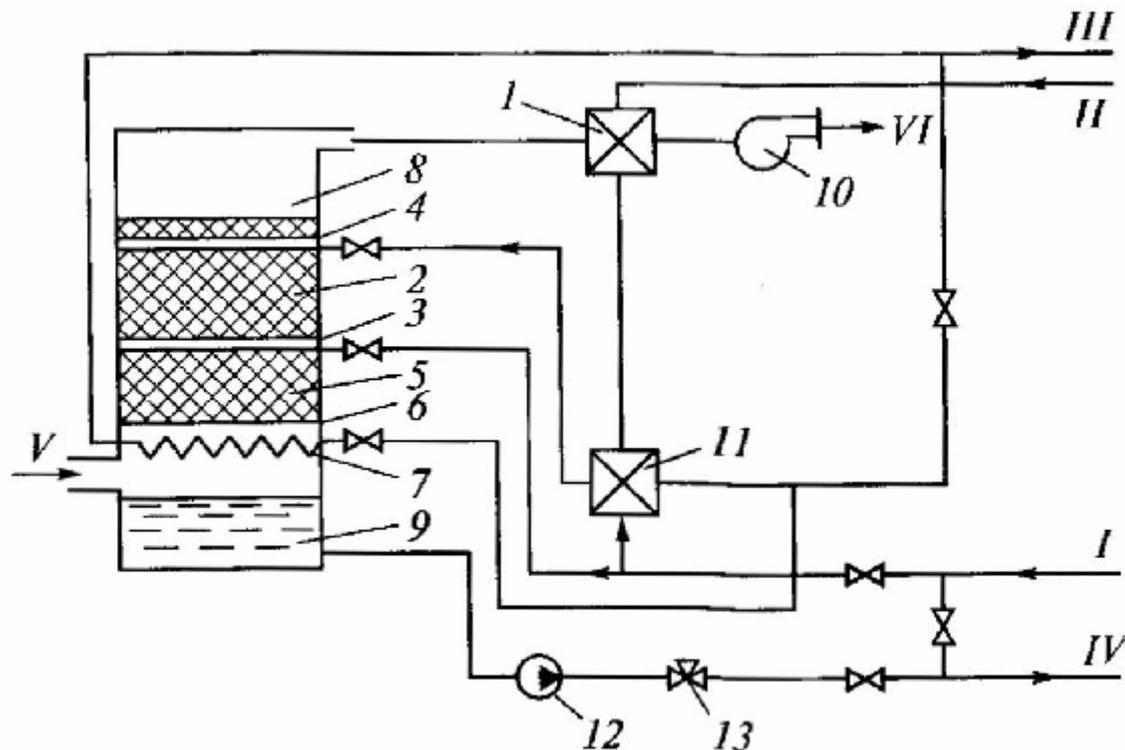


Рис. 8.10. Принципиальная схема отопительно-вентиляционного агрегата:

1- калорифер; 2 - ступень промежуточного нагрева; 3 - ступень предварительного нагрева; 4 - водораспределитель; 5 - дополнительный водораспределитель; 6 - опорная решетка; 7 - греющая рубашка; 8 - каплеуловитель; 9 - поддон; 10 - вентилятор с электродвигателем; 11- теплообменник; 12 - насос; 13 - клапан; I - линия обратной воды от оборудования; II - линии высокотемпературного теплоносителя (горячая вода из теплосети); III - линия обратной воды в теплосеть; IV- линия воды на градирню; V - линия холодного воздуха; VI - линия нагретого воздуха.

Отопительно-вентиляционный агрегат работает следующим образом.

Наружный воздух с отрицательной температурой подается вентилятором 10 под насадку ступени 3 предварительного нагрева. В насадке воздух контактирует с водой, подаваемой через дополнительный водораспределитель 5, и водой, стекающей с насадки 2 промежуточного нагрева. Нагревание и увлажнение происходят в насадке ступени 2 промежуточного нагрева при контактировании с водой, подаваемой через водораспределитель 4. После прохождения через каплеуловитель 8 воздух подогревается до требуемой температуры в калорифере 1 и подается в систему приточной вентиляции.

Нагретая охлаждающая вода, поступающая из производственных цехов от охлаждения оборудования, разделяется на два потока: первый поступает в водораспределитель 5, и отдавая тепло холодному воздуху в насадке 3, стекает в поддон 9, а второй - направляется в теплообменник 11, где подогревается обратной водой и направляется в водораспределитель 4.

Вода из поддона насосом 12 направляется по обратному трубопроводу в градирню.

Высокотемпературный теплоноситель из подающей магистрали системы теплоснабже-

ния последовательно проходит калорифер 1 и промежуточный поверхностный теплообменник 11 циркуляционного контура агрегата и при 20...30 °С поступает в обратную магистраль системы теплоснабжения.

Годовая экономия от его использования составляет 14 тыс. ГДж тепловой и 66 тыс. кВт•ч электрической энергии. Срок окупаемости затрат – 2 года. Применяется на предприятиях машиностроения и других отраслей промышленности.

Использование теплоты уходящих газов в производственной котельной. Теплоснабжение одного из цехов ПО Моспроммеханизация осуществляется от котельной, в которой установлены три паровых котла МЗК-7 производительностью 1 т/ч каждый. Котлы оснащены горелочными устройствами для работы на природном газе низкого давления (резервное топливо – мазут). Конструкция котлов предусматривает их работу под наддувом, осуществляемым индивидуальными дутьевыми вентиляторами. Удаление продуктов сгорания из котлов производится за счет давления наддува через индивидуальные металлические дымовые трубы.

С целью использования тепловой энергии уходящих газов для нужд горячего водоснабжения и нагрева воды для котельной была спроектирована и смонтирована за одним из котлов теплоутилизационная установка с контактным экономайзером (см. рис. 8.11), расположенным над котлом на отметке 3 м. Для подачи газов через экономайзер на выходе их установлен отсасывающий вентилятор Ц13-50 № 3 (n=1440 об/мин). Предусмотрена возможность работы котла как с утилизационной установкой, так и без нее (с помощью переключающих заслонок). При отключенном экономайзере заслонка 3 закрыта, а заслонка 2 открыта. При подключении экономайзера заслонка 2 закрывается, открывается заслонка 3, включается отсасывающий вентилятор 5, и газы из котла 1 направляются в экономайзер 4.

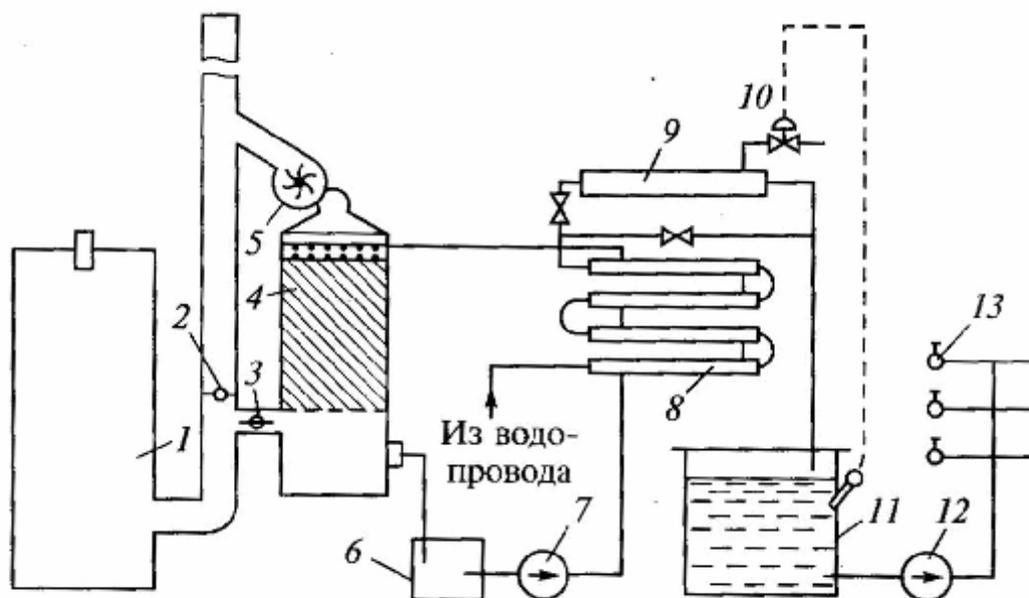


Рис. 8.11. Теплоутилизационная установка с контактным экономайзером:

1- котел; 2, 3 -заслонки; 4 - экономайзер; 5 - вентилятор; 6-бак; 7- насос; 8 – теплообменник; 9 - пароводяной бойлер; 10 - регулирующий клапан; 11 - бак горячей воды; 12 - насос; 13 - душевые

Установка работает следующим образом. Уходящие газы из котла 1 поступают в нижнюю зону экономайзера 4, проходят через слой насадки и выбрасываются в дымовую трубу. Подлежащая нагреву вода из оросителя струями подается на слой насадки, стекает в поддон, из которого по переточной трубе сливается в промежуточный бак 6, откуда циркуляционным насосом 7 направляется в водо-водяной теплообменник 8, затем охлажденная вода через ороситель поступает в экономайзер. Холодная вода из водопровода направляется в теплообменник 8, нагревается в нем и сливается в бак горячей воды 11. Отсюда нагретая вода насосом

12 направляется в душевые 13.

Испытания показали, что при использовании контактного экономайзера КПД МЗК-7 увеличился с 82 до 93 % (по высшей теплоте сгорания топлива). Наряду с этим был выявлен и существенный недостаток установки. При эксплуатации наблюдались крайне низкие скорости движения нагреваемой воды в трубах (0,05...0,09 м/с) и особенно греющей воды в межтрубном пространстве (0,01...0,014 м/с).

В связи с указанным недостатком теплоутилизационная установка была оборудована секционными водо-водяными теплообменниками с требуемыми характеристиками: диаметр трубок секций 57/50 мм, длина -4 м, площадь поверхности нагрева секций -0,75 м², число секций - 7.

Согласно новой схеме предусмотрен двухступенчатый нагрев водопроводной воды в водо-водяных теплообменниках 8 и пароводяном бойлере 9.

При испытании модернизированной схемы было установлено, что в водо-водяных теплообменниках водопроводная вода в количестве 2,4 м³/ч нагревалась до 44...45 °С, КПД установки составил 95 % (по высшей теплоте сгорания топлива). Догрев воды до более высокой температуры (50...60 °С) должен производиться в пароводяном бойлере. Изменение подачи пара на бойлер производится регулирующим клапаном 10 по импульсному сигналу о температуре воды в баке-аккумуляторе. Для производственных душевых нормативная температура воды составляет 37 °С, т. е. достаточен нагрев воды только в водо-водяных теплообменниках. Если же требуется более горячая вода, то после водо-водяных теплообменников ее следует догреть в пароводяном бойлере. Так, в случае нагрева воды до 50 °С на пар приходится небольшая часть полезной теплопроизводительности.

Контрольные вопросы

1. *Что такое энергетические отходы? Назовите их типы и виды.*
2. *Что такое ВЭР? Приведите классификацию ВЭР.*
3. *Как рассчитать общий и возможный выход ВЭР?*
4. *Как оценить экономию топлива за счет использования тепловых или горючих ВЭР?*
5. *Какие источники и виды тепловых ВЭР имеются в промышленности Республики Беларусь?*
6. *Какую роль играют теплообменные аппараты в энергосбережении?*
7. *Назовите основные типы теплообменных аппаратов для утилизации теплоты низкотемпературных и высокотемпературных ВЭР?*
8. *Назовите основные тепловые ВЭР текстильной промышленности.*
9. *Объясните принцип работы компрессионного теплового насоса и тепловой трубы.*
10. *Приведите примеры использования тепловых ВЭР.*
11. *Назовите основные схемы использования конденсата пара.*
12. *Какие виды теплообменников используются в системах утилизации ВЭР?*
13. *Назовите основные трудности при утилизации теплоты сбросных растворов и паровоздушной смеси.*
14. *Какие факторы влияют на выбор типа теплообменного аппарата для утилизации ВЭР?*
15. *Назовите основные теплотехнические установки – источники теплоты сбросных растворов и паровоздушной смеси.*
16. *Назовите основные преимущества и недостатки обогрева жидкости «глухим» и «острым» паром.*
17. *Назовите основные преимущества и недостатки смесительных теплообменных аппаратов. Какова область их применения?*
18. *Назовите основные преимущества и недостатки регенеративных теплообменных аппаратов.*

БЛОК 9 ОСНОВЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА И АУДИТА

9.1. Понятие энергетического менеджмента и аудита

9.1.1. Понятие энергетического менеджмента

Энергетический менеджмент – методологическая наука с практическим инструментарием для осуществления процесса управления использованием энергии, т. е. планирования, организации (внедрения), мотивации, контроля оптимального использования всех видов и форм энергии при целесообразном удовлетворении потребностей человека (организации) и минимальном отрицательном влиянии на окружающую среду.

В определении энергетического менеджмента обнаруживаются все элементы процесса управления: планирование, организация, мотивация, контроль, – присутствующие в определении общего менеджмента и формулируется цель энергетического менеджмента, которая является подцелью миссии общего менеджмента, – удовлетворение потребностей организации в энергии при минимуме отрицательного влияния на окружающую среду. Следовательно, энергетический менеджмент **следует** рассматривать как составную часть, как обязательный элемент менеджмента.

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

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

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

В странах Европейского Союза, в США, Японии уже сложилась кадровая структура энергетического менеджмента, определились функциональные обязанности и права при достаточно высоком уровне энергоменеджмента и его специфике в каждой стране и организации. Анализ опыта этих стран показывает, что без государственных политики и программ энергосбережения, без создания системы энергетического менеджмента невозможно преодолеть экономический кризис и достичь стабильного социального и экономического развития. Активно развивается энергетический менеджмент в нашей республике и других странах СНГ. Активная организационная и практическая работа по реализации принятых концепций и программ, внедрение энергоэффективных технологий вывели Республику Беларусь на передовые позиции в области энергосбережения среди других стран СНГ. Причем энергоэффективные технологии понимаются в широком смысле - как практический инструментарий процесса управления эффективным использованием энергии, т. с. совокупность методик и средств в области организации, технологии (технические решения конструкций и производственных процессов) и поведения.

Энергетический менеджмент, являясь частью общего менеджмента, повторяет его иерархические структуры. Следует различать энергоменеджмент макроуровня: на международном уровне, в стране, области, городе, в отрасли экономики и т. п. - и энергоменеджмент микроуровня: внутри предприятия, учреждения, фирмы, в семье.

Цели энергетического менеджмента различны по своему содержанию для организаций разных иерархических уровней (рис. 9.1):

– на межгосударственном уровне – сохранение и рациональное использование мировых

запасов энергетических ресурсов, поиск новых источников и форм энергии, поддержание и сохранение окружающей среды (Sustainable Development) для следующих поколений;

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

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

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

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

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

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



Рис. 9.1. Функционально-территориальная структура (иерархия) энергетического менеджмента.

В условиях рыночной экономики, как показывает опыт развитых индустриальных стран, основной принцип энергоменеджмента:

локальное управление (внутри уровня) + { планирование, ограничения, стимулы сверху.

т. е. управление с верхних уровней осуществляется в основном посредством ограничений и стимулов. Имея в виду этот принцип в перспективе, не следует исключать, а на переходном этапе экономики стран СНГ, включая Беларусь, и необходимы прямые государственные регулирующие воздействия на нижние уровни. Результативность энергетического менеджмента на национальном уровне оценивается по следующим критериям:

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

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

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

1. Законотворческая и правовая деятельность – определяющее звено энергоменеджмента, регламентирующее все его остальные функции. Правовые основы исполнения функций энергетического менеджмента закреплены Законом «Об энергосбережении».

2. Поиск источников и распределение финансирования. Залог успеха этой функции, с одной стороны, заключается в оптимально обоснованном соотношении источников финансирования и в формировании их наилучшей внутренней структуры за счет экономической

политики, с другой стороны - в обоснованном с учетом приоритетов распределении финансирования на задачи программы «Энергосбережение».

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

4. Выработка и координация реализации национальной политики энергосбережения, т. е. концепции, методик и средств для различных уровней, в том числе политики экономической, технической, социальной, научных изысканий, образования, международного сотрудничества. Основными механизмами и инструментами экономической политики энергосбережения являются реструктуризация Экономики и управления ею, тарифообразование, нормирование и стандарты, стимулирование, налогообложение, льготирование и т.д. К актуальным направлениям технической политики энергосбережения относятся оптимизация структуры генерирующих мощностей, рациональное соотношение централизации и децентрализации энергоснабжения, комбинированная выработка тепловой и электрической энергии, использование газотурбинных установок, возобновляемых источников энергии аккумулирующих систем, энергосберегающих технологий и оборудования и др. Существенное значение имеют элементы социальной политики энергосбережения, направленные на повышение качества жизни населения, улучшение экологии. В их числе - просветительно-пропагандистская работа, реклама, социальная помощь, благотворительность. Важную роль играет политика научных изысканий. Их дальновидная координация гарантирует решение энергетической проблемы для будущих поколений. Не менее важным является и организация непрерывной многоуровневой системы образования в области энергосбережения. Полноценный энергоменеджмент предполагает как обязательную функцию коррекции политики энергосбережения в реальном времени и на перспективу.

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

6. Организация приоритетных энергосберегающих проектов (объявления тендеров до стимулирования их выполнения) и эффективной системы консалтинга, аудиторских фирм. Это позволяет активизировать энергосбережение, прежде всего на предприятиях, способствует распространению и внедрению наиболее передовых энергосберегающих технологий и оборудования. Одновременно данная функция пользуется как косвенный инструмент для регулирующих воздействие на нижние уровни энергоменеджмента.

9.1.2. Энергетический баланс

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

При составлении баланса рассматриваются виды потребляемой энергии: электроэнергия, газ, мазут, пар и т. п. Далее производится количественное измерение потребления энергии на все цели, в том числе и потери энергии.

Баланс составляется на основании фактического потребления энергии. Для получения данных используются самые различные приборы: счетчики электроэнергии, газа, пара, воды, отопления и т. п.

Изучение энергетических балансов дает возможность установить фактическое состояние использования энергии как на отдельных участках производства, так и по предприятию в целом, выявить резервы экономии энергии.

Балансы могут составляться по отдельным энергоносителям, измеряемым соответст-

вующими единицами (джоули, киловатт-часы, тонны условного топлива), и по суммарному потреблению энергоносителей в тоннах условного топлива.

В зависимости от назначения энергетические балансы могут характеризоваться следующими признаками:

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

Отчетные балансы отражают фактические показатели производства и потребления энергии и топлива в истекшем периоде и фактический качественный уровень их использования.

Плановые балансы являются основной формой планирования энергопотребления и энергопользования на предстоящий период.

Аналитические балансы отражают глубину и характер использования подводимых энергоносителей. Они служат основой для оценки энергетической эффективности рассматриваемых процессов, а их показателями являются энергетические коэффициенты полезного действия, определяемые по формуле:

$$h = \frac{\mathcal{E}_{пол}}{\mathcal{E}_{подл} + \mathcal{E}_{вн}}$$

где $\mathcal{E}_{пол}$ - полезная энергия; $\mathcal{E}_{подл}$, - суммарное подведенное к объекту количество энергии; $\mathcal{E}_{вн}$ - энергия, выделяющаяся внутри данного объекта в результате проведения технологического процесса.

Если полученные в результате осуществления технологического процесса вторичные энергетические ресурсы (ВЭР) используются вне его, то коэффициент полезного действия:

$$h = \frac{\mathcal{E}_{пол} + \mathcal{E}_{ВЭР}}{\mathcal{E}_{подл} + \mathcal{E}_{вн}}$$

Оптимальным энергетическим балансам является такой вариант его, при котором объем планируемого выпуска продукции осуществляется с минимальными затратами энергии.

Для более достоверной оценки эффективности энергоиспользования сложных систем, включающих электрическую энергию, топливо и тепловую энергию различных параметров, используют эксергетический баланс, с помощью которого определяется работоспособность (эксергия) технологических и энергетических установок.

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

- общая производственная и энергетическая характеристика предприятия (объемы и номенклатура выпускаемой продукции, ее себестоимость с выделением энергетической составляющей);
- описание схемы материальных и энергетических потоков;
- перечень и характеристика основного энергоиспользующего оборудования;
- данные о расходах энергоносителей;
- данные о работах по рациональному использованию энергии на предприятии.

Схема материальных и энергетическая потоков сопровождается описанием видов и параметров энергоносителей, состоянием 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.

9.1.3. Энергетические аудиты и обследования

Энергетические аудиты и обследования – *основной инструмент* энергетического менеджмента на всех его уровнях: национальном, отраслевом, региональном, городском, предприятии. Их *цель* – *выявить источники энергосбережения, оценить потенциал энергосбережения и разработать программу энергосберегающих мероприятий и технологий (ЭСМТ) с установлением приоритетов их внедрения.* Накоплен многолетний опыт энергоаудитов и обследований. Однако с середины 90-х гг., с началом активной энергосберегающей политики в бывших странах СНГ, концепция и методики выполнения их существенно изменились, приобретая системный характер и качественно новый технический уровень.

При выполнении энергетических обследований и аудитов предприятий решаются следующие задачи:

- анализ фактического состояния и эффективности энергоиспользования, выявление причин потерь энергии, их классификация и оценка;
- определение рациональных размеров энергопотребления в производственных процессах и установках;
- определение оптимальных направлений, способов и размеров использования первичных и вторичных энергоресурсов;
- оценка резервов сбережения энергии, т.е. энергосберегающей потенциала с помощью матриц ЭСМТ;
- улучшение режимов работы технологического и энергетического оборудования;
- разработка или уточнение норм расхода ТЭР на производство продукции;
- организация или совершенствование систем учета и контроля расхода энергии;
- решение вопросов по установлению нового оборудования и совершенствованию технологических процессов.

Поясним разницу понятий «энергообследование» и «энергоаудит». Обе процедуры предназначены для оценки эффективности энергозатрат, определения возможностей энергосбережения и создания плана реализации ЭСМТ. Однако, используя первый термин – «энергообследование», как правило, имеют в виду проведение обследования силами самого предприятия. Термин «энергоаудит» применяют, если процедура проводится внешними организациями с информационно-технической помощью персонала самого предприятия. Такими внешними организациями могут быть консультационные или правительственные агентства, имеющие высококвалифицированных экспертов и современные портативные контрольно-измерительные приборы. Например, энергоаудиты на промышленных предприятиях инспекторы энергоснабжающих компаний США проводят либо самостоятельно, либо обращаются к услугам компетентных экспертов научно-исследовательских институтов, университетов, консалтинговых фирм не только США, но и Европы. В пяти странах применяются обязательные энергетические аудиты. В отраслях с большим потреблением энергии аудиты проводятся регулярно и их предписания обязательны к исполнению. Энергетические аудиты являются необходимым условием для выделения правительственных субсидий или другой помощи в осуществлении мероприятий по энергосбережению. В Италии, Франции, Нидерландах, Португалии существует требование составления энергетических планов крупными промышленными предприятиями с указанием намечаемых мероприятий по повышению энергоэффективности, а также отчетов по использованию энергии в течение года и деятельности, направленной на уменьшение энергопотребления.

В Республике Беларусь обязательному энергообследованию подлежат предприятия, учреждения, организации, если годовое потребление ими ТЭР составляет более 1,5 тыс. туг. Производить эти энергообследования имеют право специализированные организации, имеющие разрешение (лицензию) Государственного комитета по энергосбережению и энер-

гетическому надзору на их выполнение, за счет средств обследуемых предприятий и республиканского фонда «Энергосбережение». Обследование проводится согласно графику, утвержденному соответствующим республиканским органом государственного управления, объединениями, подчиненными СМ РБ, облисполкомами и Минским горисполкомом и согласованному с Комитетом по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь. Интервал между энергетическими обследованиями не должен превышать 5 лет. О сроках проведения обследования субъекты хозяйствования извещают за 3 месяца до его начала.

Стоимость работ по энергетическому аудиту оплачивается за счет средств обследуемых:

- хозрасчетных организаций - по статье затрат, относимых на себестоимость продукции, а также за счет республиканского фонда «Энергосбережение»;
- бюджетных организаций (при финансировании местных бюджетов) - по смете, согласованной областными или города Минска энергетическими комиссиями (по территориальному признаку).

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

Энергообследование может быть перманентным, т. е. иметь непрерывный текущий характер, периодическим и разовым. Перманентное энергообследование требует высокой степени автоматизации приборного учета энергопотребления. При перманентных обследованиях осуществляется постоянное использование матриц ЭСМТ для выбора приоритетных мероприятий и одновременно корректировка матриц. При аудитах, носящих периодический или разовый характер, производится разработка или корректировка матриц ЭСМТ, на основе которых составляются планы по энергосбережению, контролируется эффективность энергоиспользования.

Различают предварительное энергообследование (аудит) и детальное (подробное). Предварительное может иметь самостоятельное значение или быть начальным этапом детального обследования.

На рис. 9.2 представлена технологическая схема энергообследования промышленного предприятия. Энергообследование включает четыре этапа. На этапе предварительного энергообследования (ПЭО) собирается имеющаяся информация об объемах потребления ТЭР, которая дополняется осмотром предприятия и результатами самых простых замеров. Широко используются заранее составленные типовые опросники. На следующем этапе выполняется детальное энергообследование (ДЭО) предприятия. Таблица 9.1 дает сведения о действиях аудитором на этапе предварительного энергообследования и его результатах.

По результатам ПЭО детальное энергообследование может потребоваться как для всего, так и для части предприятия. Оно позволяет выявить и разделить энергетические потоки по отдельным цехам и установкам. ДЭО предусматривает тщательный анализ потоков энергии всех видов на основе приборного обследования объектов, процессов и оборудования, изучения режимов их работы, паспортных данных оборудования, составление энергетических балансов по отдельным видам энергоносителей, отдельным производствам, цехам, установкам, в целом по предприятию.

Третий этап энергообследования включает анализ результатов ДЭО и разработку рекомендаций по энергосбережению, их экономическую оценку (низко-, средне- и высокозатратные), оценку по времени реализации (кратко-, средне- и долгосрочные), корректировку матриц ЭСМТ, установление приоритетов мер по энергосбережению.

На четвертом этапе энергообследования производится подготовка итогового отчета и плана мер по энергосбережению, представление их руководителям предприятия, обучение, инструктаж персонала предприятия, оказание ему консультационной помощи по реализации плана.

МЕТОДИКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ПРОМПРЕДПРИЯТИЙ

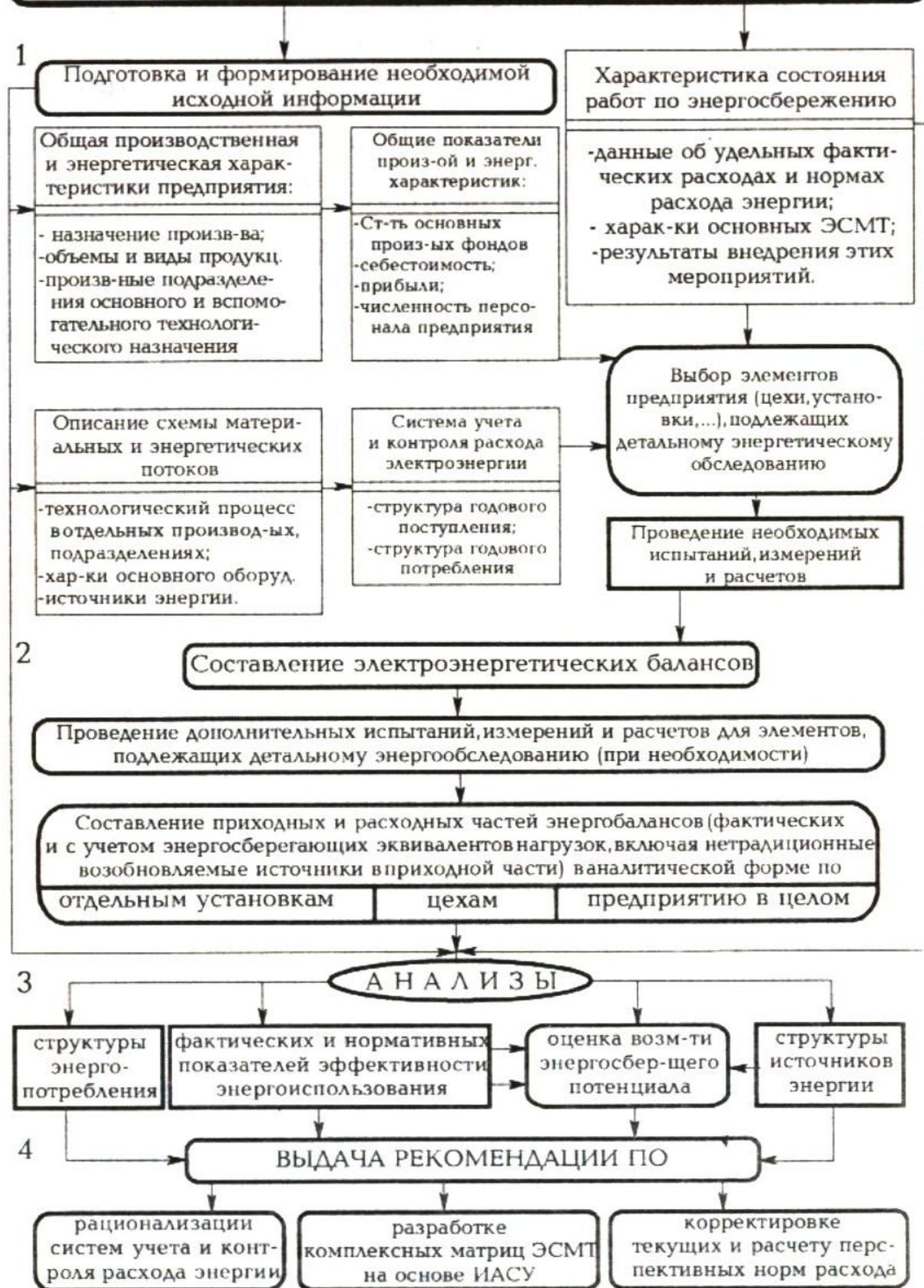


Рис. 9.2. Технологическая схема энергообследования предприятия

Действия аудиторов на этапе предварительного энергообследования и его результатах

Действия лица (группы), проводящего ПЭО:	Результаты ПЭО:
1. Составление плана сбора данных о предприятии и содействия в их получении администрации. 2. Сбор данных: счета за энергию, объемы продукции, план предприятия и т.д. 3. Анализ данных: тарифов, энергозатрат на единицу продукции (площади), структуры энергопотребления по предприятию. 4. Разработка плана немедленных мер по энергосбережению (где? как? сколько?), областей и средств для ДЭО. 5. Реализация немедленных мер и замеры для оценки их результатов. 6. Представление отчета о результатах ПЭО и убеждение руководства предприятия о необходимости ДЭО.	1. Общая структура энергопотребления на предприятии. 2. Оценка потенциала энергосбережения. 3. Приоритетные области ЭСМТ. 4. Немедленные меры по энергосбережению. 5. Области для детального обследования.

В результате энергообследования предприятию могут быть рекомендованы следующие инструменты энергетического менеджмента: периодические аудиты, перманентное обследование и контрольно-измерительные системы, функционирующие в реальном времени в рамках автоматизированных систем учета, контроля и управления энергопотреблением.

Для качественного и быстрого выполнения периодических и разовых энергоаудитов на современном уровне высококвалифицированными экспертами специализированных фирм служат передвижные лаборатории (энергоавтобусы), оснащенные комплектами портативного оборудования:

- электронными анализаторами горения и дымовых газов для проверки и оперативной настройки котлов, газовых турбин, горелок, для контроля выбросов оксидов углерода, азота и серы;

- анализаторами электропотребления, измеряющими и запоминающими параметры потребления трехфазных и однофазных приемников электроэнергии: токи и напряжения во всех фазах, активную и полную мощность, коэффициент мощности и потребленную энергию;

- цифровыми контактными и инфракрасными бесконтактными термометрами с трубками Пито и анемометрами, измеряющими скорости воздушного потока;

- цифровыми люксметрами, определяющими уровни освещенности в зданиях и сооружениях;

- электронными анализаторами качества питательной воды котлов, измеряющими рН среды, проводимость и количество растворенных солей, содержание кислорода и температуру;

- детекторами конденсата отводчиков и трубопроводов, проверяющими исправность их и запорной арматуры, определяющими утечки в паро-, газо- и воздухопроводах;

- другими современными измерителями - накопителями данных.

Чтобы облегчить работу по обследованию, обычно предлагается подготовить соответствующие формы по энергетическому осмотру. Они должны содержать всю необходимую информацию. Затем при обследовании производится запись информации в подготовленные формы.

Ниже приведены примеры объектов энергетического аудита с указанием наиболее важ-

ных систем и оборудования для обследования.

1. Паровые системы. Определяются температура и давление пара, наличие и состояние кон-денсатоотводчиков, 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. Объектами изучения являются компрессорные системы, системы распределения воздуха и регулирования давления, давление у потребителя, присутствие в воздухе конденсата, наличие утечек, система охлаждения. Энергосберегающие мероприятия включают в себя устранение утечек воздуха, его осушку, установку систем регулирования давления, секционирование компрессоров, межступенчатое охлаждение, ограничение расхода охлаждающей воды, применение экономичных компрессоров.

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

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

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

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

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

8. Освещение. Устанавливается соответствие уровня освещенности категории помещения и рабочему месту, состояние окон и осветительных приборов. Энергосбережение при освещении может быть достигнуто при замене ламп накаливания на более экономичные типы ламп, при использовании естественного и местного освещения, при внедрении систем автоматического регулирования (установка детекторов присутствия и таймеров, секционирование осветительных сетей).

9. Электрооборудование. Измеряются суточные и недельные графики напряжений, то-

ков, активной и реактивной мощности, анализируются пиковые нагрузки оборудования, время холостого хода.

10. Здания.. Обследуются качество изоляции стен, уплотнение дверных и оконных проемов, системы водоснабжения, отопления, вентиляции и кондиционирования, освещение. Рекомендуемые меры по энергосбережению — дополнительная изоляция стен и перекрытий, вакуумное остекление, установка регулирующих устройств, модернизация систем отопления и водоснабжения.

В процессе аудита (обследования) рекомендуется использовать матрицы (таблицы) типовых ЭСМТ, разработанные предварительно экспертами по энергосбережению. Это отвечает *автоматизации процесса аудита*. Матрицы ЭСМТ составляются для всех уровней иерархии системы энергосбережения, как для предприятий-поставщиков, так и для предприятий — потребителей энергии. ЭСМТ в матрицах классифицированы по ряду признаков (рис. 9.3), что облегчает анализ отдельных ЭСМТ, оценку их технической осуществимости реализации, экономической и социально-экологической целесообразности.

В общей задаче сбережения топливно-энергетических ресурсов особое значение имеет сбережение на уровне потребления, и прежде всего в промышленности, где расходуется их основная часть, так, здесь потребляется около 50% от вырабатываемой электростанциями электроэнергии. Поэтому *проиллюстрируем структуру потерь энергии* и матрицу ЭСМТ на примере системы обеспечения электроэнергией промышленного предприятия.



Рис. 9.3. Классификация энергосберегающих мероприятий и технологий (ЭСМТ)

– устранимые) – потери в оборудовании и в сетях при номинальных режимах и оптимальном выборе параметров системы электроснабжения предприятия;

– дополнительные (устранимые) – потери, обусловленные отклонениями режимов и параметров системы электроснабжения и технологического оборудования от номинальных значений.

Устранение номинальных потерь экономически не оправдано, а дополнительных - возможно и экономически целесообразно. Для оценки эффективности потребления энергии и выявления возможностей ее сбережения на предприятии необходимо проанализировать причины потерь указанных видов в элементах системы электроснабжения и технологического оборудования. В таблице 9.2 приведены основные причины, вызывающие потери электроэнергии на промышленных предприятиях.

Подобная классификация служит основой для разработки матриц ЭСМТ с учетом уровней и стадий внедрения энергосберегающих технологий и мероприятий. На рис. 9.4 дана типовая матрица ЭСМТ по электрической энергии на промышленном предприятии. В ней выделено три временных уровня реализации энергосберегающих технологий и мероприятий: проектирование, эксплуатация и реконструкции - и три функциональных уровня: электрические сети внешнего и внутреннего электроснабжения, технологические процессы и вспомо-

Общие потери на промпредприятиях составляют до 20% от электроэнергии, потребляемой промышленными электроприемниками. В сетях электроснабжения предприятия потери электроэнергии не превышают 10-15% от общих потерь, остальная часть теряется в технологических установках и агрегатах.

Электрические потери делятся на два вида:

– номинальные (не-

гательные (общезаводские) нужды предприятия.

Таблица 9.2

Причины, вызывающие потери электроэнергии на промышленных предприятиях

ВИДЫ ПОТЕРЬ:	ПРИЧИНЫ ПОТЕРЬ:
Номинальные (неустраняемые)	Допустимые нормами джоулевые потери в проводах и обмотках электрооборудования, потери в железе трансформаторов, двигателей и т.п.
Дополнительные (устраняемые)	<p>1. Потери, вызванные неудовлетворительной эксплуатацией оборудования и инженерных сетей:</p> <ul style="list-style-type: none"> – неполная загрузка технологического оборудования, unplanned простои, неисправность оборудования, технологические нарушения, вызывающие нерациональное использование агрегатов (холостой ход) и плохая организация рабочих мест, – наличие электродвигателей завышенной мощности, холостой ход сварочных трансформаторов и технологического оборудования, отсутствие или недостаточная компенсация реактивной мощности; – нерациональное использование осветительных установок. <p>2. Потери, вызванные конструктивными недостатками оборудования, неправильным выбором технологического режима работы, отсутствием приборов учета, отставанием развития инженерных сетей и т. д.:</p> <ul style="list-style-type: none"> – работа технологического электрооборудования с повышенными потерями или с пониженной производительностью; – нерациональная эксплуатация электродуговых сталеплавильных и индукционных печей; – нерациональная эксплуатация компрессорных установок; – недостаточные уровни эффективности, качества и надежности систем электроснабжения

9.2. Проектный подход в энергетическом менеджменте

9.2.1. Планирование капиталовложений на развитие энергетических источников

Типы инвестиционных проектов. Планирование капиталовложений (в том числе и на развитие энергетических источников) представляет собой процесс принятия долгосрочных решений относительно возможных вариантов инвестирования средств. В принципе, имеются два типа решений о долгосрочных инвестициях.

1. Решения на дополнительное приобретение, предусматривающие приобретение новых активов или расширение уже существующих. Они включают в себя:

- капитальные вложения в имущество, станки и оборудование, а также другие виды активов;
- вовлечение ресурсов в оборот в форме разработки новой продукции, проведения исследований рынка, компьютеризации рабочих мест, рефинансирования долгосрочных пассивов и т. п.

2. Решения на обновление, предусматривающие замену устаревших средств производства на новые (например, замену станка устаревшей модели на высокотехнологичную модель).

Не останавливаясь специально на анализе понятия «инвестиции», отметим следующие важные особенности, подразумеваемые при его использовании:

- инвестиции предназначаются для достижения конкретной социальной и (или) экономической цели;
- инвестиционные ресурсы используются для организации вполне определенной долгосрочной деятельности, направленной на достижение этой цели;
- рассматриваемая деятельность ограничена во времени.



Рис. 9.4. Типовая матрица ЭСМТ

В связи с этим возможна следующая упрощенная трактовка понятия *инвестиционный проект*: проект включает в себя *замысел (проблему)*, *средства его реализации* (решения

проблемы) и получаемые в процессе реализации **результаты**.

Проектный цикл включает три основные фазы:

- предынвестиционную;
- инвестиционную;
- эксплуатационную.

Предынвестиционная фаза проекта заканчивается составлением бизнес-плана проекта — документа, представляющего проект для привлечения заемных средств на его реализацию. Бизнес-план содержит подробную и всестороннюю информацию о проекте и ориентирован на конкретного потенциального инвестора - кредитора, собственника, частного вкладчика.

Подготовке конкретного бизнес-плана предшествует всесторонний и тщательный анализ проекта. К различным видам проектного анализа, помимо технического анализа реализуемости внедряемых технологий, следует отнести:

- коммерческий анализ;
- социальный анализ;
- экологический анализ;
- институционально-организационный анализ;
- финансовый анализ;
- экономический анализ.

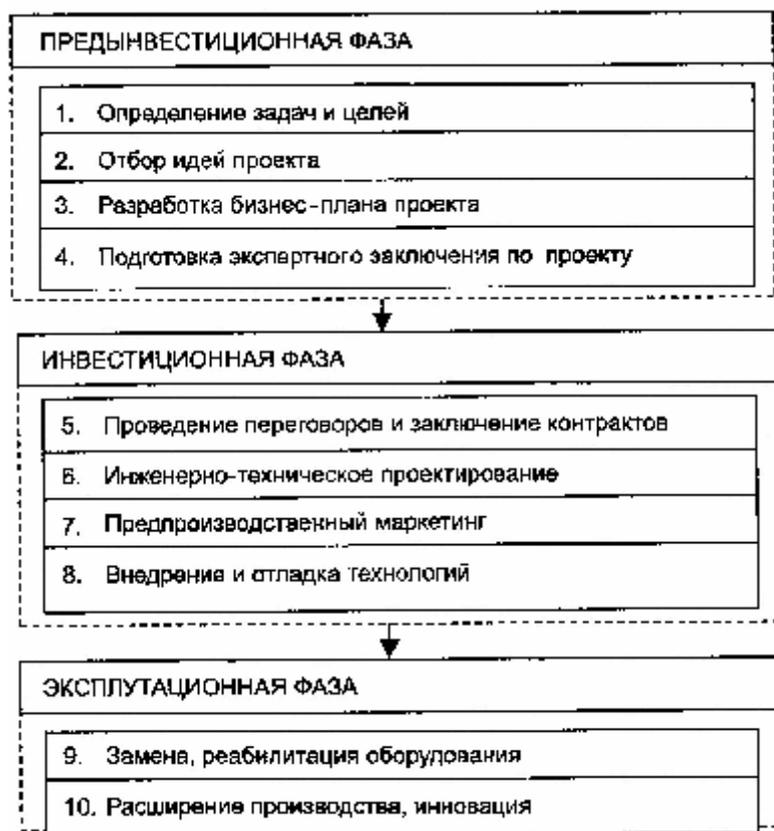


Рис. 9.5. Последовательность шагов в рамках полного проектного цикла

В соответствии с полным проектным циклом от его формулирования до реализации (рис. 9.5) складывается определенная структура проекта как документа, т. е.: система организационно-технической, технологической, финансово-экономической и другой документации, обосновывающей и описывающей действия, необходимые для достижения какой-то выбранной цели.

Классификация проектных решений. Все участники проекта заинтересованы в том, чтобы снизить вероятность принятия неудачного (неэффективного) решения, избежать полного провала проекта или хотя бы значительных убытков. Для этого участники проекта вынуждены учитывать все возможные последствия его реализации в быстро меняющейся рыночной среде.

Для снижения вероятности принятия неэффективного решения необходимо оценить, к какой сфере экономики (позитивной или нормативной) оно относится, уметь решать проблему (готовить и принимать решение) поэтапно.

Проектные решения классифицируются по различным признакам (табл. 9.3), знание которых позволяет лицам, принимающим решения, определить особенность конкретного проектного решения, а также наиболее рациональный метод оценки его эффективности.

Классификация проектных решений

Признак классификации	Характеристика решений
Содержание	Политические, социальные, технологические, экологические и т. д.
Срок действия	Краткосрочные (оперативные), среднесрочные (тактические), долгосрочные (стратегические)
Число лиц, принимающих решение	Индивидуальные, коллективные
Число целей	Одноцелевые, многоцелевые
Среда принятия решения	Определенность (вероятная неопределенность), неопределенность
Степень повторяемости	Разовые, программируемые
Информационная база	Построена на основе достоверных или апостериорных данных
Степень уникальности решений	Рутинные, творческие
Возможность использования эксперимента	Имеется, отсутствует

9.2.2 Оценка и анализ рисков инвестиционных проектов

Определение проектных рисков. Проектный риск определяется как опасность, возможность убытка или ущерба. Следовательно, риск относится к возможности наступления какого-либо неблагоприятного события: потерь части ресурсов, снижения доходов или появления дополнительных расходов по сравнению с вариантом, предусмотренным проектом.

Вместе с тем при принятии решения о реализации инвестиционных проектов необходимо учитывать взаимосвязь между риском проекта и прибылью на инвестируемый капитал, показывающую, что при большем риске проект должен иметь большую прибыль инвестора.

Риск обычно подразделяется на два типа – динамический и статический.

Динамический риск – это риск непредвиденных изменений стоимости основного капитала. Такие изменения могут привести как к потерям, так и к дополнительным доходам.

Статический риск – это риск потерь реальных активов вследствие нанесения ущерба собственности, а также потерь доходов из-за недееспособности организации. Эти обстоятельства приводят только к потерям.

Все факторы, которые потенциально могут повлиять на увеличение степени риска проекта, целесообразно разделить на две группы - объективные и субъективные.

К объективным факторам относятся факторы, не зависящие непосредственно от самого участника проекта. В теории менеджмента эти факторы называют факторами внешней среды.

Субъективные факторы характеризуют внутреннюю среду организации. К таким факторам относятся производственный потенциал, организация труда, степень кооперированных связей, уровень производительности труда, выбор типа контрактов с инвестором, заказчиком и т.д.

Проектные инвестиционные решения могут приниматься в различных условиях, которые называются средой принятия решений. Обычно выделяют три возможные среды - определенности, риска (вероятностной определенности), неопределенности.

Среда определенности характеризуется известными будущими исходами осуществления проекта.

Средой риска в этом случае является ситуация, когда известны возможные исходы осуществления проекта и вероятности их появления.

Среда неопределенности соответствует такой ситуации, когда известны только возможные исходы осуществления проекта и неизвестны вероятности этих исходов.

Все риски, которые могут возникать при реализации того или иного проекта, можно подразделить на политические, социальные, экономические, экологические, юридические.

Политический риск представляет собой угрозу извне, отношение региональных органов власти к политике правительства и иностранным инвестициям, степень вмешательства государства в экономику, возможность национализации без полной компенсации, введение запретов на импорт и т. д.

Социальный риск характеризуется уровнем безработицы, возможностью забастовок, выражением недоверия со стороны работников органам власти на местах, администрации предприятия и т. д. В ряде случаев эти виды рисков объединяют и определяют социально-политический риск.

Экономический риск в свою очередь можно подразделить на:

- производственный, связанный с возможностью невыполнения предприятием своих обязательств по контракту с заказчиком;
- финансовый (кредитный), связанный с возможностью невыполнения предприятием своих финансовых обязательств перед инвестором;
- рыночный, вызываемый колебаниями курсов валют и процентных ставок;
- инвестиционный, связанный с возможностью обесценивания инвестиционного портфеля, состоящего как из собственных, так и приобретенных ценных бумаг;
- коммерческий, отражающий ненадежность будущих доходов за счет уменьшения объемов продаж, роста цен на потребляемые ресурсы и прочих факторов.

Экологический риск связан с возможным возникновением стихийных бедствий, пожаров, аварий и т. п.

Юридический риск вызывается неблагоприятными для участников проекта изменениями в законодательстве (введение нового налога, повышение ставок по действующим налогам, отмена налоговых льгот и т. д.).

По стадиям проявления риск можно классифицировать на предоперационный и операционный. Анализ по стадиям осуществления проекта позволяет финансирующей организации выявить риск, присущий конкретному проекту, и предусмотреть меры по его снижению.

Изучение предоперационного риска включает в себя:

- анализ устава предприятия, реализующего проект;
- анализ возможностей и прав распоряжаться, арендовать, использовать помещения, землю, оборудование, природные ресурсы;
- проверку защищенности авторских прав, документов, подтверждающих экологическую чистоту производства, пожарной безопасности, контрактов на строительство производственных объектов, на поставку энергии, воды, на транспортное обслуживание и т. д.;
- оценку укомплектованности предприятия квалифицированной рабочей силой;
- оценку имеющихся у предприятия финансовых ресурсов.

При исследовании операционного риска оценивают:

- возможность падения объемов продаж (производства);
- стабильность системы налогообложения, обменного курса валют, уровень гарантий по кредитам;
- ритмичность материально-технического обеспечения производства.

Анализ проектных рисков. Основное назначение анализа риска заключается в том, чтобы дать потенциальным партнерам необходимую информацию для принятия решений о целесообразности участия в проекте и предусмотреть меры по защите от возможных финансовых потерь.

Анализ рисков можно подразделить на два взаимно дополняющих друг друга вида: качественный и количественный.

Главная задача качественного анализа - определить факторы риска, этапы и работы, при выполнении которых он возникает, установить его потенциальные области, после чего идентифицировать все возможные риски.

Количественный анализ подразумевает численное определение размеров отдельных рисков и риска проекта в целом. При этом часто используется метод экспертных оценок, заключающийся в том, что каждому показателю, характеризующему определенный вид риска,

присваивается некоторое количество баллов. Каждый из показателей в системе оценки имеет свой вес, соответствующий его значимости. Затем полученные в процессе экспертизы баллы суммируются по всем показателям с учетом весовых коэффициентов, и образуется обобщенная оценка данного вида риска:

$$R_j = \sum_{i=1}^n b_{ij} r_{ij} ,$$

где R_j – обобщенная оценка риска j -го вида; b_{ij} , r_{ij} соответственно весовой коэффициент и значение i -го показателя риска j -го вида; n – число показателей.

Областью риска называется некоторая зона потерь, в границах которой они не превышают предельного значения установленного уровня риска. Выделяются пять областей риска при расчете его общего уровня с учетом достаточности капитала предприятия или инвестиционной компании:

I – безрисковая область (гарантируется, как минимум, получение расчетной прибыли, коэффициент риска – 0 %);

II – область минимального риска (гарантируется получение основной части чистой прибыли, коэффициент риска-0-25%);

III- область повышенного риска (в худшем случае будет произведено покрытие всех затрат, в лучшем – получена небольшая часть прибыли, коэффициент риска – 25–50 %);

IV – область критического риска (потери превышают величину расчетной прибыли, но находятся в пределах валовой прибыли, коэффициент риска – 50–75 %);

V – область недопустимого риска (потери близки к размеру собственных средств, предприятие находится на грани банкротства, коэффициент риска – 75–100 %).

О степени риска проекта можно судить по чувствительности (уязвимости) показателей эффективности инвестиционных проектов к изменению переменных параметров, составляющих часть выгод или затрат. Анализ чувствительности призван дать оценку того, насколько изменится эффективность проекта при определенном изменении одного из исходных параметров проекта (цен на продукцию, объемов производства и продаж, размера инвестиций, текущих затрат, налоговых ставок и т. д.). Чем сильнее зависимость критериев эффективности от изменения каких-либо переменных факторов, тем выше риск. Анализ чувствительности может применяться как для определения факторов, в наибольшей степени влияющих на эффективность проекта, так и для сравнительной оценки риска двух и более конкурирующих проектов.

Способы снижения инвестиционных рисков. Большинство проектов, связанных с созданием энергетических источников, характеризуется большими капитальными вложениями и сроками реализации и, соответственно, повышенной степенью риска. В свою очередь высокая степень риска проекта приводит к необходимости поиска путей ее снижения.

В практике управления проектами существует несколько способов снижения риска:

- диверсификация проекта;
- распределение риска между участниками проекта;
- страхование риска;
- приобретение дополнительной информации;
- резервирование средств на покрытие непредвиденных расходов.

Риск проекта на этапе его реализации можно уменьшить, предусмотрев диверсификацию – распределение усилий предприятия между видами деятельности, результаты которых непосредственно не связаны между собой. Принимая решение об инвестициях в какой-либо проект, инвестор должен рассматривать его не изолированно, а во взаимосвязи с другими проектами и с уже имеющимися видами деятельности предприятия. В целях снижения риска желательно выбирать производство таких товаров или услуг, спрос на которые изменяется в противоположных направлениях.

Распределение риска между участниками проекта также является одним из способов его снижения. Обычная практика распределения риска заключается в том, чтобы сделать ответственным за конкретный вид риска того участника проекта, который в состоянии лучше

всех остальных рассчитывать и контролировать этот риск. Распределение риска реализуется при разработке финансового плана проекта и контрактных документов. При этом следует учитывать, что чем большую степень риска участники проекта намереваются возложить на инвесторов, тем сложнее привлечь инвесторов к финансированию проекта.

Большинству крупных проектов свойственны задержки в их реализации, что может привести для заказчика к такому увеличению стоимости работ, которая превысит первоначальную стоимость проекта.

Например, в результате отставания ввода в эксплуатацию нефтепровода, предназначенного для транспортировки нефти осваиваемого месторождения, штраф, который должен заплатить подрядчик (строительная организация), окажется значительно меньше потерь заказчика (добывающего предприятия).

Выход из такой ситуации заключается в том, что к участию в проекте должна быть привлечена страховая компания. Страхование риска есть по существу передача определенных рисков страховой компании.

Уменьшить уровень риска проекта в ряде случаев можно путем приобретения дополнительной информации, позволяющей уточнить некоторые параметры проекта, повысить уровень надежности и достоверности исходной информации и снизить вероятность принятия неэффективного решения. Дополнительную информацию можно получить различными способами — приобретением ее у других организаций (предприятий, научно-исследовательских и проектных организаций, консалтинговых фирм и др.), проведением эксперимента и т. д.

Последним из наиболее распространенных способов снижения риска проекта является резервирование средств на покрытие непредвиденных расходов.

9.2.3. Схемы финансирования проектов

Финансирование проектов может осуществляться как на возвратной, так и безвозвратной основе.

Преимущественная форма реализации схемы финансирования проектов на безвозвратной основе – государственные программы капиталовложений. Схемы финансирования проектов на возвратной основе в большей степени присущи переходной и рыночной экономике.

Средства, выделенные на возвратной основе, подлежат возврату в соответствии с действующим законодательством. Здесь возможна реализация нескольких схем финансирования (рис. 9.6).

Традиционная система финансирования включает инвестора (кредитора), потребителя энергоэффективной технологии и ее поставщика. Потребитель берет заем у кредитора или использует долевые средства инвестора, заключает договор с поставщиком на приобретение оборудования, предварительно оплачивая его стоимость, и за счет последующей экономии энергии погашает долг перед кредитором.

Лизинг позволяет потребителю взять в аренду энергоэффективное дорогостоящее оборудование с условием постепенной выплаты стоимости с процентами за счет экономии средств от снижения потребления энергии после его внедрения. Аренда может быть среднесрочной или долгосрочной. Во многих случаях целесообразно, чтобы договор предусматривал после полной выплаты стоимости оборудования передачу его в собственность потребителю.

За рубежом получило распространение финансирование внедрения энергосберегающих проектов в виде перформанс-контрактов. На рынке услуг многих стран, прежде всего в США и Западной Европе, работают энергосервисные компании (ЭСКО), которые берут на себя весь комплекс работ от проведения тщательного энергоаудита, с целью выявления резервов повышения эффективности использования энергии, до внедрения энергоэффективных технологий под ключ. Оплата услуг ЭСКО осуществляется после внедрения проекта за счет части средств, полученных в результате экономии энергии. Могут быть реализованы два вида перформанс-контрактов — по линейной и кольцевой схеме.

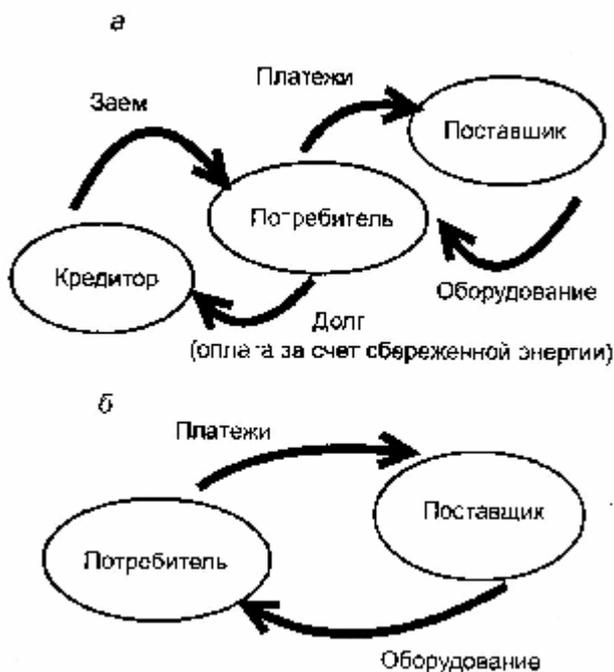


Рис. 9.6. Схемы финансирования:
а - традиционная; б — лизинг

Линейная схема финансирования предусматривает (рис. 9.7), что заем берет энергосервисная компания, которая после разработки проекта осуществляет все платежи, связанные с закупкой оборудования и его монтажом. Договор между потребителем услуг и ЭСКО предусматривает их оплату после внедрения проекта и фактической экономии энергии. Доля средств за счет сбережения энергии, направляемая предприятием на оплату услуг, оговаривается в договоре.

В соответствии с кольцевой схемой финансирования (рис. 9.8) кредитор выделяет средства под гарантии потребителя, который оплачивает услуги энергосервисной компании. ЭСКО разрабатывает и внедряет проект, помогает закупать оборудование, но при этом часть платежей поставщику непосредственно осуществляет потребитель. В итоге погашение долга опять осуществляется за счет сбережения энергии.



Рис. 9.7. Линейная схема финансирования на основе перформанс-конт-рактов



Рис. 9.8. Кольцевая схема финансирования на основе перформанс-контрактов

Прибыль за счет сбережения энергии складывается из разности текущих расходов на энергию до и после реализации энергоэффективного проекта (рис. 9.9). За счет сбережения энергии осуществляется оплата услуг энергосервисной компании или другому кредитору.

9.2.4. «Экономические» методы проектного анализа

Общие положения. «Экономические» методы проектного анализа включают:

- ◆ финансовый анализ;
- ◆ собственно экономический анализ.

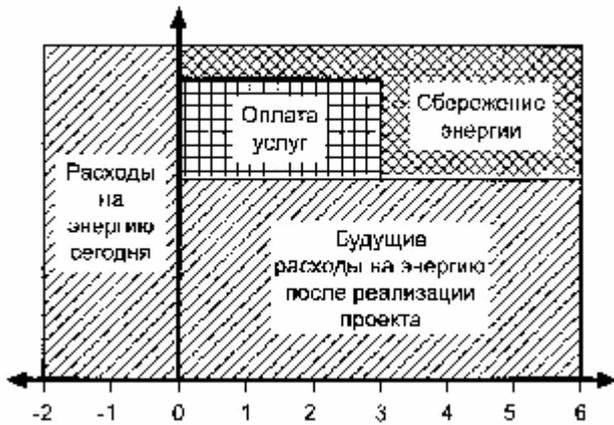


Рис. 9.9. Схема образования прибыли

при разработке инвестиционного проекта. Он рассматривает результаты проекта с точки зрения интересов его непосредственных участников.

В результате финансового анализа ожидается получить ответы на ряд вопросов.

- ◆ Возмещаются ли финансовые затраты на проект в результате его реализации, как быстро и с какой рентабельностью?
- ◆ Позволяет ли финансовое состояние фирмы реализовать проект, обеспечить возмещение затрат и получение прибыли?
- ◆ Как отразятся на возможности возмещения затрат и рентабельности проекта различные схемы его финансирования?
- ◆ Насколько устойчивы финансовые показатели по отношению к различного рода рискам и неопределенностям?

Анализ финансовой рентабельности проекта должен учитывать поток реальных денег предприятия, реализующего проект, включая взаимодействие с государством, которое получает от него налоги и другие обязательные платежи (рис. 9.10).

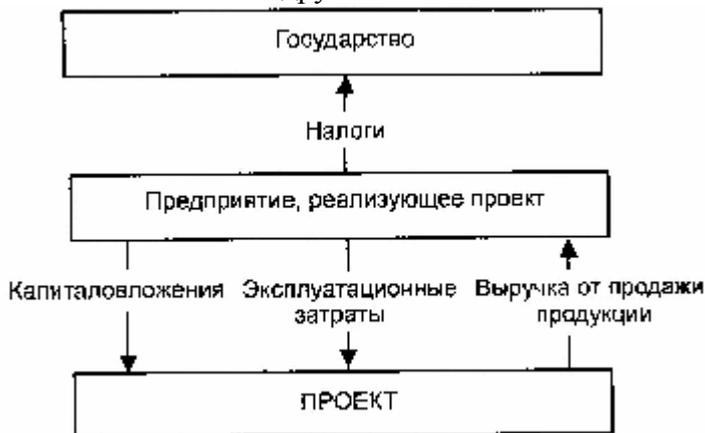


Рис. 9.10. Проект и его окружение

Финансовый и экономический анализы имеют между собой как определенные сходства, так и существенные различия в подходах к определению эффективности проектов. Вместе с тем следует понимать условность разделения методов проектного анализа на «экономические» и «неэкономические». В рамках интегрированного подхода к анализу проектов все используемые при этом методы предполагают экономические оценки ожидаемых результатов их реализации.

Финансовый анализ. Финансовый анализ проектов является одним из главных

При формировании денежных потоков проекта, используемых при его финансовом анализе, необходимо учитывать ряд особенностей, отличающих данный анализ от обычных бухгалтерских расчетов. Эти особенности связаны с фундаментальным экономическим понятием альтернативных издержек.

Любой ресурс, затрагиваемый проектом, должен оцениваться по стоимости его возможного наилучшего использования. При оценке ценно-

сти используемых ресурсов принимаются во внимание как явные (бухгалтерские) затраты, которые приводят к фактическим денежным выплатам, так и неявные, которые не приводят к денежным расходам (выплатам). К неявным издержкам относятся издержки упущенных возможностей, связанные с использованием ресурсов, которые вовлекаются в проект, но могли быть использованы в другом проекте и принести определенный доход. Этот доход и считается издержками, связанными с использованием данных ресурсов. Таким образом, методологическое понятие об альтернативных издержках приводит к необходимости оценки ситуаций «с проектом» и «без проекта». Сравнение этих ситуаций представляет собой общий подход, применяемый в проектном анализе для демонстрации того, что будет происходить с течени-

ем времени с предприятием при реализации проекта и что будет при его отсутствии.

Экономический анализ проектов. Экономический анализ проектов проводится с позиций интересов всего общества, с позиций экономики страны.

В результате экономического анализа ожидается получить ответы на ряд вопросов.

◆ Превышают ли выгоды для страны в целом все затраты, связанные с реализацией и эксплуатацией проекта (с учетом альтернативных возможностей использования ресурсов, перераспределения финансовых платежей внутри страны, экологических и социальных затрат и выгод)?

◆ Сохраняется ли это превышение при учете различного рода рисков и неопределенностей?

Необходимость проведения экономического анализа вытекает из макроэкономической концепции ограниченности ресурсов (и в первую очередь, энергетических). Это означает ограниченность возможного выпуска товаров и услуг на данный момент. Поэтому приходится выбирать между конкурирующими вариантами использования ресурсов.

Оценить проект с позиций интересов национальной экономики страны означает проверить разумность с точки зрения общества выделения ресурсов на осуществление именно этого проекта при наличии многих альтернатив.

Особую значимость экономический анализ приобретает для инвестиционных проектов в энергетике, так как, с одной стороны, энергетический комплекс является важнейшим элементом экономики и, с другой - капитальные затраты на его развитие очень высоки. Кроме того, экономический анализ должен позволить не только оценить эффективность использования средств на протяжении всего жизненного цикла проекта, но и создать базу для исследования влияния проекта на различные группы населения и природную среду. При таком подходе экономический анализ становится интегрирующим, объединяющим результаты анализа по другим аспектам, включая технический, социальный и экологический.

Итак, цель экономического анализа каждого проекта - определить, является ли он экономически выгодным использованием средств, которыми располагает общество в целом.

Особенности «экономических» методов анализа проектов. Финансовый и экономический анализы имеют между собой определенные сходства и различия (табл. 9.4).

Схема оценки проекта в любом случае предусматривает сопоставление выгод и затрат проекта. При этом используются формально те же критерии, что и в финансовом анализе. Однако следует помнить, что вследствие различия целей показатели эффективности отражают в одном случае соотношение затрат и выгод для предприятия (фирмы), а в другом – для всего общества, экономики страны.

Таблица 9.4

Сходства и различия «экономических» методов проектного анализа

Сходства	Различия
Схема оценки Критерии оценки проекта	Цели проекта Трактовка налогов и платежей, субсидий, дотаций и пособий Трактовка кредитных операций внутри страны Формирование показателей затрат и выгод

Существенное различие между финансовым и экономическим анализами состоит в трактовке налогов, субсидий и дотаций.

В финансовом анализе налоги, которые платит предприятие, реализующее проект, увеличивают его затраты на осуществление проекта. Аналогично любые субсидии, предоставляемые предприятию, увеличивают его доходы от проекта. Таким образом, в финансовом анализе все налоги и субсидии трактуются аналогично остальным расходам и поступлениям.

В экономическом анализе трактовка налогов и субсидий отличается от трактовки остальных платежей. В данном анализе при определении «выгод», «затрат» уплата налогов не учитывается как затрата при оценке проекта.

Такая трактовка относится ко всем видам налоговых выплат, включая прямые налоги на доходы и косвенные налоги, например акцизные сборы и НДС.

Экономическая эффективность проекта измеряется, как и в финансовом анализе, показателями чистой текущей стоимости и экономической нормы рентабельности. Вместе с тем многие выгоды и некоторые затраты не удастся определить с необходимой точностью и оценить в деньгах. Поэтому в экономическом анализе принято различать материальные и нематериальные выгоды (затраты).

К материальным выгодам можно отнести:

- увеличение объема продукции;
- повышение качества продукции;
- изменение вида продукции (переработка);
- снижение издержек;
- снижение издержек у потребителя;
- предотвращение потерь и т. д.

Нематериальные выгоды предполагают:

- рост уровня образования;
- улучшение здоровья;
- появление возможностей для отдыха;
- повышение уровня жизни и др.

Особые трудности, естественно, вызывают нематериальные выгоды, которые необходимо определить, дать им количественное выражение и, если возможно, оценить в денежном выражении.

Наряду с формированием структуры «выгод» и «затрат» одной из наиболее трудных задач в экономическом анализе является определение экономических цен (ценностей) для расчета показателей эффективности проекта. В связи с этим в экономическом анализе проекта появляется понятие альтернативной стоимости.

Рассмотрим следующие модельные ситуации, поясняющие понятие альтернативной стоимости.

Ситуация 1.

Предположим, что страна импортирует природный газ в течение многих лет. Однако в последние годы было открыто крупное газовое месторождение, запасы которого достаточны для того, чтобы покрыть потребности страны и отказаться от импорта газа. Какова будет экономическая цена такого газа?

Импорт природного газа представляет альтернативу для страны, и цена импорта на газ отражает истинную альтернативную стоимость добычи природного газа в стране.

Ситуация 2.

Предположим, что страна является экспортером природного газа. При этом нам необходимо определить экономическую эффективность проекта строительства газодобывающего предприятия. Какова будет экономическая цена такого газа?

Если определяющим фактором является экспорт, то не финансовая цена, выплачиваемая производителю (газодобывающему предприятию), определяет ценность (альтернативную стоимость) этого газа, а те чистые выгоды, которые образуются в результате экспорта.

9.2.5. Показатели эффективности инвестиционных проектов

Методы оценки инвестиционных проектов. Инвестиционные проекты обладают тремя основными особенностями.

1. Они, как правило, на первоначальном этапе связаны с большими затратами денежных средств, что может в долгосрочном плане сказаться на будущей прибыльности фирмы. Поэтому первоначальные денежные затраты должны быть обоснованы с точки зрения соотношения «затраты - поступления».

2. В течение срока инвестиционного проекта следует ожидать периодического притока денежных средств (за счет, например, увеличения доходов, экономии на текущих расходах

денежных средств и т. д.). При этом часто приходится учитывать временную ценность денег.

3. При принятии решения по принципу «согласиться или отказаться» большую роль играет налог на доходы. В любом решении, связанном с планированием капиталовложений, необходимо учитывать налоговый фактор.

Существует несколько способов оценки инвестиционных проектов – по периоду окупаемости, по учетному уровню дохода, по учетной норме прибыли, по чистой текущей ценности, по внутренней норме рентабельности, по индексу рентабельности.

Правила принятия решений

По периоду окупаемости ($T_{ок}$) - наименьший срок окупаемости.

По учетной норме прибыли (УНП) – наибольшая норма прибыли.

По чистой текущей ценности (ЧТЦ):

ЧТЦ положительное значение – ДА;

ЧТЦ отрицательное значение – НЕТ.

По внутренней норме рентабельности (ВНР):

ВНР превышает принятую ставку дисконта – ДА;

ВНР меньше принятой ставки дисконта – НЕТ.

По индексу рентабельности (ИР):

ИР больше единицы - ДА;

ИР меньше единицы - НЕТ.

Упрощенные методы оценки инвестиционных проектов. Период окупаемости $T_{ок}$ представляет собой отрезок времени, необходимый для возмещения первоначального объема инвестиций.

Пример 1.

Исходная ситуация.

Инвестиции - 18 000 дол. США.

Ежегодная сумма накопления денежных средств – 3000 дол. США в год.

Решение.

В данном случае

$$T_{ок} = \frac{\text{Стоимость инвестиций}}{\text{Ежегодные накопления}} = \frac{18000 \text{ дол.}}{3000 \text{ дол./год}} = 6 \text{ лет}$$

Когда приток денежных средств происходит неравномерно, период окупаемости следует рассчитывать методом подбора значений.

Пример 2.

Исходная ситуация.

Сравним два проекта, по которым поступление денежных средств после уплаты налогов происходит неравномерно.

Предположим, что инвестиционная стоимость каждого проекта составляет 1000 дол. США.

Приток денежных средств по проектам:

Год	Проект А, дол. США	Проект В, дол. США
1	100	500
2	200	400
3	300	300
4	400	100
5	500	-
6	600	-

Решение. В данном случае период окупаемости по проектам: А = 4 года, В = $2\frac{1}{3}$ года.

Правило принятия решений по $T_{ок}$ – принимая решение, выбирайте вариант с наименьшим сроком окупаемости проекта. Смысл этого в том, что чем меньше срок окупаемо-

сти, тем меньше риск и выше ликвидность.

Преимущества метода определения периода окупаемости при оценке инвестиционного проекта заключаются в том, что он прост в использовании и эффективно характеризует инвестиционный риск. Недостатки этого метода в том, что им не учитываются временная ценность денег и влияние денежных средств, поступающих после срока окупаемости, - приток денежных средств после срока окупаемости обуславливает прибыльность инвестирования проекта.

Учетная норма прибыли (УНП) определяется как соотношение необходимых инвестиций (или усредненных инвестиций) с будущей величиной чистой годовой прибыли.

Учетный уровень дохода (УУД) определяется как частное от деления суммы чистых доходов от реализации проекта на инвестиции по проекту.

Пример 3.

Исходная ситуация.

На промышленном предприятии технические советники оценили, что вклады в энерго-сберегающие устройства позволят снизить энергопотребление на 100 т нефти в год. Стоимость таких инвестиций составляет 72320 дол. США со сроком эксплуатации оборудования 10 лет. Цена 1 т нефти - 128 дол. США.

Решение. В данном случае:

учетный уровень дохода – $(128 \text{ дол. США/т} \cdot 100 \text{ т/год} \cdot 10 \text{ лет}) / 72\,320 \text{ дол. США} = 1,77$;

учетная норма прибыли – $1,77/10 \text{ лет} = 0,177$ или 18 % в год.

Пример 4.

Исходная ситуация.

Первоначальные капиталовложения – 6500 дол. США.

Расчетный срок амортизации – 20 лет.

Годовая сумма поступлений денежных средств – 1000 дол. США.

Годовая сумма амортизационных отчислений (на базе равномерного начисления износа) – 325 дол. США.

Решение.

В данном случае

$УНП = (1000 - 325) \text{ дол. США/год} / 6500 \text{ дол. США} = 0,104$ или 10,4 % в год.

Достоинствами этого метода являются простота расчетов и учет фактора прибыльности. Недостатки - невозможность учета показателя временной ценности денег и использование учетно-расчетных показателей вместо данных о потоках денежных средств.

Методы дисконтированного потока денежных средств. Текущая ценность (ТЦ) представляет собой оценку сегодняшней стоимости будущего дохода.

Понятно, что рубль или другая денежная единица, полученная завтра, не эквивалентна сегодняшней. Это связано не только с инфляцией. Следует учитывать упущенные возможности в получении дохода от использования средств в будущем.

В инвестиционном анализе обычно используется математический метод приведения денежных поступлений будущих периодов к настоящему (текущему) уровню, называемый методом дисконтирования.

Текущая ценность будущих поступлений устанавливается путем использования так называемой ставки дисконта - минимально потребной нормы прибыли, которую устанавливает для себя инвестор.

При определении ставки дисконта инвестор ориентируется на банковский процент по долгосрочным вкладам и предполагаемый уровень инфляции

$$R = a + i$$

где a – банковский процент; i – уровень предполагаемой инфляции.

Кроме того, при определении ставки дисконта инвестор учитывает инвестиционный риск.

Когда поступление денежных средств происходит неравномерно, текущая ценность оп-

ределяется по соотношению

$$TЦ = \sum_{t=0}^n \frac{A_t}{(1+r)^t},$$

где t – порядковый номер года действия проекта, n – время реализации (срок амортизации) проекта, A_t – годовой объем поступлений денежных средств, r – ставка дисконта.

При равномерном поступлении денежных средств это соотношение может быть преобразовано к виду

$$TЦ = \frac{A_t}{r} \left(1 - \frac{1}{(1+r)^n} \right)$$

Чистая текущая ценность (ЧТЦ) представляет собой превышение текущей ценности над суммой первоначальных инвестиций (И):

$$ЧТЦ = TЦ - И.$$

Пример 5.

Исходная ситуация.

Первоначальные капиталовложения в проект, связанный, например, с модернизацией оборудования, – 3000 дол. США.

Расчетный срок амортизации – 2 года.

Годовая сумма поступлений денежных средств – 3000 дол. США в год.

Ставка дисконта – 12 %.

Решение. В данном случае

$TЦ = 3000[1/(1+0,12)+1/(1+0,12)^2]=5070$ дол. США или для случая равномерного поступления денежных средств

$TЦ = 3000/0,12[1-1/(1+0,12)^2]=5070$ дол. США; $ЧТЦ = 5070-3000 = 2070$ дол. США.

Достоинствами метода оценки по ЧТЦ является то, что им безоговорочно учитывается временная ценность денег.

Внутренняя норма рентабельности (ВНР) определяется как ставка дисконта, при которой величина И равняется величине ТЦ, т.е. ВНР определяется из условия

$$TЦ - И = ЧТЦ = 0.$$

Пример 6.

Принимая условия примера 5, предполагаем, что первоначальные капиталовложения составили 5070 дол. США.

Решение. $ЧТЦ = TЦ - И = 5070 - 5070 = 0$ при $r = 12\%$, т.е. $ВНР = 12\%$.

Обычно ВНР проектов определяется методом подбора ставок дисконта или с помощью специальных таблиц для расчета текущей ценности денежной единицы. В то же время ВНР можно определить и графическим методом по пересечению кривой зависимости ЧТЦ от r с осью абсцисс (ставок дисконта).

Значение ВНР, при котором проект можно считать привлекательным, должно превышать принятую ставку дисконта.

Преимущество метода оценки по ВНР в том, что в нем учитывается временная ценность денег, поэтому он является более точным и реалистичным.

К числу недостатков данного метода относится то, что он требует значительного времени для проведения расчетов при неравномерности поступлений денежных средств. Кроме того, метод не учитывает изменение объемов инвестиций по конкурирующим проектам.

Индекс рентабельности (ИР) проекта есть отношение текущей ценности будущих денежных поступлений к величине первоначальных инвестиций:

$$ИР = TЦ / И.$$

Пример 7.

Принимая условия примера 5, найти ИР.

Решение.

$ИР = 5070 \text{ дол. США} / 3000 \text{ дол. США} = 1,6$.

В данном случае проект можно считать привлекательным, так как $ИР > 1$.

Индекс рентабельности служит средством расположения проектов по рейтингу привлекательности в порядке убывания.

Инвестиционные решения в случае «взаимоисключающих» проектов. Проекты называются «взаимоисключающими», если принятие одного из них автоматически исключает принятие другого или других проектов. Противоречивый характер расположения проектов в порядке приоритетности проявляется, когда проекты:

- имеют различные расчетные сроки амортизации;
- имеют различные объемы инвестиций;
- характеризуются различной направленностью движения денежных средств с течением времени.

Пример 8.

Исходная ситуация.

Проект	Потоки денежных средств по годам (в % от инвестиций)				
	1	2	3	4	5
А	120	-	-	-	-
Б	-	-	140	-	-
В	-	-	-	-	200

Как видно из исходных условий, данные проекты имеют все перечисленные выше признаки «противоречивости». Определим порядок их приоритетности по критериям периода окупаемости, учетного уровня дохода и внутренней нормы рентабельности (соответственно для проектов А, Б, В - 20, 12 и 15 %).

В данном случае

Критерий оценки проекта	Рейтинги проектов		
	А	Б	В
Ток	1	2	3
УУД	3	2	1
ВНР	1	3	2

В соответствии с принятыми критериями оценки (не зависящими от ставки дисконта - стоимости капитала) рассматриваемые проекты имеют различные рейтинги. В этом случае для принятия обоснованного решения необходимо оперировать понятиями чистой выгоды инвестора, т.е. чистой текущей стоимости капитала.

Построим график, который называется профилем ЧТЦ (рис. 9.11).

Согласно ЧТЦ, при ставке дисконта меньше 6 % проекты располагаются в следующем порядке предпочтительности: В, Б, А. При значениях ставки дисконта, больших 7% и меньших 12%, проекты располагаются в следующем порядке предпочтительности: В, А, Б. При значениях ставки

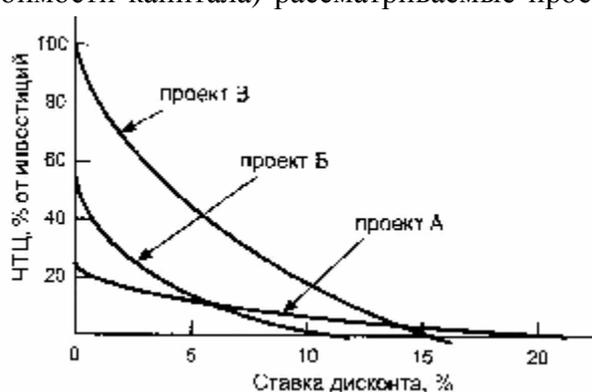


Рис. 9.11. Зависимость ЧТЦ от ставки дисконта

дисконта, больших 12% и меньших 14%, проекты располагаются в следующем порядке предпочтительности: В, А (проект Б не рассматривается). При значениях ставки дисконта, больших чем 14%, проект А имеет большее, чем проект В, значение ЧТЦ. Поэтому выбирать следует проект А.

В общем случае правильное решение будет заключаться в выборе проекта с наибольшим значением ЧТЦ, поскольку при методе оценки по ЧТЦ предполагается более реали-

стичная норма реинвестирования.

В то же время следует считаться с тем, что по долгосрочным проектам и проектам с высокими доходами возрастают риски, связанные с изменениями условий реализации проектов.

9.2.6. «Неэкономические» методы проектного анализа

Общие положения. Термин «неэкономические» поставлен в кавычки, поскольку любой аспект анализа так или иначе затрагивает финансово-экономические вопросы.

К неэкономическим методам проектного анализа мы будем относить:

- технический анализ;
- социальный анализ;
- экологический анализ;
- институционально-организационный анализ.

Технический анализ проекта. Основной целью технического анализа является обоснование технологической и технической возможности реализации проекта - доступность технологий и оборудования, необходимых для производства продукции проекта, возможность их освоения и эффективной эксплуатации в конкретных условиях.

Технический анализ обычно представляется в начале проектных документов.

В процессе его проведения изучаются технико-технологические альтернативы, варианты местонахождения предприятия, сроки реализации проекта, технологическая доступность сырья и т. д. (табл. 9.5).

Технический анализ проводится на протяжении всего жизненного цикла проекта с учетом общих задач, решаемых на каждом из его этапов.

Социальный анализ проекта. Задачей социального анализа является определение пригодности предлагаемых вариантов проекта с точки зрения интересов населения территории (так называемой «целевой» группы) и социальной группы, на которую он воздействует своей продукцией. Особое требование – рассмотрение и учет интересов групп населения, наиболее чувствительных к переменам, вносимым проектом.

В результате проведения социального анализа в проекте намечается такая стратегия его осуществления, которая в идеале пользовалась бы поддержкой местного населения и той социальной группы, на которую он влияет. Кроме того, проект должен быть принят (или хотя бы «не замечен») широкой общественностью, особенно по природоохранным соображениям.

Социальный анализ должен проводиться совместно с другими видами проектного анализа.

В результате социального анализа ожидается получить ответы на ряд вопросов.

- Приемлем ли проект в социальном и культурном отношении в местных условиях?
- Каковы позитивные и негативные социальные и культурные последствия реализации проекта?
- Каковы количественные оценки связанных с этими последствиями затрат и выгод?

При проведении социального анализа могут быть использованы следующие группы социальных индикаторов.

- Демографические показатели:
 - численность населения;
 - уровень урбанизации;
 - возрастные и этнические пропорции;
 - соотношение полов по возрастным группам;
 - состав семей.
- Показатели занятости:
 - наличие вакансий по разным профессиональным группам;
 - предложение рабочей силы, удельный вес женщин в рабочей силе;
 - текучесть кадров по профессиональным группам.
- Социальная структура:

- образовательная структура;
- профессиональная структура.

Таблица 9.5

Последовательность проведения и содержание технического анализа проекта

Анализируемый фактор	Состав анализируемого фактора
1. Местоположение предприятия и вспомогательных производств	1.1. Наличие источников исходного сырья, энергии, воды, средств связи, близость к рынкам сбыта продукции 1.2. Степень развития инфраструктуры района (наличие транспортных магистралей, социальных объектов и т. д.) 1.3. Обеспеченность района квалифицированной и неквалифицированной рабочей силой, управленческими кадрами
2. Масштаб и сроки осуществления проекта	2.1. Масштаб проекта (объемы производства продукции по номенклатуре) 2.2. Сроки осуществления проекта
3. Технологические процессы	3.1. Используемые технологические процессы 3.2. Соответствие оборудования условиям производства и особенностям района 3.3. Возможности реконструкции и модернизации действующего предприятия 3.4. Варианты приобретения оборудования у отечественных и зарубежных производителей (поставщиков), а также аренды (лизинга)
4. Разработка вариантов проекта	4.1. Предварительные варианты проекта 4.2. Результаты экспертной оценки технических средств и технологии, предусмотренных проектом
5. Проектная схема	5.1. Схема размещения объектов основного и вспомогательного производств 5.2. Схема размещения объектов производственной и социальной инфраструктуры 5.3. Организация транспортировки продукции 5.4. Организация системы коммуникаций
6. Смета расходов	6.1. Смета расходов на приобретение и доставку оборудования 6.2. Смета расходов на строительные и монтажные работы 6.3. Смета расходов на приобретение материалов, топлива и прочих оборотных средств 6.4. Смета расходов на подготовку кадров
7. График реализации проекта	7.1. Организация процесса размещения заказов и заключения контрактов с производителями или поставщиками ресурсов 7.2. Календарный план строительной фазы проекта 7.3. Календарный план подготовительного периода, включающий графики поступления оборудования и его монтажа, а также графики формирования оборотных средств

◆ Общественная жизнь:

- наличие общественных организаций (деловых, профессиональных, этнических, политических и др.). участие населения в этих организациях;
- количество людей, выдвигаемых на выборные должности;

- общественные проблемы, поднятые локальными средствами массовой коммуникации;
- программы (количество, масштаб), инициированные общественными организациями.
- ♦ Жилищные условия, здравоохранение, охрана порядка, транспорт.

Оценка социальных последствий проекта должна сопровождаться экономической оценкой минимизации возможных его негативных воздействий на различные социальные группы.

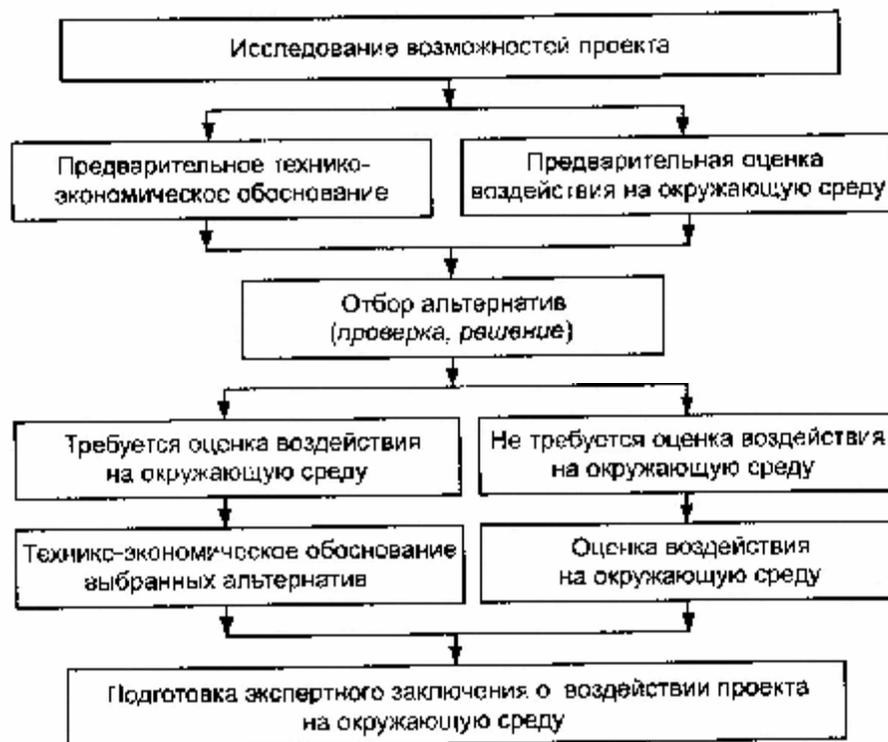
Вместе с тем реализация любого проекта (и тем более связанного с развитием энергетических источников) вызывает определенное изменение ситуации в политической, экономической или социальной сферах. Это изменение может быть выгодно одним социальным группам и невыгодно (или даже вредно) другим. В связи с этим окончательное экспертное заключение должно учитывать баланс интересов не только отдельных социальных групп, но и общества в целом.

Экологический анализ проекта. Задача экологического управления проектом заключается в установлении баланса между потребностью людей в природных ресурсах и способностью окружающей среды удовлетворять эти потребности.

В результате экологического анализа ожидается получить ответы на ряд вопросов.

- ♦ Каковы позитивные и негативные факторы воздействия на природу и людей, ожидаемые в результате реализации проекта?
- ♦ Каковы количественные оценки такого воздействия, возможности сокращения негативных последствий и связанные с этим затраты и выгоды?
- ♦ Каковы возможные экологические последствия реализации проекта, не поддающиеся количественной оценке?

Основной задачей экологического анализа является установление потенциального ущерба окружающей среде во время осуществления проекта и определения мер, необходимых для его предотвращения или смягчения (рис. 9.12).



Для природоохранных мероприятий превентивные меры гораздо важнее и практически всегда дешевле, чем исправление нанесенного ущерба.

Затраты на модификацию проекта с целью приведения его в соответствие с действующими экологическими критериями следует рассматривать как необходимые. Для повышения эффективности проекта экологические проблемы должны быть отражены в проектной документации на самой ранней стадии. Эта документация

Рис. 9.12. Оценка воздействия проекта на окружающую среду

должна описывать экологические риски и возможности их снижения за счет соответствующего плана действий.

Проведение стандартного анализа экологической эффективности проектов часто бывает затруднено в связи с тем, что экологические затраты и выгоды, обнаруживающиеся в те-

чение сравнительно длительного времени, достаточно трудно измерить и предсказать. Природная среда не только является источником определенных ресурсов, но и оказывает определенные «экологические услуги». Такие, например, как восстановление почв, разложение загрязняющих веществ, рециркуляция отходов, поддержание характера течения рек и т. д. Этим природным функциям часто уделяется недостаточное внимание, и их значимость недооценивается в силу того, что они являются общественными товарами, не имеющими цены на рынке.

Если масштабы и тип экологических изменений могут быть предсказаны, существующая система рынков и цен может дать более или менее однозначную оценку денежной ценности некоторых последствий этих изменений. Значительно труднее оценить последствия таких загрязнений для здоровья человека. Стоимость некоторых последствий можно определить с помощью статистического материала органов здравоохранения путем расчетов затрат на вынужденное переселение людей и т. д.

Если затраты и выгоды невозможно установить количественно, следует последствия альтернативных решений оценить качественно. Качественный анализ, как и количественный, должен показать разницу между ситуациями «с проектом» и «без проекта», а также различие между альтернативными вариантами.

Институционально-организационный анализ. Институционально-организационный или просто институциональный анализ инвестиционных проектов имеет своей целью оценку организационной, правовой, политической и административной обстановки, в рамках которой проекты реализуются и эксплуатируются.

В результате институционального анализа ожидается получить ответы на ряд вопросов.

- Имеются ли необходимые для реализации проекта соответствующие организационные структуры и правовая среда?

- Имеется ли инфраструктура, необходимая для реализации и эксплуатации проекта?

- Какова вероятность реализуемости проекта в заданные сроки и с какими рисками сопряжен проект?

Активная форма выработки рекомендаций в отношении мероприятий по укреплению возможностей организаций (предприятий-реципиентов), реализующих проект предполагает рассмотрение:

- методов и способов производственного менеджмента;
- организационной структуры, возможных изменений в ней;
- планирования, в том числе планирования инвестиций;
- вопросов комплектования и обучения персонала;
- финансовой деятельности, в том числе финансового менеджмента, бухгалтерского учета и аудита;
- материально-технического обеспечения проектов.

В целом в предынвестиционной фазе проекта в институциональный анализ обычно входит решение следующих задач:

- описание институциональных условий (организационных структур, правового пространства и политических факторов), в рамках которых будет реализовываться рассматриваемый проект;

- оценка слабых и сильных сторон участвующих в проекте организаций в отношении их материальных и человеческих ресурсов, технической квалификации, организационной структуры, управленческих и административных возможностей, финансового положения и т. д.;

- оценка возможного влияния правового пространства и политических факторов на осуществление и эксплуатацию проектов, особенно имеющих отношение к защите окружающей среды, заработной плате, ценам, субсидиям, внешней торговле, валютному курсу и т. п.;

- выдвижение альтернативных способов устранения слабостей, выявленных у участвующих в проекте организаций.

Особо следует остановиться на двух аспектах управления проектом:

- методиках координации работ;
- мероприятиях для совершенствования управления проектом.

Одним из способов преодоления организационных проблем, присущих достаточно крупным проектам, является их упрощение путем выделения видов деятельности, являющихся основными для достижения главной цели проекта, и сосредоточения на них ограниченных организационных ресурсов ценой отнесения на будущее желательных, но трудноосуществимых или второстепенных задач.

Аналогичный подход следует применять и в отношении требований к координации работ различных исполнителей по проекту, так как она может занять много времени, но не дать ожидаемых результатов. Кроме того, следует предусмотреть систему стимулирования взаимодействия между сотрудниками проекта и реализующими проект организациями. Создание, например, небольших рабочих групп из тех, кто контролирует не первостепенные, но важные ресурсы (к примеру, транспортные средства), может оказаться более продуктивным механизмом координации, нежели создание, например, координационного комитета, состоящего из руководящего персонала.

Институциональные проблемы эксплуатационной фазы проекта зачастую связаны с тем, что внимание принимающих решения лиц больше концентрируется на фазе капиталовложений, чем на последующих фазах эксплуатации и текущего обслуживания завершенного проекта. Одним из аспектов пренебрежения к эксплуатации проекта является слишком незначительное внимание, уделяемое расходам и выгодам, связанным с техническим обслуживанием, сохранением и реконструкцией или усовершенствованием основных фондов и, соответственно, снижением выгод от проекта.

9.2.7. Энергетическое планирование

Системный подход к энергетическому планированию. Энергетическое планирование включает в себя:

- собственно процесс планирования, т. е. систематический сбор и анализ информации относительно «спроса/предложения» энергии;
- составление плана развития энергетических источников.

Основная концепция энергетического планирования – обеспечение аналитической информацией лиц, принимающих решения на различных уровнях ответственности.

Системный подход к энергетическому планированию включает следующую последовательность основных шагов:

- определение частных и более общих целей плана;
- определение подхода, который следует принять;
- сбор и идентификацию исходной информации, требуемой для процесса планирования;
- выбор метода анализа;
- проведение интегрированного анализа;
- предварительное составление плана развития энергетических источников;
- реформирование информации для лиц, принимающих решение;
- составление плана развития энергетических источников.

Следует помнить, что последовательность типичных задач энергетического планирования (рис. 9.13) представляет собой часть динамического процесса планирования, т. е. каждый последовательный шаг может выполняться несколько раз перед переходом к следующему.

Базисные цели энергетического планирования:

- подготовить программу капиталовложений для своевременного развития энергетических источников;
- разработать элементы (механизмы) целевого управления энергосистемой;
- подготовить для широкого распространения информацию относительно «спроса/предложения» энергии в будущем.



Рис. 9.13. Типичная последовательность задач энергетического планирования

Подготовка программы капиталовложений - одна из основных частей энергетического планирования, так как позволяет оптимальным образом мобилизовать финансовые и человеческие ресурсы для выполнения определенной цели по созданию энергетических источников. В рамках государственного

управления экономикой программа капиталовложений - правительственная программа с указанием конкретных объектов ее приложения. В рамках рыночного механизма управления экономикой энергетические компании разрабатывают собственные программы капиталовложений, мозаика которых составляет общий план капиталовложений в развитие энергетических источников.

Разработка элементов целевого управления - сводка соответствующих «правил игры» (стимулов, санкций) для всех участвующих в реализации энергетических проектов сторон, включая законодательную и нормативную базы развития энергетических источников. Один из важнейших элементов стратегии – тарификация энергопотребления.

Информация относительно «спроса/ предложения» энергии в будущем - возможность психологической и технической перестройки предприятий энергетики и энергопотребителей в связи с будущими структурными изменениями.

Более широкие цели энергетического планирования:

- развитие системы снабжения энергией, которое приводит к наиболее низкой ее себестоимости для потребителей;
- максимальная надежность и безопасность энергетических источников;
- разнообразие энергетических источников и гибкость энергосистем с меньшей зависимостью от дефицитных первичных энергоресурсов и максимальным использованием возобновляемых энергоресурсов;
- минимизация последствий для окружающей среды.

Определение подхода к энергетическому планированию включает решения относительно:

- масштаба плана (национальный, региональный, местный);
- временного интервала плана и уровня его подробности (в соответствии с временным интервалом).

Национальный масштаб плана обеспечивает перспективу развития энергетических источников для страны в целом.

Региональный и местный масштабы плана (включая и планы энергетического развития отдельных предприятий) учитывают специфические особенности конкретного региона и отдельных производств и могут иметь свои (отличные от национальных) приоритеты.

Временной интервал планирования - важный элемент подхода к планированию, и, в частности, определению уровня подробности плана, а соответственно, выбору метода анализа информации. Действительно, невозможно применить одну и ту же процедуру анализа для ежедневных и долгосрочных решений. В то же время лица, принимающие решения, должны понимать ограниченность выводов подобного анализа и не переносить их на длительный период. Вместе с тем даже краткосрочные решения должны согласовываться с общей стратегией развития энергетических источников.

Информационная база энергетического планирования. Информация, требуемая для

процесса планирования, включает в себя:

- детализированную техническую информацию;
- информацию для принятия решения.

Детализированная техническая информация требуется специалистам (инженерам, экономистам и т. д.) для оценки технической и экономической жизнеспособности различных вариантов плана (различных энергетических проектов) и включает в себя характеристики энергетической эффективности, технической целесообразности и оптимальности принимаемых решений.

В процессе формирования исходной информационной базы возникает необходимость определения базисного года как исходной точки процесса энергетического планирования (и, в частности, энергетического планирования).

Базисный год должен удовлетворять ряду требований, основными из которых являются:

- необходимый для соответствующего уровня планирования объем информации;
- достоверность информации;
- близость (насколько это возможно) к текущему году и его «нормальность».

Последние требования связаны с необходимостью наиболее точно отражать, во-первых, существующую энергетическую ситуацию и, во-вторых, тенденцию ее развития.

Безусловно, всегда трудно найти год, который является «нормальным» в энергопользовании, т. е. год, в котором отсутствовали бы:

- кризисные явления; чрезвычайные ситуации;
- ошибки управления (в том числе и в производственной сфере);
- неблагоприятные (или благоприятные) климатические условия и т. п.

Поэтому лучше всего в качестве базисного года принимать осреднение статистической информации по нескольким годам, чтобы реальнее отразить существующую ситуацию по «запросу энергии».

Информация для принятия решений отличается от детализированной технической информации. Тем, кто готовит подобную информацию, следует помнить, что лица, принимающие решения на соответствующем уровне ответственности, как правило, не ориентируются в технических деталях проектов. Более того, слишком подробная техническая информация может затруднить принятие оптимального решения (или даже привести к неверным решениям) и в этом смысле является «некачественной».

«Качественная» информация для принятия решений должна отвечать на следующие вопросы.

• Сколько энергоресурсов требуется для экономического развития в рамках принятого временного интервала?

• Какие виды энергоресурсов могут быть активизированы?

• Какие финансовые и материальные ресурсы требуются для развития энергетических источников?

• Какой вариант развития является наиболее доступным и каковы воздействия различных вариантов?

Интегрированный анализ в энергетическом планировании. Общая схема проведения интегрированного анализа в рамках энергетического планирования включает в себя:

- выбор метода анализа;
- собственно анализ;
- оценку результатов анализа.

Выбор метода анализа предполагает:

• выбор вида и содержания метода анализа в соответствии с объектом и целями энергетического планирования;

• выбор процедуры экстраполяции (предсказания) будущей ситуации на основе анализа сегодняшней ситуации.

Достоверность предсказаний определяется достоверностью не только исходной базы

данных, но и самой процедуры экстраполяции. Соответственно появляется требование использования апробированных методов анализа или проверки их достоверности путем предсказания на основе данных о предыдущих годах. В этом случае к информационной базе предшествующих лет предъявляются те же требования, что и к основной информационной базе.

Итерационная процедура проведения интегрированного анализа предполагает:

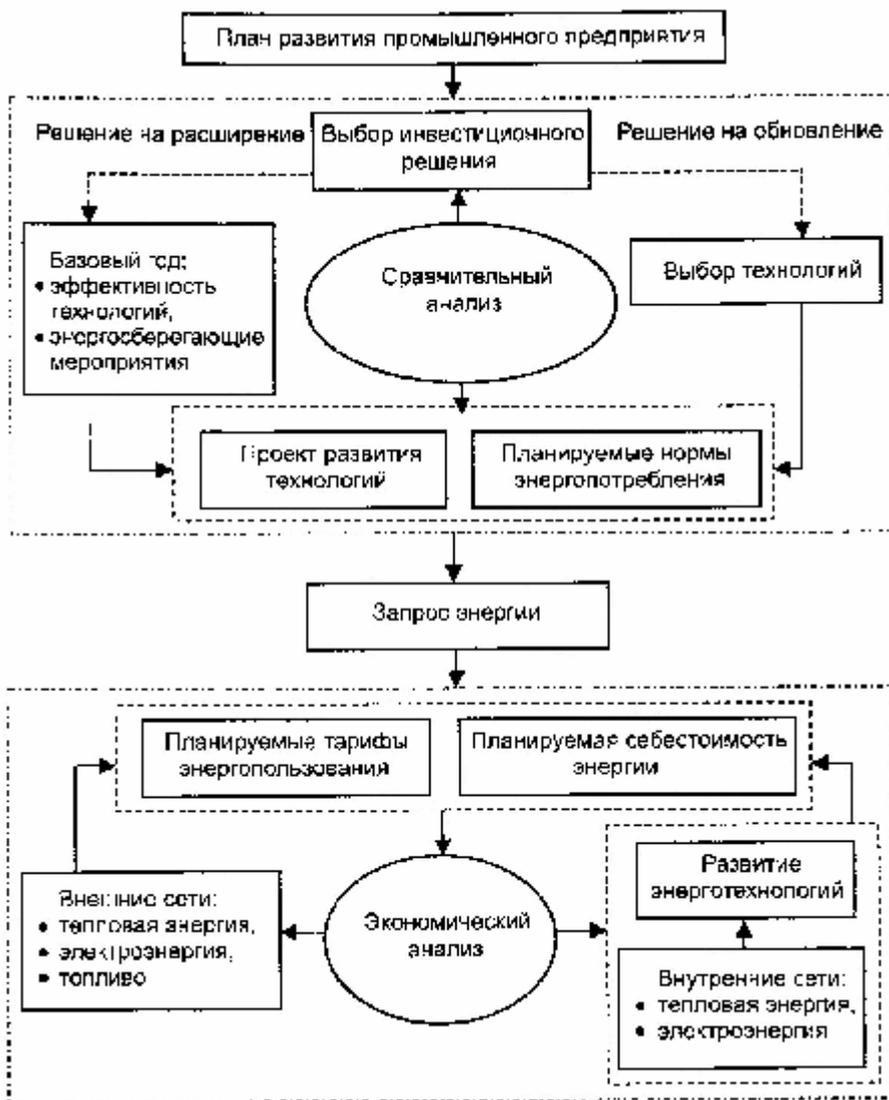


Рис. 9.14. Схема составления энергетического плана промышленного предприятия

- составление баланса «спроса/предложения» энергии;
- оценку воздействия;
- «выбор среди вариантов».

Важным элементом сравнительного анализа различных вариантов энергетического развития является оценка стоимостных показателей производства и потребления энергии, включая планируемые тарифы энергопользования и планируемую себестоимость энергии.

План энергетического развития промышленного предприятия. Рассмотрим последовательность шагов энергетического планирования применительно к процедуре составления энергетического плана промышленного предприятия (рис. 9.14).

В основе составления энергетического плана промышленного

предприятия лежит взаимосвязанная процедура формирования сбалансированной связки «запрос/предложение» энергии.

«Запрос энергии» формируется в рамках предварительного составления плана технологического развития предприятия и соответствующего роста потребностей в ТЭР.

Возможные пути развития предприятия связаны прежде всего с конкретным инвестиционным решением «на расширение» или «на обновление». Безусловно, возможна и комбинация этих решений.

Специфика конкретного решения относительно пути развития предприятия определяет и последовательность шагов интегрированного анализа возможных (технически обоснованных) технологических решений. При этом исходная информационная база для анализа и принятия окончательных вариантов должна формироваться на основе результатов предварительного энергетического и технологического обследования предприятия с составлением

плана организационно-технических мероприятий по повышению эффективности (энергетической, экономической) производства. Последующие шаги по составлению плана развития предприятия должны базироваться на результатах проведенного аудита и согласовываться, как было указано выше, с принятым инвестиционным решением.

При принятии, например, «решения на расширение» проводится анализ показателей эффективности технологий в «базовом» году. Проект развития технологий, включая планируемые нормы энергопотребления, составляется с учетом этого анализа и рекомендаций плана ОТМ по экономии потребления ТЭР. В качестве «альтернативного» инвестиционного решения можно рассматривать «решение на обновление», т. е. решение на внедрение новых технологий и технологического оборудования. В этом случае базовая технология выбирается из «каталога» (информационного банка данных) рекомендованных отраслевых технологий и оборудования, составляемого на основе анализа отечественного и зарубежного опыта.

В рамках действующего производства, как правило, принимаются смешанные проектные инвестиционные решения о капиталовложениях, которые включают элементы как «решения на расширение», так и «решения на обновление». В любом случае процедура составления плана технологического развития предприятия предполагает итерационный процесс приближения к оптимальности через сравнительный анализ различных вариантов.

Критерием оптимальности плана развития предприятия является достижение энергоэффективности новых или модернизируемых технологий, т. е. достижение минимально разумного «запроса энергии», необходимого для производства продукта установленного качества.

Сформированный «запрос энергии» должен быть удовлетворен в рамках энергетического плана развития предприятия с использованием разумных (экономически обоснованных) капитальных вложений.

Составление плана энергетического развития промышленного предприятия включает все последовательные шаги энергетического планирования по подготовке «качественной» информации для принятия решений относительно оптимального (рационального) обеспечения требуемыми энергоресурсами.

Промышленное предприятие имеет два основных варианта удовлетворения планируемых потребностей в ТЭР:

- расширение заимствования из внешних энергетических сетей;
- развитие внутренних энергетических сетей.

Каждый из этих вариантов имеет свои достоинства и недостатки. Выбор одного из них или их комбинации определяется как экономическими показателями (включая и показатели энергетической безопасности), так и:

- масштабом предполагаемых преобразований производства и временным интервалом их реализации;
- видом требуемого энергетического ресурса;
- техническими и финансовыми возможностями предприятия.

Наиболее реалистичным (хотя, возможно, и не самым экономичным) является вариант расширения заимствования из внешних энергетических сетей. При принятии данного варианта проводится, тем не менее, анализ возможностей поставки внешними сетями дополнительного количества энергоресурсов требуемого качества, тенденций к изменению тарифов энергопользования и соответствующей доли энергетической составляющей в себестоимости продукции.

Если экономические показатели требуемых энергоресурсов из внешних сетей или их потребительские качества неудовлетворительны, то может быть принято решение на развитие внутренних энергетических сетей. В этом случае (как и при составлении плана технологического развития основного производства) рассматриваются инвестиционные решения на расширение или обновление энерготехнологий.

Возможен также вариант комбинации решений – расширение заимствования из внешних энергетических сетей и развитие внутренних энергетических сетей - с проведением их

сравнительного анализа по планируемой себестоимости энергии.

Комплексный анализ путей возможного энергетического развития промышленного предприятия предполагает не только итерационный процесс приближения к оптимальному решению в рамках проектов технологического и энерготехнологического развития предприятия, но и согласование на каждом из этапов планирования связки «запрос/предложение» энергии.

Контрольные вопросы

1. *Определите понятия «энергетический менеджмент» и «специалист по энергетическому менеджменту».*
2. *Перечислите цели энергетического менеджмента различны для разных иерархических уровней.*
3. *Каковы функции субъектов энергетического менеджмента верхнего уровня?*
4. *Дайте определение понятию «энергетический баланс». Какие их виды Вы знаете?*
5. *Какие задачи решают при проведении энергетических аудитов предприятий?*
6. *Какова разница между понятиями «энергообследование» и «энергоаудит»?*
7. *Какие виды энергоаудитов Вы знаете?*
8. *Из каких этапов состоит энергообследование промышленного предприятия?*
9. *Чем оснащаются передвижные лаборатории специализированных организаций, проводящих энергообследование?*
10. *Какое оборудование является наиболее важным при обследовании: система сжатого воздуха, водоснабжения, котельных, печей, бойлеров, зданий.*
11. *Что представляет собой матрица энергосберегающих мероприятий и технологий? Для чего она применяется?*
12. *Перечислите основные причины, вызывающие потери электроэнергии на промышленных предприятиях.*
13. *Какие бывают типы инвестиционных проектов?*
14. *Приведите классификацию проектных решений.*
15. *Что такое бизнес-план проекта?*
16. *Дайте определение проектных рисков.*
17. *Как проводится анализ проектных рисков?*
18. *Какие способы снижения инвестиционных рисков вы знаете?*
19. *Перечислите методы оценки инвестиционных проектов (перечень, правила принятия решений).*
20. *Какие методы оценки инвестиционной стоимости проектов относятся к упрощенным методам?*
21. *Какие методы оценки инвестиционной стоимости проектов называются методами дисконтированного потока денежных средств?*
22. *Как принимаются инвестиционные решения в случае «взаимоисключающих» проектов?*
23. *Какова последовательность задач энергетического планирования?*
24. *Какие требования предъявляются к формированию информационной базы и базисному году?*
25. *Какова последовательность шагов составления энергетического плана промышленного предприятия?*

БЛОК 10

ВОПРОСЫ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ В РАЗЛИЧНЫХ СФЕРАХ ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

10.1. Концепция и задачи энергосбережения

Жизнь современного города невозможна без надежно работающей энергетической инфраструктуры, включающей источники ТЭР, устройства их преобразования, сети их транспорта, распределения и сами энергопотребляющие системы: освещение, отопление, вентиляция, водоснабжение и т. д. Облик, планировка, конструкции зданий городов, развитие городских инфраструктур и организация жизни в значительной степени зависят от способов и средств их энергообеспечения. В свою очередь, на структуру систем снабжения энергетическими ресурсами и их потребления в бытовом, промышленном, торгово-коммерческом, транспортном и других секторах городского хозяйства, на режимы энергопотребления влияют климатические условия и географическое расположение городов, населенных пунктов, их историческое прошлое, национальные особенности и традиции, структура городского хозяйства, демографический фактор и т. д.

Быстрый рост городского населения, требований к качеству жизни в условиях дефицита природных ресурсов (земли и воды) и традиционных видов органического топлива (угля, нефти, газа), ужесточение требований по охране окружающей среды выдвигают на первый план проблему эффективности использования энергии в различных сферах городов и населенных пунктов. Ее решение возможно лишь при комплексном подходе к проектированию, строительству, реконструкции и организации жизни городов и городского хозяйства на основе единой концепции рационального расходования всех видов энергоресурсов. Суть концепции заключается в следующих положениях:

- энергосбережение рассматривается как один из основных критериев при принятии решений на всех этапах градостроительства и организации городской жизни, начиная с планировки, проектирования и кончая эксплуатацией жилищного фонда, городских инфраструктур и регулирования ритма городской жизни;

- энергосбережение осуществляется одновременно и согласованно путем оптимизации использования энергии во всех звеньях цепи энергообеспечения города – от источников энергии до ее потребителей по всем видам энергоресурсов и энергоносителей;

- максимальное использование природных возобновляемых, местных и вторичных энергоресурсов;

- стимулирование структурного энергосбережения в промышленном и транспортном секторах городского хозяйства, внедрение в них менее энергоемких технологий и энергосберегающего оборудования;

- установление приоритетных направлений энергосбережения на ближайший и долгосрочный периоды и мобилизация материальных, финансовых, трудовых средств и ресурсов на реализацию этих направлений.

На основе концепции разработаны городские программы по энергосбережению, выполнение которых предусматривает широкий спектр действий систематической работы городских мэрий и служб, коллективов отдельных предприятий и организаций, а также повседневных усилий каждого горожанина.

Далее рассмотрены некоторые направления эффективного использования энергии в различных сферах городского хозяйства.

10.2. Энергосбережение в градостроительстве и зданиях

10.2.1. Градостроительство

Эффективное энергоиспользование в городах и населенных пунктах при одновременно надежном их энергообеспечении закладывается в первую очередь на этапах планирования, проектирования и строительства. Энергосберегающие решения получают приоритет при планировке жилого сектора, садово-парковой зоны города, его промышленных объектов, го-

родских инженерных инфраструктур, транспортных коммуникаций. Стройиндустрия республики потребляет около 15% всех энергоресурсов. Не менее 30% расходуемого топлива идет на отопление зданий и сооружений, теплотехнические качества которых определяются строительной отраслью. Взаимное размещение зданий, их ориентация по странам света, типы зданий, виды транспорта и транспортные развязки, структура и конструкции систем обеспечения топливом, тепловой и электрической энергией, водоснабжения, канализации, утилизации городских отходов, дальнейшие перспективы развития города, его социально-экономическая роль – все это в совокупности влияет на объем и эффективность потребления энергоресурсов, а также на воздействие энергоиспользования города на окружающую среду. Отсюда вытекают основные задачи энергосбережения в градостроительстве:

- снижение энергоемкости строительной продукции: материалов и конструкций – за счет более эффективных технологий их изготовления;

- разработка и внедрение архитектурно-градостроительных и конструктивно-технологических решений при проектировании, строительстве, реконструкции жилых домов, общественных зданий и объектов производственного назначения, обеспечивающих снижение энергопотребления, в том числе новых типов энергоэффективных зданий массового строительства;

- снижение энергоемкости, повышение качества строительно-монтажных и ремонтных работ за счет совершенствования их технологии;

- комплекс мер по тепловой модернизации (терморееабилитации, санации) существующего жилого фонда, зданий и сооружений с целью повышения теплосащитных свойств ограждающих конструкций зданий и совершенствования систем их теплоснабжения;

- внедрение энергоэффективного инженерного оборудования и систем жизнеобеспечения (отопления, вентиляции, освещения и т. д.), современных приборов контроля и учета ТЭР.

10.2.2. Здания

Общие вопросы. Согласно современной концепции, с точки зрения энергопотребления, проектирование, строительство и использование здания рассматриваются как единая технологическая цепь, имеющая своей целью минимизировать энергоматериальные, трудовые затраты и воздействие на окружающую среду. Из общего объема тепловой энергии, потребляемой при строительстве и эксплуатации зданий сегодня, только 10% расходуется на производство строительных материалов и изделий, а также на сам процесс строительства, а 90% идет на отопление и горячее водоснабжение, что в 2 раза больше, чем в западноевропейских странах.

Типовая структура расхода тепловой энергии зданием, а также потенциал энергосбережения следующие:

наружные стены – 30% (потенциал 50%);

окна – 35% (потенциал 50%);

вентиляция – 15% (потенциал 50%);

горячая вода – 10% (потенциал 30%);

крыша, пол – 8% (потенциал 50%);

трубопровод, арматура – 2% (потенциал 5%).

В Беларуси с 1994 г. были введены новые нормативы на термические сопротивления строительных ограждающих конструкций (стен, крыш, перекрытий, окон, дверей и т.д.) зданий и сооружений. Исследования показывают, что существенную экономию – до 14% – тепловой энергии в здании можно получить при увеличении термосопротивления наружных стен в 2–2,5 раза. Дальнейшее его увеличение, а также увеличение термосопротивления оконных, дверных проемов для зданий с естественной вентиляцией, которая характерна для жилого фонда республики, экономически неоправданны: значительно возрастают энергозатраты на вентиляцию, горячее водоснабжение, тепловые потери через окна, балконные двери, нарушаются санитарно-гигиенические нормы воздухообмена. Потребление тепловой

энергии зданием зависит от его геометрических размеров, этажности, площади остекления наружной поверхности, теплофизических характеристик и размеров строительных и инженерных конструкций. Сегодня в республике пересмотрены подходы к объемно-планировочным решениям возводимых зданий и сооружений с целью сокращения энергопотерь во время эксплуатации. Новые жилые здания с повышенным *термосопротивлением наружных стен и проемов должны оборудоваться сбалансированной вентиляцией, установками утилизации тепла отработанного воздуха и горячей воды, контрольно-регулирующей аппаратурой потребления тепла и воды.*

Следует отметить, что во время действия низких норм по термическому сопротивлению стен осуществлялось строительство панельных зданий массовых серий, а многие из них были построены с отступлением от строительных норм. Низкое качество строительномонтажных работ привело к тому, что жилищно-эксплуатационные службы из года в год тратят огромные средства на производство постоянных ремонтно-строительных работ главным образом на межпанельных стыках и в местах сопряжения окон с наружной стеной. Кроме того, это обуславливает и значительные потери тепла.

Поэтому в настоящее время все в большей мере практикуется осуществление тепловизионного (с использованием инфракрасной съемки) контроля качества строительномонтажных работ, что позволяет предотвратить некачественное выполнение работ в местах, в которых возможна наибольшая утечка тепла.

В белорусских городах осуществляются работы по реконструкции модернизации, капитальному ремонту и термической реабилитации, т.е. санации ранее выстроенных зданий жилого и нежилого фонда. Санация в части термореабилитации означает повышение теплозащиты зданий путем теплоизоляции стен минеральной ватой и пенопластом, утепление крыш, полов, замену оконных блоков, остекление балконов, модернизацию систем вентиляции, реконструкцию и автоматизацию теплоузлов, установку индивидуальных регуляторов тепла в квартирах и в комнатах, экономичных осветительных приборов, счетчиков тепла и воды. Обследование состояния зданий и сооружений с последующей энергетической паспортизацией позволяет выявить потенциал энергосбережения.

Энергетическая паспортизация жилых и общественных зданий представляет собой мероприятие по установлению фактических показателей энергопотребления жилых и общественных зданий, а также по созданию соответствующего банка данных;. Цель энергетической паспортизации зданий - проверка фактического состояния энерго- и теплопотребления в жилищном секторе, выделение зданий, требующих первоочередных мероприятий по повышению теплозащитных свойств, а также поиск оптимальных путей снижения расхода теплопотребления.

В жилом фонде потенциал энергосбережения составляет 30-76%, т.е. нынешнее годовое потребление энергии может быть сокращено наполовину. В нежилом фонде (административные, общественные, культурного назначения здания, школы, больницы и т.д.) может быть сэкономлено около половины годового объема потребления энергии. Разработаны и применяются технологии термореабилитации зданий и путем наружного утепления их фасадов. Первый опыт санации жилого и фонда показал, что возводящиеся и санируемые здания необходимо оборудовать системами принудительной управляемой вентиляции. При применяемой до сегодняшнего дня естественной вентиляции в результате утепления ограждающих наружных конструкций происходит перераспределение теплопотерь: резко возрастают потери тепла на нагрев поступающего в помещение воздуха и, кроме того, относительная влажность воздуха оказывается выше нормативной. Таким образом, сокращение теплопотерь на 20-30% и нормальный воздухообмен в помещениях можно получить только в результате совместного применения в здании теплоизоляции ограждающих конструкций и современных систем принудительной вентиляции.

Тепловая изоляция зданий и сооружений. Проблеме получения теплых и, соответственно, энергосберегающих конструкций в последние годы в нашей стране уделяется все больше внимания. Они должны быть, во-первых, прочными, жесткими и воспринимать на-

грузки, то есть быть несущей конструкцией, а во-вторых, должны защищать внутреннее пространство от дождя, жары, холода и других атмосферных воздействий, то есть обладать низкой теплопроводностью, быть водостойкими и морозоустойчивыми.

В природе не существует материала, который удовлетворял бы двум этим требованиям. Для жестких конструкций идеальным материалом является металл, бетон или кирпич. Для утепления годится только эффективный утеплитель, например, каменная вата. Поэтому для того, что бы ограждающая конструкция была прочной и теплой, используют композицию или комбинацию как минимум двух материалов – конструкционного и теплоизоляционного.

Композиционная ограждающая конструкция в свою очередь может быть представлена в виде нескольких отличных друг от друга систем и конструкций:

1 Жесткий каркас с заполнением межкаркасного пространства эффективным утеплителем.

2 Жесткая ограждающая конструкция (например, кирпичная или бетонная стена), утепленная со стороны внутреннего помещения, или так называемое внутреннее утепление.

3 Две жесткие пластины и эффективный утеплитель между ними, например, «колодезная» кирпичная кладка, железобетонная панель «сэндвич» и т. д.

4 Тонкая ограждающая конструкция (стена) с утеплителем с внешней стороны, так называемое внешнее утепление.

Теплоизоляционные системы, применяемые для наружной теплоизоляции, подразделяются на системы:

- с тонкими штукатурными и накрывочными слоями;
- с толстыми штукатурками (до 30 мм);
- «сухой теплоизоляции» (система утепления «на отnose»);
- монолитной теплоизоляции (утепление пенополиуретаном, покрытие «термошильдом»);
- из ячеистого бетона с объемной массой ниже 400 кг/м^3 .

Применение той или иной системы определяется конструктивными особенностями модернизируемого здания и технико-экономическими расчетами, основанными на приведенных затратах, так как стоимость утепления 1 м^2 наружной стены колеблется от 15 до 50 долларов США без учета стоимости заполняемых оконных блоков, модернизации систем вентиляции и отопления. Тем не менее, потенциал энергосбережения при эксплуатации существующего жилого фонда достаточно велик и составляет около 50 %.

Каждая из этих конструкций имеет свои достоинства и недостатки, и выбор ее зависит от многих факторов, исходя из местных условий. Но из всех названных конструкций четвертый тип утепления здания с внешней стороны хотя и имеет недостатки, но и обладает следующими достоинствами:

1. Надежная защита от неблагоприятных внешних воздействий суточных и сезонных температурных колебаний, которые ведут к неравномерным деформациям стен, что приводит к образованию трещин, раскрытию швов, отслоению штукатурки.

2. Невозможность образования какой-либо поверхностной флоры на поверхности стены из-за избытка влаги, образования льда в толще стены, который имеет место из-за конденсационной влаги, поступающей из внутренних помещений, и влаги, проникшей внутрь массива ограждающих конструкций из-за повреждения поверхностного защитного слоя.

3. Препятствование охлаждению массива ограждающей конструкции до температуры точки росы и, соответственно, выпадению конденсата на внутренних поверхностях.

4. Снижение уровня шума в изолируемых помещениях.

5. Отсутствие зависимости температуры воздуха во внутренних помещениях от ориентации здания, то есть от нагрева поверхностей солнцем и охлаждения этих же поверхностей ветром, и др.

Для устранения теплопотерь в ранее построенных зданиях разработаны и осуществляются различные проекты теплотехнической реконструкции и утепления их. Одним из таких проектов является устройство *термошубы*, представляющей собой многослойную конст-

рукцию. Она состоит из следующих элементов:

а) плит утеплителя, прикрепленных к подготовленной поверхности стен клеящим составом «сармалеп» и дюбелями для укрепления утеплителя;

б) защитного покрытия из клеящего состава «сармалеп», армированного одним или двумя слоями сетки в сочетании с защитными алюминиевыми профилями с перфорированными стенками;

в) отделочного покрытия:

1) из штукатурного состава «сармалит» белого цвета без окраски либо с последующей окраской микропористой фасадной краской на основе плиолитовой смолы «саффрамап»;

2) защитно-отделочной композиции «саффрамап», окрашенной в массу;

3) микропористой фасадной краски на основе плиолитовой смолы «саффрамап» непосредственно по защитному покрытию из состава клеящего «сармалеп-М».

«Термошуба» устраивается по наружным стенам разной конструкции, из различных материалов (кроме деревянных) и с разной отделкой фасадной поверхности и соответствует требованиям пожарной и экологической безопасности. В качестве материалов для термошубы применяют:

– плиты утеплителя двух типов: *пенополистирольные* ПСБ-С (с антиперенами) по ГОСТ 155.88 размером 500 x 1000 мм, толщиной от 40 до 120 мм (в соответствии с проектной документацией). При этом пенополистирол должен быть выдержан не менее двух месяцев с момента изготовления; плиты *минераловатные* специальные фасадные жесткие на синтетическом связующем, недорогие, экологически чистые, гидрофобные. Размеры их такие же, как и размеры обычных минераловатных;

– клеящие и защитные составы «сармалеп-Т» или «сармалеп-М», приготавливаемые на строительной площадке смешиванием «смеси клеевой полиминеральной сармалеп» с водой. Состав «сармалеп-М» - морозостойкий при температуре окружающего воздуха от -12 до 10 °С;

– штукатурный состав, приготавливаемый на строительной площадке смешиванием смеси штукатурной полиминеральной с водой, либо защитно-отделочную композицию «соффрамап-В (Г)» или «соффрамап-ВМ (ГМ)». Для получения цветных поверхностей гарантированного качества рекомендуется наносить отдельные слои белого цвета, а затем покрывать его микропористой фасадной краской «соффрамап»;

– защитные алюминиевые профили;

– сетку стеклянную ССШ-160 для армирования защитного покрытия;

– дюбели для укрепления утеплителя, а для защиты от механических повреждений по низу теплоизоляции и на углах здания и проемов – алюминиевые профили с перфорированной стенкой толщиной от 0,5 до 1,0 мм'.

Кроме «термошубы» утепление стен зданий и сооружений с наружной стороны можно выполнить устройством на фасаде здания *каркаса*, в который вставляются и фиксируются в нем плиты утеплителя, а поверх каркаса навешиваются облицовочные панели (сухая штукатурка) или выполненная на некотором расстоянии кирпичная кладка. При этом внутри конструкции, между утеплителем и облицовкой, сохраняется зазор, по которому свободно циркулирует воздух. Этот воздух удаляет влагу, испаряющуюся из помещения сквозь стены, не давая ей задерживаться в утеплителе. Получается, что фасад вместе с утеплителем «дышит», дышит и стена. А утеплитель все время сухой, и его теплоизолирующая способность постоянно сохраняется на высоком уровне. Преимуществами этого способа являются: во-первых, всепогодная технология, отсутствие «мокрых» процессов вроде нанесения штукатурки, клеев и т. д.; во-вторых, неограниченный выбор вариантов облицовки: панели разного размера, из разных материалов и с разными текстурами и расцветками. Добавить в список преимуществ можно высокую шумоизолирующую способность вентфасада, легкость и технологичность монтажа, быстроту и простоту транспортировки на объект необходимых материалов. Система вентилируемого утепленного навесного фасада не позволяет конденсату скапливаться на поверхности или внутри стены, благодаря чему повышается срок службы ограждающих кон-

струкций здания и уменьшаются теплопотери через них.

Характеристики остекления. Оконные заполнения в зданиях, обладая необходимыми теплозащитными качествами, должны обеспечивать требуемый световой комфорт в помещении и иметь достаточную воздухопроницаемость для естественной вентиляции.

Действующие нормативы устанавливают следующие требования к окнам жилых зданий:

– сопротивление теплопередаче должно быть не менее $0,6 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$, сопротивление воздухопроницанию – не менее $0,56 \text{ м}^2 \cdot \text{ч Па/кг}$;

– механические показатели и другие требования – в зависимости от конструкции и материалов, из которых изготовлен оконный блок.

По конструкции все окна состоят из светопропускаемых и непрозрачных частей. В качестве заполнения светопропускаемой части окон используют стеклопакеты и стекла различной толщины. Наиболее широкое распространение среди стекол получили так называемые специальные энергосберегающие стекла:

– «к-стекло», получаемое посредством разлива стеклянной массы на жидкую основу с большим удельным весом. Для придания ему теплосберегающих свойств на его поверхности методом пиролиза создается тонкий слой из оксида металла, что приводит к уменьшению излучательной способности с $0,84$ до $0,2$, а следовательно, к меньшей теплопередаче;

– «i-стекло», получаемое методом вакуумного напыления и представляющее собой трех- или более слойную структуру чередующихся слоев серебра и диэлектрика. По своим теплосберегающим качествам это стекло в $1,5$ раза превосходит «к-стекло». Однако технология нанесения требует использования дорогостоящего оборудования с системой магнетронного (магнетрон – электровакуумный прибор) напыления.

Применяемые ныне окна можно условно разделить на три группы:

– деревянные окна;

– окна из поливинилхлоридного профиля (ПВХ профиля);

– окна из алюминиевого профиля.

Деревянные окна выпускаются в основном двух видов:

– оконные блоки типа ОЗС с толщиной коробки $100-140$ мм с тройным остеклением или стеклом и стеклопакетом отечественного производства. Сопротивление теплопередаче их может достигать $0,8 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$, а сопротивление воздухопроницаемости – $0,6-1,4 \text{ м}^2 \cdot \text{ч Па/кг}$, что значительно меньше, чем у окон алюминиевого и ПВХ профилей;

– оконные блоки толщиной коробки менее 100 мм с однокамерным или двухкамерным стеклопакетом (возможно наличие энергосберегающих покрытий и заполнение межкамерного пространства аргоном). Они имеют высокое качество изготовления, створки их могут открываться в разных плоскостях, а проветривание имеет различный режим. Эти окна самые дорогие, поскольку они очень высокого качества, а часть из них импортируется из Финляндии, Германии или Швеции. Древесина обрабатывается специальной защитной пропиткой от влаги, насекомых и воздействия солнца. В окнах весьма точная подгонка деталей, коробка и створки со временем почти не дают усадки. Сопротивление теплопередаче составляет $0,6 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$, сопротивление воздухопроницанию весьма велико – до $7 \text{ м}^2 \cdot \text{ч Па/кг}$.

Окна из *ПВХ-профиля* с различными видами стекол и стеклопакетов находят широкое распространение в административных зданиях. В конструкции ПВХ профиля имеется два и более специальных воздушных зазоров, так называемых камер.

Наибольшее распространение получили трехкамерные ПВХ-профили. Сопротивление теплопередаче по непрозрачной части окон с таким профилем составляет $0,6-0,75 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$.

В качестве светопропускающей части используются, как правило, однокамерные и двухкамерные стеклопакеты с применением энергосберегающих стекол (в основном – «к-стекло»). Для повышения сопротивления теплопередаче основных блоков пространство между стеклами в стеклопакете заполняется инертными газами, в основном аргоном.

Окна из трехкамерного ПВХ-профиля имеют очень высокое сопротивление воздухопроницанию (до $9 \text{ м}^2 \cdot \text{ч Па/кг}$), что ограничивает использование их в жилых зданиях. Для ре-

шения этой проблемы фирмы предлагают различные варианты (вентиляционные клапаны, специальное положение ручки, установку в верхней части оконных коробок или створок специальных вентиляционных пленок с регулируемой системой для притока воздуха), однако они недостаточно проверены экспериментально.

Основные преимущества этих окон заключаются в простоте монтажа и герметичности, возможности открытия створок в нескольких плоскостях.

Окна из *алюминиевого профиля* также находят все большее применение. В основном это трехкамерный алюминиевый профиль с термопрокладками. Такие оконные блоки имеют низкое сопротивление теплопередаче — 0,35-0,42 ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт, вследствие чего в холодный период года возникает конденсация влаги на внутренних поверхностях профиля. Для достижения этими оконными блоками требуемого сопротивления теплопередаче необходим стеклопакет. Эти оконные блоки имеют очень высокое сопротивление воздухопроницанию, что ограничивает их применение в зданиях с естественной вентиляцией. Преимуществами их являются:

- практически неограниченная долговечность;
- высокая прочность и устойчивость к деформации и другим воздействиям окружающей среды;
- лучшая ремонтпригодность среди других типов окон;
- отсутствие особого ухода.

Окна из алюминиевого профиля дороже других типов окон, и потребитель вправе решать, какие из них являются более приемлемыми.

При любой конструкции окон площадь световых проемов должна быть минимально допустимой по нормам естественной освещенности.

Особое место в проблеме проемов в наружных стенах отводится оконным проемам, заполнение которых должны обеспечивать световой, тепловой и шумовой комфорт в помещениях и иметь достаточную воздухопроницаемость для работы естественной вентиляции. При выборе типа окон особое внимание должно быть обращено на энергоэффективность заполнения оконных проемов, которая зависит от следующих факторов:

- конструктивного решения изделий, составляющее оконное заполнение,
- материала и деталей, используемых для изготовления изделий;
- качества установки изделий в проемы наружных стеновых конструкций.

При выборе того или иного конструктивного исполнения окон учитывают не только архитектурно-градостроительную значимость здания, его функциональное назначение, экономическую возможность, но и руководствуются установленным в республике показателем сопротивления теплопередаче. Для одного обычного стекла оно составляет примерно 0,17 $\text{м}^2 \cdot \text{°C}$ /Вт, а для стеклопакета из двух обычных стекол – 0,35-0,39 $\text{м}^2 \cdot \text{°C}$ /Вт. Трехстекольное окно с учетом материала, из которого оно изготовлено, и конструкции притворов створок к коробке обеспечивает не только установленный показатель термического сопротивления, но и превышает его. Более высокие значения термического сопротивления можно получить, работая над улучшением теплоизоляционных показателей стеклянной части окна и оконных рам и коробок.

Наибольший эффект достигается использованием в стеклопакете одного из стекол с селективным покрытием, способным отражать тепловые волны внутрь помещения и одновременно пропускать снаружи солнечное тепловое излучение. Только за счет применения в стеклопакете такого стекла, а также введения в межстекольное пространство более плотного, чем воздух, газа, например аргона, криптона или ксенона, можно добиться величины термического сопротивления, приближающегося к единице. Отдельные примеры из зарубежной практики свидетельствуют о том, что соответствующие конструктивные решения окон, и прежде всего их стеклянной части, смогут способствовать достижению термического сопротивления теплопередаче, равному 1,8-2,0 ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт.

Стеклопакет представляет собой соединенные на определенном расстоянии друг от друга 2 или 3 стекла. В качестве материала, обеспечивающего требуемое между стеклами

расстояние, применяется алюминиевый перфорированный профиль коробчатого сечения (средник), внутрь которого засыпается зернистый осушитель воздуха - силикогель. Профиль крепится к стеклам с помощью бутиловой массы (внутренний шов), а по торцам образованного стеклопакета укладывается прочная полисульфидная масса (наружный шов). Известен также метод, когда промежуточное пространство (средник) заполняется при помощи бутиловой резиновой ленты, упроченной металлом.

Жидкие герметики сохраняют свои технические свойства при температуре от минус 50 до плюс 120 °С. Герметик не твердеет, не разрушается, улучшает звукоизоляционные свойства окон, а эксплуатационный гарантийный срок его составляет 5-10 лет.

Понятие пассивного дома. Экодом. Современные *«суперизолированные», или «микророзэнергетические»* здания позволяют настолько уменьшить потери тепла за счет теплоизоляции всех конструкций, что поступлений «пассивной» тепловой энергии от людей, бытовых электроприборов и лучистого потока через окна оказывается достаточно для создания комфортных условий жизни без дополнительной энергии от источников отопления. Такой *энергетически «пассивный» дом* представляет собой замкнутую систему, не нуждающуюся или минимально нуждающуюся в поступлениях тепла извне. Особенно перспективны такие дома при застройке пригородных зон больших и малых городов, а также населенных пунктов сельской местности строениями коттеджного типа. Так, в Беларуси внедряются технологии строительства коттеджей путем сборки из пустотных энергосберегающих опалубочных блоков из специального строительного пенополистирола, удерживаемых арматурой и заливаемых бетоном. Пенополистирола обладает исключительно высокими теплоизоляционными свойствами, хорошими эксплуатационными характеристиками.

Существует также понятие *«экодом»*. Имеется в виду жилище, в котором практически не используются невозобновляемые источники энергии и эксплуатация которого не наносит вреда природе и здоровью человека. В США, Швеции, Японии, Германии построены достаточно давно комфортабельные экодома с низким, практически нулевым энергопотреблением, без канализационных сетей. Иногда они стоят очень дорого. Однако есть варианты с использованием солнечного отопления и аккумулирования тепла не дороже традиционных домов. В Беларуси ведутся изыскательские работы по строительству относительно дешевых малоэтажных экодомов из местных экологически чистых природных материалов (прессованной соломы, глиносоломенной смеси, соломенных блоков) с применением энергосберегающих технологий строительства, солнечной энергии для отопления и сезонного нагрева воды. Для канализации в экодомах предусматривается использование локальных биологических систем утилизации хозяйственных стоков замкнутого цикла, или компостные туалеты. Отопление экодома обычно содержит основную систему из солнечного теплового коллектора и теплоаккумулятора и вспомогательную (аварийную) - камин или печь медленного горения. В Беларуси намечено построить показательные экспериментальные экодеревни на 20-40 экодомов с альтернативными системами энергоснабжения.

10.3. Энергосбережение при освещении

На освещение в Беларуси расходуется 10 – 13% от общего потребления электроэнергии. Анализ структуры потребления по отраслям показывает, что на промышленность приходится 29%, жилищный сектор – 26%, административные и общественные здания – 20%. Уличное освещение – 12% всего объема потребления. Таким образом, 80-90% электроэнергии на нужды освещения расходуется на территории городов и населенных пунктов. В организации энергоэффективного освещения городских объектов производственной и непроизводственной сферы, жилых зданий, территории городов, имеется значительный потенциал энергосбережения за счет перехода к энергоэффективному освещению.

Энергоэффективное освещение означает устройство систем освещения и организацию их функционирования таким образом, чтобы при обеспечении требуемых нормами количественных и качественных характеристик освещения потреблялось минимальное количество

электроэнергии. Исполнение этих условий закладывается в первую очередь при проектировании освещения путем рационального сочетания естественного света через световые проемы и искусственного – от осветительных установок, общего и локального освещения, выбора оптимальной схемы электрической сети освещения, количества, типов и мощности источников света, их размещения, выбора светильников и пускорегулирующей аппаратуры. Сочетание хорошего естественного освещения за счет оптимальных количества, размещения, размеров оконных проемов, фонарей в потолочных перекрытиях и регулируемого искусственного освещения может обеспечить энергосбережение до 30-70%. Потребность в искусственном освещении уменьшается при светлых интерьерах в помещениях, которые создают ощущение более светлого пространства.

Сокращение расхода электроэнергии возможно также следующими основными путями:

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

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

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

Управление осветительной нагрузкой осуществляется двумя основными способами:

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

К системам дискретного управления, в первую очередь, относят различные *фотореле (фотоавтоматы) и таймеры*. Принцип действия первых основан на включении и отключении нагрузки по сигналам датчика наружной естественной освещенности. Вторые осуществляют коммутацию осветительной нагрузки в зависимости от времени суток по предварительно заложенной программе. К системам дискретного управления освещения относятся также *автоматы, оснащенные датчиками присутствия*. Они отключают светильники в помещении спустя заданный промежуток времени после того, как из его удаляется последний человек. Это наиболее экономичный вид систем дискретного управления, однако к побочным эффектам их использования относится возможное сокращение срока службы ламп за счет частых включений и выключений.

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

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

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

сах, закрепляемых непосредственно на светильниках или на колбе одной из ламп.

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

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

В таблице 10.1 перечислены применяемые сегодня типы ламп и даны их некоторые характеристики.

Таблица 10.1

Перечень используемых в сегодняшнее время ламп

Тип лампы	Характеристики
1. Накаливания	Световая отдача – 7-20 Лм/Вт (5%); ПД – 10-13%; срок службы – 800-1000 ч.; просты в изготовлении; не нужно пускорегулирующих аппаратов (ПРА).
1.2. Накаливания галогенные энергосберегающие	Световая отдача – 20-30 Лм/Вт (13 - 25%); энергопотребление в 2-2,5 раза меньше, чем у ламп накаливания, лучший спектр излучения; для локального и общего освещения жилых и административных помещений, офисов, рабочих мест.
2 Газоразрядные	Световая отдача в 2–3 раза выше, чем у ламп накаливания, лучше цветопередача, срок службы в 5-10 раз выше, более экономичны, но дороже, нужны ПРА.
2.1. Люминесцентные	Световая отдача – до 60 Лм/Вт, экономичнее ламп накаливания в 2,5-3 раза, более гигиеничный спектр, срок службы - 5000 ч., пожаро-безопасные.
2.2. Люминесцентные компактные	Энергопотребление в 6–7 раз меньше, чем у ламп накаливания при одинаковой освещенности, пока относительно дороги.
2.3. Натриевые низкого давления	Световая отдача - 140-180 Лм/Вт (27%); недостатки: большие размеры, монохроматический свет, что ограничивает применение.
2.4. Натриевые высокого давления	Световая отдача - 100-120 Лм/Вт (29%); широкий диапазон применения от уличного освещения до освещения промышленных зданий.
2.5. Ртутные высокого давления	Световая отдача – 44-57 Лм/Вт (15%), высокая единичная мощность.
2.6. Металлогалоидные высокого давления	Световая отдача – 85-100 Лм/Вт (23%), благоприятный спектр излучения.

Энергосберегающие светильники и светотехнические изделия подразделяются на три группы:

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

Люминесцентные светильники с электронным пускорегулирующим аппаратом (ОПРА) могут использоваться в подвесном и потолочном исполнении и имеют следующее *преимущества*:

- экономия электроэнергии до 30 % по сравнению с питанием от электромагнитного

пускорегулирующего аппарата (ЭмПРА) и шестикратная экономия электроэнергии по сравнению с аналогичной лампой накаливания;

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

- гарантийное мгновенное включение без дополнительного стартера и бесшумная работа;

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

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

- отсутствие электромагнитных помех.

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

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

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

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

- стабильность светового потока в течение срока службы;

- яркость света, обеспечивающего великолепную цветопередачу и возможность создания разнообразных цветовых эффектов;

- увеличение в 2 раза срока службы по сравнению с обычными лампами накаливания;

- компактность.

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

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

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

- 400-500 лк;

- спектральный состав света, максимально приближенный к естественному освещению;

- отсутствие пульсаций и слепящего действия света;

– равномерное распределение яркости.

Одним из экономичных источников для освещения улиц, площадей, скоростных магистралей, транспортных пересечений, протяжных тоннелей, спортивных сооружений, аэродромов, строительных площадок, архитектурных сооружений, вокзалов, аэропортов и др. являются *натриевые лампы высокого давления*, обладающие самой высокой световой отдачей среди всех известных газоразрядных ламп и незначительным снижением светового потока при длительном сроке службы.

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

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

10.4. Теплоснабжение

10.4.1. Реконструкция и модернизация систем централизованного теплоснабжения

На цели отопления, вентиляции и горячего водоснабжения в Республике Беларусь расходуется 40% от общего потребления топлива. Потенциал энергосбережения, по оценкам отечественных и зарубежных экспертов, в системах теплоснабжения республики составляет около 50%. Следовательно, за счет энергосберегающих мероприятий можно снизить потребление топлива на нужды теплоснабжения на 20% от его общего потребления республикой. Именно поэтому одной из приоритетных задач действующей Государственной программы «Энергосбережение» является совершенствование теплоснабжения.

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

– эксплуатацией элементов систем теплоснабжения: оборудования ТЭЦ, котельных, тепловых сетей – в течение 25–35 лет и более, что намного превышает их расчетные сроки службы;

– низким качеством конструкций, строительства, монтажа и эксплуатации;

Основными элементами систем теплоснабжения являются:

- источники тепла, в основном ТЭЦ и котельные;
- магистральные и внутриквартальные тепловые сети, по которым с помощью насосных станций осуществляется транспорт теплоносителей и распределение тепловой энергии потребителям через центральные или индивидуальные тепловые пункты;
- потребители тепловой энергии в виде пара, горячей воды, воздуха.

Для реализации указанного выше потенциала энергосбережения теплоснабжения республики необходима одновременная согласованная оптимизация теплопотребления во всех элементах систем теплоснабжения при координации организационно-экономических и технических мероприятий. К приоритетным направлениям оптимизации относятся:

- **реконструкция и модернизация систем централизованного теплоснабжения;**
- **децентрализация теплоснабжения;**

- **регулирование режимов теплопотребления во всех элементах систем теплоснабжения.**

Реконструкция и модернизация находящихся в эксплуатации 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 парогазового цикла, газотурбинных установок и других прогрессивных технологий, в отношении тепловых сетей, где теряется 20-40% транспортируемого тепла, в отношении потребителей посредством санации жилого фонда, внедрения энергосберегающих технологий в промышленности, модернизации схем теплоснабжения, учета и контроля потребления тепла. Кроме энергосберегающего эффекта эти меры сократят выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, снизят аварийность работы систем теплоснабжения, повысят комфортность в жилых и производственных помещениях. Каждый город Беларуси имеет программу модернизации своего теплоснабжения.

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 трубопроводов. Прогрессивным решением является применение предизолированных пенополиуретановой теплоизоляцией труб, а также гибких труб (см. блок 4).

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 приготовления горячей воды и подачи тепла на отопление.

10.4.2. Децентрализация и регулирование теплоснабжения

Важнейшим направлением совершенствования теплоснабжения городов считается **разумная степень его децентрализации**, что означает строительство на газе, жидком топливе, электроэнергии новых теплоисточников, приближенных к потребителю тепла, 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 теплосетей, ремонта действующих сетей и теплогенераторов;
- снизить потери энергии и аварийность в системах теплоснабжения; статистика свидетельствует, что 99% аварий происходит в тепловых сетях, а не на ТЭЦ и в котельных.

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. На промышленных предприятиях в мини-ТЭЦ реконструируются бывшие котельные или вводятся новые заводские ТЭЦ. Внедрение автономных источников энергии в жилищно-коммунальном секторе позволяет решить проблему независимого жиз-

необеспечения этого сектора экономики, позволяет широко внедрять регулирование энергопотребления непосредственно у потребителей.

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

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

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

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

Воздух в системах перемешивается за счет естественного (теплого) или искусственного (вентиляционного) побуждения. Применяются воздушнонагреватели, работающие на твердом, жидком, газообразном и комбинированных видах топлива. *Воздушнонагреватели* бывают трех типов;

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

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

Для нагрева 1 м³ воздуха на 10°C требуется в 4,19 раза меньше тепловой энергии, чем для нагревания такого же количества воды. При этом самое дешевое тепло дают теплогенераторы, в которых сжигается твердое топливо (дрова, брикет, торф, отходы деревообработки). Область их применения очень велика: производственные помещения (например, цеха по разливу безалкогольных напитков), магазины, жилые дома, теплицы, сушилки зерна и пиломатериалов и т. п. Такие теплогенераторы выпускает ряд предприятий, и среди них Мозырский завод сельскохозяйственного машиностроения.

В Беларуси системы поквартирного воздушного отопления в многоэтажных жилых домах не получили широкого распространения из-за отсутствия серийного выпуска опробированных конструкций воздухоподогревателей. Второй причиной является возможность использования в многоэтажных многоквартирных домах только электроэнергии и газа.

В Республике Беларусь разрабатываются системы отопления, основанные на отоплении мягким инфракрасным излучением, которые, в отличие от конвективного способа обогрева, позволяют снизить на 90 % потребление энергоресурсов. Работа систем основана на принципе преобразования теплоты сгорания газа в тепловые лучи без промежуточных теплоносителей.

лей (вода, пар). Источниками инфракрасного излучения служат специальные теплоизлучающие трубы, внутри которых циркулируют высокотемпературные газы низкого давления.

В последние годы в Республике Беларусь различными фирмами производится большое количество энергоэкономичных газогенераторных установок, котлоагрегатов (рис. 10.1), которые предназначены для теплоснабжения зданий и сооружений, получения горячей воды и пара в различных технологических процессах и для бытовых нужд. Основным топливом для них служат отходы деревообработки, мелочь торфяных брикетов, щепы, кора, лигнин и другие твердые горючие материалы. Преимуществом вышеуказанных агрегатов является их высокий КПД, низкая стоимость, простота конструкций и обслуживания, а также возможность использования дешевых местных видов топлива и отходов промышленности.



Рис. 10.1. Котел водогрейный твердотопливный (Белкотломаш)

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

Эффективным инструментом энергосбережения является согласованное *регулирование теплопотребления*, его учет и контроль во всех элементах системы теплоснабжения, а также внедрение систем автоматического управления системами энергоснабжения и энергопотребления (см. блок 7). Следует отметить, что ресурс и эффективность регулирования в отдельных элементах различны. Как показали исследования, эффект от вложения финансовых средств в системы регулирования теплоисточника, транспорта и распределения потребителям составляет соответственно 30%, 50% и 20%. Поэтому при параллельном внедрении регулирования теплопотребления во всех элементах теплоснабжения

приоритетным направлением выбрано внедрение средств регулирования на насосных станциях и тепловых пунктах. Насосное оборудование оснащается регулируемым приводом. Существующие центральные тепловые пункты (ЦТП) реконструируются и оснащаются регуляторами. При новом строительстве присоединение потребителей к тепловым сетям осуществляется по независимым схемам через индивидуальные тепловые пункты (ИТП). В республике с 1995 г. выпускаются блочные ИТП, оборудованные приборами учета, регулирования отпуская тепла, насосами, теплообменниками, контрольно-измерительными приборами и средствами автоматизации. В этих ИТП предусмотрены регулирование температуры обратного теплоносителя, поступающего из системы отопления потребителя, в зависимости от температуры наружного воздуха, регулирование температуры воды горячего водоснабжения, а также возможность перехода на пониженный режим потребления тепла зданием. Последнее мероприятие позволяет экономить до 37% тепла за счет снижения температуры воздуха в нерабочее время (в выходные, праздничные дни, ночью) в зданиях с периодическим пребыванием людей (административные здания, школы, детсады, магазины и т. п.). Использование ИТП - путь к организации учета и регулирования потребления тепла в каждом здании. Еще большая экономия энергии достигается при организации пофасадного и поквартирного регулирования жилых домов.

Для расширения диапазона ресурса регулирования очень важны аккумуляторы тепло- и электроэнергии, способные в часы провалов графиков нагрузок в электроэнергетической системе получать и запасать энергию в местах ее преобразования или непосредственного потребления.

Указанные мероприятия по совершенствованию теплоснабжения городов могут быть эффективны только в комплексе с рассмотренной выше тепловой реабилитацией зданий и соблюдением соответствующих теплотехнических норм при новом строительстве.

В качестве одного из первых шагов на пути оптимизации и совершенствования систем

теплоснабжения городские программы энергосбережения на нынешнем этапе, как правило, предусматривают обеспечение учета выработки и потребления тепловой энергии, внедрение автоматического регулирования в системах отопления и горячего водоснабжения. Тепловые пункты и тепловые насосные станции оснащаются современными приборами учета. Производится массовая установка теплосчетчиков на вводах теплосетей в жилые дома и общественные здания.

10.4.3. Теплоснабжение производственных зданий

Теплоснабжение *производственных помещений (цехов)* всегда считалась задачей неординарной, поскольку они, как правило, занимают огромные площади (от нескольких сотен до нескольких тысяч квадратных метров) и высоту до 14-18 м. Рабочая (обитаемая) зона производственных зданий составляет всего 20-30 % их общего объема, которые и требуют поддержания комфортных условий. Нагрев 70-80 % воздуха, находящегося над рабочей зоной, относятся к прямым потерям. Всем известно, что удержать теплый воздух внизу невозможно и температура его от пола к потолку возрастает на 1,5 °С в расчете на метр высоты. Это значит, что в зданиях высотой 12 м при средней температуре в рабочей зоне 15 °С воздух под крышей оказывается нагретым до 30 °С. Такой перегрев внутреннего воздуха зданий приводит к резкому возрастанию тепловых потерь через наружные ограждения, верхние перекрытия, стены, световые проемы и фонари.

К этому следует добавить и большие затраты энергии на перемещение значительных масс воздуха с помощью вентиляторов, поскольку основным способом отопления производственных помещений являлось воздушное. Отопить даже среднее производственное помещение с помощью водяной или паровой системы весьма проблематично и в большинстве случаев невозможно. Для этого требуются десятки километров трубопроводов, которые перекрывают проходы и создают другие неудобства.

Вместе с удаляемым нагретым воздухом из верхней зоны промышленных зданий с помощью вытяжных крышных вентиляторов выбрасывается большое количество теплоты. Для ее утилизации целесообразно применять крышные приточно-вытяжные установки с теплоутилизаторами.

Значительны потери тепла в производственных зданиях и сооружениях в зависимости от принятого режима работы предприятий в течение суток и дней месяца. Как, правило, большинство из них работают в две смены, а это означает, что количество рабочего времени за отопительный сезон составляет около 5000 часов, из которых собственно рабочими являются не более 2300 часов, или 44 % календарного времени. Все остальные 2700 часов предприятия вынуждены отапливать здания, в которых никто не работает.

Перевод системы отопления в дежурный режим сложен, малоэффективен и небезопасен из-за возможных резких перепадов температур, создающих угрозу размораживания системы из-за возможных высоких суточных колебаний температуры.

Одним из возможных путей решения проблемы уменьшения тепла на отопление больших производственных зданий может быть децентрализация системы теплоснабжения их по теплоносителю, воде и пару за счет внедрения систем газового лучистого отопления (СГЛО) и газовых воздухонагревателей. Лучистое отопление - это передача тепла от более нагретых поверхностей к менее нагретым посредством инфракрасного излучения. Главной отличительной особенностью этой системы является обогрев помещения с помощью потока лучистой энергии инфракрасного спектра. Поток лучистой энергии, направляемый в расположенный непосредственно над обогреваемой зоной лучистыми обогревателями, не нагревая окружающий воздух, нагревает поверхность пола, установленное оборудование в обслуживаемой зоне и людей. Это принципиальное отличие системы ГЛО от радиационных систем отопления позволяет достигать наиболее полного комфорта для работников.

Для снижения затрат теплоты на нагрев воздуха, поступающего через проемы в стенах общественных зданий, а также для многоэтажных жилых домов применяют воздушно-тепловые завесы. Во многих случаях целесообразно устройство тамбура.

10.5. Автомобильный транспорт

Жизнь современного города немыслима без транспорта, потребляющего значительное количество ТЭР, включая высококачественные нефтепродукты. Транспорт более других отраслей экономики чувствителен к перебоям в снабжении энергией. Однако именно в этом секторе экономики имеются широкие возможности для повышения эффективности использования энергии. Следует различать краткосрочные и долгосрочные программы мероприятий по эффективному энергоиспользованию в транспортном секторе.

Краткосрочные программы направлены на производство и распространение транспортных средств, потребляющих минимальное количество энергии, требующих меньших расходов на их содержание и эксплуатацию. Причем, транспорт – это та область общественной деятельности, в которой может быть наиболее успешно использовано правовое нормативное регулирование для повышения энергоэффективности. Это объясняется значительным числом производителей взаимозаменяемых видов транспорта и еще большим числом его потребителей – владельцев транспортных средств, каждое из которых потребляет относительно небольшое количество энергии. Опыт европейских стран показывает эффективные способы стимулирования энергосбережения на транспорте. Краткосрочные программы включают также комплекс мер по улучшению организации движения в городе.

Долгосрочные программы имеют стратегическую направленность, учитывают перспективы развития города, ожидаемые изменения в структуре источников энергии в будущем и наиболее прогрессивные тенденции в области разработки транспорта. В частности, речь идет о создании транспортных средств, работающих на возобновляемых энергоресурсах, могущих переключаться при эксплуатации с одного вида энергии на другой, о создании современных подземных или надземных видов городского транспорта. Такие тенденции диктуются, с одной стороны, целями энергосбережения, с другой – экологическими требованиями по сохранению чистоты воздушной среды и дефицитом земли в городах.

Рассмотрим возможности энергосбережения на транспорте посредством изменений его структуры и видов потребляемого топлива. В этой связи проектировщик городских транспортных систем может руководствоваться тремя принципами:

- выбирать наиболее функционально подходящие виды транспорта;
- использовать облегченные транспортные средства;
- обеспечить максимальное увеличение полезной нагрузки транспортных средств.

Чем меньше масса автомобиля, тем меньше расходуемая им энергия. В некоторых европейских странах в течение ограниченных периодов времени применялись субсидии или налоговые скидки для улучшения структуры транспортных средств. Так, в Греции была введена налоговая скидка на новые небольшие автомобили с низким уровнем выбросов при условии вывода из обращения старых машин. Регулированием налогов на покупку, импорт автомобилей, ежегодной пошлины на них можно стимулировать спрос потребителей на машины с высокоэффективным использованием топлива, что косвенно ориентирует производителя на выпуск таких машин. Для информирования потребителей в ряде стран применяется маркировка новых автомобилей по расходу топлива, к примеру, она обязательна в Великобритании.

Распространенным инструментом влияния на конъюнктуру автомобилей служат также налоги на топливо для двигателей. Цены на топливо влияют на решение потребителя о выборе того или иного типа автомобиля и, в свою очередь, стимулируют производителя на выпуск соответствующих машин. Известно, что транспортные средства на дизельном топливе имеют меньший расход топлива, чем транспортные средства на бензине, особенно при работе в городском режиме. Для их большего распространения в Европе было применено дифференцированное налогообложение на бензин и дизельное топливо. Имели значение и более низкие цены на дизельные автомобили.

В городах вес большее развитие будет получать электрифицированный транспорт как более экологически чистый. Перспективными с точки зрения сбережения нефтепродуктов и

экологии являются электромобили, использующие электрическую энергию, которая может быть получена как от аккумуляторов, так и в результате прямого преобразования возобновляемых видов энергии, например, солнечной. КПД тяговой установки электромобиля составляет 25-30%, в то время как КПД двигателя внутреннего сгорания — 15—20%. Научно-экспериментальные изыскания по разработке электромобилей активно проводятся во многих странах.

Проблемы ценности городской земли и загрязнения воздуха выбросами автомобилей при сжигании органического топлива заставляют думать о развитии подземного транспорта. Его создание требует 10-20 лет, начиная с этапа технико-экономического анализа до начала эксплуатации, еще 10-20 лет необходимо для выхода транспортной системы на полную проектную мощность. Поэтому оценка эффективности использования энергии при принятии решений о сооружении подобных крупнозатратных транспортных систем должна производиться в стратегическом контексте с учетом располагаемых городом в перспективе видов энергоресурсов, роста их потребления и дальнейшего развития города. В качестве меж- и внутригородского вида современного транспорта может рассматриваться вертолетное движение.

Значительный потенциал энергосбережения содержится в организации движения транспорта в городе, в ее оптимизации. Объем потребления энергии на транспорте непосредственно связан с планировкой города, его компактностью, расположением его районов, объектов наибольшего посещения. Поэтому важно оптимально организовать систему магистралей, главных и второстепенных дорог, транспортных развязок, регулирования скоростей с помощью светофоров и дорожных знаков, предусмотреть возможности рациональных проездов, хорошее состояние дорог, качественное техническое обслуживание транспортных средств.

Ограничения скорости существуют во всех странах практически для всех типов дорог. Они нужны по условиям безопасности, но, кроме того, позволяют экономить топливо. С учетом максимальной экономии топлива должны организовываться в современных городах системы стоянок транспортных средств, гаражей, маршрутов и остановок городского общественного транспорта, станций технического обслуживания и бензозаправочных станций.

Энергоэффективность использования транспортного средства в городских условиях сильно зависит от индивидуального умения и навыков вождения с наименьшим расходом топлива. В некоторых европейских странах при проведении экзамена на получение водительских прав осуществляется проверка качества вождения с позиций эффективного использования топлива. Важно, чтобы каждый водитель регулярно наблюдал и вел учет потребления топлива. Это позволяет ему оценить возможную экономию денежных средств и стимулирует на рациональное пользование транспортным средством.

Директива ЕС требует ежегодной проверки состояния транспортных средств, в том числе определения характеристик выбросов. В некоторых случаях национальные требования включают и оценку качества и эффективности использования топлива.

10.6. Экономия энергии в быту

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

Использование электроэнергии в квартирах можно условно разбить на следующие подгруппы:

- обогрев помещений;
- охлаждение и замораживание;
- освещение;
- стирка белья и мойка посуды (с помощью стиральных машин).

- аудио- и видео аппаратура;
- приготовление пищи (с помощью электроплит);
- использование других электроприборов (пылесосов, утюгов, фенов и т.д.).

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

Ориентировочный расход электроэнергии различными бытовыми приборами приведен в таблице

Таблица

Потребление электроэнергии электроприборами в быту

Прибор	Потребление, кВт·ч/гол
Лампа накаливания 60 Вт	263 (из расчет 12 ч работы в сутки)
Энергосберегающая лампа 9-11 Вт	44 (из расчета 12 ч работы в сутки)
Морозильный аппарат	472
Посудомоечный аппарат	475
Электрическая печь	440
Стиральная машина	275
Холодильник	584
Телевизор	180
Видеомагнитофон	150
Кофемолка	65
Компьютер	40
Аудиоаппаратура	35
Утюг	30

Мерами по рачительному использованию электроэнергии в быту могут быть:

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

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

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

4. Отключение тех электроприборов, для которых предусмотрено дистанционное управление (телевизор, радиотелефон), не только на ночь, но и в тот период, когда ими не пользуются (уход из дома по делам, перерыв и т. п.), поскольку они потребляют электроэнергию, будучи подключенными к сети.

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

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

- регулярно размораживать холодильник во избежание образования в морозильной камере льда толщиной более 5-10 мм;
- устанавливать эти приборы на значительном расстоянии от нагревательных элементов

и в местах, не подвергающихся воздействию прямых солнечных лучей;

- обеспечивать вокруг холодильника свободное пространства не менее 1-2 см;
- класть в холодильник и морозильник только холодные продукты;
- обращать внимание на плотность примыкания дверей к корпусу этих приборов; - держать дверцу приборов открытой как можно меньше;
- удалять не реже 1 раза в год пыль с обратной стороны приборов; -отключать холодильник от электросети, если семья уезжает из квартиры на несколько дней.

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

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

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

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

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

Необходимо завешивать окна и балконные двери толстыми занавесками, но так, чтобы они не закрывали радиаторы и не препятствовали циркуляции тепла; дополнительно укрепить прозрачную полиэтиленовую пленку на окнах (тройное остекление); закрыть более чем наполовину вентиляционные отверстия в туалете, ванне, на кухне, а также дымоходы плотной бумагой или картоном.

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

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

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

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

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

Контрольные вопросы

1. Раскройте суть концепции энергосбережения в городе.
2. Перечислите основные задачи энергосбережения в градостроительстве.
3. Какова типовая структура расхода тепловой энергии зданием?
4. Дайте определение понятию «энергетический паспорт здания».
5. Какие теплоизоляционные системы, применяемые для наружной теплоизоляции зданий, Вы знаете?
 6. Какие способы термоизоляции ранее построенных зданий Вы знаете?
 7. Определите понятие «термошуба». Для чего она применяется? Из каких материалов делается?
 8. На какие группы можно разделить применяемые ныне окна?
 9. Что из себя представляет стеклопакет?
 10. Определите понятия «пассивный дом» и «экодом».
 11. Перечислите основные возможности сокращения расхода электроэнергии в городе.
 12. Какими способами осуществляется управление осветительной нагрузкой.
 13. Перечислите применяемые сегодня типы ламп и приведите их характеристики.
 14. Назовите преимущества люминесцентных светильников.
 15. Назовите преимущества галогеновых ламп.
16. Какие приоритетные направления оптимизации системы теплоснабжения городов в Республике Беларусь Вы знаете?
 17. В чем заключается задача реконструкции и модернизации систем централизованного теплоснабжения городов Беларуси?
 18. В чем заключается задача децентрализации теплоснабжения городов Беларуси?
 19. В чем заключается задача регулирования режимов теплопотребления во всех элементах систем теплоснабжения?
 20. В чем заключаются особенности теплоснабжения промышленных зданий?
 21. Охарактеризуйте возможности повышения эффективности использования энергии в транспортном секторе экономики
 22. На какие группы можно условно разделить использование электроэнергии в квартирах?
 23. Перечислите меры по рациональному использованию электроэнергии в быту.
 24. Перечислите меры по рациональному использованию тепловой энергии в быту.

БЛОК 11 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭКОЛОГИЯ

11.1. Экологические проблемы, связанные с работой ТЭС, ГЭС, транспорта

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

Для обеспечения работы ТЭС привлекаются значительные природные ресурсы (топливо, вода, реагенты, строительные материалы). Через технологические (топливоснабжение) и естественные (сток рек, воздушные течения, подземная фильтрация) связи их влияние передается на значительные расстояния и должно быть учтено, локализовано и максимально нейтрализовано.

Размеры площадок ТЭС достигают 3-4 км. На этой территории полностью изменяется рельеф местности, характеристики и распределение воздушных течений и поверхностного стока, нарушается почвенный слой, растительный покров, режим грунтовых вод. Эти изменения также производственные шумы и освещенность в ночное время приводят к нарушению экологического равновесия.

Выброс больших масс теплоты и влаги вызывает снижение солнечной освещенности, образование низкой облачности и туманов, морозящих дождей, инея, гололеда, обледенения дорог и конструкций. В теплое время года в результате испарения капель, достигших земли, возможно засоление почв.

Создание водохранилищ - охладителей для мощных электростанций с поверхностью 20–30 км² приводит к перераспределению стока, изменению режима паводков, разливам, восполнения запасов грунтовых вод, условий разведения рыбы.

Сточные воды и ливневые стоки с территории ТЭС загрязняются отходами технологических циклов энергоустановок (нефтепродукты, шлаки, обмывочные воды). Их сброс в водоемы может оказаться губительным для водных организмов, снижает способность водоема к самоочищению. Отрицательное влияние на природные условия оказывают золоотвалы – земля исключается из сельскохозяйственного оборота. Пыление золоотвалов приводит к гибели растений.

В технологических циклах электростанций более 95% охлаждающей воды нагревается на 9-10°С, в водоемы сбрасывается большое количество теплоты, которая нарушает естественные условия существования экологических систем.

Газопылевые выбросы ТЭС загрязняют атмосферу углекислотой, золой, оксидами азота, сернистой и серной кислотой, что вызывает коррозию сооружений и оборудования, уменьшает солнечное облучение территории.

Среди основных направлений охраны окружающей среды от вредного воздействия ТЭС следует отметить применение природосберегающих технологий при генерации энергии. К их числу относятся технологии, которые увеличивают коэффициент использования топлива (ТЭЦ вместо КЭС, АЭС вместо ТЭС на органическом топливе) и соответственно уменьшают количество прямых (зола, шлак) и вторичных (обмывочные воды) загрязнений. К ним относятся различные способы деструктивной переработки топлив (получение метанола, синтез-газа, водорода и т.д.), позволяющие более полно произвести выделение потенциальных загрязнителей (серы) на ранних стадиях использования топлива. Сюда же относится применение замкнутых технологических циклов: полное использование золы ТЭС, получение из дымовых газов азота и технической серной кислоты, улавливание и последующее сжигание нефтемаслопродуктов из отходящих вод.

Эти методы относятся к активным способам защиты окружающей среды.

Пассивные способы предусматривают применение устройств, улавливающих загрязнения на конечных стадиях технологического процесса (золоуловители, очистные сооружения) или способствующих их разбавлению до концентраций, меньших предельно допустимых

(высокие дымовые трубы, шумопоглотители).

ГЭС также отрицательно воздействуют на окружающую среду. Плотины малых ГЭС Беларуси сооружаются в равнинных местностях, при этом значительные площади земли занимают мелководные водохранилища. Вода в них интенсивно прогревается солнцем, создавая условия для роста сине-зеленых водорослей, которые гниют, заражая воду и атмосферу. Это отрицательно влияет на судоходство, рыбное хозяйство.

Одним из основных источников загрязнения окружающей среды также является **автотранспорт**. Он использует 96 % всех производимых нефтепродуктов и выбрасывает затем в атмосферу тысячи тонн оксида углерода, оксида азота и других вредных веществ. Кроме того, эти вещества вместе с выбрасываемыми в атмосферу вредными веществами промышленных предприятий и при горении древесины содержат частицы размером менее 25,5 микрон, которые проникают в легкие и другие ткани, вызывая воспаление и формирование тромбов, которые оказывают крайне неблагоприятное воздействие на работу сердца, провоцируя развитие сердечных приступов: инфаркта и повышения давления. Автомобиль - самый крупный генератор шума и вибрации.

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

Ныне в мире эксплуатируется около 600 млн. автомобилей, которые ежегодно потребляют свыше 1 млрд. т моторных топлив, в том числе более 600 млн. т автомобильных бензинов. К 2010 году прогнозируется увеличение числа автомобилей до 800 млн. - 1 млрд². Экологическая нагрузка на окружающую среду и человека от такого количества автомобилей окажется очень ощутимой. И поэтому во многих странах ведется большая работа не только над снижением расхода топлива на 100 км пробега, но и по использованию для автомобилей вместо бензина в качестве топлива альтернативных источников энергии, в том числе газа и энергии солнца.

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

В Беларуси в настоящее время насчитывается не более 6 тыс. газоболонных автомобилей, что составляет немногим более 0,2 % от их общего количества (2800 тыс.), хотя поставки газа стабильны и цены более постоянны. При этом следует заметить, что 1 л бензина по своей теплотворной способности практически равен 1 м² газа. По данным Института энергетических исследований Российской академии наук к 2010 г. стоимость 1 т традиционного топлива будет в 2-3 раза выше 1 тыс. м природного газа.

Вместе с тем загрузка 24 автозаправочных компрессорных станций, расположенных в 17 городах на основных транспортных направлениях республики, не превышает 25 %. При-

чин этому несколько: отсутствие у предприятий денег на переоборудование транспорта, непонимание отдельными руководителями преимуществ газомоторного топлива и др. А ведь материальные затраты на топливо при эксплуатации автомобиля на бензине составляют 25-30 % от себестоимости перевозок, а с использованием компримированного природного газа не более 10-15 %.

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

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

Ссылка отдельных руководителей на утяжеление автомобиля после переоборудования его на газомоторное топливо является несостоятельной, поскольку коэффициент использования грузообъемности автотранспорта составляет 0,5-0,6.

В Беларуси разработана комплексная программа использования газа в качестве альтернативного моторного топлива для автотранспортной техники.

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

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

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

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

Основным нейтрализатором этих вредных выбросов в атмосферу являются леса, занимающие 35 % территории Республики Беларусь, и болота, которые в 7 раз эффективнее, чем лес, поглощают углекислый газ. В городах основным очистителем воздуха являются тополиные насаждения: один тополь очищает воздух так, как делают это 4 сосны или 7 елей, или 3 липы. Для поддержания нормальной экологической обстановки в городах необходимо иметь на каждого жителя 16 м² зеленых насаждений общего пользования - парков, скверов, бульваров, лесопарков. В некоторых городах, например в Витебске, этот показатель составляет 12 м².

Существует проблема и *авиационной* экологии. Самолет воздействует на атмосферу не только механически, направляя поток импульса воздуха вниз на Землю, но и энергетически,

физически, химически и оптически. При сжигании топлива в атмосферу выделяется тепловая энергия, а вместе с ней образуется большое количество оксидов и кислот (азота, серы, углерода, хлора), происходит конденсация водяного пара в струйно-вихревом следе, легко наблюдаемым с Земли в виде белых шлейфов. Помимо перечисленных существует и проблема звукового удара.

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

11.2. Специфические экологические проблемы ядерной энергетики

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

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

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

Выдержав «атомную паузу», в России решено достроить последний энергоблок на Калининской АЭС, расконсервировать незаконченное строительство всех 10 АЭС, начатое в годы советской власти, в ближайшее время эти объекты должны быть введены в эксплуатацию. И роль атомной энергетики в этой стране будет возрастать, что подтверждено на заседании Совета Министров Российской Федерации, прошедшем в середине мая 2001 г. К 2020 г. ее доля составит треть общего производства.

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

В настоящее время строительство АЭС продолжают топливодефицитные Япония и Южная Корея, а также многие развивающиеся страны. К концу 2010 г. в Японии планируется построить от 16 до 25 АЭС. В настоящее время суммарная электрическая мощность всех энергоблоков АЭС Японии составляет около 45 000 МВт. Продолжают ранее начатое строительство и установку новых реакторов в Аргентине, Бразилии, Чехии, Украине, Иране, Словакии.

Во Франции первый ядерный реактор был сооружен в 1958 году, а в настоящее время эксплуатируется 58 ядерных энергоблоков, суммарная мощность которых достигла 63 ГВт. На них производится 76 % всей вырабатываемой во Франции электроэнергии. Все ядерные реакторы имеют запланированный срок службы на менее 40 лет. Атомная энергетика Франции обеспечила стране около 100 000 рабочих мест, а при проведении планово-предупредительных работ на АЭС привлекаются еще примерно 100 000 специалистов из других отраслей.

Всего в мире по состоянию на 1 января 2001 года эксплуатировалось 436 ядерных энергоблоков на 247 АЭС, которые вырабатывали 17 % электроэнергии в мире. В некоторых странах АЭС составляют основу национальной энергетики. Это обуславливает тот факт, что ядерная энергетика обладает техническим и топливно-ресурсным потенциалом для внесения значительного вклада в ограничение выбросов, загрязняющих атмосферу, при выработке электроэнергии и энергообеспечении производства и быта людей.

В процессе работы АЭС образуются *жидкие, газообразные, аэрозольные нетвердые радиоактивные отходы*. Присутствие в этих отходах долгоживущих изотопов длительное время сохраняет их активность на достаточно высоком уровне. При эксплуатации АЭС осуществляется тщательный контроль за образованием радиоактивных отходов, а перед поступлением их во внешнюю среду устанавливается многобарьерная система фильтров и защитных устройств.

Твердыми отходами являются детали загрязненного радиоактивными веществами демонтированного оборудования, отработанные фильтры для очистки воздуха, сорбенты, спецодежда, мусор. Их захоронение осуществляется в специальных траншеях. Объем их может быть уменьшен прессованием или сжиганием при соответствующей очистке продуктов сгорания.

Радиоактивные воды АЭС перерабатываются с помощью спецводоочисток. Их принцип работы – испарение воды, осаждение твердой фазы и ионный обмен. Образующиеся концентраты и растворы реагентов направляются в хранилище жидких отходов.

Газовые и аэрозольные отходы подвергаются очистке на многоступенчатых фильтрах, выдержке в очистных устройствах и выбрасываются в атмосферу через высокие трубы (100–150 м). Возможна также сорбция радиоактивных газовых составляющих активированным углем.

Для АЭС основным фактором радиационной опасности является внешнее ионизирующее излучение. С точки зрения радиационного загрязнения окружающей среды АЭС – более чистые по сравнению с угольными электростанциями: в угле содержатся естественные радиоактивные элементы – радий, торий, уран, полоний и др., которые вместе с золой выбрасываются в атмосферу (пылеугольная ТЭС мощностью 1200 МВт, потребляя 3,4 млн т угля в год, выбрасывает в атмосферу ежегодно 130 тыс. т золы). Их активность составляет 100 мбэр/год, для АЭС аналогичной мощности величина радиоактивных выбросов – 0,5–1 мбэр/год.

Основной принцип при переработке и захоронении радиоактивных отходов заключается в их концентрировании в малых объемах с последующим вечным захоронением в таких местах, где обеспечивается полный радиоактивный распад вне контакта с биосферой (600 лет).

Отходы отверждаются (битумируются и остекловываются) для связывания радиоактивных веществ. Последующее хранение – в герметических железобетонных емкостях или металлических контейнерах. Лучшими местами для захоронения являются заброшенные соляные копи (отсутствие воды, спокойные в сейсмическом отношении районы, большие объемы подземных пустот).

Исходя из экономической целесообразности, в настоящее время потребность республики в электроэнергии удовлетворяется на 77 % за счет выработки на собственных электростанциях (в основном на импортном газе) и 23 % за счет импорта электроэнергии. Если учесть, что импорт электроэнергии, по оценкам специалистов из России к 2015 г. будет снижен, то большая часть электроэнергии должны покрываться за счет собственного производства. Кроме того, велика изношенность энергетического оборудования. В перспективе за счет всех местных видов топлива и возобновляемых источников энергии с учетом выбывающих запасов нефти, попутного газа и торфа и увеличением использования возобновляемых источников их объем в топливном балансе может составить 5–6 млн. т. у. т. в год.

Реалии сегодняшнего дня диктуют необходимость строительства в Республике Беларусь АЭС. Сроки строительства АЭС будут определяться Правительством Республики Белар-

русь с учетом технических, экологических, социальных и экономических предпосылок. Строительство ее может осуществляться в течение 5-7 лет, а стоимость составит 3-4 млрд. долларов.

11.3. Парниковый эффект

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

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

Парниковый эффект – это свойство атмосферы пропускать солнечную радиацию, но задерживать земное излучение и тем самым способствовать аккумуляции тепла Землей, средняя температура которой в настоящее время составляет около 15°C . При данной температуре поверхность планеты и атмосфера находятся в тепловом равновесии.

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

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

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

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

Основным загрязнителем атмосферы является CO_2 , образующийся при выработке электроэнергии в основном огневым способом, то есть путем сжигания добываемого органического топлива. Практически весь используемый Европой газ применяется в огневых технологиях. Евросоюз с населением 16 % от общего населения в мире является в настоящее время одним из загрязнителей мировой атмосферы (26%). На США приходится 20 % мировой эмиссии парниковых газов. Выброс парниковых газов при огневом энергопроизводстве составляет около 1,4 кг на 1 кВт*ч. Производство же электроэнергии на основе безэмиссионных технологий связано с их высокой стоимостью.

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

Прекращение ввода в эксплуатацию АЭС в большинстве стран мира в связи с аварией на Чернобыльской АЭС резко увеличило нарастание эмиссии парниковых газов. А между

тем, страны, производящие 19 % электроэнергии на АЭС, предотвращают эмиссию 540 млн. т CO₂ в год. Поэтому на конференции в Киото подчеркивалось, что только страны, имеющие ядерно-энергетические программы и поддерживающие их, располагают большими возможностями сокращения выброса парниковых газов. И в некоторых странах Европы пересматривают свое отношение к ядерной энергетике.

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

Считается возможным увеличение производства электроэнергии с нынешних 2 300 млрд. кВт·ч в год (18 % мирового энергопроизводства 444 атомными энергоблоками) до 12 000 млрд. кВт·ч в первой половине XXI века и до 50 000 млрд. кВт·ч - во второй половине.

Среди стран мира самым крупным загрязнителем окружающей среды являются США, эмиссия диоксида серы у которых составляет около 7,7 млн. т, т. е. более 20 % от суммарной общемировой эмиссии CO₂. В Китае выбросы в атмосферу этого вредного соединения составляют 7,6 млн. т, а в России - 6,2 млн. т.

По относительным показателям эмиссии CO₂ (выбросы в тоннах на 1 МВт установленной электрической мощности ТЭС) крупнейшим загрязнителем воздуха можно считать Россию (87 т/МВт), затем следует Индия и Великобритания (по 65 т/МВт), Китай (61 т/МВт). В Германии и Японии этот показатель составляет всего 7 т/МВт.

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

За последние 5 лет по «экологическим» причинам в Китае было закрыто 73 тыс. предприятий. К 2001 году более 90 % производств, которым были предъявлены претензии со стороны государства, выполнили необходимые мероприятия и теперь соответствуют государственным экологическим стандартам. В результате за годы бурного экономического роста загрязнение окружающей среды удалось сократить на 10 % по сравнению с 1995 годом. В течение ближайших 5 лет Китай намерен снизить количество вредных выбросов на 10 % ежегодно. Достигаться это будет путем внедрения новых технологий и экологически чистых процессов производства. Наиболее высокие уровни выброса CO₂ имеют электростанции, работающие на угле. Выбросы CO₂ зависят от уровня содержания углерода в топливе (наивысшего – для угля, низшего – для природного газа).

В результате антропогенной деятельности человечества за последние 30-40 лет планетарная температура поднялась на 0,6-0,7°C и является наиболее высокой за последние 600 лет. Поднялся средний уровень моря по сравнению с прошлым столетием на 10-15 см. За это же время отступили все зарегистрированные горные ледники.

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

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

Развитием ее является известный Киотский протокол 1997 года. Это первый в истории человечества случай, когда практически все мировое сообщество подключилось к решению такой сложной научной задачи, как охрана климата. Основным содержанием Киотского про-

токола является обязательство 35 стран мира по сокращению эмиссии парниковых газов, в первую очередь CO₂, к концу 2012 г., по сравнению с базовым 1990 г., от 92 до 100 %. Согласно протоколу промышленно развитые страны должны снизить такие выбросы на 5,2%.

Киотским протоколом (1997 г.) закреплены количественные обязательства как развитых стран, так и стран с переходной экономикой по ограничению и снижению поступления парниковых газов (прежде всего CO₂) в атмосферу. Но этот протокол начнет действовать только после его ратификации в тех странах, которые дают 55 % всех выбросов CO₂. Протокол подписан 84 государствами, а по состоянию на середину 2001 г. его ратифицировали 29 развивающихся стран и Франция – единственная из стран «восьмерки».

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

Предполагается, что к 2020 г. мировое потребление электроэнергии вырастет на 60 % по сравнению с 1967 г. При этом в развивающихся странах прирост потребления энергии составит 121 %. Вероятно, более быстрым, чем ожидалось ранее, окажется рост эмиссии CO₂: на 40 % - с 1990 по 2010 гг. и на 72 % - с 1990 до 2020 гг.

11.4. Экологические эффекты энергосбережения

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

Первый эффект энергосбережения связан с возможностью не сооружать новые топливные базы, инфраструктуры топливообеспечения, энергопроизводящие источники, сети транспорта и распределения энергоносителей.

Вторым важнейшим экологическим эффектом энергосбережения является снижение антропогенных выбросов парниковых и загрязняющих газов за счет экономии энергии, внедрения новых энергосберегающих технологий и оборудования в производствах указанных отраслей экономики.

Третьим эффектом энергосбережения является сохранение гидросферы. Беларусь имеет густую речную сеть, десятки тысяч водоемов: озер разной величины, прудов, водохранилищ. Однако водообеспеченность общим стоком на одного жителя в республике составляет 6,4 км³ что в 3 раза ниже, чем в целом по СНГ. Использование воды на производственные и хозяйственно-бытовые цели неуклонно растет. Основными источниками загрязнения водоемов и водотоков вредными веществами и избытками тепла являются энергоёмкие производства предприятий черной, цветной металлургии, химической, нефтехимической, целлюлозно-бумажной, легкой промышленности, бытовые сточные воды. Экономия сжигаемого топлива, энергоносителей приводит к уменьшению загрязнения гидросферы. Большое значение имеет повышение уровня очистки воды на предприятиях, но даже очищенные сточные воды ухудшают качество природных вод. Самостоятельный аспект влияния энергетики на экологическое равновесие естественных водных систем – охрана водоемов от загрязнения нефтью и нефтепродуктами при их транспортировке и хранении.

Потребление ископаемых видов топлива в мире возрастает. В XXI в. в технически развитых странах потребление энергии возрастет в 6-7 раз, каждый человек будет потреблять 15-20 т. в год. Поэтому необходимо решать проблему компенсации или устранения экологических последствий энергоиспользования. Основные направления решения этой проблемы:

1. *Снижение доли энергоёмких технологий во всех отраслях экономики, внедрение энергосберегающих технологий и оборудования.* Кроме указанных экологических эффектов более совершенные энергосберегающие технологии обеспечивают качество, конкурентоспособ-

ность продукции, лучшие условия труда на производстве, комфортные условия быта населения. Обеспечивая лучший режим энергопотребления во времени, уменьшая риск аварийных ситуаций, переход на новые технологии способствует экологическому равновесию.

2. *Безотходное и малоотходное производство, утилизация вторичных энергетических ресурсов.* Безотходное производство предполагает такую организацию, при которой цикл «первичные сырьевые ресурсы – производство – потребление – вторичные сырьевые ресурсы» построен с рациональным использованием всех компонентов сырья, всех видов энергии и без нарушения экологического равновесия. Безотходное производство может быть создано в рамках предприятия, отрасли, региона, а в конечном счете – для всего народного хозяйства. Она предусматривает вовлечение в хозяйственный оборот вторичных ресурсов и попутных продуктов. Причем использование ВЭР обеспечивает тройной экологический эффект:

– сохраняются органические энергоресурсы Земли для следующего поколения, которое сможет их использовать по назначению, где им нет пока альтернативы (химическая продукция, транспорт);

– не нужно строить новые энергетические объекты, которые будут оказывать загрязняющее воздействие;

– очищается биосфера за счет сокращения или отсутствия антропогенного воздействия на нее.

3. *Широкое использование возобновляемых источников энергии, спектр и значимость которых для каждой страны и региона определяется местными условиями,*

4. *Изменение топливного баланса – максимальное применение местных видов топлива.*

Для нашей республики речь может идти о древесине, прежде всего отходах деревообрабатывающей промышленности, лесозаготовок, санитарных рубок леса, а также о городских отходах. Использование древесины в энергетических целях не влияет на газовый и тепловой баланс Земли. По прогнозу Европейской экономической комиссии, к 2000 г. доля древесины и нелесной биомассы в структуре энергопотребления стран, входящих в ЕЭК, повысится до 29,5 и 12% соответственно. Кроме замещения угля, нефти, газа и устранения вредного влияния продуктов их сжигания на биосферу, применение древесных и городских отходов в качестве топлива решает проблему их утилизации и, следовательно, ликвидации источников загрязнения лесов, поверхностных и подземных вод, атмосферного воздуха, почв и растений.

5. *Поиск новых, альтернативных видов топлива, новых принципов получения, передачи, преобразования энергии, при которых полезный эффект достигался бы при минимальном загрязнении биосферы.*

6. *Международное нормативно-правовое регулирование пользования природными ресурсами, в том числе энергетическими, и мониторинг энергетического загрязнения биосферы.*

Контрольные вопросы

1. *Перечислите основные экологические проблемы, связанные с работой ТЭС.*

2. *Какие направления охраны окружающей среды от вредного воздействия ТЭС Вы знаете?*

3. *Перечислите основные экологические проблемы, связанные с работой ГЭС, автомобильного транспорта, авиатранспорта.*

4. *Охарактеризуйте ситуацию по развитию атомной энергетики в мире.*

5. *Какие виды отходов образуются в процессе работы АЭС.*

6. *Каковы причины образования «парникового эффекта»?*

7. *Какие меры принимаются мировым сообществом по уменьшению воздействия человека на климат?*

8. *Назовите и охарактеризуйте эффекты энергосбережения и использования ВЭР.*

БЛОК 12 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ЗА РУБЕЖОМ

12.1. Мировой опыт энергосбережения

Состояние экономики любых государств и жизненный уровень населения во многом определяются наличием запасов топливно-энергетических ресурсов и эффективностью их использования. Для государств, экономика которых базируется преимущественно на импорте энергоресурсов, что в полной мере относится и к Республике Беларусь, именно эффективность использования является одним из определяющих факторов производства конкурентоспособной продукции.

В индустриально развитых странах в отличие от прежней ориентации на крупномасштабное наращивание производства энергетических ресурсов высшим приоритетом энергетической стратегии является повышение эффективности энергопользования у потребителей, т.е. энергосбережение. Во многих странах разработаны национальные целевые программы экономии использования топливно-энергетических ресурсов, которые охватывают обширный комплекс мероприятий по совершенствованию структуры потребления энергоносителей, развитию материально-технической базы экономии ресурсов, более полному извлечению полезных компонентов, сбору и использованию вторичного сырья, контролю и учету энергопотребления.

Остановимся на опыте зарубежных стран в сфере управления энергосбережением и применения рациональных технологий использования энергии.

Так как в государствах Западной Европы преобладают рыночные отношения, то и в вопросах совершенствования энергоэффективности, как правило, стараются избегать правового регулирования, отдавая предпочтение информационным программам и программам, повышающим уровень технической осведомленности, весьма осторожно используя нормативное регулирование.

Основной принцип нормативного регулирования - чем выше энергетическая интенсивность, тем меньше нормативного регулирования в этой сфере. Например, в промышленности рынок сам вынудит повышать энергоэффективность, снижать энергоемкость произведенной продукции с целью повышения ее конкурентоспособности.

Областью с самым высоким уровнем правового регулирования является транспортный сектор. Это связано с большим числом потребителей, влиянием характера вождения на расход топлива, а также немаловажной ролью производителей машин, улучшающих их экономические показатели использования топлива. Второе место по количеству нормативов занимает строительство. Очевидно, что нормативы наиболее часто применяются в тех областях, в которых сосредоточено большое число пользователей энергии, и каждый из них потребляет умеренное количество энергии.

Регулирование энергосбережения с помощью общих мероприятий. Во многих странах законодательные рамки позволяют обеспечить основным мероприятиям по повышению энергоэффективности легитимный характер. Это особенно важно в тех случаях, когда устанавливаются специальные налоговые стимулы или субсидии, которые, естественно, должны согласовываться с законом о налогообложении. В других же странах приходится ограничиваться лишь приданием планам по энергосбережению статуса национальных программ.

Ряд государств ввели обязательное требование назначения менеджера по энергетике. Он разрабатывает годовые планы по повышению энергоэффективности и несет личную ответственность за их выполнение. Это, в первую очередь, касается крупных пользователей энергии. Выполнение этого требования открывает компании доступ к правительственным субсидиям на энергосбережение, как, например, происходит в Италии.

Если в стране существует субсидирование энергосберегающих мероприятий, то условия его получения устанавливаются законодательно, что зафиксировано в Законодательном Акте для дотаций. Такие Акты имеются в законодательстве 10 государств из 15 членов ЕС.

В ряде стран (также в 10 из 15) принят закон о налоговых льготах (стимулах). Он по-

зволяет делать налоговые скидки на расходы по приобретению оборудования или услуги, ведущие к энергосбережению. Его часто применяют и для компенсации налогов отдельных граждан или коллективов. Некоторые программы предлагают компаниям выбор: платить налог за потребляемую энергию или произвести инвестиции в мероприятия, повышающие энергоэффективность. Детали применения налоговых льгот оговариваются в законодательстве.

В ряде стран, таких, как Бельгия, Дания, Франция, создан, так называемый, Возобновляемый фонд. Он представляет собой государственный фонд по выдаче займов для инвестирования в энергосберегающие мероприятия. Фонд функционирует на возвратной основе, что делает его постоянно действующим и хозрасчетным. Как правило, установленная фондом процентная ставка ниже, чем при обычных коммерческих условиях, что равносильно льготному кредиту. Однако, по оценкам экспертов, Возобновляемый фонд достаточно дорого обходится правительству. Поэтому в качестве альтернативы ему в ряде стран, таких, как Франция, Германия, Люксембург, Нидерланды, применяется ускоренная норма амортизации. Она представляет собой право, предоставляемое доходным предприятиям списывать инвестиции в проекты по энергоэффективности быстрее, чем другие капиталовложения, что дает возможность снизить за короткий срок налоговую задолженность.

В Австрии, Дании, Франции, Ирландии, Италии, Нидерландах под рубрикой общих мероприятий применяется правовое (нормативное) регулирование энергетического менеджмента спроса коммунальных хозяйств. Оно состоит в том, что следуя программе энергетического менеджмента спроса, использующей методы планирования энергообеспечения по наименьшим затратам, производитель энергии более заинтересован отдать часть своей прибыли на финансирование энергосберегающих мероприятий у потребителя, а не на строительство новых генерирующих мощностей. Поскольку большинство национальных поставщиков энергии находится в собственности государства, то государство перед финансированием подобных схем должно утвердить затраты и прибыль от реализации программы и форму правового регулирования расходов.

В новых индустриальных странах Юго-Восточной Азии (Корея, Сингапур, Гонконг, Тайвань) значительная часть энергосберегающих мероприятий финансируется самим государством, которое чаще всего само устанавливает энергетическое оборудование, соответствующее непромышленной сфере, выделяет владельцам жилых домов целевые беспроцентные ссуды или субсидии на перестройку зданий и приобретение материалов в соответствии с существующими стандартами и рекомендациями специалистов.

Правительство Тайваня предоставляет промышленным предприятиям низкопроцентные кредиты на приобретение энергосберегающего оборудования внутри страны и за рубежом.

В некоторых странах (Великобритания, США, Италия) в последние 10—15 лет приняты шаги по регулируемой законом демонополизации деятельности электроэнергетических компаний путем постепенного вовлечения в рынок производства электроэнергии новых энергопроизводящих фирм, а также организации рынка по экономии электроэнергии как альтернативы увеличению ее производства. Организация рынка услуг по реализации энергосбережения в регионе вынуждает энергосберегающие компании заниматься вопросами энергосбережения у потребителя. Ряд компаний в этих странах идут на поддержку энергосбережения у промышленного производителя, так как это ведет к экономическому оздоровлению обслуживаемого региона, росту производства и соответствующему увеличению потребления электроэнергии.

Регулирование энергосбережения в промышленности. Немногие государства Западной Европы идут по пути установки нормативов, непосредственно относящихся к промышленности. Причиной непопулярности введения нормативов для промышленности является то, что промышленность располагает достаточным количеством финансовых средств, высокой технической квалификацией персонала, стремлением к максимальным доходам. Другими словами, в промышленном секторе достаточно собственных внутренних стимулов, поро-

жденных конкуренцией на рынках, принуждающих производить менее энергоемкую, а следовательно более конкурентоспособную продукцию, а значит и активно осуществлять политику энергосбережения.

Тем не менее, в некоторых странах все же используются мероприятия, стимулирующие повышение энергоэффективности в промышленности. К их числу относятся следующие:

- В ряде государств применяются *обязательные энергетические аудиты*. В отраслях с большим потреблением энергии такие аудиты проводятся на регулярной основе и их предприятия обязательны к исполнению. Энергетические аудиты являются необходимым условием для выделения правительственных субсидий или другой помощи в осуществлении мероприятий по энергосбережению;

- В Италии, Франции, Нидерландах, Португалии существует требование составления энергетических планов крупными промышленными предприятиями с указанием намечаемых мероприятий по повышению энергоэффективности, а также выполнения отчетов по использованию энергии в течение года и деятельности, направленной на уменьшение энергопотребления;

- В Германии, Греции и Франции применяются стандарты для камер сгорания топлива. Очевидно, роль этого стандарта особенно велика там, где эксплуатируются парогенераторы или установки по выработке технологического тепла. Очень редки в Западной Европе энергетические стандарты на оборудование. Они охватывают двигатели, насосы, вентиляторы и компрессоры;

- Для стимулирования совместной выработки тепла и электрической энергии используются такие мероприятия, как благоприятный ценовой режим, денежные дотации, когда часть капиталовложений обеспечивается правительством. Правда, существуют они в странах, составляющих менее половины от входящих в ЕС.

Управление энергосбережением в строительстве. Строительство - одна из сфер хозяйственной деятельности, где широко применяется нормативное регулирование. Самыми распространенными из всех используемых нормативов являются нормативные сопротивления теплопередаче через ограждающие конструкции зданий и сооружений. Они должны гарантировать теплотери ниже максимально допустимого уровня при проектировании и строительстве новых зданий. В некоторых случаях национальные кодексы применяются также к работам по реабилитации существующих зданий.

Кроме того, функционирует нормативное регулирование эффективности приборов, которое применяется по отношению к отопительному оборудованию, водогрейным системам, а также к холодильникам, стиральным и моечным машинам и другим видам домашнего оборудования. Законодательные акты закрепляющие эти нормативы могут либо запретить продажу приборов, у которых энергетические характеристики ниже определенного уровня, либо потребовать соответствующей маркировки, информирующей покупателей об энергопотреблении. Стандарты на приборы и правила маркировки также оговорены законодательными актами.

В Австрии и Германии введено измерение потребления тепловой энергии отдельными жилыми домами. Учет тепловой энергии, потребляемой жилым домом, входящим в систему централизованного теплоснабжения, предполагает выявление фактической стоимости потребленной тепловой энергии. И, если счета за энергию, основанные на измеренном потреблении, являются предпосылкой к действенной работе по энергосбережению, то необходимо и эффективное средство регулирования количества потребляемой энергии.

Управление энергосбережением на транспорте. Транспорт является наиболее нормативно регулируемой сферой. Самым распространенным инструментом влияния на конъюнктуру последней служат высокие налоги на топливо для двигателей. Цены на топливо влияют на решение потребителей о выборе автомобиля, а это, в свою очередь, ориентирует производителей на выпуск тех или иных типов машин. Например, в Италии существуют высокие налоги и цены на бензин, и, как следствие, один из самых эффективных, с точки зрения потребления топлива, автомобильных парков Европы. Однако, многие правительства исполь-

зуют налогообложение на топливо не столько для стимулирования эффективности его использования, сколько для пополнения своего бюджета.

Директива ЕС требует ежегодной проверки состояния транспортных средств, в том числе и определения характеристик выбросов. В некоторых случаях национальные требования включают и оценку качества и эффективности использования топлива.

Некоторые европейские правительства в 1980-е годы заключили добровольные соглашения с производителями транспортных средств по повышению эффективности новых автомобилей. В этой связи были достигнуты плановые показатели. Однако, нельзя исключать и того, что факторы внешнего рынка привели бы к аналогичному же результату, даже при отсутствии подобных соглашений.

В ряде европейских государств в течение ограниченных периодов времени применялись субсидии или налоговые скидки для замены транспортных средств. Иногда эти стимулы использовались для ускорения внедрения каталитических нейтрализаторов.

В каждой стране существует ограничение скорости практически для всех видов дорог. Прежде всего, оно мотивируется соображениями безопасности, но вместе с тем приносит дополнительную пользу - экономию топлива.

Такие инструменты, как налоги на покупку и импорт машин, а также ежегодная пошлина на автомобили, безусловно, являются средством увеличения годового дохода. Тем не менее, они также часто разрабатываются для того, чтобы стимулировать спрос потребителя на машины с более высокоэффективным использованием топлива. Поэтому можно сказать, что структура налогообложения влияет и на производителей автомобилей.

Греция ввела налоговую скидку на новые небольшие автомобили с низким уровнем выброса; а для получения налоговой скидки требовалось вывести из обращения старый автомобиль.

Во Франции и Италии действует такой инструмент, как возрастающий налог на добавленную стоимость (то есть повышенный показатель для объема двигателя, превышающего определенный уровень), который, с точки зрения энергоэффективности, благоприятно влияет на размер транспортного средства. У транспортных средств на дизельном топливе расход топлива ниже, чем у транспортных средств на бензине, особенно в городском режиме. Поэтому применение дифференцированного налогообложения для бензина и дизельного топлива привело к большему распространению дизельных машин в Европе, что особенно заметно во Франции и

Великобритании. Более низкие цены на дизельные автомобили также благоприятствуют им по сравнению с машинами на бензине.

С целью преодоления информационного барьера на пути к энергосбережению используется маркировка новых автомобилей по расходу топлива и распространение сведений о потреблении топлива. В Великобритании такая маркировка является обязательным требованием, в то время, как в других государствах принят добровольный порядок классификации.

В некоторых европейских государствах при прохождении экзамена для получения водительских прав существует проверка качества вождения с позиций эффективного использования топлива. Это наиболее актуально для водителей автобусов и трактористов, поскольку регулярное наблюдение за потреблением топлива транспортным средством позволяет им контролировать их собственные показатели.

Регулирование внедрения возобновляемых источников энергии. Отсутствие в настоящее время на рынке многих технологий, основанных на использовании возобновляемой энергии, означает, что требуется определенная форма финансовой поддержки их развития. Поэтому во многих странах существуют нормативы, направленные на оказание такой поддержки.

Во многих западноевропейских странах довольно сильную поддержку имеет покупка электроэнергии от возобновляемых источников. Для этих целей предусматриваются ценовые стимулы, хотя методы их реализации различны в разных странах. Например, в Дании коммунальные предприятия обязаны покупать энергию от возобновляемых источников, а Вели-

кобритании существует требование, чтобы энергосистема покупала электроэнергию от возобновляемых источников энергии по фиксированным ценам.

Популярны также и другие стимулы. К примеру, в Англии, Италии и Нидерландах обеспечивается поддержка капитальных вложений в проекты по возобновляемым источникам энергии. Однако поддерживаются различные технологии. Так, в Австрии предпочтение отдается фотоэлектрической энергетике, в Нидерландах приоритетной считается энергия ветра. Германия оказывает поддержку в виде льготных займов, а Португалия снизила НДС на оборудование для возобновляемых источников энергии.

В большинстве промышленно развитых стран мира (США, Германия, Япония, Франция, Испания, Англия и др.) существуют национальные программы развития нетрадиционной энергетики, предусматривающие в течение 5—10 предстоящих лет значительное расширение использования НВИЭ: до 2-5% (Дания, Голландия, США) и до 10-15% (Новая Зеландия, Австралия, Канада) общего потребления.

Наибольший интерес и распространение имеют установки, использующие солнечную энергию, энергию ветра и биомассы. Например, в США в 1990 г. из 3,6 млн. ГДж энергии, произведенной за счет солнечной радиации, 3,5 млн. Дж представляет собой низко потенциальное тепло, использованное для горячего водоснабжения. В Израиле в соответствии с законом, требующим, чтобы каждый дом был снабжен солнечной водонагревательной установкой, установлено около 800 тыс. солнечных установок, производящих 15 млн. ГДж энергии и обеспечивающих 70% потребности в горячей воде.

В последнее время в мире повысился интерес к установкам, непосредственно преобразующим солнечную радиацию в электроэнергию. В этом отношении интересен опыт Японии, где в настоящее время сооружается фотоэлектрическая установка (ФЭУ) мощностью 750 кВт. В США 90 энергетических компаний создали фотоэлектрическую группу, которая в течение ближайших 5 лет планирует ввести в эксплуатацию ФЭУ общей мощностью 47 кВт.

Ветроэнергетические установки (ВЭУ) достигли сегодня уровня коммерческой зрелости и в местах с благоприятными скоростями ветра могут конкурировать с традиционными источниками энергии. Так, в США установлено более 1,5 млн кВт ВЭУ, в Дании ВЭУ производят около 3% потребляемой страной энергии, велики мощности установленных ВЭУ в Швеции, Голландии и Германии.

В последнее время повысилось внимание к использованию биомассы в энергетических целях. Это вызвано тем, что использование растительной биомассы при условии ее непрерывного восстановления (новые лесные посадки после вырубki леса) не приводят к увеличению концентрации CO₂ в атмосфере; созданные технологии позволяют использовать биомассу значительно более эффективно, чем раньше.

12.2. Опыт энергосберегающей политики в США

Политика энергосбережения в различных ее формах стала проводиться в США примерно с середины 70-х годов. За первые 10 лет ее осуществления затраты на энергию были снижены более чем на 200 млрд. дол. В 1974-1986 гг. энергоемкость промышленности США ежегодно снижалась на 3,7%, а в дальнейшем темп снижения составил около 1,2% в год.

За период 1985-1995 гг. энергосберегающая эффективность холодильного оборудования в США выросла в 3-7 раз, морозильников в 4-5 раз. О масштабах экономии хорошее представление дает массовый переход в освещении домов на флюоресцентные светильники. Они оказались в 4 раза эффективнее в плане энергозатрат, и срок их службы в 10 раз превышает аналогичные показатели по обычным лампам накаливания. Установка 195 млн. флюоресцентных ламп в США только в 1995 г. избавила США от необходимости наращивать мощность своих ТЭЦ на 9,6 млн. кВт.

Список широко применяемых в США новых методов энергосбережения можно пополнить указанием о новых типах автомобилей, авто- и авиамоторов, успехах в строительстве с применением новых сохраняющих тепло материалов, повсеместное внедрение термостатов

и мониторинга зданий во избежание потерь тепла, внедрение энергосберегающих технологий в металлургии, химической и целлюлозно-бумажной промышленности.

В конце 90-х гг. в США на освещение в среднем расходовалось 500 млрд. кВт·ч электроэнергии или 20% общего ее производства в стране. При этом 40% энергии потребляется в лампах накаливания, 40% – в флюоресцентных лампах и 20% — в газоразрядных лампах большой мощности. Технические усовершенствования флюоресцентных ламп и замена накаливания компактными флюоресцентными светильниками обеспечивают в перспективе снижение затрат электроэнергии на освещение до 40%. Основными источниками в флюоресцентных светильниках являются твердотельные высокочастотные балансные сопротивления, которые в усовершенствованных вариантах выделяют меньше тепла и позволяют регулировать яркость лампы в широком диапазоне. Такие светильники используют с автоматическими системами управления, которые гибко регулируют мощность искусственных источников света с учетом естественной освещенности, а также наличия людей на рабочих местах. Эти усовершенствования обеспечивают экономию энергии на освещение в размере от 25 до 70%, а дополнительные удельные затраты не превышают 0,02 дол. за 1 кВт/ч.

В США в летний период максимальные нагрузки в электросетях часто в 2—3 раза превышают нагрузки в ночное время и достигают 500 кВт. При этом треть этих нагрузок связана с работой системы кондиционирования воздуха. Поэтому в дневное время в часы пик тарифы на электроэнергию повышены, а в остальное время — льготные. Сложившаяся система тарифов включает дифференцированные тарифы, размеры которых возрастают при увеличении электропотребления; сниженные тарифы устанавливаются для жильцов зданий, выполняющих определенные мероприятия по энергосбережению; более высокие тарифы взимаются по более высокой ставке на весь период повышенного спроса; прерывные тарифы взимаются, когда предусматривается возможность резкого снижения предложения электроэнергии. Некоторые коммунальные предприятия устанавливают для покупателей специальные энергосберегающие тарифы в тех случаях, когда они приобретают новые дома с хорошей теплоизоляцией и эффективными системами энергоотопления. В этом случае ставка тарифа снижается на 12–14%. Практикуется система, при которой клиенты обязуются поддерживать потребление электроэнергии на более низких условиях в обмен на сниженные тарифы. При этом достигается экономия пикового спроса в среднем 1,3 кВт на клиента в доме.

До недавнего времени электросчетчики, фиксирующие расход энергии с учетом времени суток, имели сравнительно высокую цену. Поэтому дифференцированный тариф на израсходованную электроэнергию распространялся лишь на крупных потребителей энергии (мощностью свыше 500 кВт), хотя на небольших потребителей (жилые дома и малые коммерческие предприятия) приходится 2/3 пиковых нагрузок в сетях. В настоящее время разработаны и в ближайшие 10 лет получат распространение недорогие счетчики электроэнергии с микропроцессорами, которые позволят распространить дифференцированный тариф на всех потребителей электроэнергии.

Около 30% теплотеря связано с окнами. Если у окна с двойным стеклом одну из внутренних поверхностей покрыть тонкой прозрачной пленкой из материалов с низкой излучающей способностью, например, оксида олова, которая отражает инфракрасное излучение обратно в здание, то эффективное удельное термическое сопротивление такого окна возрастает еще в 1,5 раза. Дальнейшее повышение удельного термического сопротивления окна в 2 раза возможно при заполнении промежутка между двумя стеклами ксеноном или аргоном вместо воздуха. При вакуумировании пространства между стеклами или заполнении его ксеноном такое окно имеет термическое сопротивление обычной стены с теплоизоляцией.

Одним из перспективных направлений является оборудование зданий тепловыми аккумуляторами. Так, в Стенфордском университете вместо установки требующихся дополнительных кондиционеров стоимостью 1,5 млн. долларов был построен тепловой аккумулятор в виде бака с холодной водой для имеющейся системы кондиционирования воздуха. Охлаждение воды в баке производится в ночные часы. Эта система позволила уменьшить пиковые нагрузки в сетях на 3,5 МВт и обеспечила экономию 200 тыс. долларов в год.

Прогнозируемое совершенствование систем освещения, автоматизированного контроля и экономии тепла, как ожидается, позволит достичь нового стандарта в ежегодном потреблении энергии на 1 м² площади здания — 262,7 тыс. ккал в год.

12.3. Японский опыт энергосбережения

В Японии после первого нефтяного кризиса были приняты меры по энергосбережению, которые привели к снижению на 35% энергоемкости валового национального продукта. Однако в последние семь лет энергопотребление увеличивалось в среднем на 3,1% в год, поэтому японское правительство в 1993 г. пересмотрело "Закон об энергосбережении", основные принципы которого излагаются ниже.

В соответствии с новой редакцией закона, Министерство международной торговли и промышленности Японии (ММТП) должно устанавливать и объявлять основные принципы политики, направленной на всестороннее стимулирование рационального энергоиспользования, а основные энергопользователи должны предпринимать усилия по рационализации энергопользования в соответствии с этой политикой.

А Регулирование в промышленном секторе.

В промышленном секторе, который потребляет свыше 50% всей энергии, регулирование осуществляется по следующим основным направлениям:

1. Методические указания для руководителей промышленных предприятий.

ММТП при содействии органов, регулирующих ту или иную отрасль, устанавливает для руководителей стандарты и нормативы и дает необходимые указания по использованию энергии, касающиеся:

- рационального сжигания топлива;
- рационализации отопления, охлаждения и теплопередачи;
- предотвращения тепловых потерь;
- использования сбросного тепла;
- эффективного преобразования тепловой энергии в электрическую;
- уменьшения потерь электроэнергии.

2. Энергоменеджмент.

На каждом предприятии промышленности и энергетики, потребляющем газ и тепло в количествах, превышающих 3000 т условного топлива (в нефтяном эквиваленте) в год или электрическую мощность более 12 ГВт, ММТП обязывает учредить службу энергетического менеджмента.

3. Контроль за использованием энергии.

Если на предприятии допускаются вопиющие нарушения принципов рационального энергопользования, министерство может само или через соответствующее ведомство потребовать от руководителя предприятия представить план энергосбережения; на нарушение дисциплины энергосбережения министерство отреагирует указанием исполнить требуемые по инструкции мероприятия.

4. Назначение энергоменеджеров.

Руководитель предприятия должен назначать определенное количество лицензированных энергоменеджеров, основным содержанием деятельности которых является принятие мер по рациональному использованию энергии и предоставление ежегодных отчетов по энергосбережению в министерство или в государственные ведомства, курирующие соответствующую отрасль.

Проведение экзаменов и лицензирование энергоменеджеров осуществляется организацией, уполномоченной министерством. Закон определяет процедуры и критерии проведения экзаменов, другие правила, касающиеся предоставления и отзыва лицензии.

С 1984 г. аттестацию энергоменеджеров уполномочен проводить Японский центр по энергосбережению (ЯЦЭ).

5. Энергоаудит.

На больших предприятиях, обязанных организовать службу энергоменеджмента, име-

ется необходимое контрольное оборудование, и они должны сами проводить энергоаудит при поддержке энергоменеджеров.

На малых и средних предприятиях с числом работающих менее 300 человек энергоаудит проводится бесплатно. В обследовании принимают участие 1-2 инспектора из ЯЦЭ в течение одного-двух дней. С 1955 г. проведено примерно 5600 таких обследований по всей Японии.

В средних или больших компаниях ЯЦЭ проводит штатный энергоаудит. Два или три эксперта проводят сначала предварительное обследование, за которым следует детальное обследование производственных процессов. Предлагаются конкретные меры по плану энергосбережения с определением ожидаемых выгод и требуемых средств.

Б. Регулирование энергопотребления зданий и сооружений

Любое лицо или организация, намеревающиеся строить здание, обязаны принять все меры для предотвращения тепловых потерь и для рационального использования всех видов энергетического оборудования в здании в соответствии со стандартами, устанавливаемыми ММТП и Министерством строительства.

Устанавливаются предельные теплотери через стены зданий, коэффициенты энергопотребления для кондиционеров, вентиляторов, эффективность осветительных приборов, отопительных систем, лифтов и т.д.

Оба министерства дают необходимые консультации и руководящие указания как для строителей больших сооружений, так и для владельцев частного жилья.

Если министерство устанавливает, что для здания площадью более 2000 м² эффективность использования энергии не соответствует стандарту и владелец не подчиняется соответствующим требованиям, министерство уведомляет об этом соответствующее ведомство.

В. Меры регулирования энергоэффективности энергоемкого оборудования и транспортных средств.

Большая доля потребления энергии приходится на автомобили, кондиционеры и другое энергоемкое оборудование. Его эффективность, предусмотренная проектными показателями, определяется на стадии производства. Закон налагает определенные обязательства на производителей и импортеров автомобилей и бытового оборудования. ММТП устанавливает стандарты энергоэффективности, обязательные для крупных поставщиков, например, поставляющих более 2000 автомобилей в год или более 50 кондиционеров в год.

Показатели экономичности автомобилей должны быть не ниже устанавливаемых стандартов, например, автомобиль массой менее 702,5 кг должен будет проходить на одном литре бензина 19,2 км, т.е. на 100 км должно уходить не более 5,2 л бензина. Для автомобиля массой 1000 кг расход бензина должен быть не более 6,1 л на 100 км.

Линейная организация эффективна на первичном этапе внедрения энергосберегающих мероприятий.

Бригада по выполнению проекта (БВП) – это временный коллектив специалистов, нацеленный на решение определенной задачи. Бригада распускается, если рассматриваемая проблема решена или передана линейной организации.

Преимущества БВП – это ее мобильность, высокая степень готовности к разработке перспективных тем, требующих длительного периода сложных исследований. Однако в ряде случаев результаты деятельности БВП не доходят до основной массы сотрудников, занятых в производстве.

Малая группа контроля качества (ГКК) основана на привлечении к ее деятельности всех, в том числе рядовых сотрудников предприятия, т.е. тех, кто непосредственно занят в производственной сфере, кто реально использует энергию и реально участвует в выполнении энергосберегающих мероприятий. В рамках ГКК сотрудники работают над темами по энергосбережению.

Обычно ГКК насчитывает 5-10 высококвалифицированных специалистов, осуществляющих постоянный самоконтроль и повышающих качество своей работы. Их деятельность в значительной степени поддерживается линейной организацией. При поддержке линейной

организации организуются обсуждения, сбор и анализ информации, формулируются пути практического решения задач.

Деятельность ГКК развивается в рамках прекрасно разработанных и одновременно гибких методик. Используется, например, программа «семи приемов контроля качества», включающая следующие этапы:

- 1) формулировку темы;
- 2) анализ ситуации и формулировку задачи;
- 3) планирование мероприятий;
- 4) анализ причин и следствий (временной аспект, обобщение, текущие изменения, взаимосвязи);
- 5) рассмотрение и реализация контрмер;
- 6) проверку результатов;
- 7) стандартизацию и контроль.

Соответственно используются «семь приемов» представления результатов:

- 1) графики по нарастающему итогу;
- 2) причинно следственные диаграммы;
- 3) графики и диаграммы;
- 4) листки контроля;
- 5) гистограммы;
- 6) статистические диаграммы;
- 7) диаграммы контроля.

Основные принципы деятельности ГКК:

полное раскрытие потенциала каждого человека и, в конечном счете, развитие потенциала группы;

улучшение условий труда так, чтобы работа становилась приятной, жизненно важной и приносящей удовлетворение;

внесение вклада в улучшение и развитие предприятия.

Исполнители и руководители обеспечивают условия, при которых деятельность ГКК содействует укреплению предприятия; их задачи при этом состоят в следующем:

- 1) направлять интересы участников ГКК на превращение трудовой деятельности в важный аспект жизни работников;
- 2) оказывать поддержку группам ГКК, вносящим свой вклад в реформы и рост предприятия;
- 3) не проявлять торопливость в получении экономической выгоды;
- 4) в первую очередь оказывать людям помощь в развитии их потенциальных возможностей. Добиться, чтобы обстановка на предприятии содействовала полному раскрытию потенциала работников;
- 5) поддерживать творческую самодеятельность сотрудников предприятия;
- 6) проводить четкую политику поддержки деятельности ГКК и создать организационные структуры для этой поддержки;
- 7) организовывать работу по повышению квалификации сотрудников;
- 8) планомерно разъяснять рабочим и служащим политику управления на предприятии;
- 9) поощрять и стимулировать деятельность работников предприятия в ГКК;
- 10) оказывать поддержку участию групп ГКК в презентациях во внешних структурах.

ГКК, широко внедряемые в японской промышленности, являются мощной движущей силой экономического развития Японии.

12.4. Опыт повышения энергоэффективности в Дании

Отличительной особенностью датской электроэнергетики является специфическая форма собственности и структура энергокомпаний. Владельцами энергокомпаний являются потребители, а сами энергокомпании бесприбыльны. Каждый потребитель с момента подключения к сети становится акционером распределительной компании и имеет право изби-

рать своих представителей в ее Генеральное собрание, которое в свою очередь избирает Правление.

Если компания получает прибыль (а это возможно, например, при падении цен на топливо), то потребитель получает дивиденды в форме снижения цены на энергию на следующий год.

Основные законодательные инициативы в Дании были вызваны энергетическим кризисом начала 70-х гг. В 1978 г. появился первый долгосрочный энергетический план Дании, в 1979 г. было введено планирование отопления и было решено давать субсидии на энергосбережение. Дания одной из первых приняла закон о выбросах CO_2 . В 1990 г. в стране принят план развития энергетики до 2005 г. – "Энергия 2000". В плане предусмотрено: снижение энергопотребления на 15% при ежегодном повышении ВВП на 2%; рост потребления газа на 170% при сокращении объемов потребления угля на 45% и мазута на 40%; снижение выбросов CO_2 на 20%, SO_2 — на 60%. Эти цели предполагается достичь без дополнительных затрат, а необходимые инвестиции компенсировать абсолютным снижением объемов потребления топлива, экономией затрат на эксплуатацию и обслуживание энергоустановок.

Предполагается, что расширение производства электроэнергии будет производиться в форме преобразования существующих котельных на мини-ТЭЦ путем «надстройки» на них газовых турбин. Коэффициент использования тепла на ТЭЦ в среднем составляет 80%, а на экспериментальной ТЭЦ, использующей теплонасосы – 98%. Энергокомпании согласились получать у ТЭЦ всю произведенную электроэнергию по цене, которая соответствует 85% закупочной цены крупного потребителя.

Стоимость электроэнергии в быту в Дании в 2,8 раза выше, чем в промышленности, ее цена дифференцирована по времени суток.

В Дании имеется стройная система стимулирования энергосбережения и роста энергетической эффективности, основанная на налогообложении и субсидиях. Средний процент субсидий составляет 40% основных капиталовложений в новые сети и около 20% при реконструкции сетей, а субсидии для теплоизоляции зданий могут достигать 50%. Кроме того, различные субсидии могут сочетаться между собой. Местные власти несут непосредственную ответственность за планирование и выполнение энергетических проектов на местном уровне.

В Дании, как и в ряде других стран Европы, действуют государственные консалтинговые организации, работающие в области энергетики и энергосбережения. Основными организациями в этой сфере являются:

а) тепловая инспекция, которая проводит техническое обследование зданий на предмет соответствия энергетическим стандартам. Инспекция проводится в зданиях, построенных до 1979 г. (до введения действующих ныне строительных норм). Обследование зданий производится по стандартной процедуре независимыми инспекторами. В результате владелец получает рекомендации по типовым мероприятиям, позволяющим привести здание и его оборудование в состояние, отвечающее требованиям по экономии энергии, введенным в 1989 г. для новых зданий. Около 50% домов в Дании прошли эту инспекцию;

б) инспекция котлов, работающих на мазуте, которая ежегодно проводит обследование всех котлов малой мощности. Обследование включает в себя измерение потерь тепла с дымовыми газами. Считается, что за 12 лет своего существования инспекция способствовала экономии 4% энергоносителей в масштабах всей Дании;

в) служба консультаций по системам теплоснабжения, занимающаяся проверкой квалификации и консультированием эксплуатационного персонала теплотребляющих систем большой мощности, работающих как на мазуте, так и на газе, а также систем централизованного теплоснабжения. В результате деятельности службы за 12 лет потребление нефти в Дании снизилось на 19%, газа – на 10%, расход топлива в системах теплоснабжения снизился на 2%.

Методика проведения энергоаудита в Дании основана на типовом алгоритме, который обеспечивает эффективную работу самого аудитора, а также, поскольку программа стан-

дартная, позволяет эффективно подключать других аудиторов на определенных (стандартных) этапах работы. Энергетический аудит проводится приблизительно по следующей схеме:

1. Описание предприятия.
2. Выяснение ключевых цифр.
3. Обзор потоков энергии на предприятии.
4. Определение (путем измерений и вычислений) потребления энергии.
5. Составление карты потребления энергии – анализ баланса энергопотребления.
6. Определение состояния предприятия и разработка предложений по энергоэффективности.
7. Помощь в проведении мероприятий по повышению энергоэффективности.
8. Внедрение системы энергетического менеджмента – помощь в организации энергетически оптимальной эксплуатации и обслуживании оборудования.
9. Помощь в организации закупок энергетически эффективного оборудования.

За 1970—1993 гг. при росте валового внутреннего продукта (ВВП) в 1,8 раза потребление всей энергии в Дании абсолютно уменьшилось на 5% , а потребление электроэнергии возросло только на 60%, что означает снижение энергоемкости в 2 раза и электроемкости ВВП на 12%.

Снижение энергоемкости было достигнуто за счет четырех основных факторов:

- изменения структуры использования первичных энергоресурсов, в первую очередь рост доли природного газа в энергопотреблении, а также увеличение доли отходов и нетрадиционных источников энергии (щепа, солома, мусор, солнечная и, особенно, ветровая энергия) в производстве энергии (7% в общем энергобалансе);
- развития комбинированного производства электроэнергии, и тепла;
- реконструкции и развития эффективных систем подачи тепла;
- повышения эффективности использования конечных энергоносителей в сфере их непосредственного применения.

Контрольные вопросы

1. *Охарактеризуйте основные тенденции и особенности в области энергосбережения в зарубежных государствах.*
2. *Какова роль государственного регулирования в области энергосбережения за рубежом?*
3. *Каковы особенности энергетического менеджмента в промышленности, строительстве, на транспорте в зарубежных странах?*
4. *Охарактеризуйте механизмы стимулирования внедрения возобновляемых источников энергии за рубежом.*
5. *Каковы направления реализации политики энергосбережения в США?*
6. *Каковы направления реализации политики энергосбережения в Японии?*
7. *Каковы механизмы реализации энергосберегающей политики в Дании.*

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Андрижиевский, А. А. Энергосбережение и энергетический менеджмент : учебное пособие / А. А. Андрижиевский, В.И. Володин. – Минск : Высшая школа, 2005. – 294 с.
2. Баранников, Н.М., Расчет установок и теплообменников для утилизации вторичных энергетических ресурсов : учебное пособие / Н. М. Баранников, Е. В. Аронов. – Красноярск : Изд-во Красноярского ун-та, 1992. –
3. Основы энергосбережения : учебное пособие / Б. И. Врублевский [и др.]; под. ред. Врублевского Б. И. – Гомель ЧУП «ЦНТУ «Развитие», 2002.– 190 с.
4. Основы энергосбережения : цикл лекций / под ред. Н. Г. Хутской. – Минск : Тэхналогія, 1999. – 100 с.
5. Пospelова, Т. Г. Основы энергосбережения. – Минск : УП «Технопринт», 2000. – 353 с.
6. Самойлов, М. В. Основы энергосбережения : учебное пособие / М.В. Самойлов, В. В. Паневчик, А. Н. Ковалев. – Минск : БГЭУ, 2002.– 198 с.
7. Сибикин, Ю. Д. Технология энергосбережения : учебник / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. – Москва : Форум – Инфра-М, 2006. – 352 с.
8. Свидерска, О. В. Основы энергосбережения : курс лекций. – Минск : Академия управления при Президенте РБ, 2003. – 292 с.
9. Теплоиспользующие установки в текстильной промышленности : учебник для вузов / Е. А. Ганин [и др.]. – Москва : Легпромбытиздат, 1989. – 392 с.

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Составители:

Ольшанский Анатолий Иосифович
Ольшанский Валерий Иосифович
Беляков Николай Владимирович

Редактор Махаринский Е.И.
Компьютерная верстка Беляков Н.В.
Корректор Махаринский Ю.Е.
Технический редактор Герасимова О.С.

Подписано к печати	Формат	Усл. печ. лист	Уч.-изд. лист
Печать ризографическая.	Тираж	экз. Заказ №	

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Витебский государственный технологический университет»

Лицензия №02330/0133005 от 1 апреля 2004г.

210035 Республика Беларусь, г. Витебск, Московский пр., 72