

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет»

А. П. Андриевский

ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Учебно-методический комплекс
для студентов специальности 1-70 05 01
«Проектирование, сооружение и эксплуатация
газонефтепроводов и газонефтехранилищ»

Новополоцк

ПГУ

2011

УДК 620.9.004.18:65.01(075.8)
ББК 31.19я73
А65

Рекомендовано к изданию
методической комиссией технологического факультета
в качестве учебно-методического комплекса
(протокол № 6 от 3.02.2010)

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

зав. учебно-консультационным пунктом Витебского филиала
государственного университета переподготовки кадров
в области газоснабжения «Газ-институт» С. О. ПИСАРЕНОК;
канд. техн. наук, доц. кафедры трубопроводного транспорта
и гидравлики УО «ПГУ» Л. М. СПИРИДЕНОК

Андриевский, А. П.

А65 Основы энергосбережения : учеб.-метод. комплекс для студентов
спец. 1-70 05 01 «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонеф-
тепроводов и газонефтехранилищ» / А. П. Андриевский. – Новополоцк :
ПГУ, 2011. – 200 с.
ISBN 978-985-531-101-1.

Включает рабочую программу курса, конспект лекций, методические ука-
зания к практическим занятиям, примерные вопросы к зачету, перечень учеб-
но-методической литературы по дисциплине.

Предназначен для студентов специальности 1-70 05 01 «Проектирование,
сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ». Может
быть полезен научным работникам, аспирантам, специалистам предприятий,
занимающимся вопросами энергосбережения.

УДК 620.9.004.18:65.01(075.8)
ББК 31.19я73

ISBN 978-985-531-101-1

© Андриевский А. П., 2011
© УО «Полоцкий государственный университет», 2011

Содержание

Предисловие	6
Рабочая программа	7
Рейтинговая система контроля	12
Введение	13
Лекционный курс	
1. Сущность энергосбережения	14
1.1. Роль энергетики в развитии человеческого общества	14
1.2. Эффективность использования и потребления энергии в различных странах и в Республике Беларусь	17
1.3. Сущность энергосбережения. Основные понятия в энергосбережении	23
2. Топливо-энергетические ресурсы	25
2.1. Восполняемые и невосполняемые энергетические ресурсы	25
2.2. Виды топлива, характеристика и запасы их в Беларуси	28
2.3. Условное топливо, соотношение и калорийность. Единицы измерения	32
2.4. Топливо-энергетический комплекс Республики Беларусь	33
3. Виды и способы получения, преобразования и использования энергии	38
3.1. Энергия и ее виды	39
3.2. Способы получения и преобразования энергии	40
3.3. Электрические и тепловые нагрузки и способы их регулирования	45
3.4. Прямое преобразование солнечной энергии в тепловую и электрическую	47
3.5. Ветроэнергетика	49
3.6. Гидроэнергетика	50
3.7. Биоэнергетика	52
3.8. Транспортирование тепловой и электрической энергии	53
3.9. Энергетическое хозяйство промышленных предприятий	57
4. Структура цен на энергоресурсы и энергию. Нормирование топливо-энергетических ресурсов	59
4.1. Тарифы на тепловую и электрическую энергию	59
4.2. Классификация и структура норм расхода ТЭР	64
4.3. Энергоэкономические показатели по нормированию ТЭР	65
4.4. Методы разработки норм, порядок их согласования и утверждения	67
4.5. Расчет экономической эффективности инвестиционных вложений в энергосберегающие мероприятия	68
5. Организация энергосбережения в Республике Беларусь	70
5.1. Структура управления энергосбережением в Республике Беларусь	71
5.2. Основные положения Закона Республики Беларусь «Об энергосбережении» и нормативно-правовой базы Энергопотребления и энергосбережения	73
5.3. Порядок разработки и выполнения республиканских отраслевых и региональных программ энергосбережения	75

5.4. Стимулирование экономии ТЭР	77
5.5. Санкции за нерациональное использование ТЭР	79
5.6. Демонстрационные зоны высокой энергоэффективности	80
5.7. Государственная поддержка инвестиционной деятельности по энергосберегающим мероприятиям	81
6. Основные направления энергосбережения	84
6.1. Потенциал энергосбережения по различным отраслям народного хозяйства	85
6.2. Возможность и проблемы использования возобновляемых источников энергии в Республике Беларусь. Нетрадиционные источники энергии. Местные виды топлива	86
6.3. Вторичные энергетические ресурсы, их классификация и использование	94
6.4. Трансформаторы теплоты и тепловые трубы, тепловые насосы	96
7. Учет и регулирование потребления энергоресурсов	100
7.1. Системы учета электрической энергии	100
7.2. Регулирование и учет тепловой энергии. типы приборов, используемых в Республике Беларусь	104
7.3. Основные меры по оснащению приборами учета использования ТЭР	106
7.4. Учет расхода холодной и горячей воды	107
7.5. Учет расхода газа	109
8. Основы энергетического менеджмента и аудита	111
8.1. Сущность, цели, задачи и организация энергетического менеджмента и энергоаудита на предприятии	111
8.2. Порядок проведения энергетического аудита на предприятии	114
8.3. Энергетический баланс	116
9. Бытовое энергосбережение	118
9.1. Энергосбережение при освещении зданий	118
9.2. Электробытовые приборы и их эффективное использование	120
9.3. Повышение эффективности систем отопления. Автономные энергоустановки	121
9.4. Системы воздушного отопления	124
10. Энергосбережение в промышленных и общественных зданиях и сооружениях	126
10.1. Тепловые потери в зданиях и сооружениях	126
10.2. Тепловая изоляция зданий и сооружений	128
10.3. Энергетическая паспортизация зданий, мониторинг застроенных территорий и экспертиза проектов теплозащиты	130
10.4. Изоляционные характеристики остекления. Стеклопакеты	131
11. Энергосбережение и экология	133
11.1. Экологические проблемы энергетики	134
11.2. Парниковый эффект	135
12. Приоритетные направления энергосберегающей политики в основных отраслях экономики страны	140
12.1. Развитие отраслей топливно-энергетического комплекса	140
12.2. Энергосберегающие мероприятия в основных отраслях экономики	141

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Практическое занятие № 1	
Прямое преобразование солнечной энергии в тепловую и электрическую	148
Практическое занятие № 2	
Изучение принципа преобразования энергии ветра в электрическую энергию	155
Практическое занятие № 3	
Изучение потерь энергии при транспортировании жидкостей и газов по трубопроводу	161
Практическое занятие № 4	
Цикл теплового насоса	168
Практическое занятие № 5	
Расчет экономической эффективности применения тепловых насосов	177
Практическое занятие № 6	
Расчет экономии электроэнергии в осветительных установках помещений при проведении энергетического аудита	184
Практическое занятие № 7	
Исследование сравнительных характеристик электрических источников света	191
Примерные вопросы к зачету	198

ПРЕДИСЛОВИЕ

В течение последних лет во многих вузах Республики Беларусь проводится большая методическая работа по совершенствованию курсов прикладных дисциплин в свете требований стандартов специальностей. Эта работа особенно важна вследствие социально-экономических изменений в обществе, поскольку в настоящее время студенты, будущие специалисты, должны иметь уже другую профессиональную подготовку, чем та, на которую рассчитано большинство существующих учебников и учебных пособий. Последнее обуславливает необходимость внесения изменений и дополнений не только в содержание курсов, но и в методы изложения.

Данный учебно-методический комплекс написан на основе лекционного курса, читаемого автором студентам Полоцкого государственного университета, и соответствует государственному стандарту высшего профессионального образования по специальности 1-70 05 01 «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ».

Учебно-методический комплекс (УМК) представляет собой достаточно компактное, но в то же время целостное и логичное изложение основ разделов энергосбережения. Сокращение объема курса без ущерба его фундаментальной части достигнуто автором посредством изложения материала от общего к частному, исключением ряда элементарных понятий, введением новых проблемных вопросов, «сжатием» информации в наглядные блоки (таблицы, схемы).

В этом одно из основных отличий данного УМК от подобных работ других авторов. Не умаляя значения последних, автор ставил своей целью за короткое время, отводимое учебными планами на изучение основ энергосбережения, изложить основные понятия и методы, содержащиеся в этих разделах. Для иллюстрации курса широко используются примеры, которые в ряде случаев дополняют теоретический материал. Предполагается, что некоторые элементарные вопросы, не рассмотренные в данном учебном пособии, будут изучаться студентами самостоятельно, что составляет важную и необходимую часть профессиональной подготовки современного специалиста.

Автор выражает глубокую признательность доценту О.Н. Жарковой за ряд ценных замечаний и предложений по содержанию книги.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

1. Цель преподавания дисциплины, ее место в учебном процессе

1.1. Цель преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины «Основы энергосбережения» является получение студентами научно-обоснованной системы сведений о путях воздействия на энергосистемы и методах экономии энергоресурсов этих систем. Изучение курса позволит закрепить знания по общеобразовательным дисциплинам (высшей математике, гидрогазодинамике и др.) за счет их практического приложения к решению инженерных задач.

1.2. Задачи изучения дисциплины

В результате изучения дисциплины студент должен усвоить теоретические основы энергосбережения. На основе изученного материала студент должен уметь классифицировать энергоемкие производства в нефтегазовой отрасли, находить пути оптимизации режимных параметров.

Образовательный стандарт предусматривает для изучения дисциплины 40 ч, в т.ч. аудиторных 36 ч, из них лекций 18 ч, практических занятий 18 ч.

2. Виды занятий и формы контроля знаний

Виды занятий, формы контроля знаний	Очная форма
Курс	3
Семестр	6
Лекции, ч	18
Зачет (семестр)	6
Практические занятия, ч	18

3. Наименование тем, их содержание, объем в часах лекционных занятий

Наименование разделов и тем лекций, их содержание	Объем, ч
<p>1. Сущность энергосбережения</p> <p>1.1. Роль энергетики в развитии человеческого общества.</p> <p>1.2. Эффективность использования и потребления энергии в различных странах и в Республике Беларусь.</p> <p>1.3. Сущность энергосбережения. Основные понятия в энергосбережении</p>	1
<p>2. Топливо-энергетические ресурсы</p> <p>2.1. Восполняемые и невосполняемые энергетические ресурсы.</p> <p>2.2. Виды топлива, характеристика и запасы их в Беларуси.</p> <p>2.3. Условное топливо, соотношение и калорийность. Единицы измерения.</p> <p>2.4. Топливо-энергетический комплекс Республики Беларусь</p>	1
<p>3. Виды и способы получения, преобразования и использования энергии</p> <p>3.1. Энергия и ее виды.</p> <p>3.2. Способы получения и преобразования энергии.</p> <p>3.3. Электрические и тепловые нагрузки и способы их регулирования.</p> <p>3.4. Прямое преобразование солнечной энергии в тепловую и электрическую.</p> <p>3.5. Ветроэнергетика.</p> <p>3.6. Гидроэнергетика.</p> <p>3.7. Биоэнергетика.</p> <p>3.8. Транспортирование тепловой и электрической энергии.</p> <p>3.8.1. Транспортирование тепловой энергии.</p> <p>3.8.2. Транспортирование электрической энергии.</p> <p>3.9. Энергетическое хозяйство промышленных предприятий</p>	3
<p>4. Структура цен на энергоресурсы и энергию. Нормирование топливо-энергетических ресурсов</p> <p>4.1. Тарифы на тепловую и электрическую энергию.</p> <p>4.2. Классификация и структура норм расхода ТЭР.</p> <p>4.3. Энергоэкономические показатели по нормированию ТЭР.</p> <p>4.4. Методы разработки норм, порядок их согласования и утверждения.</p> <p>4.5. Расчет экономической эффективности инвестиционных вложений в энергосберегающие мероприятия</p>	1
<p>5. Организация энергосбережения в Республике Беларусь</p> <p>5.1. Структура управления энергосбережением в Республике Беларусь.</p> <p>5.2. Основные положения Закона Республики Беларусь «Об энергосбережении» и нормативно-правовой базы энергопотребления и энергосбережения.</p> <p>5.3. Порядок разработки и выполнения республиканских отраслевых и региональных программ энергосбережения.</p> <p>5.4. Стимулирование экономии ТЭР.</p> <p>5.5. Санкции за нерациональное использование ТЭР.</p> <p>5.6. Демонстрационные зоны высокой энергоэффективности.</p> <p>5.7. Государственная поддержка инвестиционной деятельности по энергосберегающим мероприятиям</p>	2

<p>6. Основные направления энергосбережения</p> <p>6.1. Потенциал энергосбережения по различным отраслям народного хозяйства.</p> <p>6.2. Возможность и проблемы использования возобновляемых источников энергии в Республике Беларусь. Нетрадиционные источники энергии. Местные виды топлива.</p> <p>6.3. Вторичные энергетические ресурсы, их классификация и использование.</p> <p>6.4. Трансформаторы теплоты и тепловые трубы, тепловые насосы</p>	1
<p>7. Учет и регулирование потребления энергоресурсов</p> <p>7.1. Системы учета электрической энергии.</p> <p>7.2. Регулирование и учет тепловой энергии, типы приборов, используемых в Республике Беларусь.</p> <p>7.3. Основные меры по оснащению приборами учета использования ТЭР.</p> <p>7.4. Учет расхода холодной и горячей воды.</p> <p>7.5. Учет расхода газа</p>	2
<p>8. Основы энергетического менеджмента и аудита</p> <p>8.1. Сущность, цели, задачи и организация энергетического менеджмента и энергоаудита на предприятии.</p> <p>8.2. Порядок проведения энергетического аудита на предприятии.</p> <p>8.2.1. Практическое занятие: Расчет экономии электроэнергии в осветительных установках помещений при проведении энергетического аудита.</p> <p>8.3. Энергетический баланс</p>	1
<p>9. Бытовое энергосбережение</p> <p>9.1. Энергосбережение при освещении зданий.</p> <p>9.2. Электробытовые приборы и их эффективное использование.</p> <p>9.3. Повышение эффективности систем отопления. Автономные энергоустановки.</p> <p>9.4. Системы воздушного отопления</p>	1
<p>10. Энергосбережение в промышленных и общественных зданиях и сооружениях</p> <p>10.1. Тепловые потери в зданиях и сооружениях.</p> <p>10.2. Тепловая изоляция зданий и сооружений.</p> <p>10.3. Энергетическая паспортизация зданий, мониторинг застроенных территорий и экспертиза проектов теплозащиты.</p> <p>10.4. Изоляционные характеристики остекления. Стеклопакеты</p>	1
<p>11. Энергосбережение и экология</p> <p>11.1. Экологические проблемы энергетики.</p> <p>11.2. Парниковый эффект</p>	1
<p>12. Приоритетные направления энергосберегающей политики в основных отраслях экономики страны</p> <p>12.1. Развитие отраслей топливно-энергетического комплекса.</p> <p>12.2. Энергосберегающие мероприятия в основных отраслях экономики.</p> <p>12.2.1. Промышленность.</p> <p>12.2.2. Сельское хозяйство.</p> <p>12.2.3. Строительный комплекс.</p> <p>12.2.4. Химическая и нефтехимическая отрасль.</p> <p>12.2.5. Энергетика.</p> <p>12.2.6. Жилищно-коммунальное хозяйство</p>	3
Всего	18

4. Перечень практических занятий

Наименование тем практических занятий, их содержание	Объем, ч
1. Прямое преобразование солнечной энергии в тепловую и электрическую	2
2. Изучение принципа преобразования энергии ветра в электрическую энергию	4
3. Изучение потерь энергии при транспортировании жидкостей и газов по трубопроводу	4
4. Цикл теплового насоса	2
5. Расчет экономической эффективности применения тепловых насосов	2
6. Расчет экономии электроэнергии в осветительных установках помещений при проведении энергетического аудита	2
7. Практическое занятие: исследование сравнительных характеристик электрических источников света	2
Всего	18

5. Учебно-методические материалы по дисциплине

1. Об энергосбережении: Закон Респ. Беларусь // Энергоэффективность. – 1998. – № 7. – С. 2 – 5.
2. О внесении дополнений и изменений в Кодекс Республики Беларусь об административных нарушениях: Закон Респ. Беларусь от 31 дек. 1999 г. № 350-3 // Энергоэффективность. – 2000. – № 1. – С. 2; Ведомости Нац. собрания Респ. Беларусь. – 2000.
3. Рациональное использование газа в энергетических установках: справ. руководство / Р.Б. Ахмедов и др. – Л.: Недра, 1990. – 423 с.
4. Энергосберегающие технологии газовой индустрии: аналитический альбом / под ред. проф. А.И. Гриценко. – М.: 1995. – 272 с.
5. Основы энергосбережения: учеб. пособие / Б.И. Врублевский [и др.]. – Гомель: Развитие, 2002. – 190 с.
6. Поспелова, Т.Г. Основы энергосбережения / Т.Г. Поспелова. – Минск: Теплопринт, 2000. – 350 с.
7. Ванюшин, Ю.Н. Утилизация тепла на компрессорных станциях магистральных газопроводов / Ю.Н. Ванюшин, В.И. Глушков. – М.: Недра, 1978. – 160 с.
8. Об утверждении Положения о Комитете по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 31 окт. 2001 г., № 1583 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2002. – № 105. – С. 29 – 32.
9. Об утверждении Положения о Министерстве энергетики Республики Беларусь: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 31 окт. 2001 г., № 1595 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2002. – № 107. – С. 44 – 47.
10. О дополнительных мерах по обеспечению эффективного использования топливно-энергетических ресурсов: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 2 июля 1997 г., № 819 // Собрание декретов, указов Президента и постановлений Правительства Республики Беларусь. – 1997. – № 20. – Ст. 706; Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2000. – № 69. – 5/3605.
11. О мерах по экономическому стимулированию деятельности субъектов хозяйствования, направленной на сокращение потребления топливно-энергетических ресурсов и освоение энергосберегающих технологий: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 31 марта 1998 г., № 504 // Собрание декретов, указов Президента и постановлений Правительства Республики Беларусь. – 1998. – № 10. – С. 72 – 75.

12. О порядке разработки, утверждения и пересмотра норм расхода топлива и энергии: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 16 окт. 1998 г., № 1582 // Собрание декретов, указов Президента Респ. Беларусь и постановлений Правительства Респ. Беларусь. – 1998. – № 29. – С. 53 – 54.

13. О порядке проведения энергетического обследования предприятий, учреждений и организаций: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 16 окт. 1998 г., № 1583 // Собрание декретов, указов Президента и постановлений Правительства Респ. Беларусь. – 1998. – № 29. – С. 55 – 56.

14. Об утверждении положения о порядке разработки и выполнения республиканских и региональных программ энергосбережения: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 11 нояб. 1998 г., № 1731 // НЭГ. – 1998. – № 49. – С. 6 – 8.

15. О проведении государственной комплексной экспертизы инвестиционных проектов: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 27 июля 1999 г., № 1150 // Собрание декретов, указов Президента и постановлений Правительства Респ. Беларусь. – 1999. – № 21. – С. 136 – 144.

16. О создании межведомственной комиссии по энергосбережению постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 21 окт. 1999 г., № 1630 // Собрание декретов, указов Президента и постановлений Правительства Респ. Беларусь. – 1999. – № 29. – С. 99 – 102.

17. О мерах по развитию малой энергетики: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 10 авг. 2000 г., № 1232 // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2000. – № 8. – С. 19 – 20; Энергоэффективность. – 2000. – № 9. – С. 2 – 7.

18. О продлении срока установки приборов учета топливно-энергетических ресурсов в некоторых котельных: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 25 окт. 2000 г., № 1650 // Собрание декретов, указов Президента и постановлений Правительства Респ. Беларусь. – 2000. – № 30. – С. 103 – 104; Энергоэффективность. – 2000. – № 10. – С. 4.

19. Об утверждении Положения о демонстрационных зонах высокой энергоэффективности Республики Беларусь: постановление Госкомэнергосбережения, 3 апр. 2000 г., № 1 // Энергоэффективность. – 2000. – № 5. – С. 2 – 3.

20. Положение о проведении энергетического обследования предприятий, учреждений и организаций, 26 нояб. 1999 г., № 88 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – Рег. № 8/749 от 17 авг. 1999 г.

21. Об утверждении Положения о единых государственных подходах к формированию и регулированию тарифов на тепловую энергию, вырабатываемую энергообеспечивающими организациями, не входящими в состав Белорусского государственного энергетического концерна, и отпускаемую ими на договорной основе юридическим лицам: постановление Министерства экономики Респ. Беларусь, 25 авг. 2000 г., № 170 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2000. – № 85. – С. 66 – 68.

22. Порядок определения трудозатрат на проведение работ по энергетическому обследованию, на разработку энергетических балансов и норм расхода топливно-энергетических ресурсов // Энергоэффективность. – 2000. – № 10. – С. 17 – 19.

23. Государственная научно-техническая программа «Энергосбережение». – Минск, 2000.

24. Внутренние санитарно-технические системы. Производство работ: П1-2000 к СНиП 2.04.01-85. – Минск, 2000.

25. Республиканская программа энергосбережения на 2001 – 2005 годы // Энергоэффективность. – 2001. – № 4. – С. 4 – 7; № 5. – С. 8 – 10; № 6. – С. 5 – 6.

РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ

Для оценки успешности обучения студентов дисциплине «Основы энергосбережения» используется рейтинговая система контроля в соответствии с «Положением о рейтинговой системе контроля успешности обучения студентов в Полоцком государственном университете» (автор Л.С. Туришев).

В соответствии с системой рейтингового контроля успешность обучения складывается из семестровой и итоговой составляющих. Семестровая составляющая состоит:

- из отношения студента к изучаемой дисциплине (отсутствие пропусков лекционных и практических занятий без уважительных причин, активная работа на занятиях, своевременность выполнения и защиты индивидуальных самостоятельных заданий). Добросовестное отношение студента оценивается в 250 баллов, в т.ч. 50 баллов за 100 %-ное посещение лекций, 50 баллов за 100 %-ное посещение практических занятий и 150 баллов за активную работу на занятиях, своевременность выполнения и защиты индивидуальных самостоятельных заданий;

- уровня знаний по результатам тестового контроля по материалу курса. Наивысшая оценка по результатам теста составляет 250 баллов. Изучение раздела курса считается успешным, если количество набранных при тестировании баллов составляет 200 и более;

- уровня умений по результатам письменных коллоквиумов № 1 и № 2. Наивысшая оценка по каждому коллоквиуму составляет 100 баллов. Выполнение коллоквиумов считается успешным, если студент выполняет задание каждого коллоквиума на 75 % и более;

- творческой активности при изучении курса (наличия научных публикаций и патентов, имеющих прямое отношение к изучаемой дисциплине, выполнения творческих заданий, изучения внепрограммных материалов и составления по ним рефератов и др.). Наивысшая оценка за творческую активность составляет 500 баллов. Конкретная оценка в зависимости от уровня творческих достижений устанавливается преподавателем, руководившим творческой деятельностью студента, и утверждается на заседании кафедры.

Итоговая составляющая отражает результаты итогового контроля в виде зачета. На зачет выносятся 2 вопроса из теоретического курса дисциплины и 1 – из практических заданий. Наивысшая оценка – 650 баллов, в т.ч. 250 баллов за каждый ответ на вопрос из теоретического курса и 150 баллов за решение задачи.

В случае успешного прохождения тестового контроля и двух коллоквиумов студент, по его желанию, освобождается на итоговом зачете от тестирования. При этом студенту засчитывается набранное количество баллов в семестровом контроле.

Сумма баллов, заработанных студентом в течение семестра и на зачете, образует рейтинг успешности обучения данной дисциплине в семестре. Изучение студентом дисциплины «Основы энергосбережения» считается успешным, если рейтинг составляет 600 баллов и более.

ВВЕДЕНИЕ

Беларусь – промышленно развитая страна, в которой еще в советские времена был создан достаточно мощный топливно-энергетический комплекс, который в настоящее время достаточно активно модернизируется. Но в силу ряда исторических причин Беларусь не в полной мере обеспечивает себя топливом и энергией за счет собственных природных ресурсов, приходится импортировать топливо и электроэнергию из других государств.

Основным центром добычи углеводородных энергоносителей как для Республики Беларусь, так и для других европейских государств является Западная Сибирь Российской Федерации.

Целью данного курса является изучение закономерностей сбережения и рационального использования тех видов энергии, которые возможно использовать в XXI столетии для нужд промышленных предприятий, автотранспорта и жилищного сектора. Рациональное использование энергоресурсов с наибольшей реализацией их технологических достоинств позволяет получить значительный экономический эффект.

Методический комплекс состоит из конспекта лекций и методических указаний к практическим занятиям, а также дан ориентировочный перечень вопросов, выносимых на зачет.

ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС

1. СУЩНОСТЬ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

- 1.1. Роль энергетики в развитии человеческого общества.
- 1.2. Эффективность использования и потребления энергии в различных странах и Республике Беларусь.
- 1.3. Сущность энергосбережения. Основные понятия в энергосбережении.

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 200 000 ТВт). Большее количество солнечной энергии расходуется на согревание атмосферы Земли (50 %), освещение планеты (30 %) и осуществление процессов кругооборота веществ на Земле (20 %) (рис. 1.1). Использование энергии человечеством растет в геометрической прогрессии. В 1990 г. оно составило около 12 ТВт, т.е. 30 % от ее общего количества, поглощаемого в процессе фотосинтеза.

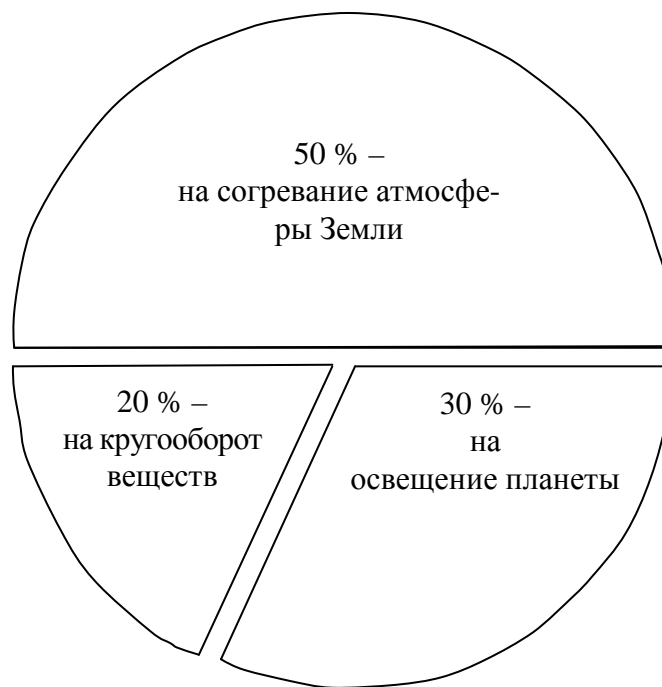


Рис. 1.1. Распределение на Земле поступающей от Солнца энергии

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 т.ч. и с пищей. Еще в глубокой древности человек научился перерабатывать энергию Солнца, сжигая биологическую материю (например, древесину или навоз). И в настоящее время миллионы людей используют эти важные источники энергии для приготовления пищи или обогрева жилища – первых жизненных потребностей человека.

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 человеческой деятельности на здоровье людей и окружающую среду.

В последние 25 лет все развитые страны мира перестали наращивать потребление первичной энергии на душу населения (рис. 1.2), обеспечив достаточно высокий уровень жизни своих граждан.

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 (телефона, телеграфа, телефакса, 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.

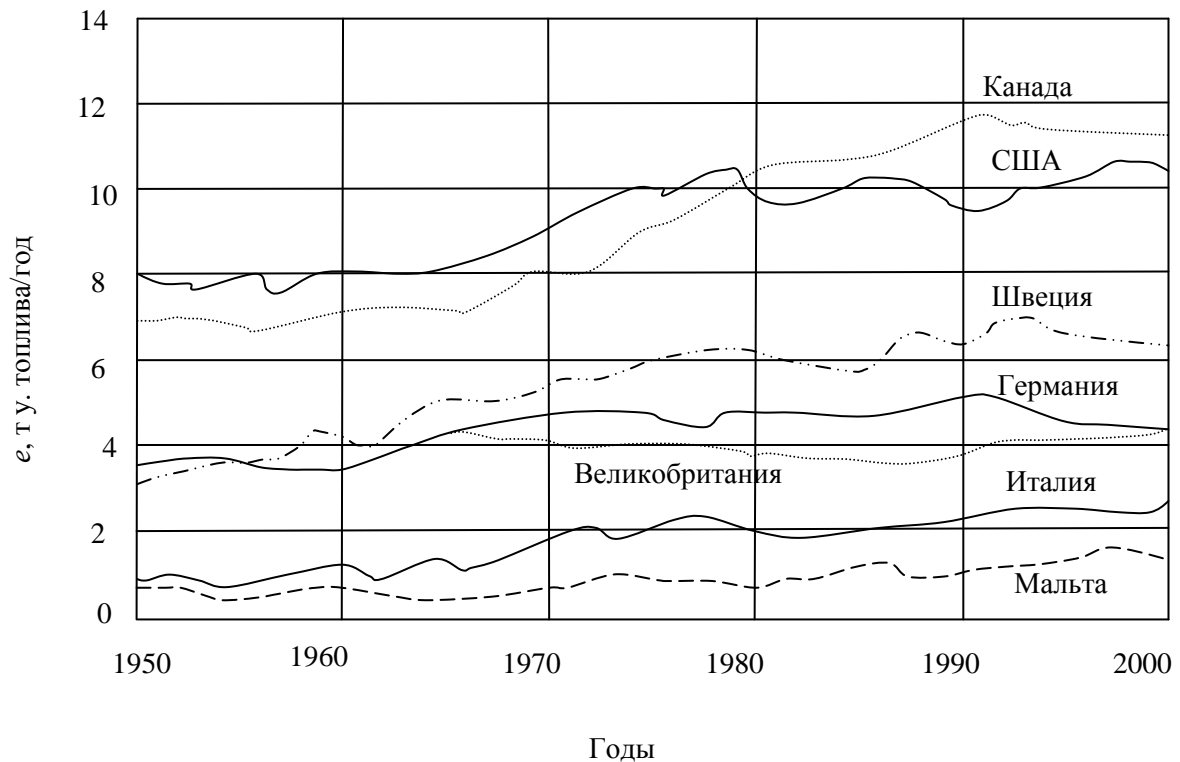


Рис. 1.2. Потребление энергии на душу населения в экономически развитых странах

На долю электроэнергетики в Республике Беларусь приходится примерно 15,8 % валовой продукции промышленности страны. Доля группы «А» в объеме потребительской продукции составляет около 75 %, группы «Б» – 25 %. 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 млрд кВт (2,4 ГВт), расположенная в Витебской области. Около 1 ГВт имеет мощность Березовская ГРЭС, меньшие – Смолевичская 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.

Поскольку при передаче электроэнергии на большие расстояния наблюдаются значительные ее потери, для рынка этого вида продукции харак-

терным 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 г. Беларусь импортировала 7,2 млрд кВтч электроэнергии. Небольшую часть вырабатываемой электроэнергии (128 млн кВтч) Беларусь экспортировала в Польшу и на Украину. С вводом в эксплуатацию в 2001 г. новой подстанции, двухцепной линии электропередачи в 110 кВ и новой 15-километровой высоковольтной линии в Бяло-Подляском воеводстве (Польша) будет осуществлено транспортирование электроэнергии из Беларуси на Запад.

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

Бурно развивающаяся экономика стран планеты Земля в XX в. требовала все больше затрат топливно-энергетических ресурсов. Добыча нефти, угля, газа с каждым годом возрастала. Эти источники казались неисчерпаемыми. 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 энергоресурсами (табл. 1.1). 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 %.

Таблица 1.1

Степень самообеспечения энергоресурсами в некоторых странах по годам, %

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

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 у.т., тогда как в странах ЕС – 0,81 кг. Правда, следует учитывать, что климат в нашей стране более холодный, что обуславливает и большой расход ТЭР на обогрев производственных зданий и жилищно-бытового сектора.

На состоявшемся в 1997 г. республиканском семинаре, посвященном проблеме энергосбережения, было отмечено, что энергоемкость валового внутреннего продукта в нашей стране составляет 165 т у.т. на 1 млрд руб., что в 4 – 5 раз выше, чем в странах ЕС.

Из табл. 1.2 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 кВтч электроэнергии, свинины – в 2,5 раза больше. Совокупный расход энергоресурсов в производстве 1 т зерна составляет 28 – 30 кг у.т.

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 допускаемому пределу. К тому же, 1 кВтч для села стоил 1 коп. Доходило дело до того, что колхозам и совхозам доводили план потребления энергии.

Таблица 1.2

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

Виды продукции	Единицы измерения	Удельный расход топлива, кг условного топлива		Удельный расход электроэнергии, кВтч	
		Беларусь	стандарт	Беларусь	стандарт
Кирпич	100 шт.	257,9	187,0	130,3	120,0
Цемент	1 т	253,7	137,0	97,2	130,0
Известь	1 т	275,3	153,0	55,0	10,0
Железобетон	1 м ³	60,0	12,0	26,0	15,0
Стеклоизделия	1 т	700,0	366,0	206,0	76,0
Молоко	1 000 л	17,1	21,4	21,0	17,0
Сахар	1 т	315,0	300,0	95,0	75,0
Синтетические волокна	1 т	1 715,0	1 010,0	3 468,0	1 500,0
Серная кислота (100 %)	1 т	4,2	12,8	150,0	55,0
Бумага (картон)	1 т	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 стоимости 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 %).

Нельзя сбрасывать со счетов и технологическое отставание нашего производства от производства Запада. До самого недавнего времени приоритет отдавался дальнейшему наращиванию мощностей, хотя для того, чтобы сэкономить какое-то количество энергоресурсов, требуется затратить в 2 – 3 раза меньше средств на действующих мощностях путем их модернизации (реконструкции) по сравнению с созданием новых. И, несмотря на все вышеизложенное, в результате осуществляемых с 1993 г. мер по энергосбережению, начиная с 1995 г., в Республике Беларусь обеспечено повышение валового внутреннего продукта (ВВП) на 36 % практически без прироста ТЭР (рис. 1.3). Энергоемкость ВВП за этот период снизилась на 28,2 % (рис. 1.4).

На рис. 1.5 приведена энергоемкость ВВП к 1995 г. в ряде стран. Видно, что в сопоставлении с другими странами энергоемкость ВВП в нашей стране меньше на 17 %, чем в Украине, и на 42 % меньше, чем в России, но в два с лишним раза больше, чем в Германии, и на 24 % больше,

чем в США. Это означает, что потенциал экономии топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в Беларуси огромен и составляет от 8 до 10 млн т топлива в условном исчислении или более чем 1/5 часть их общего потребления в год, а вообще он составляет примерно 40 – 45 % от потребленных ныне ТЭР.

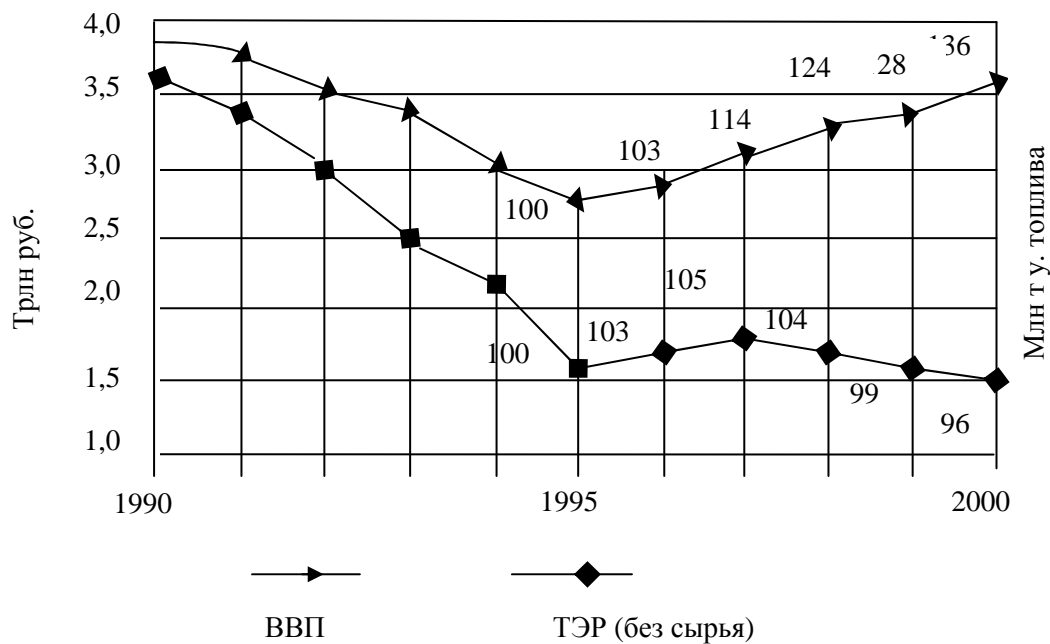


Рис. 1.3. Темпы роста ВВП и потребления ТЭР
(в % по отношению к 1995 г.)

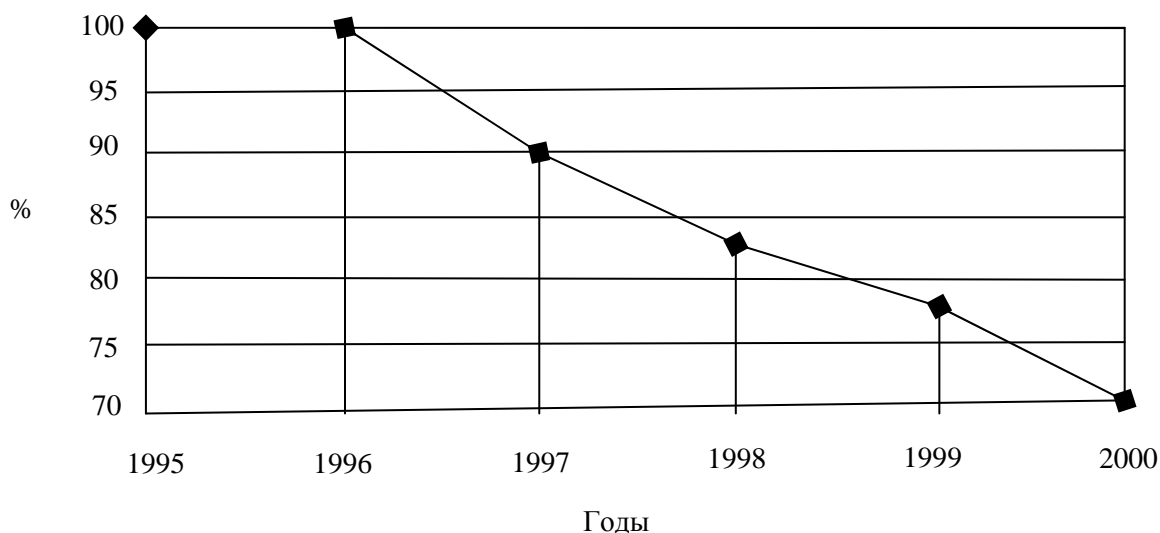


Рис. 1.4. Снижение энергоёмкости ВВП в Республике Беларусь
(в % к 1995 г.)

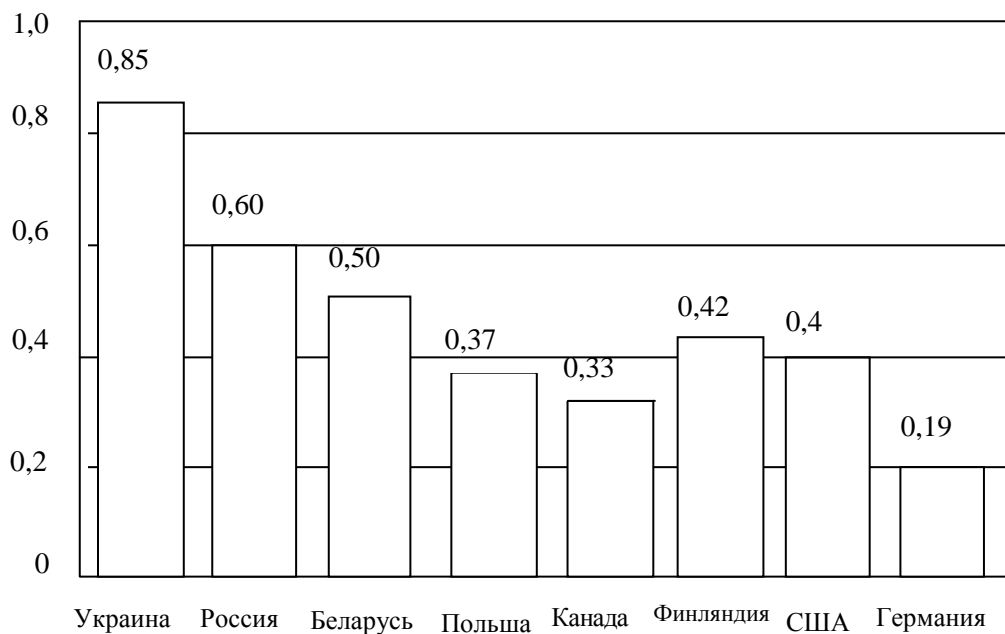


Рис. 1.5. Энергоемкость ВВП в 1995 г.

О значении этого резерва можно судить по следующему факту: если бы в Республике Беларусь удалось ввести его в действие или хотя бы мы могли сравняться по удельным энергозатратам с развитыми странами, то, как минимум, 10 лет мы могли бы не наращивать мощности наших электростанций и котельных.

Из сравнения энергоемкости обобщающего показателя валового национального продукта (ВНП) некоторых стран (табл. 1.3) видно, что наша республика входит в пятерку бывших союзных республик, имеющих наибольшую энергоемкость ВНП. По сравнению с Японией, имеющей самую низкую энергоемкость ВВП, в нашей стране этот показатель в 11,3 раза выше, чем в Японии, но в 1,3 раза ниже, чем в Украине, и в 1,2 раза, чем в России.

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

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

Поэтому энергосбережение является приоритетом государственной политики, важным направлением в деятельности всех без исключения субъектов хозяйствования и самым дешевым, 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, т.к. расходы на производство 1 т у.т. первичной энергии в 3 – 4 раза больше, чем на ее сбережение. И это подтверждается практикой. Так, в Гомельской области целенаправленная работа по энергосбережению в последние годы обусловила отдачу от каждого вложенного рубля в энергосбережение тремя рублями прибыли. От реализации энергосберегающих технологий в процессе производства напрямую зависит себестоимость продукции, а значит, и цена ее, которая напрямую влияет на уровень доходов и расходов населения, а следовательно, и на уровень его жизни.

Таблица 1.3

Сравнительные данные энергоемкости ВВП по отдельным странам за 1994 г.

Страна	ВВП на душу населения, USD	ТЭР на душу населения, т н. э.	Энергоемкость ВВП, кг н.э./ 1 USD	Потребление, МВт·ч/чел.
Литва	1 350	2,19	1,62	2,67
Украина	1 910	3,29	1,72	3,85
Беларусь	2 160	2,69	1,24	3,38
Латвия	2 320	1,76	0,76	2,50
Польша	2 410	2,56	1,06	2,54
Россия	2 650	4,04	1,52	5,78
Эстония	2 820	3,55	1,26	5,14
Чехия	3 200	3,90	1,22	5,87
Венгрия	3 840	2,46	0,64	3,02
Финляндия	18 850	5,95	0,32	12,90
Франция	23 420	3,84	0,164	8,29
Швеция	23 530	5,60	0,233	16,30
Германия	25 580	4,10	0,160	5,62
Дания	27 970	4,00	0,143	5,97
Швейцария	37 930	3,60	0,092	9,58
Канада	19 510	7,80	0,40	19,80
США	25 880	7,90	0,305	11,70
Япония	34 630	3,82	0,110	7,69

Существуют три основных направления энергосбережения:

1. Малокапитальные мероприятия по рационализации использования топлива и энергии, позволяющие сократить их потребность на 10 – 12 %.
2. Внедрение капиталоемких мероприятий: энергосберегающих технологий, процессов, аппаратов, оборудования, счетчиков. Это способствует снижению потребности в энергии на 25 – 30 %.
3. Структурная перестройка экономики, связанная с увеличением доли неэнергоемких отраслей в производстве ВВП.

1.3. Сущность энергосбережения. Основные понятия в энергосбережении

Энергетика – это топливно-энергетический комплекс страны, охватывающий получение, передачу, преобразование и использование различных видов энергии и энергетических ресурсов. Она является точкой пересечения энергетической, экономической и социальной составляющих общественного развития и регулирующим фактором в эколого-экономическом пространстве. Причем состояние отрасли и отдельных предприятий отражает, с одной стороны, состояние окружающей среды, с другой – уровень экономического развития и качества человеческого мышления.

Со второй половины XX в., в условиях научно-технической революции, потребности человеческого общества в различных видах энергии, главным образом электрической, быстро увеличиваются. Для получения ее во все более возрастающих масштабах используются не только уголь, нефть, природный газ, ядерное горючее. В последнее время все большее распространение получают такие нетрадиционные виды получения энергии, как ветровые электростанции, гидроэлектростанции на малых реках (ГЭС), солнечная энергия, биогазовые установки и др.

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

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

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

Вторичные энергетические ресурсы – энергия, получаемая в ходе любого технологического процесса в результате недоиспользования первичной энергии, в виде побочного продукта основного производства и не применяемая в этом технологическом процессе. Например, пар, который получается в технологических процессах после теплообменников, может быть использован для обогрева помещений.

Эффективное использование ТЭР – использование всех видов энергии экономически оправданными, прогрессивными способами при

существующем уровне развития техники и технологий и соблюдении законодательства.

Показатель эффективности – научно обоснованная абсолютная или удельная величина потребления ТЭР (с учетом их нормативных потерь) на производство единицы продукции (работы, услуг) любого назначения, установленная нормативными документами.

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

Пользователи ТЭР – субъекты хозяйствования независимо от форм собственности, зарегистрированные на территории Республики Беларусь в качестве юридических лиц или индивидуальных предпринимателей, осуществляющих свою деятельность без образования юридического лица, а также другие лица, которые в соответствии с законодательством Республики Беларусь имеют право заключать хозяйственные договоры, и граждане, использующие ТЭР.

Производители ТЭР – субъекты хозяйствования, независимо от формы собственности, зарегистрированные на территории Республики Беларусь в качестве юридических лиц, для которых любой из видов ТЭР, используемых в республике, является товарной продукцией.

Интенсификация энергосбережения является одним из узловых вопросов развития экономики, и суть ее заключается в использовании всего комплекса эффективных мероприятий, направленных на снижение удельных энергозатрат на производство продукции, повышение производительности труда.

Основные направления и мероприятия по экономии энергоресурсов:

- переход на энергосберегающие технологии производства, повышение уровня организации производства, сокращение материалоемкости выпускаемой продукции;
- совершенствование структуры энергетического оборудования, демонтаж и реконструкция устаревшего оборудования;
- разработка и внедрение более эффективных энергопотребителей (электроприводов и другого энергопотребляющего оборудования), совершенствование управления их режимами;
- сокращение потерь и повышение использования вторичных топливно-энергетических ресурсов;
- применение комбинированных энерготехнологических процессов.

Перечисленные мероприятия немислимы без соответствующих (в ряде случаев весьма значительных) капиталовложений. Учитывая трудности с инвестициями в народное хозяйство, необходимо прежде всего использовать меры, не связанные с большими капиталовложениями, т.е. в первую очередь необходимо снижать потери электро- и тепловой энергии.

2. ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

- 2.1. Восполняемые и невосполняемые энергетические ресурсы.
- 2.2. Виды топлива, характеристика и запасы их в Беларуси.
- 2.3. Условное топливо, соотношение и калорийность. Единицы измерения.
- 2.4. Топливо-энергетический комплекс Республики Беларусь.

2.1. Восполняемые и невосполняемые энергетические ресурсы

Энергетические ресурсы являются частью всей совокупности природных ресурсов и подразделяются на восполняемые и невосполняемые.

Восполняемыми, или **возобновляемыми**, источниками энергии называются источники, потоки энергии которых постоянно существуют или периодически возникают в окружающей среде и не являются следствием целенаправленной деятельности человека.

К восполняемым энергоресурсам относят энергию:

- *Солнца;*
- *мирового океана в виде энергии приливов и отливов, энергии волн;*
- *рек;*
- *ветра;*
- *морских течений;*
- *морских водорослей;*
- *вырабатываемую из биомассы;*
- *водостоков;*
- *твердых бытовых отходов;*
- *геотермальных источников.*

Недостатком возобновляемых источников энергии является низкая степень ее концентрации. Но это в значительной степени компенсируется широким распространением, относительно высокой экологической частотой и их практической неисчерпаемостью. Такие источники наиболее рационально использовать непосредственно вблизи потребителя без передачи энергии на расстояние. Энергетика, работающая на этих источниках, использует потоки энергии, уже существующие в окружающем пространстве, перераспределяет, но не нарушает их общий баланс.

Неиспользование потоков энергии возобновляемых источников приводит к ее безвозвратной потере, предопределяет несколько иной подход к оценке эффективности устройств, применяющих эти источники, по сравнению с устройствами, работающими на невозобновляемых ресурсах.

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 вырабатывается 10 % всей производимой в стране электроэнергии, в Германии (земля Шлезвиг-Гольштейн) – 14, Испании (провинция Наварра) – 22 %.

Основным сдерживающим фактором использования возобновляемых источников энергии в мире являются высокие первоначальные инвестиции в оборудование и инфраструктуру. Однако, по мнению 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, угля – почти втрое. Предполагается, что к 2100 г. 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 %.

К *невосполняемым* энергетическим ресурсам относят:

– *каменный уголь*, запасы которого в мире оцениваются в 10 – 12 трлн т;

– *нефть*, запасы которой распределены крайне неравномерно на Земле: на Ближнем и Среднем Востоке – 67 %, в Африке – 12,5, Юго-Восточной Азии и Дальнем Востоке – 3, Северной Америке – 9, Центральной и Южной Америке – 5,5, Западной Европе – 3 %. По уровню добычи нефти Россия занимает 3-е место в мире, уступая только Саудовской Аравии и США. В 1999 г. ею добыто 305 млн т.

Подавляющая часть нефти потребляется в Северной Америке, прежде всего в США, в индустриально развитых странах Западной Европы и Японии;

– *природный газ*, запасы которого характеризуются данными, приведенными в табл. 2.1. Как видно из этих данных, основные разведанные запасы газа в мире сосредоточены в России (32 %), Иране (15,7 %), Катаре (6 %). Добыча газа в России составляет 25,1, в США – 24,1, Канаде – 8,1 % от мировой. Владельцами крупных газовых месторождений также являют-

ся Казахстан, Туркменистан, Ирак, Саудовская Аравия, Объединенные Арабские Эмираты, Египет, Алжир, Ливия. Активно осваиваются газовые шельфы в Северном и Норвежском морях. Суммарные запасы природного газа здесь превышают российские.

Таблица 2.1

Доказанные запасы газа в мире

Регионы и страны	Запасы на 1 января 2000 г.	
	млрд м ³	%
Северная Америка	7 305,1	5,0
в т.ч. США	4 645,1	3,2
Центральная и Южная Америка	6 304,8	4,3
в т.ч. Венесуэла	4 035,2	2,7
Ближний и Средний Восток	49 533,4	33,8
в т.ч.: Абу-Даби	5 553,0	3,8
Иран	23 002,0	15,7
Катар	8 495,1	5,8
Саудовская Аравия	5 776,7	3,9
Африка	11 161,6	7,6
в т.ч.: Алжир	4 522,2	3,1
Нигерия	3 511,3	2,4
Западная Европа	7 108,8	4,9
в т.ч.: Нидерланды	1 771,0	1,2
Норвегия	3 847,0	2,6
Восточная Европа и СНГ	54 916,7	37,5
в т.ч. Россия	46 900,0	32,0
Юго-Восточная Азия и Австралия	10 292,5	6,9
в т.ч.: Китай	1 367,7	1,5
Малайзия	2 313,5	1,4
Индонезия	2 046,4	
Всего	146 622,8	100,0

На начало 2000 г. месторождения нефти и газа были открыты более чем в 90 странах мира. Разведанные запасы газа в мире составляют 146,6 трлн м³, нефти – 138,6 млрд т. Доля газа в топливно-энергетическом комплексе мира составляет в настоящее время 22 %, в России, в которой открыто 769 месторождений, разведанные запасы к началу 2000 г. насчитывали 46,9 трлн м³, – более 50 %

Из общего объема добываемого газа в России на долю ОАО «Газпром» приходится 94 % в России и 23 % в мировой добыче. Протяженность газовых магистралей России составляет свыше 150 тыс. км. Являясь крупнейшей газодобывающей компанией, «Газпром» производит около 8 % ВВП страны и обеспечивает до 25 % всех налоговых поступлений в федеральный бюджет.

2.2. Виды топлива, характеристика и запасы их в Беларуси

По определению Д.И. Менделеева, «*топливом называется горючее вещество, умышленно сжигаемое для получения теплоты*». Минеральное топливо – основной источник энергии в современном хозяйстве и важнейшее промышленное сырье. Переработка минерального топлива является базой формирования промышленных предприятий, в т.ч. нефтехимических, газохимических, торфобрикетных и т.п.

Топливо подразделяют на следующие четыре группы:

- *твердое;*
- *жидкое;*
- *газообразное;*
- *ядерное.*

Самым первейшим видом твердого топлива были (а во многих местах остаются и в настоящее время) древесина и другие растения: солома, камыш, стебли кукурузы и т.п.

Первая промышленная революция, которая в XIX в. полностью преобразовала аграрные страны Европы, а затем и Америку, произошла в результате перехода от древесного топлива к ископаемому угольному. Потом пришла эра электричества.

Открытие электричества оказало огромное влияние на жизнь человечества и обусловило зарождение и рост крупнейших городов мира.

Применение нефти (жидкий вид топлива) и природного газа в сочетании с развитием электроэнергетики, а затем и освоение энергии атома позволили промышленно развитым странам осуществить грандиозные преобразования, итогом которых стало формирование современного облика Земли.

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 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 пра-

вило, повышенной прочностью и меньшей пористостью. Органическая масса наиболее старых из них – *антрацитов* – претерпела наибольшие изменения и на 93 % состоит из углерода. 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. Залежи горючих сланцев в Беларуси находятся на юге республики (Туровское месторождение в Гомельской области, Любанское – в Солигорском и Любанском районах Минской области). 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.

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 %, $t_k = 30 - 180^\circ\text{C}$);
- керосиновую (около 17 %, $t_k = 120 - 135^\circ\text{C}$);
- дизельную (около 18 %, $t_k = 180 - 350^\circ\text{C}$).

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 (*попутный газ*). Основным компонентом природного газа является метан CH_4 и в небольшом количестве азот N_2 , высшие углеводороды C_nH_m , диоксид углерода CO_2 . Попутный газ содержит меньше метана, чем природный, но больше высших углеводородов, и поэтому выделяет при сгорании больше теплоты.

Широкое распространение в промышленности и особенно в быту находит *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 перегонки (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 анаэробной 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 т 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 250 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.

В Республике Беларусь собственные топливно-энергетические ресурсы представлены древесиной, нефтью, торфом, бурым углем, горючими сланцами. Общие запасы древесины в стране оцениваются примерно в 1 093,2 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, в первую очередь газа, на древесное топливо, особенно на отходы деревообработки, переходит все больше субъектов хозяйствования.

Основной нефтегазоносной территорией Беларуси является Припятский прогиб. Известно 55 месторождений нефти, в т.ч. 53 – в Гомельской и 2 – в Могилевской областях. 33 месторождения разрабатываются, крупнейшее из которых – Речицкое – эксплуатируется с 1965 г.

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 «Беларуснефть» – единственное нефтедобывающее республиканское унитарное предприятие – имеет 508 эксплуатационных скважин на 63 месторождениях нефти. Бурением пройдено 18,531 млн м горных пород. Разведанные запасы нефти составляют около 80 млн т, газоконденсата – 0,44 млн т, попутного газа – 9 734 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 9 000 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, 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.

В настоящее время наиболее изученными являются неогеновые угли (залегают на глубине 20 – 80 м) трех месторождений: Житковичского, Бриневского 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.). В последние годы на юге Беларуси (Лельчицкий район) открыто относительно большое ме-

сторожение – Букчинское, которое в будущем может иметь промышленное значение.

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

Прогнозируемые объемы годовой добычи местных видов топлива составляют:

- нефть, млн т: 2000 г. (факт) – 1,84; 2005 г. – 1,55; 2010 г. – 1,29; 2015 г. – 1,102;
- попутный газ, млн м³: 2005 г. – 230; 2010 г. – 210; 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.

Имеющиеся запасы бурых углей в объеме 151,6 млн т пригодны для использования после брикетирования с торфом, однако их добыча нецелесообразна, т.к. экологический ущерб превысит полученные результаты.

Нецелесообразна и добыча горючих сланцев в объеме имеющихся запасов (11 млрд т), поскольку стоимость получаемых продуктов выше мировых цен на нефть.

2.3. Условное топливо, соотношение и калорийность.

Единицы измерения

Экономические расчеты, сравнение показателей топливоиспользующих устройств друг с другом и планирование необходимо осуществлять на единой базе. Поэтому введено понятие так называемого условного топлива.

Условное топливо представляет собой единицу учета органического топлива, применяемую для сопоставления эффективности различных видов топлива и суммарного учета. Использование условного топлива особенно удобно для сопоставления экономичности различных теплоэнергетических установок.

В качестве единицы условного топлива применяется 1 кг топлива с теплотой сгорания 7 000 ккал/кг (29,3 МДж/кг), что соответствует хорошему малозольному сухому углю. Для сравнения укажем, что бурые угли имеют теплоту сгорания менее 24 МДж/кг, а антрациты и каменные угли – 23 – 27 МДж/кг. Соотношение между условным топливом и натуральным выражается формулой

$$B_m = (Q_n^p / 7\,000) B_n = \varepsilon B_n,$$

где B_m – масса эквивалентного количества условного топлива, кг;

B_n – масса натурального топлива, кг (твердое и жидкое топливо) или м^3 (газообразного);

Q_n^p – низшая теплота сгорания данного натурального топлива, ккал/кг или ккал/ м^3 соответственно.

Соотношение $\mathcal{E} = Q_n^p / 7\,000$ называется *калорийным коэффициентом*, и его принимают:

- для нефти – 1,43;
- природного газа – 1,15;
- торфа – 0,34 – 0,41 (в зависимости от влажности);
- торфобрикетов – 0,45 – 0,6 (в зависимости от влажности);
- дизтоплива – 1,45;
- мазута – 1,37.

Теплотворная способность различных видов топлива составляет примерно:

- нефть – 42,00 МДж/кг;
- природный газ – 33,60 МДж/ м^3 ;
- каменный уголь – 29,40 МДж/кг;
- дрова влажностью 10 % – 16,38 МДж/кг;
40 % – 10,08 МДж/кг;
- торф влажности 10 % – 17,20 МДж/кг;
40 % – 10,50 МДж/кг.

2.4. Топливо-энергетический комплекс Республики Беларусь

Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) Республики Беларусь представляет собой сложную совокупность больших, непрерывно развивающихся производственных систем для получения, преобразования, распределения и использования природных энергетических ресурсов и энергии всех видов. В Республики Беларусь он включает предприятия по добыче (нефть, торф, попутный газ), заготовке (дрова), закупке недостающих полезных ископаемых, транспортировке газа, преобразованию их в электро- или тепловую энергию и распределению по потребителям.

Установленная мощность всех энергоисточников страны составляет более 7,8 млн кВт. Это достаточно для обеспечения потребителей республики электроэнергией, которую вырабатывают 23 электростанции. Общий объем электро- и теплопотребления, достигший своего пика в 1990 – 1991 гг. и составивший соответственно 49 млрд кВтч и 112 Гкал, на протяжении последних лет неуклонно снижался, достигнув минимума (32 млрд кВтч и

72,1 Гкал) в 1996 г. С 1997 г. отмечается подъем электро- и теплопотребления (табл. 2.2).

В 1999 г. за счет местных, возобновляемых нетрадиционных и вторичных ресурсов было обеспечено более 15 % (5,2 млн т у.т.) суммарной потребности республики в энергоносителях.

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

Таблица 2.2

Динамика электро- и теплопотребления (по данным Мирового банка)

Объем потребления	Годы						
	1990	1991	1996	1997	2000	2005	2010
Электроэнергия, млрд кВтч	49	49,2	32,12	33,8	36,9	43,7	52,8
Теплоэнергия, Гкал	112	116	72,1	72,3	73	80	90

В топливно-энергетический комплекс Республики Беларусь входит Министерство энергетики, которому подчинены:

- ОАО «Белтрансгаз»;
- 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.

- Государственное производственное объединение «Белоруснефть».

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 и 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 практически вся добыча нефти и попутного газа, извлекаемых в Республике Беларусь. Лимит добычи нефти на территории Республики Беларусь установлен в объеме 1 850,5 тыс. т в год. Концерном совместно с производственным объединением «Беларуснефть» 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 ОАО «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 г. 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», а в последствии открытым акционерным обществом. 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 г. объем газа, 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.

«Белтрансгаз» эксплуатирует 6,4 тыс. км газопроводов диаметром от 100 до 1 400 мм. Подача природного газа потребителям республики обес-

печивается 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, которые в определенной мере обеспечивают удовлетворение неравномерного сезонного спроса на газ хозяйствующих субъектов.

В настоящее время природный газ составляет 74 % 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 электро- 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.

Большие перспективы дает нашей стране и построенный российский газопровод «Ямал-Европа», который проходит через нашу территорию. После ввода его в эксплуатацию наша страна получает бесплатно за транзит от «Газпрома» России порядка 18 млрд м³ газа. В соответствии с прогнозом потребления электроэнергии ожидается потребность в ней в 2015 г. в размере 41 – 45 млрд кВтч 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 г. 8,3 – 9,0 млн кВт, к 2015 г. – 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 «Белтонгаз» был создан в 1992 г. 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, 3 700 предприятий промышленности, энергетики, сельского и коммунального назначения. Концерн отвечает за производство топливных брикетов, других видов топлива.

Несмотря на имеющиеся многочисленные проблемы и трудности материальная база энергосистемы страны будет обновляться и дальше с использованием энергосберегающих технологий. В настоящее время выполнена реконструкция Брестской (с увеличением мощности в 4 раза) и двух Минских ТЭЦ (ТЭЦ-3, ТЭЦ-5), Гомельской ТЭЦ-3. В ближайшей перспективе предстоит заменить часть оборудования на Лукомльской ГРЭС и реконструировать Березовскую, которой отведена большая роль в реализации специального международного проекта по экспорту электроэнергии на Запад. Совместно с россиянами в ближайшие 5 лет предполагается провести полную реконструкцию этой второй по значимости станции, в результате чего мощность ее будет увеличена на 350 МВт. При этом значительно сократится расход топлива на выработку электроэнергии, которая станет конкурентоспособной на мировом рынке.

Осуществление этого проекта предполагает большую выгоду и России, и Беларуси.

Придавая важное значение развитию малой энергетики, Совет Министров Республики Беларусь 10 августа 2000 г. принял постановление № 1 232 «О мерах по развитию малой энергетики в Республики Беларусь», которым была одобрена Программа развития электрогенерирующих мощностей на основе паротурбинных, газотурбинных и парогазовых установок с созданием малых ТЭЦ в республике в 2000 – 2005 гг. Целью программы является обеспечение повышения энергетического производства на базе развития в республике малых ТЭЦ. Поставлены три задачи:

- организация работы по выявлению потенциала развития электрогенерирующих мощностей в республике на базе паротурбинных, парогазовых и газотурбинных установок;
- определение подходов и реализация имеющегося потенциала, объемов и источников инвестирования в создание малых ТЭЦ;
- разработка планов ввода электроэнергетического оборудования в котельных на 2000 г. и порядка осуществления этой работы в последующие годы.

Программа предусматривает создание высокоэкономичных малых ТЭЦ, оборудованных паротурбинными (ПТУ), газотурбинными (ГТУ) и парогазовыми (ПГУ) установками, обеспечивающими выработку электроэнергии по теплофикационному циклу с минимальными расходами топлива.

Прогнозируемые показатели развития нетрадиционной энергетики и использования вторичных ресурсов в предстоящий период:

- производство гидроэнергии экономически целесообразно 250 МВт с выработкой 0,8 – 0,9 млрд кВтч, что равнозначно 250 тыс. т у.т./год;

- выработка электроэнергии на ветроустановках по экспертным оценкам не превысит 200 – 300 млн. кВтч/год, а экономически целесообразный уровень получения энергии этим способом требует дополнительных исследований;

- использование биомассы к 2015 г. по экспертным оценкам может дать 250 – 300 тыс. т у.т.;

- потенциал отходов растениеводства составляет 1,5 млн т у.т./год;

- потенциальная энергия твердых бытовых отходов равноценна 450 тыс. т у.т. Экономически целесообразный уровень использования их путем переработки с целью получения газа составляет 100 – 120 тыс. т у.т.;

- потенциал выхода вторичных тепловых энергоресурсов составляет 17,9 млн Гкал/год, используется 2,7 млн Гкал, технически возможно – до 10 млн Гкал/год;

- общий выход горючих отходов оценивается в 0,8 млн т у.т. в год, используется 277,5 тыс. т у.т./год, или 48 %, планируется к 2015 г. довести уровень утилизации их до 85 %.

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.

3. ВИДЫ И СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ, ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ

3.1. Энергия и ее виды.

3.2. Способы получения и преобразования энергии.

3.3. Электрические и тепловые нагрузки и способы их регулирования.

3.4. Прямое преобразование солнечной энергии в тепловую и электрическую.

3.5. Ветроэнергетика.

3.6. Гидроэнергетика.

3.7. Биоэнергетика.

- 3.8. Транспортирование тепловой и электрической энергии.
 - 3.8.1. Транспортирование тепловой энергии.
 - 3.8.2. Транспортирование электрической энергии.
- 3.9. Энергетическое хозяйство промышленных предприятий.

3.1. Энергия и ее виды

Энергия (от греч. *energeie* – действие, деятельность) представляет собой общую количественную меру движения и взаимодействия всех видов материи. Это способность к совершению работы, а работа совершается тогда, когда на объект действует физическая сила (давление или гравитация). *Работа* – это энергия в действии.

Во всех механизмах при совершении работы энергия переходит из одного вида в другой. Но при этом нельзя получить энергии одного вида больше, чем другого, при любых ее превращениях, т.к. это противоречит закону сохранения энергии.

Различают следующие виды энергии: механическая, электрическая, тепловая, магнитная, атомная.

Электрическая энергия является одним из совершенных видов энергии. Ее широкое использование обусловлено следующими факторами:

- получением в больших количествах вблизи месторождения ресурсов и водных источников;
- возможностью транспортировки на дальние расстояния с относительно небольшими потерями;
- способностью трансформации в другие виды энергии: механическую, химическую, тепловую, световую;
- отсутствием загрязнения окружающей среды;
- внедрением на основе электроэнергии принципиально новых прогрессивных технологических процессов с высокой степенью автоматизации.

Тепловая энергия широко используется на современных производствах и в быту в виде энергии пара, горячей воды, продуктов сгорания топлива.

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

- на тепловой электрической станции (ТЭС) – тепловая;
- гидроэлектростанции (ГЭС) – механическая (энергия движения воды);

- гидроаккумулирующей станции (ГАЭС) – механическая (энергия движения предварительно наполненной в искусственном водоеме воды);
- атомной электростанции (АЭС) – атомная (энергия ядерного топлива);
- приливной электростанции (ПЭС) – приливов.

В Республике Беларусь более 95 % энергии вырабатывается на ТЭС, которые по назначению делятся на два типа:

- конденсационные тепловые электростанции (КЭС), предназначенные для выработки только электрической энергии;
- теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), на которых осуществляется комбинированное производство электрической и тепловой энергии.

3.2. Способы получения и преобразования энергии

Тепловая электростанция включает комплекс оборудования, в котором внутренняя химическая энергия топлива (твердого, жидкого или газообразного) превращается в тепловую энергию воды и пара, преобразующуюся в механическую энергию вращения, которая и вырабатывает электрическую энергию. Схема выработки электроэнергии на ТЭС представлена на рис. 3.1.

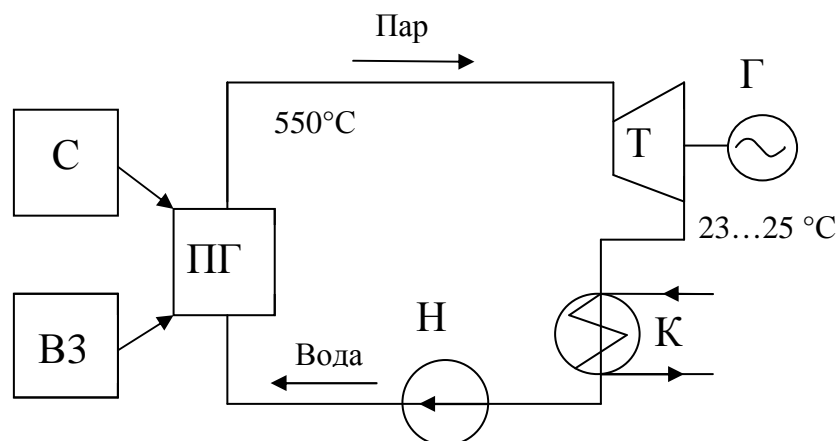


Рис. 3.1. Схема работы ТЭС

Как видно из представленной схемы, поступающее со склада (С) в парогенератор (ПГ) топливо при сжигании выделяет тепловую энергию, которая, нагревая подведенную с водозабора (ВЗ) воду, преобразует ее в энергию водяного пара с температурой 550 °С. В турбине (Т) энергия водяного пара превращается в механическую энергию вращения, передающуюся на

генератор (Г), который превращает ее в электрическую. В конденсаторе пара (К) отработанный пар с температурой 23 – 25 °С отдает скрытую теплоту парообразования охлаждающей его воде и с помощью циркулярного насоса (Н) в виде конденсата вновь подается в котел-парогенератор.

Схема ТЭЦ отличается от ТЭС тем, что взамен конденсатора устанавливается теплообменник, где пар при значительном давлении нагревает воду, подаваемую в главные тепловые магистрали.

Котельная установка представляет собой комплекс устройств для получения водяного пара под давлением или горячей воды. Она состоит из котлоагрегата и вспомогательного оборудования, газо- и воздухопроводов, трубопроводов пара и воды с арматурой, тягодутьевых устройств и др.

Районные, или производственные, котельные предназначены для централизованного теплоснабжения жилищно-коммунального хозяйства или самого предприятия. С вводом в действие ТЭЦ некоторые из них остались без дела и могут использоваться как резервные и пиковые, и тогда их называют резервнопиковыми.

Газотурбинная установка – это двигатель, в лопаточном аппарате которого потенциальная энергия газа преобразуется в кинетическую энергию и затем частично превращается в механическую работу, которая преобразуется в электрическую энергию.

В простейшей газотурбинной установке постоянного горения (рис. 3.2) воздух, сжатый до некоторого давления в компрессоре, поступает в камеру сгорания, где его температура повышается за счет сжигания топлива, подающегося топливным насосом при постоянном давлении.

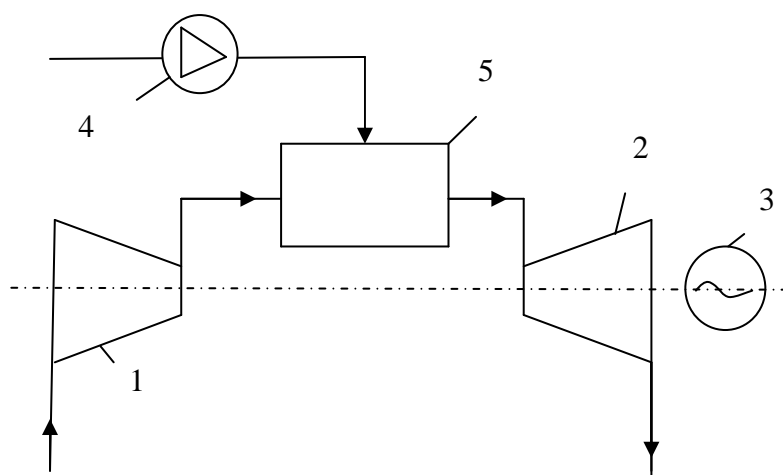


Рис. 3.2. Схема газотурбинной установки с подводом тепловой энергии при $p = \text{const}$:

1 – воздушный компрессор; 2 – газовая турбина; 3 – электрогенератор; 4 – топливный насос; 5 – камера сгорания

Продукты сгорания под давлением и при высокой температуре подводятся к турбине, в которой совершается работа расширения газа. При этом давление и температура падают. Далее продукты сгорания выбрасываются в атмосферу.

Парогазовая установка – это турбинная теплосиловая установка, в тепловом цикле которой используются два рабочих тела – водяной пар и дымовые газы, поступающие из котлоагрегата.

Поступающий из атмосферы в компрессор (рис. 3.3) воздух сжимается с повышением температуры и подается в камеру сгорания, в которую при помощи топливного насоса и впрыскивается топливо. В камере сгорания происходит горение топлива, а образующиеся газы поступают в газовую турбину, где и совершается работа.

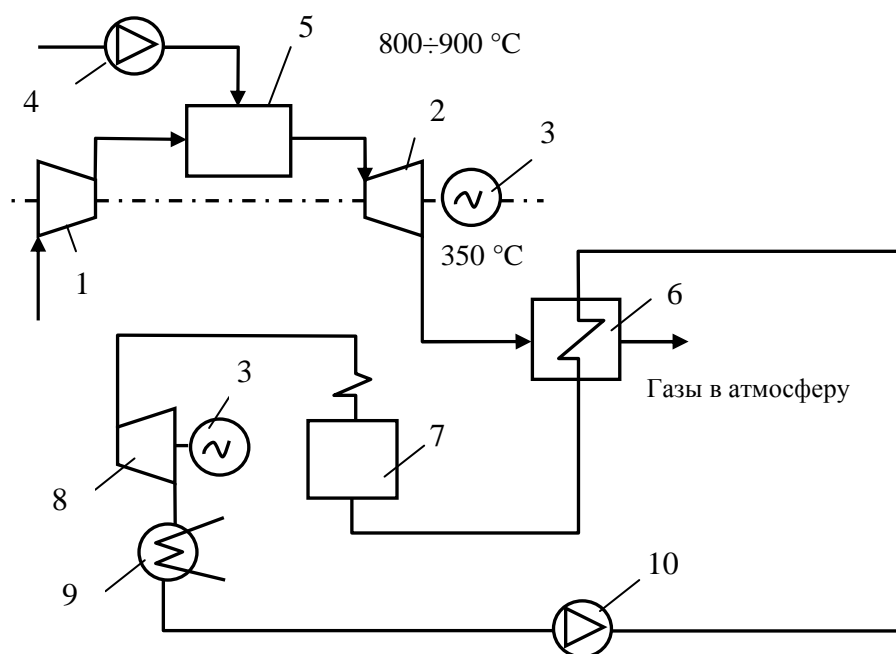


Рис. 3.3. Схема парогазовой установки:

1 – воздушный компрессор; 2 – газовая турбина; 3 – электрогенератор; 4 – топливный насос; 5 – камера сгорания; 6 – подогреватель; 7 – котел; 8 – паровая турбина; 9 – конденсатор водяного пара; 10 – питательный насос

Отработанные газы с температурой 350 °C и пониженным давлением поступают в подогреватель, где отдают часть теплоты для подогрева питательной воды, поступающей в котел и, охладившись при этом, сбрасываются в атмосферу. Питательная вода используется в котле для получения пара, который поступает в паровую турбину с температурой 540 °C. В ней пар расширяется, производя техническую работу. Отработанный в турбине пар поступает в конденсатор, в котором конденсируется, а образовавшийся

конденсат при помощи насоса направляется сначала в подогреватель, где воспринимает тепло отработавших в газовой турбине газов, а затем в паровой котел. Расходы пара и газа подбираются таким образом, чтобы вода воспринимала максимальное количество теплоты газов. Термический КПД – свыше 60 %.

О том, насколько эффективно внедрение паротурбинных установок, показывает внедрение в Витебском производственном объединении «Витязь» двух паротурбинных установок, которые способны вырабатывать 1 500 кВт электроэнергии (по 750 кВт каждая) и ежемесячно экономить до 30 тыс. дол. на покупку энергии. Срок окупаемости проекта – чуть больше года.

Гидроэлектростанция представляет собой комплекс гидротехнических сооружений и энергетического оборудования, посредством которых энергия водных потоков или расположенных на относительно более высоких уровнях водоемов преобразуется в электрическую энергию.

Технологический процесс получения электроэнергии на ГЭС включает:

- создание разных уровней воды в верхнем и нижнем бьефах;
- превращение энергии потока воды в энергию вращения вала гидравлической турбины;
- превращение гидрогенератором энергии вращения в энергию электрического тока.

Гидроаккумулирующая электростанция представляет собой такую гидроэлектростанцию, в которой поступление воды в водоем верхнего бьефа обеспечивается искусственно, посредством насосов, работающих за счет электроэнергии из системы. Она оборудована, кроме турбин, насосами (помпами) или только турбинами, которые могут работать в режиме помп (обратные турбины) для подъема воды в часы малых нагрузок в энергосистеме с нижнего бьефа в водохранилище верхнего бьефа за счет подключения к энергосистеме. При больших нагрузках ГАЭС работают как обычные ГЭС.

Тепловые схемы АЭС зависят от типа реактора, вида теплоносителя, состава оборудования и могут быть одно-, двух-, и трехконтурными.

Схема выработки электроэнергии на *одноконтурной* АЭС представлена на рис. 3.4. Пар вырабатывается непосредственно в реакторе и поступает в паровую турбину. Отработанный пар конденсируется в конденсаторе, и конденсат подается насосом в реактор. Схема проста, экономична. Однако пар (рабочее тело) на выходе из реактора становится радиоактивным, что предъявляет повышенные требования к биологической защите и затрудняет проведение контроля и ремонта оборудования.

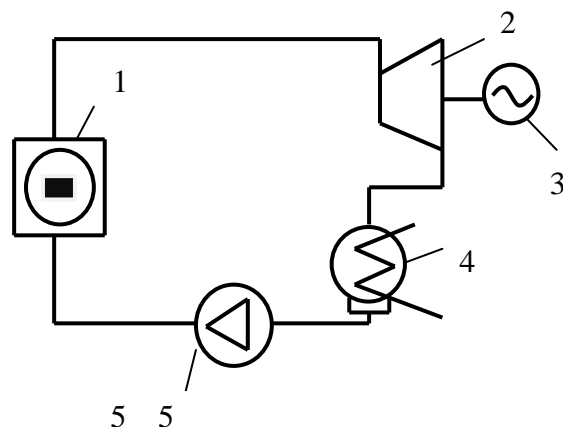


Рис. 3.4. Тепловая схема простейшей одноконтурной атомной электростанции:

1 – атомный реактор; 2 – турбина; 3 – электрогенератор; 4 – конденсатор водяных паров; 5 – питательный насос

В *двухконтурных* схемах производства электроэнергии на АЭС имеется два самостоятельных контура (рис. 3.5) – теплоносителя и рабочего тела. Общее оборудование у них – парогенератор, в котором нагретый в реакторе теплоноситель отдает свою теплоту рабочему телу и при помощи циркуляционного насоса возвращается в реактор.

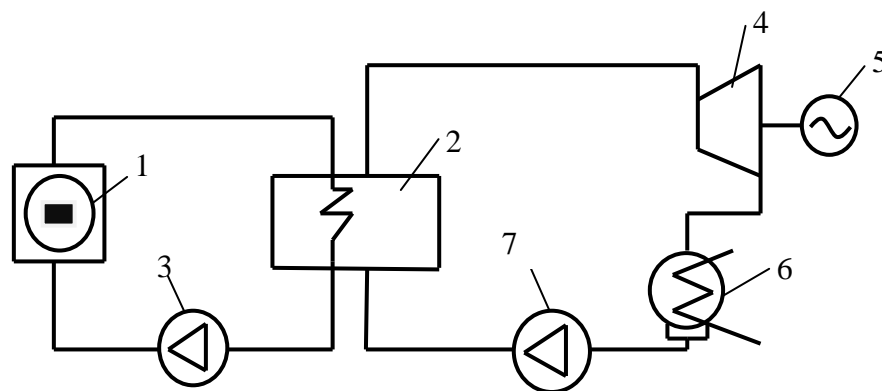


Рис. 3.5. Тепловая схема простейшей двухконтурной атомной электростанции:

1 – атомный реактор; 2 – теплообменник-парогенератор; 3 – главный циркуляционный насос; 4 – турбина; 5 – электрогенератор; 6 – конденсатор водяных паров; 7 – питательный насос

Давление в первом контуре (контуре теплоносителя) значительно выше, чем во втором. Полученный в теплогенераторе пар подается в турбину, совершает работу, затем конденсируется, и конденсат питательным насосом подается в парогенератор. Хотя парогенератор усложняет уста-

новку и уменьшает ее экономичность, но препятствует радиоактивности во втором контуре.

В *трехконтурной* схеме теплоносителями первого контура служат жидкие металлы (например, натрий). Радиоактивный натрий из реактора поступает в теплообменник промежуточного контура с натрием, которому отдает теплоту, и возвращается в реактор. Давление натрия во втором контуре выше, чем в первом, что исключает утечку радиоактивного натрия. В промежуточном втором контуре натрий отдает теплоту рабочему телу (воде) третьего контура. Образовавшийся пар поступает в турбину, совершает работу, конденсируется и поступает в парогенератор.

Трехконтурная схема требует больших затрат, но обеспечивает безопасную работу реактора.

Отличие ТЭС от АЭС состоит в том, что источником теплоты на ТЭС является паровой котел, в котором сжигается органическое топливо; на АЭС – ядерный реактор, в котором теплота выделяется делением ядерного топлива, обладающего высокой теплотворной способностью (в миллионы раз выше, чем органическое топливо). Один грамм урана содержит $2,6^{10}$ ядер, при делении которых выделяется 2 000 кВтч энергии. Для получения такого же количества энергии нужно сжечь более 2 000 кг угля.

Однако при эксплуатации АЭС образуется большое количество радиоактивных веществ в топливе, теплоносителе, конструкционных материалах. Поэтому АЭС является источником радиационной опасности для обслуживающего персонала и проживающего вблизи населения, что повышает требования к надежности и безопасности ее эксплуатации.

Теплоэлектростанция (ТЭС) – это тепловая электростанция, вырабатывающая не только электрическую энергию, но и тепло, отпускаемое потребителям в виде пара и горячей воды для коммунально-бытового потребления. При такой комбинированной выработке тепловой и электрической энергии в тепловую сеть отдается теплота отработавшего в турбинах пара (или газа), что приводит к снижению расхода топлива на 25 – 30 % по сравнению с отдельной выработкой энергии на КЭС или ГРЭС (государственные районные электростанции) и теплоты в районных котельных.

3.3. Электрические и тепловые нагрузки и способы их регулирования

По видам потребления различают **пять групп** электрических и тепловых нагрузок:

- промышленная нагрузка;

- коммунально-бытовое потребление;
- электрический транспорт;
- уличное освещение;
- сельскохозяйственные нужды.

Промышленная нагрузка за счет одно- и двухсменных режимов работы предприятий снижается в ночное и вечернее время. Коммунально-бытовое потребление значительно в утреннее и вечернее время, вечерний пик более продолжительный. Транспортные перевозки имеют пики в утренние и вечерние часы. Уличное освещение имеет максимум в ночные часы. Сельскохозяйственные графики потребления достаточно равномерны с сезонным изменением его величины.

В связи со значительной неравномерностью электрической нагрузки в течение суток важной задачей является рациональное покрытие относительно кратковременных, но значительных пиков нагрузки. Суммарный график нагрузок получают путем почасового сложения нагрузок всех потребителей для типично зимних и типично летних месяцев. Зимний график имеет два пика (рис. 3.6), летний – один (рис. 3.7), что объясняется более длительным световым днем (освещение включается после окончания работы на односменных предприятиях и снижения транспортных перевозок).

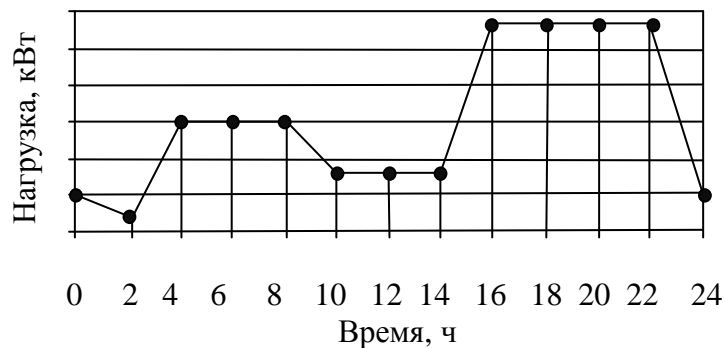


Рис. 3.6. Суммарный график нагрузок в зимние сутки

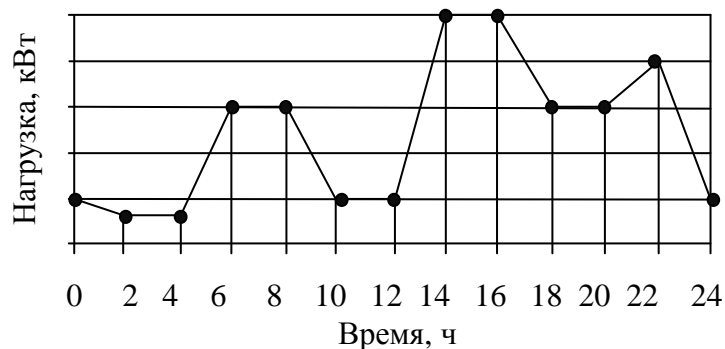


Рис. 3.7. Суммарный график нагрузок в летние сутки

По числу часов максимальных нагрузок различают базовые, полупиковые и пиковые **агрегаты**. Для базовых электростанций максимум нагрузки составляет в год 6 000 – 7 500 ч, для полупиковых и пиковых – соответственно 2 000 – 6 000 и 500 – 2 000 ч.

Основными способами покрытия пиков электрической нагрузки являются:

1. Эксплуатация гидроэлектростанций благодаря простоте пуска, останова, регулирования, возможности изменения нагрузки.

2. Использование резерва мощности обычных паротурбинных энергоблоков, работающих в режиме частых пусков и остановов.

3. Применение высокоманевренных агрегатов, таких, как пиковые и полупиковые паротурбинные, газотурбинные, парогазовые и гидроаккумулирующие электростанции. Гидроаккумулирующие электростанции в период минимальных электрических нагрузок перекачивают воду из нижнего водохранилища в верхнее, потребляя энергию из сети, а в период максимальных нагрузок работают как ГЭС.

4. Использование временной перегрузки паротурбинных ТЭС за счет режимных мероприятий (изменение параметров пара перед турбиной, отключение ПВД и т.д.).

5. Аккумулирование энергии путем заполнения газохранилищ сжатым воздухом, используемым затем в газотурбинных установках, накопление теплоты в виде горячей воды и электроэнергии в электрических аккумуляторах.

6. Использование ТЭЦ как наиболее экономичного способа получения тепловой энергии.

3.4. Прямое преобразование солнечной энергии в тепловую и электрическую

Основным направлением использования солнечной энергии является **теплоснабжение**. Для прямого преобразования солнечной энергии в тепловую разработаны и широко используются на практике установки солнечного теплового отопления или теплоснабжения (СТО) для различных целей (горячее водоснабжение, отопление и кондиционирование воздуха в жилых, общественных, санаторно-курортных зданиях, подогрев воды в плавательных бассейнах и различных процессах сельскохозяйственного производства).

По данным метеорологов в Республике Беларусь 150 дней в году пасмурно, 185 дней – с переменной облачностью и 30 – ясных, а всего чис-

ло часов солнечного сияния в Беларуси достигает 1 200 ч на севере страны и 1 300 – на юге.

Солнечная электростанция представляет собой сооружение, состоящее из множества солнечных коллекторов, ориентирующихся на Солнце. Каждый коллектор передает солнечную энергию жидкости-теплоносителю, которая, превратившись в пар, от всех коллекторов собирается в центральной энергостанции и поступает на турбину энергогенератора.

Основным элементом солнечной нагревательной системы является приемник, в котором происходит поглощение солнечного излучения и передача энергии жидкости. На рис. 3.8 схематически изображены различные варианты приемников солнечной энергии. Опыт эксплуатации этих установок показывает, что в системах солнечного горячего водоснабжения может быть замещено 40 – 60 % годовой потребности в органическом топливе в зависимости от района расположения при нагреве воды до 40 – 60 °С.

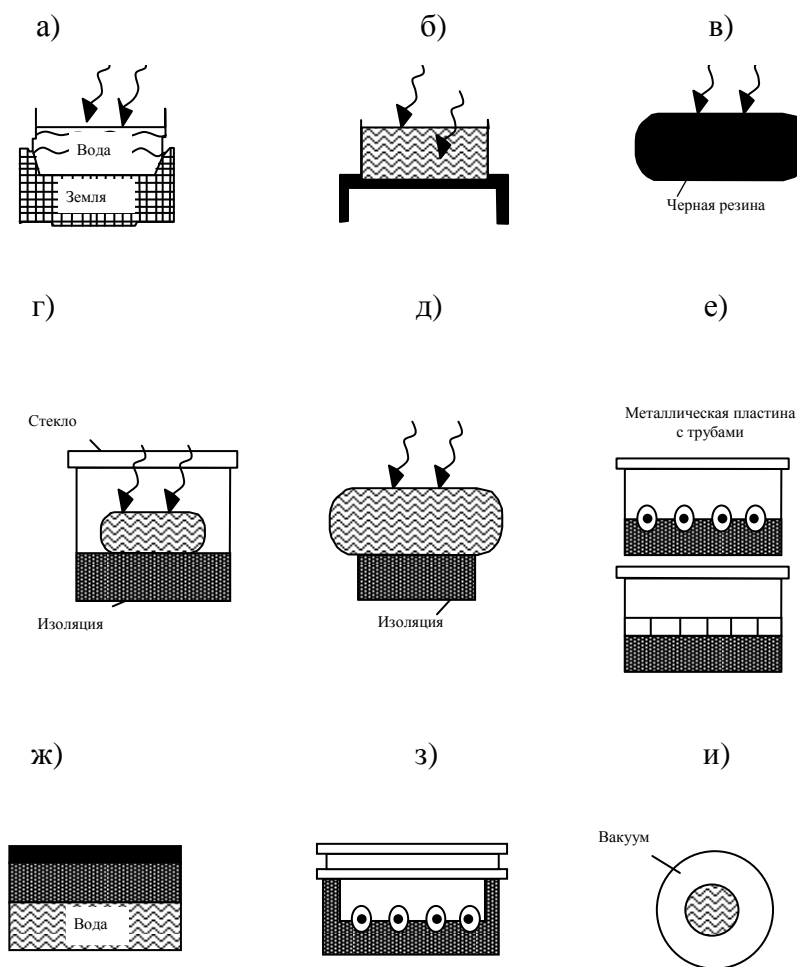


Рис. 3.8. Последовательность приемников солнечного излучения в порядке возрастания их эффективности и стоимости

Солнечный коллектор включает в себя *приемник*, поглощающий солнечное излучение, и *концентратор*, представляющий собой оптическую систему, собирающую солнечное излучение и направляющую его на приемник. Концентратор представляет собой чаще всего зеркало параболической формы, в фокусе которого располагается приемник излучения. Он постоянно вращается, обеспечивая ориентацию на Солнце.

Фотоэлектрические преобразователи представляют собой устройства, действие которых основано на использовании фотоэффекта, в результате которого при освещении вещества светом происходит выход электронов из металлов (фотоэлектрическая эмиссия или внешний фотоэффект), перемещение зарядов через границу раздела полупроводников с различными типами проводимости (вентильный фотоэффект), изменение электрической проводимости (фотопроводимость). Метод фотоэлектрического преобразования солнечной энергии в электрическую находит применение для питания потребителей в широком интервале мощностей: от минигенераторов для часов и калькуляторов мощностью от несколько ватт до центральных электростанций мощностью несколько мегаватт.

3.5. Ветроэнергетика

*Ветроэнергетика представляет собой область техники, использующую энергию ветра для производства энергии, а устройства, преобразующие энергию ветра в полезную механическую, электрическую или тепловую виды энергии, называются **ветроэнергетическими установками (ВЭУ)**, или **ветроустановками**, и являются автономными.*

Энергия ветра в механических установках, например, на мельницах и в водяных насосах, используется уже несколько столетий. После резкого скачка цен на нефть в 1973 г. интерес к таким установкам резко возрос. Большая часть существующих установок построена в конце 70-х – начале 80-х годов на современном техническом уровне при широком использовании последних достижений аэродинамики, механики, микроэлектроники для контроля и управления ими. Ветроустановки мощностью от нескольких киловатт до нескольких мегаватт производятся в Европе, США и других частях мира. Большая часть этих установок используется для производства электроэнергии как в единой энергосистеме, так и в автономных режимах.

Одним из основных условий при проектировании ветроустановок является обеспечение их защиты от разрушений очень сильными случайными порывами ветра. В каждой местности в среднем раз в 50 лет бывают ветры со скоростью, в 5 – 10 раз превышающей среднюю, поэтому ветроустановки приходится проектировать с большим запасом прочности. Мак-

симальная проектная мощность ветроустановки определяется для некоторой стандартной скорости ветра, обычно принимаемой равной 12 м/с.

Ветроэнергетическая установка состоит из ветроколеса, генератора электрического тока, сооружения для установки на определенной высоте от земли ветряного колеса, системы управления параметрами генерируемой электроэнергии в зависимости от изменения силы ветра и скорости вращения колеса.

Ветроустановки классифицируются по двум основным признакам: геометрии ветроколеса и его положению относительно направления ветра. Если ось вращения ветроколеса параллельна воздушному потоку, то установка называется горизонтально-осевой, если перпендикулярно – вертикально-осевой.

Принцип действия ветроэнергетической установки состоит в следующем. Ветряное колесо, воспринимая на себя энергию ветра, вращается и посредством пары конических шестерен и с помощью длинного вертикального вала передает свою энергию на нижний горизонтальный трансмиссионный вал и далее посредством второй пары конических шестерен и ременной передачи – электрическому генератору или другому механизму.

Поскольку периоды безветрия неизбежны, то для исключения перебоев в электроснабжении ВЭУ должны иметь аккумуляторы электрической энергии или быть запараллелены, на случаи безветрия, с ветроэнергетическими установками других типов.

Энергетическая программа Республики Беларусь до 2010 г. основными направлениями использования ветроэнергетических ресурсов на ближайший период предусматривает их применение для привода насосных установок и в качестве источников энергии для электродвигателей. Эти области применения характеризуются минимальными требованиями к качеству электрической энергии, что позволяет резко упростить и удешевить ветроэнергетические установки. Особенно перспективным считается их использование в сочетании с малыми гидроэлектростанциями для перекачки воды. Применение ветроэнергетических установок для водоподъема, электроподогрева воды и электроснабжения автономных потребителей к 2010 г. предполагается довести до 15 МВт установленной мощности, что обеспечит экономию 9 тыс. т у.т./год.

3.6. Гидроэнергетика

Гидроэнергетика представляет отрасль науки и техники по использованию **энергии движущейся воды** (как правило, рек) для производства

электрической, а иногда и механической энергии. Это наиболее развитая область энергетики на возобновляемых ресурсах.

Гидроэлектростанции подразделяются: в конструктивном отношении – по схеме и составу основных гидротехнических сооружений – на *приплотинные* и *деривационные*, сооружаемые на крупных, средних и малых реках; в народнохозяйственном отношении – на *крупные* (свыше 50 – 75 тыс. кВт), *средние* (от 3 – 5 до 50 – 75 тыс. кВт) и *малые* (до 3 – 5 тыс. кВт); по величине напора – на *низконапорные* (при напорах ниже 20 – 25 м), *средненапорные* (от 20 – 25 до 70 – 75 м) и *высоконапорные* (свыше 70 – 75 м). Различают также гидроэлектростанции по характеру регулирования речного стока их водохранилищами: с *длительным* (многолетним, годовым и сезонным), *краткосрочным* (суточным или недельным) *регулированием* и совсем *без регулирования*.

В приплотинных ГЭС водосток регулируется посредством плотин. В результате подпора воды, создаваемого плотиной, возникает статическая разность между уровнями верхнего и нижнего бьефов ГЭС, называемая *статическим напором*.

В деривационных ГЭС большая или существенная часть напора создается посредством безнапорных или напорных деривационных (обходных) водоводов. В качестве безнапорного деривационного водовода могут быть использованы каналы, лотки, безнапорные туннели или сочетание этих типов водоводов.

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 у.т./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 четырех 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 дол. 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 дол. США капитальных вложений.

3.7. Биоэнергетика

*Сложный комплекс веществ, из которых состоят растения и животные, принято называть **биомассой**. Основа биомассы – органические соединения углерода. Уникальная роль углерода в живой природе обусловлена его свойствами, которыми в совокупности не обладает ни один другой химический элемент.*

Первоначальная энергия системы биомасса-кислород возникает в процессе фотосинтеза под действием солнечного излучения, являющегося естественным вариантом преобразования солнечной энергии, а биомасса – основное исходное вещество для образования ископаемых топлив (торфа, угля, нефти, газа).

Биогаз получают путем микробиологического анаэробного разложения органических веществ растительного и животного происхождения. Он состоит из 50 – 80 % метана и 50 – 20 % углекислого газа. Теплотворная способность его составляет 5 500 – 6 000 ккал/м³. По содержанию энергии 1 м³ биогаза эквивалентен: 2 кВтч электроэнергии, 0,6 кг керосина, 15,5 кг каменного угля, 3,5 кг дров, 0,4 кг бутана, 12 кг навозных брикетов.

Одним из способов получения биогаза является *метановое брожение в реакторах-метантенках* объемом от одного – двух до нескольких тысяч кубометров.

В Беларуси биоэнергетические установки находятся в стадии разработки и испытаний, результаты которых позволят в недалеком будущем дать уточненную оценку реального выхода товарного биогаза.

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 непереработанной биомассы. Кроме того, можно рассчитывать на получение высококачественных органических удобрений и за счет производства биогаза обеспечить экономию 116 тыс. т у.т./год.

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 «Экорес» в Минске. На одного горожанина в 1999 г. 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./год, а вся потенциальная энергия, заключенная в ТБО, по республике эквивалентна 470 тыс. т у.т./год.

Основными типами энергетических процессов, связанных с переработкой биомассы, являются:

- 1) прямое сжигание для получения теплоты;
- 2) пиролиз;
- 3) гидрогенизация.

3.8. Транспортирование тепловой и электрической энергии

3.8.1. Транспортирование тепловой энергии

Основными потребителями тепловой энергии являются промышленные предприятия и жилищно-коммунальное хозяйство. Для производственных и коммунальных потребителей тепловая энергия требуется в виде пара (насыщенного или перегретого) либо горячей воды.

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

Снабжение тепловой энергией потребителей (систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения и технологических процессов) состоит из трех взаимосвязанных процессов: передачи теплоты теплоносителю, транспортировки теплоносителя и использования теплового потенциала теплоносителя. Системы теплоснабжения могут быть децентрализованными (местными) и централизованными.

Децентрализованные системы теплоснабжения – это системы, в которых три основных звена объединены и находятся в одном или смежных помещениях. При этом получение теплоты и передача ее воздуху помещения объединены в одном устройстве и расположены в отапливаемых помещениях.

Централизованные системы теплоснабжения – это системы, в которых от одного источника теплоты подается теплота для многих зданий, кварталов, районов.

Транспортирование тепловой энергии от источника до потребителей производится тепловыми сетями, суммарная длина которых в однотрубном исчислении в Республике Беларусь составляет свыше 10 тыс. км.

Основными элементами тепловых сетей являются *трубопровод*, состоящий из стальных труб, соединенных между собой с помощью сварки, *изоляционная конструкция*, предназначенная для защиты трубопровода от наружной коррозии и тепловых потерь, и *несущая конструкция*, воспринимающая вес трубопровода и усилия, возникающие при его эксплуатации.

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 большее 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 для утепления труб, на которые не передаются механические нагрузки (внутри помещений и при 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. Надземная прокладка применяется при высоком уровне грунтовых и вешних 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.

3.8.2. 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 функций 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 превышающем 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 генераторов 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 ($U_{ном} \geq 330$ кВ), высокого ($U_{ном} = 3 - 220$ 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 функции 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 от опоры и линейной арматуры, с помощью которой провода закрепляются на изоляторах, а изоляторы – на опорах.

3.9. Энергетическое хозяйство промышленных предприятий

Энергетическое хозяйство промышленных предприятий, как и других производственных предприятий, представляет собой единый взаимосвязанный технический комплекс, состоящий из цехов, сооружений и агрегатов, обеспечивающих прием, преобразование, транспортировку и использование различных видов энергии. Энергохозяйство предприятия включает в себя установки и сети электро-, тепло-, паро-, воздухо-, газо- и водоснабжения. Электрические сооружения и агрегаты могут быть отдельно стоящими или встроенными в основные промышленные объекты и должны обеспечивать технологические процессы, работу агрегатов, контроль и управление производством.

Транспортабельные энергоносители поступают на предприятие непосредственно из энергосистем. Остальные энергоносители – технологический и энергетический пар, горячая вода, кислород, сжатый воздух обще-

промышленного применения и др. – имеют ограниченные пределы экономически оправданной дальности передачи, что и определяет степень централизации и кооперации снабжения данными видами энергоносителей, а также границы энергосистем предприятия или группы предприятий. Совершенствование систем энергоснабжения промышленных предприятий – одно из определяющих условий снижения энергозатрат на единицу основной продукции и обеспечения энергоснабжения. Схемы энергоснабжения предприятий должны строиться на основе централизации, комплексного использования и комбинированного производства энергоресурсов, использования новых технических достижений в области совершенствования технологических и энергетических процессов.

Существуют две системы управления энергохозяйством: централизованная и децентрализованная.

При системе централизованного управления энергохозяйством эксплуатация всех установок как общезаводского характера, так и цеховых производится службой главного энергетика. Весь персонал предприятия, связанный с энергетикой, подчиняется непосредственно главному энергетiku как в техническом, так и в административном порядке. Эта система управления находит широкое применение на небольших предприятиях с малым потреблением энергетических ресурсов. Все объекты энергохозяйства обычно эксплуатируются одним производственным подразделением – энергоцехом, начальник которого подчиняется главному энергетiku.

Система децентрализованного управления энергохозяйством является наиболее целесообразной для крупных предприятий, где отдельные цеха, по существу, представляют собой заводы малой или даже средней мощности. При этой системе энергетические установки в производственных цехах предприятия находятся в введении и эксплуатации того цеха, где они установлены. Обслуживание и планово-предупредительный ремонт цехового энергетического оборудования осуществляются эксплуатационно-энергетическим хозяйством, которое подчиняется начальнику производственного цеха. Ответственность за состояние и рациональную эксплуатацию внутрицеховых энергетических установок несут начальник производственного цеха и энергетик (механик) цеха.

Технический надзор за состоянием, эксплуатацией и проведением планово-предупредительного ремонта энергетических установок в производственных цехах, а также техническое руководство энергетическим персоналом этих цехов осуществляет главный энергетик предприятия через свой отдел (ОГЭ). При обеих системах управления главный энергетик подчиняется непосредственно главному инженеру предприятия.

4. СТРУКТУРА ЦЕН НА ЭНЕРГОРЕСУРСЫ И ЭНЕРГИЮ. НОРМИРОВАНИЕ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

- 4.1. Тарифы на тепловую и электрическую энергию.
- 4.2. Классификация и структура норм расхода ТЭР.
- 4.3. Энергоэкономические показатели по нормированию ТЭР.
- 4.4. Методы разработки норм, порядок их согласования и утверждения.
- 4.5. Расчет экономической эффективности инвестиционных вложений в энерго-сберегающие мероприятия.

4.1. Тарифы на тепловую и электрическую энергию

Экономические взаимоотношения между поставщиками и потребителями тепловой и электрической энергии определяются прейскурантами – **тарифами**, которые должны:

- отражать все виды затрат, связанные с производством, передачей, распределением тепловой и электроэнергии, а также планируемые отчисления и накопления;
- способствовать снижению народнохозяйственных затрат, связанных с производством и использованием энергии;
- учитывать качество тепло- и электроэнергии;
- по возможности, обеспечить простоту измерений энергии и расчетов с потребителями.

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 1,6 – 2,7 раза выше среднего тарифа промышленных потребителей. В нашей республике промышленность платит за 1 кВтч электроэнергии примерно в 3,5 раза больше коммунально-бытового сектора.

Такая практика перекрестного субсидирования приводит к комплексу негативных последствий:

- 1) увеличение себестоимости промышленной продукции на сумму скрытых дотаций населению обуславливает увеличение цены за товары, потребляемые населением;
- 2) льготные тарифы не способствуют рациональному энергосбережению и приводят к расточительному потреблению электроэнергии;
- 3) повышение себестоимости промышленных товаров приводит к потере ценовой конкурентоспособности белорусских товаров на внешнем рынке;
- 4) увеличение тарифов для промышленных предприятий сокращает доходную часть бюджета, поскольку уменьшается основная часть налогообложения предприятий – прибыль.

Необходимость полной оплаты населением за потребленные коммунальные услуги обуславливает и тот факт, что многие котельные, принадлежащие крупным промышленным предприятиям, не могут своевременно получить от потребителей вырабатываемой ими электрической и тепловой энергии деньги, и это сильно сказывается на результатах их производственной деятельности. Поэтому первым шагом на пути выхода из создавшегося негативного положения является уход от перекрестного субсидирования и постепенный переход льготируемых потребителей на обоснованные тарифы.

На территории Республики Беларусь тепловая энергия отпускается по тарифам, регулируемым облисполкомами и Минским горисполкомом, в соответствии с действующим законодательством, целью которого является единообразное решение следующих задач:

- устойчивое снабжение юридических лиц и населения тепловой энергией;
- защита потребителей тепловой энергии от естественной монополии энергоснабжающих организаций;
- создание нормальных экономических условий для функционирования энергосберегающих организаций.

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

Стоимость тепловой энергии в паре и горячей воде определяется тарифами за 1 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 учетом возврата конденсата. За невозвращенный конденсат потребитель должен платить дополнительно (на 10 – 20 % больше). Стимулирование потребителей к возврату конденсата является одним из путей решения задач энергосбережения.

Тарифы на тепловую энергию, отпускаемую республиканскими унитарными предприятиями концерна «Белэнерго», устанавливаются с учетом коэффициента для перевода этих тарифов в эквивалент доллара США.

Оплата тепловой энергии потребителями (кроме населения) производится по тарифам с применением механизма индексации утвержденных тарифов по формуле

$$T_m = T_{\bar{o}} - [B_u + (1 - B_u) K_n K_o],$$

где T_m – тариф, определенный с применением механизма индексации;

$T_{\bar{o}}$ – базовый тариф, установленный в соответствии с действующим законодательством;

B_u – неиндексируемая доля тарифа на тепловую энергию, определенная при их установлении (понижающий коэффициент);

K_n – значение официального курса белорусского рубля и доллара США на день оплаты (или оформления платежных документов потребителем тепловой энергии);

K_o – коэффициент для перевода тарифов на тепловую энергию в долларовый эквивалент, определенный при их установлении ($K_o = 1/K_{\bar{o}}$, где $K_{\bar{o}}$ – значение курса белорусского рубля и доллара США на день установления действующего тарифа).

К составляющим базового тарифа, которые зависят от изменения курса белорусского рубля к доллару США, относятся:

а) *в себестоимости:*

- затраты на топливо (газ, мазут, дизельное топливо и т.д.);
- затраты на покупную энергию;
- вспомогательные материалы, запчасти, химреактивы и другие материалы для ремонтно-эксплуатационного обслуживания, не производимые в республике;
- затраты на отчисления в инновационный фонд;
- стоимость услуг производственного характера, оказываемых нерезидентами;

б) *в прибыли:*

- прибыль на капитальные вложения.

При расчете базовых тарифов определяют плановые доли этих составляющих, не зависящие от изменения курса белорусского рубля к доллару США, которые вместе с остальными составляющими затрат (заработная плата, амортизационные отчисления, прочие денежные расходы и т.д.) определяют неиндексируемую долю тарифа.

Основными видами системы тарифов на электроэнергию являются:

- одноставочный тариф по счетчику электроэнергии;
- двухставочный тариф с основной ставкой за мощность присоединенных электроприемников;

- двухставочный тариф с оплатой максимальной нагрузки;
- двухставочный тариф с основной ставкой за мощность потребителя, участвующего в максимуме энергосистемы;
- одноставочный тариф, дифференцированный по времени суток, дням недели, сезонам года.

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

По одноставочному тарифу на электроэнергию с платой за отпущенное количество энергии с потребителя взимается плата за потребленную электроэнергию, учтенную счетчиками, по некоторой усредненной 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 энергоприемников, т.к. это позволяет снизить издержки данного предприятия. Однако отсутствие дифференциации стоимости электроэнергии по времени суток не стимулирует потребителя снижать нагрузку в часы максимума и повышать в часы ночных провалов, т.е. не способствует выравниванию графика нагрузки ЭЭС, а следовательно, и снижению затрат на производство электроэнергии.

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

$$\Pi = aP_n + bW,$$

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

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

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

$$П = a P_{\max} + b W,$$

где a – плата за 1 кВт максимальной мощности;

b – плата за 1 кВтч электроэнергии.

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 электроэнергетической системы.

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

Плата за электроэнергию при применении этого вида тарифа составит

$$П = W_1 b_1 + W_2 b_2 + W_3 b_3 = W_1 b_1 + (W - W_1 - W_3) b_2 + W_3 b_3,$$

где W_1 – энергия, потребленная в часы ночного провала графика нагрузки электроэнергетической системы;

W_2 – энергия, потребленная в часы полупиковой нагрузки;

W_3 – энергия, потребленная в часы максимума ЭЭС;

W – общее потребление энергии,

$$W = W_1 + W_2 + W_3 .$$

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 населенных пунктах городского типа он несколько выше, чем в сельских населенных пунктах. Для всех других потребителей он одинаков.

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

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

Отпуск газа населению для отопления нежилых помещений (тепллиц, мастерских по ремонту техники, гаражей, для различного рода производственных и сельскохозяйственных работ, спортивных занятий и т.п.) производится по ценам, установленным для промышленных потребителей. При этом при наличии отдельного счетчика газа в этих помещениях расчет производится по показаниям счетчика, при отсутствии счетчика – по утвержденным нормам расхода газа на 1 м² отапливаемой площади.

Различные цены на твердое топливо устанавливаются исполкомами областных и Минского городского Советов депутатов.

4.2. Классификация и структура норм расхода ТЭР

Нормирование расхода ТЭР является составной частью управления энергосбережением. Принятым 16 октября 1998 г. постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 1582 «О порядке разработки, утверждения и пересмотра норм расхода топлива и энергии» установлено, что:

- нормированию подлежат расходуемые на основные и вспомогательные нужды субъектами хозяйствования всех форм собственности котельно-печное топливо, электрическая и тепловая энергия независимо от объема их потребления и источников энергообеспечения;
- пересмотр норм расхода топлива и энергии производится ежегодно субъектами хозяйствования в установленном порядке;
- нормы расхода топлива и энергии в обязательном порядке включаются в технологические карты, технические паспорта, ремонтные карты, инструкции по эксплуатации всех видов энергопотребляющей продукции.

В соответствии с этим постановлением правительства Госкомэнергосбережение утвердил 24 декабря 1999 г. по согласованию с Министерством экономики «**Положение по нормированию расхода топлива, тепловой и электрической энергии в народном хозяйстве Республики Беларусь**». В нем четкое определение основных понятий:

– норма расхода ТЭР – мера потребления ТЭР на единицу продукции (работы, услуги) определенного качества в планируемых условиях производства;

– фактический удельный расход ТЭР – количество ТЭР, фактически израсходованное на единицу продукции или работы в реальных условиях производства;

– предельный уровень потребления ТЭР – максимально возможное рациональное потребление ТЭР, необходимое для осуществления производственной деятельности субъекта хозяйствования на планируемый период. При оценке эффективности использования ТЭР для отдельных субъектов хозяйствования, которым он утверждается, предельный уровень потребления приравнивается к норме расхода ТЭР.

Затраты ТЭР, включаемые в индивидуальную норму расхода, состоят из следующих составляющих:

- расходы на технологические процессы;
- расходы на вспомогательные нужды производства;
- потери в сетях и аппаратах.

В тех случаях, когда отдельные вспомогательные нужды (подача воды, вентиляция, производство кислорода, холода, сжатого воздуха и др.) являются частью технологического процесса, расходы энергии на них относятся к технологическим расходам.

Потери энергии в тепловых и электрических сетях и преобразователях распределяются на основе опытных замеров или пропорционально потреблению в производстве соответствующих видов продукции (работ, услуг).

4.3. Энергоэкономические показатели по нормированию ТЭР

Выявление резервов экономии ТЭР производится с помощью системы энергоэкономических показателей. Основными комплексными показателями энергоиспользования на предприятиях являются удельные расходы топлива, тепла и электроэнергии на единицу выпускаемой продукции.

Прямые обобщенные энергозатраты, т. у.т.,

$$A_{mэp} = B + K_э \mathcal{E} + K_q Q,$$

где B – количество потребленного топлива, поступившего на предприятие со стороны, т у.т.;

$K_э, K_q$ – топливный эквивалент, выражающий количество условного топлива, необходимого для производства и передачи к месту потребления единицы электрической и, соответственно, тепловой энергии; ежегодно устанавливается Министерством экономики Республики (на 2002 г.: $K_э = 0,28$; $K_q = 0,175$);

\mathcal{E} – количество электроэнергии, полученное предприятием со стороны, МВт·ч;

Q – количество тепловой энергии, полученное предприятием со стороны, Гкал.

Энергоемкость продукции, работы, услуги (A_{Π} , т у.т./шт. (т, кг и т.д.)) представляет отношение прямых обобщенных энергозатрат ($A_{TЭР}$) к объему продукции (Π), произведенной за анализируемый период:

$$A_{\Pi} = \frac{A_{TЭР}}{\Pi}.$$

Электроемкость продукции (\mathcal{E}_{Π} , тыс. кВтч/шт. (т, кг и т.д.)) измеряется отношением всей потребленной электрической энергии (\mathcal{E}) к объему продукции (Π), произведенной за анализируемый период:

$$\mathcal{E}_{\Pi} = \frac{\mathcal{E}}{\Pi}.$$

Теплоемкость продукции (Q_{Π} , Гкал/шт. (т, кг и т.д.)) – отношение всей потребляемой тепловой энергии (Q) к объему продукции, произведенной за анализируемый период (Π):

$$Q_{\Pi} = \frac{Q}{\Pi}.$$

Энерговооруженность труда (A_M , т у.т./шт. (т, кг и т.д.)) – отношение прямых обобщенных энергозатрат ($A_{TЭР}$) за анализируемый период к среднесписочной численности промышленно-производственного персонала (ППП) ($Ч_{ППП}$):

$$A_M = \frac{A_{TЭР}}{Ч_{ППП}}.$$

Электровооруженность труда (\mathcal{E}_T , тыс. кВтч/чел.) – отношение всей потребленной на предприятии электроэнергии (\mathcal{E}) к среднесписочной численности ППП ($Ч_{ППП}$) за анализируемый период:

$$\mathcal{E}_T = \frac{\mathcal{E}}{Ч_{ППП}}.$$

Электровооруженность труда по мощности (\mathcal{E}_{TM} , тыс. кВтч/чел.) – это отношение установленной мощности всех токоприемников на предприятии (\mathcal{E}_M) к среднесписочной численности ППП ($Ч_{ППП}$):

$$\mathcal{E}_{TM} = \frac{\mathcal{E}_M}{Ч_{ППП}}.$$

Коэффициент электрификации ($\mathcal{E}_\mathcal{E}$, тыс. кВтч/т у.т.) – отношение всей потребленной на предприятии электроэнергии (\mathcal{E}) к прямым обобщенным энергозатратам за планируемый период ($A_{TЭР}$):

$$\mathcal{E}_\mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}}{A_{TЭР}}.$$

Теплоэлектрический коэффициент ($Q_\mathcal{E}$, Гкал/тыс. кВтч) – отношение всей потребленной предприятием тепловой энергии (Q) к электрической энергии за анализируемый период (\mathcal{E}):

$$Q_\mathcal{E} = \frac{Q}{\mathcal{E}}.$$

Электротопливный коэффициент (\mathcal{E}_B , тыс. кВтч/т у.т.) – отношение всей потребленной электроэнергии (\mathcal{E}) к количеству топлива, поступившему на предприятие за анализируемый период (B):

$$\mathcal{E}_B = \frac{\mathcal{E}}{B}.$$

Нормативные показатели расхода устанавливаются по следующим видам ТЭР:

- электрической энергии;
- тепловой энергии;
- котельно-печному топливу.

Измеряются соответственно в кВтч, Гкал, кг у.т.

4.4. Методы разработки норм, порядок их согласования и утверждения

Основными методами разработки норм расхода топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) являются:

- опытный метод, сущность которого заключается в определении удельных затрат ТЭР по данным, полученным в результате испытаний (экспериментов);
- отчетно-статистический метод, предусматривающий определение норм расхода ТЭР на основе анализа статистических данных о фактичес-

ких удельных их расходах и факторов, влияющих на их изменение, за ряд предшествующих лет;

- расчетно-статистический метод, основанный на разработке экономико-статистической модели в виде зависимости фактического удельного расхода ресурса от воздействующих факторов;

- расчетно-аналитический метод, который предусматривает определение норм расхода ТЭР расчетным путем по статьям расхода этих ресурсов в производстве или путем математического описания закономерности протекания процесса на основе учета нормообразующих факторов и с учетом прогрессивных показателей использования ТЭР.

Основными **исходными данными** для определения норм расхода ТЭР являются:

- первичная техническая и технологическая документация;
- технологические регламенты и инструкции, экспериментально проверенные энергобалансы и нормативные характеристики энергетического и технологического оборудования, паспортные данные оборудования и т.п.;
- данные об объемах и структуре производства продукции;
- трудозатраты на единицу продукции i -того вида;
- фактические расходы энергии за анализируемый период;
- данные о плановом и фактическом удельном расходе энергии за прошедшие годы;
- показатели передового опыта отечественных и зарубежных предприятий, выпускающих аналогичную продукцию, по экономному и рациональному использованию ТЭР и достигнутым удельным расходам;
- план мероприятий (программа) по энергосбережению.

Нормы расхода ТЭР для предприятий, организаций и учреждений ежегодно утверждаются:

- соответствующими (по принадлежности) республиканскими органами государственного управления, объединениями, подчиненными правительству Республики Беларусь;
- местными исполнительными и распорядительными органами.

4.5. Расчет экономической эффективности инвестиционных вложений в энергосберегающие мероприятия

Методика расчета экономической эффективности инвестиционных вложений в энергосберегающие мероприятия, как и во все другие проекты при замене чего-либо старого (изношенного) на более новое, совершенное,

базируется на сопоставлении затрат и ожидаемых результатов. К затратам относят вложения на закупку оборудования, стоимость его транспортировки, объем строительного-монтажных работ.

Сопоставляется цена используемого традиционного топлива (например, каменного угля, мазута), которым предлагается замена, а также производительность старого и нового оборудования, срок его эксплуатации.

В итоге расчетов определяется срок окупаемости инвестиций по следующей зависимости:

$$T = \frac{K}{\Delta C - C_y},$$

где K – требуемый объем инвестиций, руб.;

ΔC – годовая экономия, достигаемая в результате замещения дорогого топлива более дешевым;

C_y – затраты на эксплуатацию системы топливообеспечения.

Тогда **общая сумма инвестиций**

$$K_o = C_o + T_p + O_{cмр} + P_n,$$

где C_o – цена закупаемого оборудования, руб.;

T_p – транспортные расходы по доставке закупаемого оборудования;

$O_{cмр}$ – объем строительного-монтажных работ, руб.;

P_n – непредвиденные расходы.

Зная производительность нового оборудования, норму расхода и цену топливно-энергетических ресурсов на единицу вырабатываемой электро- или тепловой энергии, можно рассчитать **себестоимость единицы электро- или тепловой энергии** по следующей формуле:

$$C = \frac{K_o}{CnM},$$

где K_o – общая сумма инвестиций, руб.;

C – цена единицы топливно-энергетических ресурсов, используемых для выработки электро- или тепловой энергии по внедряемой технологии, руб.;

n – норма расхода топлива на единицу вырабатываемой энергии, м³, т;

M – мощность оборудования по паспорту завода, кВт, Гкал.

Соотнося фактическую себестоимость получаемой единицы энергии по старой технологии (C_c) себестоимости ее по новой технологии (C_n) получим **срок окупаемости (T) внедряемой технологии:**

$$T = \frac{C_n}{C_c}.$$

Такой расчет может быть применим при обосновании внедрения проектов небольшой стоимостью (замена одного вида топлива на другой, перевод на централизованное теплоснабжение и др.). При обосновании крупных проектов требуются более детальные расчеты.

Существует и несколько другой подход к выбору оптимальной формы инвестирования и оценки экономической эффективности инвестиционного проекта по энергосбережению – на основе объективного экономического критерия. Общим для таких критериев является сопоставление инвестиционных затрат и достигаемого экономического эффекта. В мировой практике для выбора оптимального варианта в динамической постановке задачи используется экономический критерий, выражающий общую эффективность. Он называется чистой дисконтированной стоимостью (C_D) и записывается в виде

$$C_D = \sum_{t=1}^T (D_t - C_t - K_t)(1 + E)^{-t} - K_0 + L(1 + E)^{-T},$$

где D_t – денежные поступления в t -том году (выручка от реализации продукции, дивиденды и т.д.);

C_t – годовые эксплуатационные расходы в t -том году (без амортизации) и другие платежи (налоги, пошлина и т.д.);

K_t – капиталовложения в t -том году;

K_0 – первоначальные капиталовложения;

L – ликвидная стоимость по истечении срока службы T ;

E – процентная ставка.

Если значение данного критерия положительно, то это означает, что доход за период T перевешивает все затраты, следовательно, вариант эффективен. Если рассматриваются несколько вариантов, то наиболее экономичным считается вариант, имеющий максимальное значение критерия.

5. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

5.1. Структура управления энергосбережением в Республике Беларусь.

5.2. Основные положения Закона Республики Беларусь «Об энергосбережении» и нормативно-правовой базы энергопотребления и энергосбережения.

5.3. Порядок разработки и выполнения республиканских отраслевых и региональных программ энергосбережения.

5.4. Стимулирование экономии ТЭР.

5.5. Санкции за нерациональное использование ТЭР.

5.7. Государственная поддержка инвестиционной деятельности по энергосберегающим мероприятиям.

5.1. Структура управления энергосбережением в Республике Беларусь

В решении концептуальных задач энергосбережения важная роль отводится государственному управлению, основным механизмом которого является регулирование потребления ТЭР посредством создания законодательной, нормативной баз и экономических стимулов рационального использования ТЭР.

Структура управления энергосбережением в Республике Беларусь включает:

- Комитет по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь;
- областные и Минское городское управления по надзору за рациональным использованием топливно-энергетических ресурсов;
- координационный межведомственный совет по энергосбережению и эффективному использованию местных топливных ресурсов;
- экспертный совет при Комитете по энергоэффективности Республики Беларусь;
- государственные предприятия «Белэнергосбережение» и «Белинвестэнергосбережение»;
- в обл-, гор- и райисполкомах – штатные единицы ответственных за энергосбережение, в министерствах и ведомствах – отделы или ответственные за энергосбережение.

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.

Главному государственному инспектору Республики Беларусь в лице председателя Комитета по энергоэффективности, его заместителям, главным государственным инспекторам областей и г. Минска, их заместителям, государственным инспекторам 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 учета и регулирования;
- составлять протоколы о фактах нерационального использования ТЭР для принятия решений о применении к их потребителям экономических санкций в соответствии с законодательством.

Принятой Советом Министров Республики Беларусь **«Республиканской программой по энергосбережению на период 2001 – 2005 гг.»** определены две концептуальные задачи и экономические приоритеты:

- 1) достижение к 2015 г. энергоемкости ВВП уровня промышленно развитых стран;
- 2) обеспечение до 2005 г. планируемого прироста ВВП без увеличения потребления ТЭР.

Программой предусмотрены следующие направления совершенствования управления энергосбережением:

1. Создание единой по вертикали системы управления энергосбережением, в т.ч.:
 - *на государственном уровне* – создание нормативно-правовых документов прямого действия и соответствующих институциональных и финансово-экономических систем управления;
 - *на региональном уровне* – создание целевых программ энергосбережения, формирование источников финансирования и создание местной нормативно-правовой базы;
 - *на муниципальном уровне* – продуманные действия по организации рационального потребления ТЭР всей инфраструктуры городского (районного) хозяйства;
 - *на уровне хозяйствующих субъектов* – выполнение мероприятий с учетом общеэкономической заинтересованности.
2. Регулирование цен на топливо и энергию как инструмент стратегии государства в области энергосбережения.
3. Приведение стандартов, норм и правил в соответствие с требованиями обеспечения снижения энергоемкости продукции, работ и услуг, а также неукоснительного их соблюдения.

4. Переход от дотационного принципа финансирования энергосбережения к установлению налоговых льгот, стимулирующих инвестиционную активность использования энергосберегающего оборудования (снижение налогов на прибыль, дифференциация налоговых ставок, ускоренная амортизация).

5. Осуществление действенных мер по структурной перестройке экономики, предусматривающей снижение в ней доли энергоемких производств и обеспечении условий для опережающего развития малоэнергоемких и наукоемких производств.

6. Создание национальной программы расширения использования на современной научно-технической базе местных ТЭР, включая нетрадиционные и возобновляемые источники энергии.

5.2. Основные положения Закона Республики Беларусь «Об энергосбережении» и нормативно-правовой базы энергопотребления и энергосбережения

Нормативно-правовая база энергосбережения является одним из основных механизмов повышения эффективности использования ТЭР, и в Республики Беларусь она создана. В ее основе лежит Закон Республики Беларусь «Об энергосбережении». В развитие его правительством и другими республиканскими органами управления принято более 35 нормативно-технических документов, регулирующих деятельность юридических и физических лиц по эффективному использованию ТЭР и другим вопросам, связанным с реализацией государственной энергосберегающей политики.

Кодексом Республики Беларусь об административных правонарушениях предусмотрена административная ответственность за нерациональное использование ТЭР.

Принятым в 1998 г. Законом Республики Беларусь «Об энергосбережении» (15 июля 1998 г. № 190-3) регулируются отношения, возникающие в процессе деятельности юридических и физических лиц в сфере энергосбережения в целях повышения эффективности использования ТЭР, и определены правовые основы этих отношений. В нем подчеркнуто, что энергосбережение является приоритетом государственной политики в решении энергетической проблемы в Республике Беларусь, и установлено, что **объектами отношений в сфере энергосбережения являются физические и юридические лица (пользователи и производители ТЭР), осуществляющие следующие виды деятельности:**

- добычу, переработку, производство, транспортировку, хранение, использование и утилизацию всех видов ТЭР;
- производство и поставку энергогенерирующих и энергопотребляющих оборудования, машин, механизмов и материалов, а также приборов учета, контроля, регулирования расходов ТЭР;
- проведение научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ (НИОКР), экспертных, специализированных, монтажных, наладочных, ремонтных, энергосберегающих и других видов работ, связанных с повышением эффективности использования и экономии ТЭР;
- реализацию мероприятий, связанных с развитием и применением нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, использование возобновляемых энергетических ресурсов;
- информационное обеспечение юридических и физических лиц, подготовка кадров для сферы энергосбережения;
- разработку и внедрение эффективных систем управления энергосбережением и средств контроля за эффективным использованием ТЭР.

Законом определены **основные принципы государственного управления в сфере энергосбережения:**

- осуществление государственного надзора за рациональным использованием ТЭР;
- разработка государственных и межгосударственных научно-технических, республиканских, отраслевых и региональных программ энергосбережения и их финансирование;
- приведение нормативных документов в соответствии с требованием снижения энергоемкости материального производства, сферы услуг и быта;
- создание системы финансово-экономических механизмов, обеспечивающих экономическую заинтересованность производителей и пользователей в эффективном использовании ТЭР, вовлечении в топливно-энергетический баланс нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, а также инвестировании средств в энергосберегающие мероприятия;
- повышение уровня самообеспечения республики местными ТЭР;
- осуществление государственной экспертизы энергетической эффективности проектных решений;
- создание и широкое распространение экологически чистых и безопасных энергетических технологий, обеспечение безопасного для населения состояния окружающей среды в процессе использования ТЭР;
- реализация демонстрационных проектов высокой энергетической эффективности;

- информационное обеспечение деятельности по энергосбережению и пропаганда передового отечественного и зарубежного опыта в этой области;
- обучение производственного персонала и населения методам экономии топлива и энергии;
- создание других экономических, информационных, организационных условий для реализации принципов энергосбережения.

Законом определены **источники финансирования мероприятий по энергосбережению**. Ими являются средства:

- республиканского и местного бюджетов;
- республиканского фонда энергосбережения;
- юридических и физических лиц, направленные на цели энергосбережения;
- инновационного фонда концерна «Белэнерго»;
- инновационных фондов министерств и ведомств,

а также:

- льготные кредиты;
- инвестиции по линии Всемирного банка;
- другие источники.

Для пользователей и производителей топливно-энергетических ресурсов предусмотрена система получения льготных кредитов для проведения энергосберегающих мероприятий, определен порядок образования и использования фондов «Ресурсо- и энергосбережение» субъектами хозяйствования.

5.3. Порядок разработки и выполнения республиканских отраслевых и региональных программ энергосбережения

Основным инструментом проведения энергосберегающей политики в 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 экономии ТЭР.

Республиканские программы разрабатываются на каждые предстоящие 5 лет, начиная с 2001 г. 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 Совета Министров Республики Беларусь.

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.

5.4. Стимулирование экономии ТЭР

Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 31 марта 1998 г. № 504 «О мерах по экономическому стимулированию деятельности субъектов хозяйствования, направленных на сокращение топливно-энергетических ресурсов и освоение энерго- и ресурсосберегающих технологий» намечен ряд мер в этом направлении.

Субъектам хозяйствования независимо от форм собственности и подчиненности разрешено включать в себестоимость продукции (работ, услуг) в течение года после внедрения энерго- и ресурсосберегающих мероприятий стоимость сэкономленных ТЭР, материальных и сырьевых ресурсов относительно фактического уровня их расходования (при соблюдении установленных норм или лимитов) за год, предшествовавший внедрению указанных мероприятий, и аккумулировать данные средства в создаваемом этими субъектами хозяйствования фонде «Энерго- и ресурсосбережение».

Банкам, уполномоченным обслуживать государственные программы, предложено предоставлять в установленном законодательством порядке льготные кредиты субъектам хозяйствования независимо от форм собственности и подчиненности для реализации имеющих приоритетные значения для республики мероприятий по энергосбережению.

Принятым 14 ноября 1996 г. Министерством труда по согласованию с министерствами экономики, топлива, финансов и Госкомэнергосбережением постановлением № 85 **определены порядок и условия премирования руководителей организаций и учреждений, финансируемых из бюджета, за результаты выполнения мероприятий по экономии топливно-энергетических ресурсов:**

- наличие приборного учета и регулирования расхода ТЭР;
- наличие плана мероприятий по экономии ТЭР;
- фактическая экономия, подтвержденная данными бухгалтерского учета и показаниями приборов;
- организация планирования и учета расходов на ТЭР с выделением отдельной строки в составе подстатьи 7 «Оплата коммунальных услуг» бюджетной классификации.

Источниками премирования являются 50 % фактической экономии средств по смете затрат относительно фактического уровня их расходования до внедрения энергосберегающих мероприятий и технологий, подтвержденной данными бухгалтерского учета и показаниями приборов, на теплоэлектрообеспечение учреждений, организаций, за вычетом затрат на

проведение мероприятий, приведших к экономии ТЭР. Для выплаты премии вносятся изменения в смету расходов на содержание учреждения, организации в порядке, установленном Министерством финансов.

Согласно разработанному в 1996 г. Государственным комитетом по энергосбережению и энергонадзору **Примерному положению о стимулировании рабочих и ИТР предприятий и организаций, занимающихся вопросами энергосбережения**, и рекомендованному Министерством труда для разработки на предприятиях и в организациях независимо от форм собственности аналогичных положений, показателями для премирования являются:

1. Снижение норм расхода электроэнергии против утвержденных при условии, что экономия электроэнергии не приведет к ухудшению качества выпускаемой продукции и условий труда (микроклимата, освещенности).

2. Уменьшение потребления реактивной энергии против установленного месячного лимита потребления при отсутствии генерации реактивной энергии в энергосистему и поддержании на заданном уровне или уменьшении.

3. Снижение абсолютной величины заявленной мощности в сравнении с аналогичным периодом прошлого года при прочих равных условиях (сопоставимый режим работы, сравнимый объем производства и т.п.).

4. Снижение норм расхода топлива против утвержденных.

5. Снижение норм расхода тепловой энергии против утвержденных при условии соблюдения нормального микроклимата на предприятии.

6. Снижение норм расхода сжатого воздуха и воды против утвержденных.

7. Превышение установленных норм возврата конденсата.

8. Разработка и внедрение конкретных организационных и технических мероприятий, приведших к снижению норм расхода ТЭР.

Конкретные размеры средств для премирования работников устанавливаются руководителем предприятия. Начисление премии за экономию топлива и тепловой энергии производится при обеспечении снижения норм расхода против установленных более чем на 0,5 %.

На предприятии создается фонд энергосбережения, куда зачисляются неиспользованные для премирования денежные средства, полученные в результате экономии ТЭР, и утверждается положение о фонде «Энергосбережение». Средства из этого фонда используются:

– на финансирование работ по проведению энергетического аудита, разработку и экспертизу прогрессивных технически обоснованных норм расхода ТЭР на единицу продукции;

- внедрение энергосберегающего оборудования, приборов и систем учета;
- финансирование НИОКР и внедрение новой техники и технологий, обеспечивающих энергосбережение на предприятии, включая и приобретение лицензий;
- подготовку и повышение квалификации по энергетическому менеджменту управления энергетикой;
- укрепление материально-технической базы службы главного энергетика в сумме, не превышающей 15 % от общей суммы фонда;
- проведение семинаров и выставок.

5.5. Санкции за нерациональное использование ТЭР

Вместе с имеющимися мерами материального стимулирования предусмотрены и экономические санкции за нарушение законодательства в сфере энергосбережения.

Постановлением правительства республики еще в 1990 г. в числе мер по улучшению использования ТЭР в условиях перехода к рыночным отношениям одобрены и введены в действие с 1 января 1991 г. **Основные положения по применению в республике экономического стимулирования энергосбережения.** Ими предусмотрена повышенная плата потребителем (до пятикратной стоимости) за расточительство или нерациональное использование электрической и тепловой энергии, а также с 1 октября 1991 г. – за резко неравномерное потребление в течение суток электрической энергии. Основанием для взимания указанной платы являются данные энергобаланса предприятия, результаты обследования предприятия должностными лицами Госкомэнергосбережения, а также расчеты коэффициента неравномерности потребления электрической мощности в сравнении со средними его значениями по республике.

Для субъектов хозяйствования постановлением предусмотрены экономические санкции:

- за использование топлива, электрической и тепловой энергии без утвержденных в установленном порядке норм их расхода на производство единицы продукции (работы, услуг) – в размере 5 % стоимости израсходованных за период ненормированного потребления ТЭР;
- перерасход топлива, электрической и тепловой энергии – в размере двукратной стоимости израсходованных сверх установленных норм ТЭР за отчетный квартал, предшествующий дате обнаружения этого перерасхода;

– нарушение сроков оснащения котельных приборами учета расхода топлива и тепловой энергии – в размере 10 % стоимости израсходованного топлива за период после истечения сроков, указанных выше.

5.6. Демонстрационные зоны высокой энергоэффективности

Одним из принципов государственного управления в сфере энергосбережения является реализация демонстрационных проектов высокой энергоэффективности. Государственный комитет по энергосбережению и энергетическому надзору Республики Беларусь утвердил Положение о демонстрационных зонах высокой энергоэффективности в Республике Беларусь.

Демонстрационные зоны высокой энергетической эффективности Республики Беларусь представляют собой проект (совокупность проектов), осуществляемый в масштабах организаций, района, города или ограниченной территории, в которых создаются благоприятные условия для демонстрации совокупного эффекта за счет повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов, решения организационных, технических, экономических, нормативно-правовых проблем по приоритетным направлениям энергосбережения, концентрации ресурсов научно-технического и производственного потенциала, накопленного зарубежного и отечественного опыта, с целью дальнейшего развития экономики и социальной сферы республики. Они создаются на отраслевом, региональном и республиканском уровнях. **Главной задачей** демонстрационных зон является проведение широкомасштабной информационно-пропагандистской кампании среди специалистов и общественности по демонстрации на практике преимуществ внедрения энергосберегающих технологий, оборудования, изделий и материалов.

Объектами демонстрационной зоны могут быть:

- промышленные, транспортные, строительные и сельскохозяйственные объекты (как в целом организации, так и отдельные цеха и участки);
- жилые и общественные здания и сооружения; объекты коммунально-бытового назначения;
- организации топливно-энергетического комплекса, задействованные в производстве, преобразовании, передаче, хранении и распределении топлива, тепловой и электрической энергии;
- выделенный в соответствии с настоящим положением комплекс производителей и потребителей топливно-энергетических ресурсов в границах территориально-административной единицы.

Демонстрационные проекты отражают:

- использование прогрессивных технологий, направленных на минимизацию затрат ТЭР в производственных циклах;
- внедрение энергосберегающего оборудования и бытовой техники;
- эффективное производство, передачу и использование ТЭР;
- утилизацию вторичных энергетических ресурсов;
- использование местных видов топлива;
- внедрение современных приборов и систем учета ТЭР;
- снижение теплопотерь производственных, административно-бытовых зданий и объектов жилого фонда;
- разработку и внедрение нормативно-правовой базы и финансово-экономического механизма реализации проводимых работ по энергосбережению;
- создание инфраструктуры по реализации программ энергосбережения, включая обучение специалистов из демонстрационных зон энергетическому аудиту, энергоменеджменту и финансовому инжинирингу;
- обобщение и тиражирование информации о положительном опыте, накопленном в демонстрационных зонах высокой энергоэффективности.

5.7. Государственная поддержка инвестиционной деятельности по энергосберегающим мероприятиям

По уровню эффективности все энергосберегающие проекты в республике делятся на три группы:

1. Проекты, способные обеспечить заемщику (владельцу объекта) уровень дохода, достаточный для того, чтобы расплатиться с инвесторами и получить прибыль. Подобные проекты направлены, в первую очередь, на поддержание в надлежащем состоянии оборудования и доведение энергоэффективности объекта до уровня мировых стандартов. К данной группе относятся и проекты, связанные с заменой неэффективных котлов и установкой котлоагрегатов, работающих на отходах деревообрабатывающих цехов, мебельных производств и т.п. Основным источником финансирования – средства владельца объекта и банковские кредиты, за пользование которыми взимается не более 0,5 ставки рефинансирования Нацбанка, а также средства инновационного фонда «Белэнерго», которые предоставляются на возвратной основе.

2. Проекты, реализация которых имеет народнохозяйственное значение, но не дает достаточной прибыли владельцу объекта. В эту группу включены межотраслевые проекты, направленные на кардинальное совершенствование технологий и оборудования (замена неэкономических котлов, установка турбин для выработки электроэнергии в действующих котельных, освоение производства нового энергосберегающего оборудования, установка приборов учета энергоресурсов и регулирования их расхода). Источники финансирования (помимо перечисленных) – госбюджетные субсидии, а также кредит, выделенный Российской Федерацией, в т.ч. на закупку энергосберегающего оборудования, турбоагрегатов и тепловых насосов.

3. Проекты, не дающие прямой финансовой прибыли, но позитивно влияющие на энергорынок, окружающую среду и социальную сферу. Как правило, эти проекты связаны с созданием демонстрационных зон, организацией просветительских и рекламных кампаний, научно-исследовательских работ и т.п. Источники финансирования проектов этой группы – бюджетные субсидии, республиканский фонд «Энергосбережение», инвестфонды министерств, ведомств и т.п.

Средства на энергосберегающие мероприятия на безвозвратной основе выделяются при условии включения мероприятия в региональную (областную, г. Минска) или республиканскую программы энергосбережения организациям и учреждениям бюджетной сферы, предприятиям, осуществляющим внедрение энергосберегающих мероприятий на основе высоких наукоемких технологий с использованием новой техники, оборудования, приборов и материалов, а также предприятиям, производящим продукцию на экспорт.

Для согласования выделения средств в Комитет по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь необходимо представить следующие материалы, которые должны быть подписаны руководителем предприятия и заверены печатью:

- письмо-заявку на выделение средств на безвозвратной основе с описанием мероприятия и указанием причины необходимости безвозвратного выделения средств, подтвержденной информацией о состоянии финансово-хозяйственной деятельности предприятия;
- расчет экономической эффективности с указанием объемов и источников финансирования согласовываемого мероприятия;
- ходатайство держателя программы энергосбережения, в которую включено мероприятие (облсполкома, Мингорисполкома, Комитета по энергоэффективности Совета Министров Республики Беларусь).

По получении указанных материалов Комитет по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь рассматривает их в течение 10 дней со дня поступления и при положительном решении направляет их и письмо о согласовании выделения средств на безвозвратной основе в Министерство экономики, при отрицательном – заявителю с указанием причин отказа, о чем информируется также заказчик программы.

Министерство экономики рассматривает документы в течение 10 дней со дня их поступления и в зависимости от принятого решения направляет письмо о согласовании выделения средств на безвозвратной основе или отказ в этой просьбе с указанием причин. Комитет по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь информирует заказчика программы о результатах согласования.

Выделение банковских кредитов на осуществление энергосберегающих мероприятий производится банками, уполномоченными обслуживать государственные программы: ОАО «Внешэкономбанк», ОАО «Приорбанк», ОАО «Агропромбанк», ОАО «Промстройбанк», ОАО «Белинвестбанк», АСБ «Беларусбанк». Процентная ставка установлена не более 0,5 ставки рефинансирования Нацбанка. Компенсация потерь, предоставляемых банками-агентами на льготной условиях для реализации мероприятий по энергосбережению, осуществляется за счет средств инновационных фондов министерств, республиканских органов государственного управления и государственных объединений, созданных по решению Правительства Республики Беларусь, направленных на энергосбережение, и средств республиканского фонда «Энергосбережение», и не должна превышать 0,5 ставки рефинансирования Нацбанка.

Заявка-ходатайство должна отражать цель получения кредита, сумму и срок, на который испрашивается кредит. Заявка согласуется с руководителем отраслевого министерства, другого республиканского органа государственного управления, объединения; председателем облисполкома (Минского горисполкома); председателем Комитета по энергоэффективности (начальником областного управления по энергоэффективности) в зависимости от включения мероприятий по энергосбережению в республиканскую, отраслевую или республиканскую программы по энергосбережению.

Заключение по результатам экспертизы проекта заверяется руководителем отраслевого министерства, другого республиканского органа государственного управления объединения, подчиненного правительству Республики Беларусь, председателем облисполкома (Минского горисполкома), Комитетом по энергоэффективности при СМ Республики Беларусь (областным и Минским городским управлениями по надзору за рациональным использованием ТЭР).

После рассмотрения в банке предъявленных документов и в случае положительного решения о выдаче кредита заемщиком открывается ссудный счет, для чего в банк предоставляются:

1. Учредительные документы, заверенные нотариально или регистрирующим органом.
2. Справка из налоговой инспекции о присвоении учетного номера налогоплательщика (дубликат извещения).
3. Карточки с образцами подписей (одна заверенная нотариально).
4. Справка статистического управления о присвоении идентификационного кода.
5. Свидетельство о перерегистрации, заверенное нотариально.
6. Заявление на открытие ссудного счета.
7. Справка из ФСЗН на открытие ссудного счета.

Финансировать энергосберегающие проекты в Беларуси можно также и за счет:

- грантов Глобального экологического фонда ООН (фонд предоставляет финансовую и техническую поддержку в рамках Конвенции ООН по изменению климата);
- «мягких займов» Мирового банка под проекты, сулящие прибыль (Мировой банк не рассматривает проекты стоимостью менее 10 млн дол.);
- кредитов ЕБРР (Европейский банк реконструкции и развития рассматривают проекты стоимостью не менее 5 млн экю);
- программы ТАСИС, поддерживающей предварительные исследования и подготовку технико-экономических обоснований (средний размер финансирования энергосберегающих проектов в разных странах в 1992 – 1996 гг. составил 1,129 млн дол.);
- двусторонней помощи доноров (одна сторона помогает другой).

Требуемые документы для получения средств из указанных источников мало чем отличаются от требуемых документов для получения кредитов.

6. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

- 6.1. Потенциал энергосбережения по различным отраслям народного хозяйства.
- 6.2. Возможность и проблемы использования возобновляемых источников энергии в Республике Беларусь. Нетрадиционные источники энергии. Местные виды топлива.
- 6.3. Вторичные энергетические ресурсы, их классификация и использование.
- 6.4. Трансформаторы теплоты и тепловые трубы, тепловые насосы.

6.1. Потенциал энергосбережения по различным отраслям народного хозяйства

В решении поставленных Энергетической программой концептуальных задач важная роль отводится государственному управлению, основным механизмом которого является регулирование потребления ТЭР (опыт Японии) посредством создания законодательной, нормативной базы и экономических стимулов рационального использования ТЭР.

В Энергетической программе на 2001 – 2005 г. определены **задания энергосбережения** и основные направления повышения эффективности использования ТЭР по всем отраслям народного хозяйства, министерствам и ведомствам Республики Беларусь. Реализуемый потенциал энергосбережения на эти годы оценивается на уровне 5 575 – 7 234 тыс. т у.т., в т.ч.: жилищно-бытовой сектор – 2 875 – 3 610; энергетика – 750 – 900; химия и нефтехимия – 330 – 594; сельское хозяйство – 380 – 540; производство стройматериалов – 360 – 380; машиностроение – 340 – 540; топливная промышленность – 100 – 130; пищевая промышленность – 70 – 100; прочие отрасли промышленности – 150 – 200; прочие потребители – 220 – 240; Минсельхозпрод – 50 – 640, Минстройархитектуры – 360 – 380; Минжилкомхоз – 220 – 350; Минпром – 340 – 540; Минобразования – 107 – 140; Минздрав – 40 – 52; Минтранс 10 – 13; Минобороны – 7 – 9; МВД – 3 – 4; Минспорта – 1 – 2; Минсвязи – 0,5 – 0,6; Комлесхоз – 0,5 – 0,6; концерны «Белэнерго» – 750 – 900, «Белнефтехим» – 330 – 594, «Беллесбумпром» – 45 – 108, «Белбиофарм» – 40 – 52, «Белтопгаз» – 19 – 26, «Беллегпром» – 15 – 18, «Минскстрой» – 6 – 8, «Белместпром» – 2 – 3.

Для реализации этого потенциала энергосбережения определены основные задачи:

- структурная перестройка отраслей;
- повышение коэффициента полезного использования энергоносителей и увеличение доли менее дорогих видов топлива в общем топливном балансе;
- увеличение доли местного топлива, отходов производства, нетрадиционных и возобновляемых источников;

И основные организационно-экономические направления:

- дальнейшее совершенствование законодательной и нормативно-правовой базы;
- проведение государственной экспертизы энергоэффективности проектов и энергоаудитов;
- внедрение прогрессивных норм расхода топлива и энергии;

- совершенствование тарифной политики с таким расчетом, чтобы уровень тарифов на электро- и теплоэнергию, а также цен на топливо создавал бы экономические условия, обеспечивающие развитие энергосберегающих технологий в производственных процессах производителей и потребителей ТЭР;

- стимулирование производства энергоэффективной продукции;
- разработка стандартов минимальной энергоэффективности и энергомаркировки по классам энергоэффективности, гармонизация с Директивами ЕС и др.

К основным техническим направлениям энергосберегающей политики относятся:

- внедрение парогазовых, газотурбинных установок, мини-ТЭЦ, ГЭС;
- модернизация котельных и теплоизоляции;
- замена электрокотлов на топливные для возможности использования горючих отходов производства, сельского, лесного хозяйства, деревообработки;

- перевод электросушильных установок, электронагревательных печей на топливоиспользующие установки;

- внедрение новых энергосберегающих технологий при нагреве, термообработке, сушке изделий, современных строительных и теплоизоляционных материалов;

- дизелизация автотранспорта, перевод на сжиженный и сжатый природный газ;

- расширение работ по производству топлива из метанола и рапсового технического масла;

- техническое перевооружение, оптимизация режимов загрузки электрических сетей, трансформаторных подстанций, тепловых сетей, тепловых пунктов и др.

6.2 Возможность и проблемы использования возобновляемых источников энергии в Республике Беларусь. Нетрадиционные источники энергии. Местные виды топлива

В качестве возобновляемых и местных источников энергии с учетом природных, географических и метеорологических условий республики являются: дрова; торф; гидроресурсы; ветроэнергетический потенциал; биогаз из отходов животноводства; солнечная энергия; биомасса; твердые бытовые отходы и др.

Их динамичное широкое применение в республике очень важно по нескольким причинам:

1. Работы по их использованию будут способствовать развитию собственных технологий и производства оборудования, которые впоследствии могут стать предметом экспорта.

2. Эти источники являются, как правило, экологически чистыми.

3. Развитие таких источников повышает энергетическую безопасность государства.

Технологии освоения указанных источников энергии включают:

– прямое фотоэлектрическое преобразование солнечного излучения в электрическую энергию в составе фотоэлектрических станций, работающих параллельно с сетью и имеющих различную пиковую мощность;

– комбинированное производство электрической и тепловой энергии;

– ветроэлектрические агрегаты различной мощности;

– термохимические газогенераторы, перерабатывающие твердые органические отходы (бытовые, растениеводства, деревообработки и др.) в газообразное топливо;

– системы теплонаносного теплохладоснабжения, обеспечивающие отбор рассеянного низкопотенциального тепла поверхностных слоев грунта (обеспечивают более чем трехкратную экономию электроэнергии при выработке тепла);

– получение биогаза путем анаэробного сбраживания жидких отходов.

Практически все виды нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ), за исключением биомассы и глубинного тепла земли, наряду с очевидными преимуществами имеют и существующие недостатки:

– низкий удельный потенциал (рассеянность);

– нерегулярность поступления, зависящую от климатических условий, суточных и сезонных циклов.

Поэтому для эффективного использования НВИЭ, особенно энергии ветра, солнца и др., необходимо решить ряд инженерных задач по созданию экономичных и надежных систем, воспринимающих, концентрирующих и преобразующих эти виды энергии в приемлемую для потребителя тепловую, механическую и электрическую энергию.

Для обеспечения бесперебойного энергоснабжения за счет НВИЭ, особенно автономных потребителей, система должна быть укомплектована аккумуляторами и преобразователями. Перспективны также гибридные системы, использующие одновременно два или несколько видов НВИЭ,

например, солнце и ветер, взаимно дополняющие друг друга, в сочетании с аккумуляторным и резервным двигателем внутреннего сгорания в качестве привода электрогенератора.

НВИЭ имеют огромное значение, в первую очередь для автономного энергоснабжения населения и производства в сельских и отдаленных районах. Кроме того, они используются в интересах сельского и коммунального хозяйства, социальной сферы, туризма, связи, дорожных и навигационных служб.

Вместе с тем, доля потребления нетрадиционных и возобновляемых источников энергии и местных видов топлива с 1990 по 2000 гг. в Республике Беларусь возросла с 1,2 до 3,7 % и с 11 до 18 % соответственно. При условии проведения соответствующих инвестиционных и энергосберегающих мероприятий в ближайшие 5 лет предусматривается дальнейшее повышение их доли в энергообеспечении страны.

Основным возобновляемым местным видом топлива была и остается **древесина** и ее **отходы** на деревообрабатывающих предприятиях. Дрова заготавливаются в республике предприятиями Комитета лесного хозяйства при Совете Министров Республики Беларусь и концерна «Беллесбумпром», а отходы деревообработки образуются на всех предприятиях, занимающихся переработкой древесины. В целом по республике годовой объем использования дров и отходов лесопиления составляет около 1,8 – 1,9 млн т у.т. Часть дров поступает населению за счет самозаготовок, объем которых оценивается на уровне 0,3 – 0,4 млн т у.т. Опыт показывает, что себестоимость тепловой энергии, полученной с использованием древесной массы в 2 – 4 раза ниже по сравнению с углеводородным сырьем.

Древесину и древесные отходы можно использовать для получения энергии не только путем прямого сжигания в топках котлов, но и для получения генераторного газа для последующего использования в небольших котлах и даже в небольших газовых турбинах. Генераторный газ, получаемый из древесины, более чист, чем газ из угля и мазута. Этот газ – экологически чистое топливо для автомобильного транспорта лесхозов и сельскохозяйственных предприятий. В условиях Республики Беларусь приоритетность дров перед углем и торфобрикетами качественно возрастает из-за существенного природоохранного эффекта, связанного с утилизацией отходов лесодобычи, оздоровления лесов, расчисткой пожарищ и уменьшением вредных выбросов в атмосферу. Кроме того, древесная зола – хорошее удобрение для сельского хозяйства, пользующееся большим спросом.

После древесного топлива в частном секторе используется в основном **торф**. В первые послевоенные годы он играл первостепенную роль в

производстве электроэнергии и тепла на крупных промышленных предприятиях. В 2000 г. в республике использовано примерно 2,2 млн т торфа, что соответствует 769,6 тыс. т у.т., из них брикетов – 665,1 тыс. т у.т., фрезерного и кускового торфа – 104,5 тыс. т у.т.

Учитывая выработку запасов торфа на ряде действующих торфобрикетных заводов, в ближайшей перспективе возможно снижение объемов производства топливных брикетов, но объемы производства кускового торфа при соответствующей организации и закупке оборудования могут быть доведены к 2005 г. до 500 тыс. т у.т. При условии сохранения производства брикетов суммарное потребление торфа в качестве топлива в 2005 г. может составить 1,1 млн т у.т.

Немалую роль в пополнении энергобаланса Республики Беларусь играют небольшие ГЭС. В 1992 – 2000 гг. восстановлены 8 ГЭС общей мощностью 2 410 кВт. В перспективе на притоках рек Западная Двина, Неман, Виляя, Днестр, Припять и Западный Буг может быть построено около 50 малых ГЭС с суммарной мощностью 50 тыс. кВт и среднегодовой выработкой электроэнергии 160 млн кВтч. Наиболее значительный вклад гидроэнергетики в общий энергетический баланс республики может внести строительство каскада ГЭС на реках Западная Двина и Неман. Уже подготовлено технико-экономическое обоснование строительства ГЭС на Немане в Гродненской области. Проектом предусмотрено не только строительство станций, но и развитие инфраструктуры. Гидроэлектростанции на этих реках при относительно небольшом затоплении пойменной территории позволят получить до 800 млн кВтч/год электроэнергии при установленной мощности около 240 МВт.

Установленная мощность ГЭС в стране на 01.01.2000 г. составила 6,8 тыс. кВт. В 1999 г. за счет использования гидроресурсов выработано 19,2 млн кВтч электроэнергии, что эквивалентно вытеснению экспортного топлива в 7 тыс. т у.т.

Потенциальная мощность всех водотоков Беларуси составляет 850 МВт, в т.ч. технически доступны – 520 МВт, экономически целесообразны – 250 МВт. За счет гидроресурсов к 2005 г. возможна выработка 115 млн кВтч электроэнергии, что эквивалентно 40 тыс. т у.т.

На территории республики выявлено 1 040 площадок для размещения **ветроустановок** с теоретически возможным энергетическим потенциалом 1 600 МВт и годовой выработкой электроэнергии 3,3 млрд кВтч. Однако в ближайшее время технически возможное и экономически целесообразное использование потенциала ветра не превысит 0,5 % от установленной мощности электростанций энергосистемы, т.е. может составить не

более 300 – 350 МВт или 720 – 840 млн кВтч. Причинами незначительного использования ветроустановок являются:

- слабые континентальные ветра (3 – 5 м/с) при необходимой пусковой скорости их 4 – 5 м/с, средняя скорость ветра по республике не превышает 4,1 м/с;

- высокая стоимость ВЭУ (1 000 – 1 500 дол. США/кВт установленной мощности);

- необходимость создания и содержания резерва мощностей на других типах электростанций в случае отсутствия ветра.

По экспертным оценкам к 2010 г. будет освоено не более 30 % общего ветропотенциала, т.е. 252 млн кВтч, что эквивалентно 75 тыс. т у.т.

Установки для производства биогаза из отходов животноводческих комплексов целесообразно использовать только с условием получения экологически чистого высококачественного органического удобрения. Только в этом случае они будут эффективны для внедрения за счет пропорционального сокращения энергоемкого производства минеральных удобрений. Применение биогазовых установок позволит также существенно улучшить экологическую обстановку вблизи крупных ферм и животноводческих комплексов, а также на посевных площадях, куда в настоящее время сбрасываются отходы производства.

Потенциально возможное получение товарного биогаза на животноводческих комплексах составляет 160 тыс. т у.т./год, а к 2010 г. – не более 15 тыс. т у.т.

Невостребованным источником энергии является огромный потенциал **Солнца**. В настоящее время развитие разработок по использованию солнечной энергии идет по двум направлениям: фото- и гелиоэнергетика. Первая связана с прямым преобразованием потока солнечной энергии в электричество, вторая – с утилизацией тепловой энергии с помощью активных и пассивных теплоиспользующих систем.

Основными направлениями использования энергии Солнца будут гелиоводоподогреватели и различные гелиоустановки для интенсификации сушки и подогрева воды в сельскохозяйственном производстве и быту. Для этих целей в научно-исследовательских институтах разработаны различные типы гелиоводоподогревателей. Так, в БелНИИ механизации и электрификации сельского хозяйства разработаны и успешно внедряются в аграрном секторе гелиоводоподогреватели ГВП-20 и «Гелекс-150» с естественной (термосифонной циркуляцией теплоносителя в системах с баком-наполнителем горячей воды). Использование для теплопоглощающих поверхностей поливинилхлоридных материалов с высоким коэффициентом

том поглощения позволило получить высокие технико-экономические показатели гелиоводоподогревательных установок: экономия электроэнергии за сезон (апрель – сентябрь) составила 300 – 350 кВтч с 1 м² поверхности.

За счет использования солнечной энергии возможно замещение органического топлива в объеме 25 тыс. т у.т. в год к 2010 г.

Остается пока нереализованным и такой источник местного топлива в Беларуси, как **лигнин**, который в виде отхода производства образуется на Речицком опытно-промышленном и Бобруйском гидролизных заводах. После переработки на этих заводах древесного сырья на белок (Речицкий ОПЗ) и гидролизный спирт (Бобруйский ГЗ) образуется лигнин, который может быть основой для производства дешевого топлива с теплотворной способностью на 5 – 10 % выше, чем у торфа. Однако трудности, с которыми столкнулись при поиске путей использования его для получения тепловой энергии (высокая влажность ($\approx 70\%$), взрывоопасность, выделение вредных веществ при сгорании и др.), не позволили пока найти эффективного варианта использования лигнина для указанных целей.

Биомасса образуется за счет быстрорастущих растений и деревьев. В климатических условиях Беларуси с 1 га энергетических плантаций собирается масса растений в количестве до 10 т вещества, что эквивалентно примерно 5 т у.т. При дополнительных агроприемах продуктивность гектара может быть повышена в 2 раза. Из этого количества биомассы можно получить 5 – 7 т жидких продуктов, эквивалентных нефти. Наиболее целесообразно использовать для получения сырья площади выработанных торфяных месторождений, на которых отсутствуют условия для произрастания сельскохозяйственных культур. Площадь таких месторождений в республике составляет около 180 тыс. га, которая может стать стабильным, экономически чистым источником энергетического сырья в объеме до 1,3 млн т у.т./год. Реализация этого источника затруднена из-за отсутствия специальной техники, дорог в местах торфяных разработок, перерабатывающих предприятий. Первые опытные площади засеяны в Гомельской области.

В **твердых бытовых отходах (ТБО)** горючие компоненты составляют 50 – 88 %, а теплотворная способность – 800 – 2000 ккал/кг. В Республике Беларусь ежегодно накапливается их около 2,4 млн т, которые направляются на свалки и два мусороперерабатывающих завода (Минский и Могилевский). Потенциальная энергия, заключенная в ТБО, образующихся на территории Республики Беларусь, равноценна 470 млн т у.т.

Лучшим способом получения энергии из ТБО является биопереработка с целью получения газа, но эффективность их составит не более 20 – 25 %, что эквивалентно 100 – 120 тыс. т у.т. Кроме ежегодно образующихся ТБО необходимо учитывать многолетние их запасы, которые

имеются во всех крупных городах и создают проблемы их складирования. Только по областным городам ежегодная переработка ТБО позволила бы получить количество биогаза, эквивалентного 50 тыс. т у.т., а по Минску – до 30 тыс. т у.т. Конкретные показатели эффективности могут быть получены на основании детальных проектных проработок, создания и эксплуатации опытно-промышленного полигона. К 2010 г. из ТБО возможно получение до 20 тыс. т у.т.

Геотермальные ресурсы в Беларуси к настоящему времени практически отсутствуют, поскольку температурные условия недр территории республики изучены недостаточно. По предварительным данным наиболее благоприятные условия для образования термальных вод имеются в Припятской впадине. Однако большая глубина залегания термальных вод, сравнительно низкая их температура, высокая минерализация и низкий дебит скважины (100 – 1 150 м³/сут) не позволяют в настоящее время рассматривать термальные воды республики в качестве заслуживающего внимания источников энергии.

К местным для Беларуси источникам энергии относятся нефть, бурые угли, горючие сланцы и др. Общие извлекаемые ресурсы **нефти** в Республике Беларусь оценены в 362,1 млн т (525 млн т у.т.). В промышленную категорию переведено примерно 48 % указанных ресурсов.

В Припятской нефтяной области прогнозируется открытие 470 новых залежей нефти, из них с запасами более 3 – 4 млн т – 6, от 1 до 3 млн т – 18, остальные – ниже 1 млн т. Общая производительность существующих скважин снижается, т.к. многие разработанные нефтяные пласты уже перешагнули пиковый рубеж производительности. Это обстоятельство формирует тенденцию спада добычи нефти в будущем.

Что касается **бурых углей** и **горючих сланцев**, то их запасы пока не разрабатываются, поскольку по своим качественным показателям они не являются эффективным топливом из-за низкой теплоты сгорания и высокой зольности. Так, калорийность бурых углей составляет 1 500 – 1 700 ккал/кг, горючих сланцев – 1 000 – 1 600 ккал/кг; зольность соответственно – 17 – 23 и 75 %. В будущем при дальнейшем повышении мировых цен на энергоносители возможно использование бурых углей в качестве коммунально-бытового топлива после подсушки и брикетирования в смеси с торфом или для получения генераторного газа. Из горючих сланцев также возможно получение жидкого и газообразного топлива после предварительной термической подготовки.

К нетрадиционным источникам энергии относится и **рапсовое масло**, идею использования которого в качестве автомобильного топлива выд-

винул еще в начале 1960-х годов немецкий инженер Людвиг Эльсбет. В 1964 г. он организовал институт усовершенствования двигателей внутреннего сгорания. Несколько позже была образована специальная фирма Elsbett, занимающаяся производством двигателей, использующих в качестве топлива растительное масло.

Преимуществами растительного масла являются:

- меньшая эмиссия вредных выбросов при сгорании;
- отсутствие опасных эффектов в процессе транспортировки и использования;
- простота процесса производства растительного масла, который может быть осуществлен не только в больших масштабах на специализированных заводах, но и в небольших количествах – на собственных мелко-товарных фермах;
- относительно продолжительный срок хранения без утраты качества и др.

Известно, что **газ**, поступающий на электростанции и газораспределительные станции под высоким давлением, пригоден к употреблению только в пониженном давлении. Энергия, которая освобождалась в результате этих перепадов в давлении, уходила в никуда. Внедренная на Лукомльской ГРЭС мощностью 2 400 МВт турбодетандерная установка, мощность которой всего лишь 5 МВт, решает проблему перехода используемого газа с высокого давления на пониженное и вырабатывает энергии столько, сколько потребляет весь Чашникский район. На этой ГРЭС запланировано внедрить еще одну такую установку, а для нужд республики нужно 20 генераторов малой энергетики. Отрабатывается вопрос установки такого же детандера на Минской ТЭЦ-4 и на предприятиях, производящих энергоемкую продукцию или являющихся крупными потребителями газа.

К нетрадиционным видам топлива относятся и полученный предпринимателем из г. Барановичи И. Дьяковым продукт из отслуживших свой ресурс **автомобильных шин**, который по подтверждению сотрудников лаборатории НАН Беларуси представляет собой синтетическую нефть. Усовершенствовав свою разработку, этот предприниматель сумел получить из произведенной нефти 15 % бензина А-92 и 40 % дизельного топлива. Технология получения этих компонентов горючего практически безотходна и не вредит окружающей среде. После ввода в эксплуатацию опытно-промышленной установки мощностью 10 – 20 т нефти в сутки, а затем и завода мощностью 160 т в сутки, можно будет утилизировать сотни тонн автошин в сутки, вырабатывая за год 500 тыс. т синтетической нефти.

6.3. Вторичные энергетические ресурсы, их классификация и использование

Одним из важных факторов экономии ТЭР является использование вторичных энергетических ресурсов (ВЭР), образующихся в одних технологических установках, процессах и направляемых для энергоснабжения других агрегатов и процессов.

ВЭР по видам энергии подразделяются на горючие, тепловые и избыточного давления (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Классификация ВЭР по видам и направлениям их использования

Вид ВЭР	Носители ВЭР	Энергетический потенциал	Направление и использование способов утилизации
Горючие	Твердые, жидкие, газообразные отходы	Низшая теплота сгорания	Топливное сжигание в топливоиспользующих установках
Тепловые	Отходящие газы, охлаждающая вода, отходы производств, промежуточные продукты, готовая продукция	Энтальпия	Тепловое. Выработка в теплоутилизационных установках водяного пара, горячей воды, использование для покрытия потребности в тепле
Тепловые	Отработанный и попутный пар	Энтальпия	Тепловое и комбинированное покрытие потребности, выработка электроэнергии в конденсационном или теплофикационном турбоагрегате
ВЭР избыточного давления	Газы с избыточным давлением	Работа изоэнтропного расширения	Электроэнергетическое. Выработка электроэнергии в газовом утилизационном турбоагрегате

Горючие (топливные) ВЭР – это горючие газы и отходы одного производства, которые могут быть применены непосредственно в виде топлива в других производствах. Это доменный газ в металлургии; щепы, опил-

ки, стружка в деревообрабатывающей промышленности; твердые, жидкие промышленные отходы в химической и нефтеперерабатывающей промышленности и т. д.

Тепловые ВЭР – это физическая теплота отходящих газов технологических агрегатов основной, побочной, промежуточной продукции и отходов производства; теплота золы и шлаков, горячей воды и пара, отработанных в технологических установках; теплота рабочих тел систем охлаждения технологических установок. Тепловые ВЭР могут использоваться как непосредственно в виде теплоты, так и для отдельной или комбинированной выработки теплоты, холода, электроэнергии в утилизационных установках.

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

Температура отходящих газов различных промышленных печей и нагревательных устройств колеблется от 800 – 900 °С (в печах с регенераторами) до 900 – 1 200 °С (в термических, прокатных и кузнечных (без регенерации)), что позволяет в котлах-утилизаторах вырабатывать пар высоких параметров для технологических нужд. Кроме того, нагревательные печи, как правило, оборудованы системой охлаждения отдельных элементов конструкции, поэтому при испарительном охлаждении можно получить пар давлением до 4,5 МПа, который используется и в энергетических целях. Так как температура уходящих газов после котлов-утилизаторов все еще достаточно высока (около 200 – 250 °С), их теплоту целесообразно применять для коммунально-бытовых нужд или отопления (нагрева воды).

На предприятиях машиностроения в настоящее время тепловыми отходами являются физическая теплота уходящих газов, теплота охлаждения нагревательных и термических печей, вагранок и др.

В промышленности строительных материалов тепловые ВЭР образуются при обжиге цементного клинкера и керамических изделий, производстве стекла, кирпича, извести, огнеупоров, выплавке теплоизоляционных материалов. К ним относятся физическая теплота уходящих газов различных печей (туннельных, шахтных, вращающихся) и т.д.

Крупными потребителями пара различных параметров, электроэнергии, горячей и тепловой воды, а также холода являются почти все отрасли пищевой промышленности, поэтому и тепловые ВЭР предприятий пищевой промышленности также весьма разнообразны. Это, прежде всего, теплота отходящих горячих газов и жидкостей; жидких и твердых отходов

производства; отработанного пара силовых установок и вторичного пара, который получается при выпаривании растворов, ректификации и высушивании; тепловых установок; теплота, содержащаяся в продуктах производства.

Вторичные энергоресурсы имеются также на тепло- и гидроэлектростанциях. На гидроэлектростанциях отходы теплоты образуются в результате тепловыделения в электрогенераторах. Для тепловых электростанций наиболее существенный источник ВЭР – низкопотенциальная теплота нагретой охлаждающей воды конденсационных устройств, с которой может теряться до 50 % теплоты топлива, расходуемого на электростанции. Источником ВЭР считаются также дымовые газы котельных установок на паротурбинных станциях или отходящие продукты сгорания на газотурбинных установках.

Для использования ВЭР применяются утилизационные установки, представляющие собой устройства для выработки энергоносителей (водяного пара, горячей и охлажденной воды, электроэнергии) за счет снижения энергетического потенциала ВЭР. К основным видам **оборудования, применяемого для утилизации ВЭР**, относятся:

- котлы-утилизаторы;
- установки испарительного охлаждения;
- экономайзеры;
- утилизационные абсорбционные холодильные установки;
- теплообменники;
- водоподогреватели;
- тепловые насосы;
- утилизационные турбогенераторы и др.

6.4. Трансформаторы теплоты и тепловые трубы.

Тепловые насосы

Трансформаторами теплоты называются устройства, служащие для переноса тепловой энергии от тела с более низкой температурой (теплоотдатчика) к телу с более высокой температурой (теплоприемнику). Они подразделяются на холодильные установки и теплонаносные установки.

В **холодильных установках** температура теплоотдатчика T_H ниже температуры окружающей среды T_O ($T_H < T_O$), тогда как температура теплоприемника T_B равна температуре окружающей среды ($T_B = T_H$).

В **теплонаносных установках** температура теплоотдатчика равна или несколько выше температуры окружающей среды, тогда как температура теплоприемника значительно выше температуры окружающей среды.

Трансформатор теплоты может работать как в режиме холодильной установки, так и в режиме теплового насоса, либо одновременно в двух режимах. Такой процесс называется комбинированным. В комбинированной установке происходит одновременно выработка теплоты и холода.

Тепловые насосы являются разновидностью трансформаторов теплоты и предназначены для получения теплоносителя среднего и повышенного потенциала, используемого на тепловом потреблении. Тепловой насос представляет устройство для переноса тепловой энергии от теплоотдатчика с низкой температурой к теплоприемнику с высокой температурой. Принцип работы его тот же, что и компрессионного холодильника, с той разницей, что назначение холодильника заключается в производстве холода, а теплового насоса – в производстве теплоты (рис. 6.1).

В холодильнике компрессор сжимает газ, обладающий определенными свойствами, и нагнетает его в конденсатор, охлаждаемый водой или воздухом. При охлаждении газ конденсируется и, просачиваясь через дросселирующий клапан, поступает в испаритель. Здесь жидкость опять переходит в газообразное состояние и засасывается обратно в компрессор для сжатия. На испарение расходуется тепловая энергия, которая поступает от охлаждаемой среды.

Тепловой насос в отличие от холодильника отдает теплоту от конденсатора на нагревание теплопроводящей среды, которая переносит тепло к месту его использования в то время, как к испарителю подводится теплота от внешнего источника. Когда компрессор приводится в действие электрическим двигателем или другим механическим приводом, то такой тепловой насос называется компрессорным. Когда для привода компрессора используется тепловая энергия и в рабочем цикле участвует пара рабочих сред, состоящая из хладоносителя и абсорбента, то тепловой насос называется абсорбционным. Коэффициент полезного действия теплового насоса равен отношению тепловой энергии, полученной рабочей жидкостью (газом) в испарителе, к электрической энергии или другой, использованной для приведения в действие компрессора. Он больше единицы. Практически тепловые насосы, приводимые в действие при помощи электродвигателя, позволяют увеличить количество получаемой тепловой энергии в 2,5 – 3,3 раза по сравнению с тепловым эквивалентом электрической энергии, затрачиваемой на приведение в действие теплового насоса.

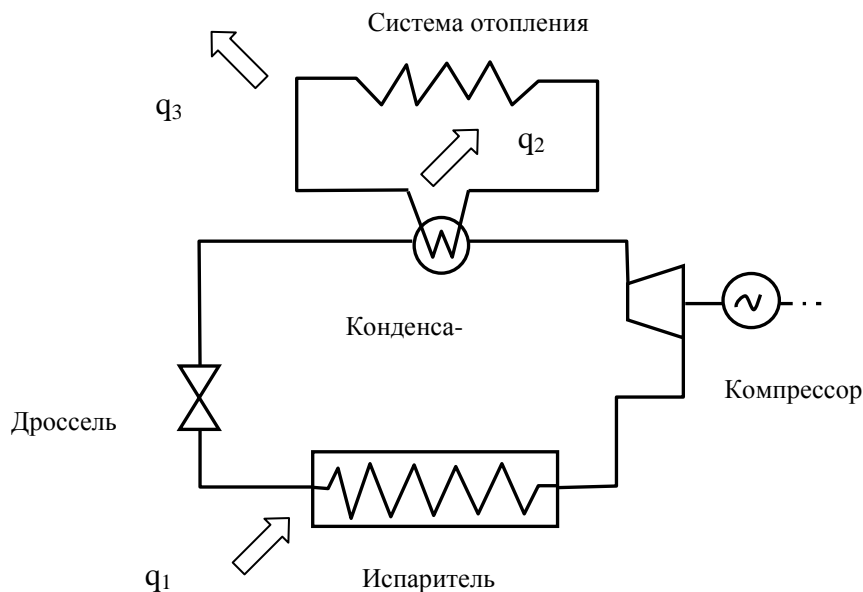


Рис. 6.1. Схема компрессионного теплового насоса:

q_1 – теплота, воспринимаемая испарителем от внешнего источника (окружающей среды); q_2 – теплота, отдаваемая от конденсатора; q_3 – теплота, отдаваемая системой отопления в отапливаемое помещение

Рабочими агентами тепловых насосов служат фреон-11, фреон-21, фреон-113, фреон-114, фреон-142, газы и газовые смеси (в т.ч. и воздух), имеющие при атмосферном давлении низкую температуру кипения. Тепловые насосы можно использовать в качестве индивидуальных систем обогрева жилых домов, отдельно стоящих зданий и сооружений, насосных (канализационных, водоснабжения) и т.п. Так, для теплоснабжения отдельно стоящих различных насосных станций в настоящее время, как правило, используют электрокалориферы или различные теплоэлектронагреватели (ТЭНы).

Тепловая труба представляет собой герметизированную конструкцию (трубу), частично заполненную жидким теплоносителем (рис. 6.2). Она способна передавать большие тепловые мощности при малых градиентах температуры.

Ее высокая теплопередающая способность достигается за счет того, что в тепловой трубе осуществляется конвективный перенос теплоты, сопровождаемый фазовыми переходами (испарением и конденсацией) жидкости-теплоносителя. При подводе теплоты к одному концу тепловой трубы жидкость нагревается, закипает и превращается в пар. При этом она поглощает большое количество теплоты, которое переносится паром к другому, более холодному, концу трубы, где пар конденсируется и отдает поглощенную теплоту. Далее сконденсированная жидкость опять возвраща-

ется в зону испарения. Этот возврат может осуществляться разными способами. Самый простой из них заключается в использовании силы тяжести. При вертикальном расположении тепловой трубы, когда зона конденсации находится выше зоны испарения, жидкость стекает вниз непосредственно под действием силы тяжести. Такой вариант тепловой трубы называется термосифоном.

В наиболее распространенных типах тепловых труб для возврата жидкости в зону испарения используют капиллярные эффекты. Для этого на внутренней поверхности тепловой трубы располагают слой капиллярно-пористой структуры (фитиль), по которому под действием капиллярных сил происходит обратное движение жидкости. Фитиль может быть выполнен из нескольких слоев тонкой сетки. Из трубы откачивается воздух и она плотно закрывается.

В тепловой трубе различают три участка: зону подвода теплоты, или участок испарения; зону переноса теплоты, или адиабатный участок; зону отвода теплоты, или участок конденсации.

Теплоносителями в тепловой трубе могут выступать различные вещества: ацетон, аммиак, фреоны, вода, ртуть, индий, цезий, калий, натрий, литий, свинец, серебро и неорганические соли.

Основными преимуществами тепловых труб являются: высокая эффективность теплопередачи, автономность работы, малая масса и габариты, высокая надежность, возможность реализации сложных теплопередающих функций, высокая изотермичность поверхности трубы. Для изготовления корпусов и капиллярных структур используются стекло, керамика, различные металлы и сплавы.

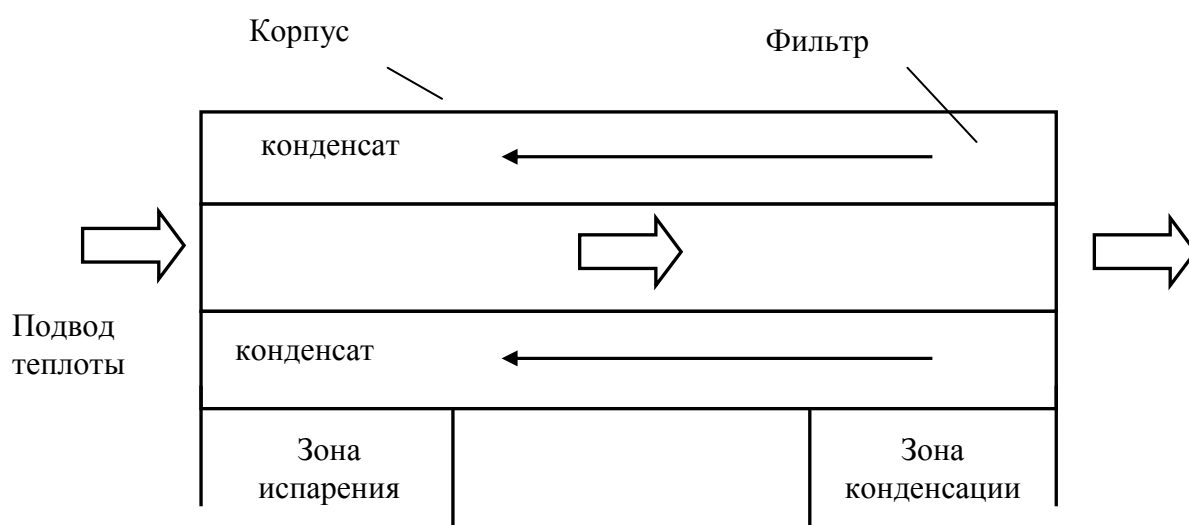


Рис. 6.2. Принципиальная схема тепловой трубы

Наиболее характерными областями применения тепловых труб являются энергетика, машиностроение, электроника, химическая промышленность, сельское хозяйство. В сельском хозяйстве применяются теплообменники на тепловых трубах при утилизации теплоты выбросного воздуха от животноводческих помещений (тип УТ-12 и т.д.). Теплообменник такого типа является разновидностью рекуперативного аппарата с промежуточным теплоносителем. Конструктивно теплообменники выполняются из набора тепловых труб. В зависимости от агрегатного состояния теплоносителя, омывающие испарительную и конденсационную зоны, разделяются на три типа: газ-газ (воздух-воздух); газ-жидкость; жидкость-жидкость.

Использование тепловых труб при утилизации ВЭР позволяет не только повысить эффективность работы энергетических установок, но и во многих случаях уменьшить загрязнение окружающей среды.

7. УЧЕТ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

7.1. Системы учета электрической энергии.

7.2. Регулирование и учет тепловой энергии. Типы приборов, используемых в Республике Беларусь.

7.3. Основные меры по оснащению приборами учета использования ТЭР.

7.4. Учет расхода холодной и горячей воды.

7.5. Учет расхода газа.

7.1. Системы учета электрической энергии

Отпуск электроэнергии регулируется, как правило, централизованно, а потребление, – главным образом, вручную при помощи отключения приборов или уменьшения их потребляемой мощности реостатами, автотрансформаторами. В некоторых случаях применяются автоматические отключатели, оборудованные часовыми механизмами (реле времени), например, в коридорах общественных зданий, подъездах. Реле времени отключают уличное освещение, хотя имеются системы, работающие от фотоэлементов по интенсивности природной освещенности. Учет электропотребления осуществляется электросчетчиками.

Приборы учета электрической и тепловой энергии обеспечивают экономию ТЭР, отражая их реальное потребление. И, как правило, после установки приборов учета плата за отпущенную тепловую энергию по фактическим отчетным данным в 2 – 3 раза ниже той, что была до их установ-

ки. Отсутствие приборов обуславливает неточную информацию, искажение отчетных данных, что приводит ко многим негативным явлениям. Установку приборов можно и нужно делать в новых зданиях, проекты которых рассчитаны на то, что инженерные коммуникации будут работать с приборами учета. Учет, контроль, минимизация составляющих энергопотребления и его стоимости возможны на предприятии только при автоматизации процессов отпуска энергии и являются одним из главных путей создания автоматизированных систем контроля и учета энергоресурсов.

Оснащение потребителей приборами учета расхода газа, воды и тепловой энергии началось в Республике Беларусь с принятием постановления Совета Министров Республики Беларусь от 7 июня 1994 г. № 505 «О введении приборного учета расхода газа, воды и тепловой энергии в домах жилищного фонда». Затем были приняты еще одно постановление Совета Министров от 9 июля 1997 г. № 855 «О дальнейшем внедрении приборного учета расхода газа, воды и тепловой энергии», а также Концепция развития приборного учета расхода газа, воды и тепловой энергии и Программа работ по производству приборов учета расхода газа, воды и тепловой энергии и оснащение ими потребителей на период до 2010 г.

Концепцией развития приборного учета расхода газа, воды и тепловой энергии определены следующие направления оснащения приборами коммерческого учета расхода ТЭР:

- объекты жилищно-коммунального хозяйства, здравоохранения, образования, культуры и социально-бытовой сферы;
- предприятий и организаций отраслей народного хозяйства всех форм собственности.

Внедрение приборов учета тепловой энергии и систем автоматического регулирования позволяет получить **экономический эффект**:

- от снижения потребления топлива, энергии и воды;
- уменьшения затрат на производство и использование газа, воды и тепла;
- уменьшения затрат на устранение аварий и установления водопроводов и теплосетей.

В целях получения максимального экономического эффекта необходимо устанавливать приборы учета и регулирования расхода тепловой энергии и воды на центральных и индивидуальных тепловых пунктах.

Массовую установку приборов индивидуального учета воды и газа предполагается осуществить при повышении тарифов на энергоносители до уровня, обеспечивающего 100 %-ную оплату населением издержек по их производству и подаче.

Системы коммерческого учета электроэнергии должны соответствовать тарифу, применяемому при расчетах между потребителями и поставщиками энергии. Основными системами учета являются:

1. При тарифе с основной ставкой за заявленную максимальную нагрузку, участвующую в максимуме ЭЭС (электроэнергетических систем), применяются счетчики с фиксацией максимума нагрузки в киловаттах в определенные часы суток, а также счетчики киловатт-часов активной энергии или специальные счетчики, которые одновременно с учетом потребленных киловатт-часов фиксировали бы средневзвешенный максимум нагрузки в часы прохождения максимума ЭЭС.

Замеры получасовой максимальной нагрузки должны производиться ежедневно в часы прохождения максимума ЭЭС в течение всего времени учета энергии. Если в рассматриваемый максимум ЭЭС имеет место утренний и вечерний максимумы, то соответствующие замеры производятся ежесуточно в период прохождения обоих максимумов ЭЭС.

2. При применении тарифов на электроэнергию со ставками, дифференцированными по зонам суток и стимулирующими снижение потребности электроэнергии в часы максимума ЭЭС и повышение потребления во внепиковой зоне, особенно в часы ночных провалов графика нагрузок ЭЭС, необходимы счетчики активной энергии, фиксирующие потребление энергии в соответствующих зонах суток.

3. Для управления специальными счетчиками могут применяться различные системы телеуправления, использующие как специальные и общие каналы связи, так и распределительные сети. Широко используется управление посредством контактных часов с установленной программой. Контактные часы представляют собой управляющий временной переключатель, который по заданной программе производит определенные переключения.

Область применения контактных часов весьма широкая. Они могут использоваться для управления силовыми цепями (уличное освещение, электрические водоподогреватели, отопление, освещение витрин и т.п.), периодического включения и отключения счетчиков фиксации в максимумы нагрузки, многофактурных электрических счетчиков.

Существуют следующие основные системы централизованного учета электроэнергии.

1. *Дистанционное электронное счетное и суммирующее устройство.* Применяется для промышленных предприятий, питающихся по нескольким вводам, для расчета за электроэнергию по заявленному максимуму мощности посредством установки на центральном контрольном пункте электронного дистанционного счетного и суммирующего устройства.

2. *Информационная измерительная система «Дата ватт»*, предназначенная для крупных промышленных потребителей, питающихся по нескольким вводам, и дающая возможность вести учет и суммирование потребленной активной и реактивной энергии на каждом вводе нарастающим итогом по установленным зонам времени и осуществлять автоматический и визуальный контроль совмещенного 15-минутного максимума нагрузки с предупредительной сигнализацией при тенденциях к превышению сверх заявленного и последующим трехступенчатым отключением нагрузки.

Для учета электрической энергии имеются различные приборы и созданные на их основе системы.

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.

Внедрение АСКУЭ «ИСТОК» позволяет:

1) обеспечить автоматизацию учетно-управленческой деятельности службы главного энергетика, сократив при этом непроизводительные затраты энергоресурсов и рабочего времени;

2) обеспечить привязку энергопотребления к организационно-технической структуре предприятия, что способствует проведению объективного анализа энергопотребления предприятия при различных режимах условиях работы, помогает наладить должный контроль и учет вплоть до каждого конкретного потребителя;

3) наладить оперативный контроль за соблюдением лимитов потребления, что помогает объективно рассчитывать и отслеживать удельные нормы расхода энергоресурсов на единицу продукции.

Получаемые при эксплуатации АСКУЭ «ИСТОК» данные о расходе (выработке) ТЭР, их дальнейший анализ служат основой составления реального плана организационно-технических мероприятий по перестройке производства, снижению потерь энергоресурсов, а также ужесточению экономических мер за их перерасход и нерациональное использование, т.е. побуждают экономить. Существуют и другие системы учета: ЭРКОН, СИМЭК, СЭМ-1, которые выполняют также функции учета потребляемых ресурсов.

7.2. Регулирование и учет тепловой энергии Типы приборов, используемых в Республике Беларусь

Регулирование отпуска тепловой энергии на отопление, в основном для малых зданий, осуществляется в автоматическом режиме регуляторами различного типа. Например, **регулятор типа «Рацион»** измеряет температуру наружного воздуха и теплоносителя, воздействуя на регулирующий клапан с электроприводом, снижает потребление теплоэнергии в нерабочие дни и ночное время. Для различных типов зданий пригодными компенсаторами (регуляторами) являются **приборы типа МР-01, ВТР, РП. Регулятор температуры РТ-95** также предназначен для автоматизации систем теплоснабжения, экономии тепловой энергии. Установка его в тепловом пункте здания позволяет упростить эксплуатацию системы отопления, обеспечить температурный комфорт в помещении и эффективно регулировать расход теплоносителя. Предусмотрено также автоматическое регулирование температуры воды в системе горячего водоснабжения с возможностью ее снижения в ночное время.

Для измерения различных параметров при получении, передаче и потреблении тепловой энергии используют разные средства. Так, для программирования автоматического управления отпуском тепловой энергии в системах отопления в жилых, общественных и производственных зданиях, а также системах горячего водоснабжения предназначен **регулятор потребления тепловой энергии АРТ-01**. В основу его положено вычисление необходимых температур потока теплоносителя по комплексу параметров (температур наружного воздуха, воздуха внутри помещения, потоку теплоносителя) и управление исполнительными механизмами (регулирующими клапанами и насосами) в зависимости от результатов вычисления.

Измерение температуры производится датчиками:

- с механическими выходными величинами (жидкостные термометры – в основном ТСП, манометрические термометры);
- с электрическими выходными величинами (термопары, терморезисторы, термометры сопротивления);
- температуры бесконтактными.

Измерение влажности воздуха и газов производят гигрометрами, влажности тел в других агрегатных состояниях – влагомерами.

Давление измеряется электрическими датчиками, а для контроля за малыми давлениями используются датчики косвенных измерений вязкости, теплопроводности, степени ионизации.

В соответствии с общепринятыми положениями прибор или устройство, служащее для измерения расхода вещества, называются **расходомерами**, а прибор или устройство, служащее для измерения количества вещества, – **счетчиками**.

Существует большое разнообразие методов измерения расхода и конструктивных разновидностей расходомеров и счетчиков. Наибольшее распространение получили следующие разновидности расходомеров:

- переменного перепада давления с различными типами сужающих устройств;
- постоянного перепада давления (расходомер обтекания);
- тахометрические;
- электромагнитные;
- ультразвуковые.

Широкое распространение для измерения нестационарных расходов тепловой энергии получили бесконтактные методы: электромагнитные; ультразвуковые; СВЧ; ионизационные; радиационные и др. Их сущность заключается в том, что под воздействием излучения от какого-либо источника в потоке происходит соответствующая флуктуация (от лат. fluctuatio – колебания, случайные отклонения наблюдаемых физических величин; флуктуация тепловая обусловлена разностью потенциалов на концах проводника). Зная момент подачи частотного импульса генератором, расстояние и момент прохождения облачком чувствительного элемента приемника-регистра, определяют расход вещества.

Для измерения потребляемой тепловой энергии используют **теплосчетчики**, представляющие собой комплект приборов: расходомер, термометры сопротивления и вычислительный блок для обработки сигналов («Квант», «Термо»).

Для измерения тепловой энергии и массы сухого насыщенного пара в системах теплоснабжения на источниках теплоты и у потребителя предназначен теплосчетчик ТП-2010, разработанный Новополоцким филиалом РУП БЕЛТЭИ. Расходомерная часть его обеспечивает измерение расхода методом переменного перепада давления.

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.

На основании решения экспертного совета от 5 апреля 2001 г. Госкомэнергосбережение рекомендует заинтересованным органам и организациям приборы коммерческого учета расхода и регулирования ТЭР, а также названия проверочных станций.

7.3. Основные меры по оснащению приборами учета использования ТЭР

В целях повышения эффективности и использования ТЭР Совет Министров Республики Беларусь принял 2 июля 1997 г. постановление № 819 «О дополнительных мерах по обеспечению эффективности использования топливноэнергетических ресурсов», которым было предусмотрено обеспечить установку приборов учета ТЭР в котельных.

Принятым постановлением СМ РБ от 9 июля 1998 г. № 855 «О дальнейшем внедрении приборного учета расхода газа, воды и тепловой энергии» установлено, что оснащение жилищного фонда республики приборами учета расхода газа, воды и тепловой энергии осуществляется в соответствии с графиками, ежегодно разрабатываемыми облисполкомами и Минским горисполкомом совместно с Минжилкомунхозом, Белтопгазом, владельцами жилищного фонда по согласованию с Комитетом по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь.

Финансирование затрат по оснащению эксплуатируемого жилищного фонда, объектов социального и коммунально-бытового назначения приборами группового учета расхода и регулирования воды и тепловой энергии, обслуживанию этих приборов осуществляется за счет средств их владельцев, а также за счет средств внебюджетных фондов, предусмотренных на энергосбережение, включая средства инновационных фондов республиканских органов государственного управления и государственных объединений, созданных по решению Правительства Республики Беларусь.

Оснащение эксплуатируемого жилищного фонда всех форм собственности приборами индивидуального учета расхода воды и газа, а также обслуживание этих приборов осуществляется за счет средств владельцев жилых домов (квартир).

При проектировании и строительстве новых объектов социального и коммунально-бытового назначения и жилых домов, а также при проведе-

нии реконструкции и капитальном ремонте оснащение их приборами учета расхода газа, воды и тепловой энергии является обязательным.

В целях поддержки отечественных производителей не допускается использование средств бюджетных и государственных внебюджетных фондов для закупки импортных приборов учета расхода газа, воды, тепловой энергии, если аналогичные приборы выпускаются в РФ.

Установка приборов учета и регулирования тепловой энергии в отдельных домах или зонах обслуживания отдельными котельными, какими совершенными они не были, не решает полностью проблемы экономии топливно-энергетических ресурсов, поскольку сэкономленная ими энергия не уменьшит требуемое количество теплоносителя, а повышенная температура перераспределится на безучетных потребителей, у которых отсутствуют приборы учета. Теплоснабжающая организация, нагревая и перекачивая то же количество теплоносителя, что и без установки приборов учета и регулирования тепла отдельными потребителями, затрачивает, естественно, определенную сумму денег, которая автоматически включается в себестоимость вырабатываемого и отпускаемого тепла потребителям, которые и оплачивают ее. Отсюда следует, что действительной экономии ТЭР можно достичь лишь при установке приборов учета всеми потребителями ТЭР в обслуживаемой зоне. И это подтверждается соответствующими наблюдениями: поквартирный учет тепловой энергии и регулирование температуры воздуха в каждой комнате с помощью клапанов с термостатическими головками позволяет уменьшить расход тепла более чем в 2 раза.

7.4. Учет расхода холодной и горячей воды

Количество израсходованной пользователем воды определяется по показаниям **водосчетчиков**. При невозможности такого учета по причинам, не зависящим от пользователя (неисправности прибора, коррозия циферблата и др.), количество использованной воды определяется по среднему суточному расходу за предыдущие два месяца, когда прибор учета находился в рабочем состоянии, или нормам, установленным решением исполкомов местных Советов. Этот порядок учета и соответственно оплаты за потребленную воду сохраняется вплоть до установки нового водосчетчика, но на срок не более трех месяцев. Если водосчетчик не установлен в течение указанного срока или повреждение водосчетчика произошло по вине абонента и нет уведомления об этом предприятия водопроводно-кана-

лизационного хозяйства (ВКХ), количество израсходованной воды определяется по пропускной способности водопроводного ввода при скорости движения воды в нем 2,0 м/с и действии его полным сечением в течение 24 ч в сутки с момента составления последнего счета за воду вплоть до установления нового водосчетчика.

В таком же порядке определяется **количество израсходованной пользователем воды** в следующих десяти случаях:

1. При обнаружении снятия или повреждения абонентом пломб на задвижках обводных линий и узлов, приборов учета воды, а также на самих приборах учета расхода воды.

2. При обнаружении самовольного присоединения к коммунальному водопроводу или сети без разрешения предприятия ВКХ, при отсутствии договора на водопользование или в случае, когда водопотребитель не оформлен в качестве абонента ВКХ.

3. Невыполнение предписаний предприятия ВКХ в указанный срок (не более 7 суток).

4. При самовольном снятии и переносе водомеров и других приборов учета воды, а также в случае замены их другими типами водомеров без согласования с предприятием ЖКХ.

5. При самовольном снятии или повреждении пломб на задвижках, гидрантах или пожарных кранах, резервных или пожарных вводах.

6. За непредоставление или неустановку приборов учета воды по требованию предприятия ВКХ в установленные сроки, что приравнивается к самовольному подключению к коммунальному водопроводу.

7. При самовольном пользовании пожарными гидрантами и кранами.

8. За подключение шлангов к уличным водозаборным колонкам или использование их не по прямому назначению.

9. При подключении шлангов к водопроводу для полива приусадебных участков при отсутствии водосчетчика.

10. Отказа или предоставления предприятиями, учреждениями и организациями фиктивных сведений о водопотреблении, необходимых для расчета за водопользование.

Учет горячей воды производится также по показаниям приборов учета. При определении объема потребленной жильцами воды в квартирах, не оборудованных приборами индивидуального учета расхода горячей воды, из показаний прибора группового учета расхода воды исключаются суммарные показания индивидуальных приборов учета расхода горячей и холодной воды в данном жилом доме, а также объем воды, по-

требленной арендаторами, который определяется по показаниям индивидуальных приборов учета расхода воды для каждого арендатора. Определенный таким образом объем потребленной воды в квартирах, не оборудованных приборами индивидуального учета расхода воды, распределяется поквартирно пропорционально количеству проживающих в каждой квартире.

Абоненты, не присоединенные к системе коммунального водоснабжения, а также дополнительно использующие для своих нужд воду из других водопроводов (источников) и не имеющие приборов учета сточных вод, обязаны в сроки, определяемые предприятием ВКХ, предоставлять последнему документы с необходимыми расчетами, обоснованные нормативами или другими заменяющими их документами, данные учета расхода воды приборами и другие данные для расчета количества сточных вод, сбрасываемых ими в системы коммунальной канализации, количество которых определяется договорными условиями.

Приборы учета должны быть установлены при учете стоков более 50 м³ в сутки. При количестве стоков менее 50 м³ в сутки расчет сбрасываемых вод производится по установленным нормам (на человека или на единицу произведенной продукции).

7.5. Учет расхода газа

Учет расхода газа на предприятиях газового хозяйства возложен на созданные на каждом предприятии службы режимов газоснабжения и учета расхода газа, которые подчиняются непосредственно руководителю предприятия, а в производственных подразделениях предприятия – на группы режимов отдельного газоснабжения и учета расхода газа.

Подача природного газа промышленным, сельскохозяйственным предприятиям, предприятиям бытового обслуживания населения производственного и непроизводственного характера и индивидуальным предпринимателям осуществляется по магистральным газопроводам через газораспределительные станции (ГРС) «Белтрансгаза» на основании договоров. Количество поданного газа определяется на основании двухсторонних актов, основанных на показаниях приборов учета расхода газа, установленных на ГРС или головных (промежуточных) газораспределительных пунктах (ГРП) предприятий газового хозяйства с введением поправочных коэффициентов.

Количество газа, отпущенного (израсходованного) потребителями за календарный месяц, определяется на основании двухсторонних актов,

основанных на показаниях приборов учета расхода газа, установленных у потребителей, с введением соответствующих поправочных коэффициентов.

При отсутствии приборов учета расхода газа, температуры, давления или при их неисправности у потребителя, а также в случаях:

- признания записей или показаний приборов недействительными;
- несвоевременного представления данных о расходе газа (картограмм, показаний счетчиков);
- отсутствия пломб;

– пользования газом через байпасный газопровод количество отпущенного (израсходованного) газа определяется по паспортной производительности неопломбированных газоиспользующих установок и количества часов работы потребителя за время неисправности (отсутствия) приборов учета расхода газа или по аналогии с сутками и месяцами, когда приборы работали с введением необходимых поправок.

Подача газа через байпасный газопровод может осуществляться только с разрешения поставщика. Пломбирование газогорелочных систем фиксируется двухсторонними актами. Количество природного газа, использованного для нужд пищеприготовления, горячего водоснабжения, отопления и кормоприготовления определяются:

- в домах (квартирах), оборудованных счетчиками – по показаниям счетчиков;
- в домах (квартирах), не оборудованных счетчиками, – по нормам, утвержденным в установленном порядке (табл. 7.1).

Учет количества газа осуществляется счетчиками, представляющими собой приборы, предназначенные для измерения суммарного объема газа, протекающего по трубопроводу за конкретный отрезок времени (час, сутки и т.д.).

Газовые счетчики бывают ротационного и турбинного типа. Ротационные учитывают объемное количество прошедшего газа в рабочем состоянии. Турбинные газовые счетчики для узлов учета должны быть точно подобраны по рабочему давлению газа, его максимальному и минимальному расходам, диаметру условного прохода.

В период отключения домов от централизованного горячего водоснабжения на время ремонта тепловых сетей продолжительностью 25 и более суток в качестве норм расхода газа принимаются нормы, установленные для квартир без центрального горячего водоснабжения и без проточных водонагревателей.

Таблица 7.1

Нормы расхода газа для населения на пищеприготовление, горячее водоснабжение, отопление, приготовление кормов и подогрев воды для животных

Вид услуг	Единицы измерения	Норма расхода газа
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
1. При наличии в квартире газовой плиты и централизованного горячего водоснабжения при газоснабжении:		
природным газом, м ³ /месяц	1 чел.	0,8
сжиженным газом, м ³ /месяц	1 чел.	3,0
кг/месяц		5,8
2. При наличии в квартире газовой плиты и газового водонагревателя (при отсутствии централизованного горячего водоснабжения) при газоснабжении:		
природным газом, м ³ /месяц	1 чел.	23,0
сжиженным газом, м ³ /месяц	1 чел.	8,5
кг/месяц		16,5
3. На отопление (природным газом):		
индивидуальных жилых домов, м ³ /месяц:		
зимой	1 м ² площади	10,0
летом	1 м ² площади	4,0
теплиц (сооружений утепленного грунта), м ³ /месяц	1 м ² площади	60,0
гаражей, мастерских, м ³ /месяц	1 м ² площади	20,0
4. На кормоприготовление и подогрев воды для животных при газоснабжении природным газом, м ³ /месяц		
	1 лошадь	5,0
	1 корова	22,0
	1 свинья	11,0
	1 овца	4,0

8. ОСНОВЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА И АУДИТА

8.1. Сущность, цели, задачи и организация энергетического менеджмента и энергоаудита на предприятии.

8.2. Порядок проведения энергетического аудита на предприятии.

8.3. Энергетический баланс.

8.1. Сущность, цели, задачи и организация энергетического менеджмента и энергоаудита на предприятии

В повышении эффективности энергосбережения большое значение имеет не только внедрение нового оборудования, передовой технологии, совершенствование и модернизация существующего оборудования, широкое использование всех местных и вторичных ресурсов, но и правильно

организованное управление энергопотреблением, т.е. энергоменеджмент и энергоаудит.

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

Основными функциями энергоменеджмента являются:

- взаимодействие с энергопотребителями предприятия и энерго-снабжающими организациями;
- обработка и предоставление информации об энергопотреблении по отдельным структурным подразделениям (производствам, цехам, участкам);
- подготовка предложений по энергосбережению;
- запуск энергосберегающих проектов и управление ими;
- проведение разъяснительно-воспитательной работы со всеми работниками о важности и необходимости энергосбережения.

Энергосберегающие мероприятия выполняются по следующим направлениям:

- энергетический баланс всего предприятия и его структурных подразделений энергопотребителей;
- энергетическое обследование;
- мониторинг и планирование.

Энергетический аудит – это обследование предприятия с целью сбора информации об источниках энергии, ее удельном потреблении на единицу выпускаемой продукции, разработка рекомендаций и технических решений по снижению энергетических затрат. Он является основным инструментом энергетического менеджмента. Энергетический аудит может быть:

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

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

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

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

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

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

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

Периодический аудит проводится не реже 1 раза в 5 лет, перманентный – продолжается непрерывно с целью недопущения отклонения фактических параметров от установленных нормативными документами.

Последовательность энергетического аудита:

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

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

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

8.2. Порядок проведения энергетического аудита на предприятии

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

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

Обязательному энергетическому аудиту подлежат субъекты хозяйствования с годовым суммарным потреблением ТЭР более 1,5 тыс. т у.т.

В общей характеристике предприятия отражается:

- отраслевая принадлежность;
- номенклатура продукции и фактические удельные расходы энергоресурсов на ее производство за год, предшествующий началу проведения энергетического обследования;

- источники и схема энергоснабжения;
- показатели суточных (зимнего и летнего) графиков электрической нагрузки;
- доля энергетической составляющей в себестоимости продукции;
- организационная структура энергослужбы;
- состояние энергетической отчетности (в т.ч. наличие паспортов оборудования, оперативных журналов, документов внутривародской отчетности, материалов ранее проведенных обследований).

Для **оценки эффективности энергоиспользования** проводится обследование по следующим семи направлениям:

1. Состояние технического учета:

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

2. Состояние нормирования ТЭР:

- наличие на предприятии утвержденных в установленном порядке норм расхода энергоресурсов;
- охват нормированием статей потребления энергоресурсов;
- фактическая структура норм и соответствие ее технологии и организации производства;
- динамика норм и удельных расходов за 3 предшествующих обследованию года.

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

4. Участие предприятия в регулировании графиков электрической нагрузки энергосистемы:

- предусматриваемые мероприятия по использованию энергоемкого оборудования в качестве потребителей-регуляторов;
- режим работы предприятия в условиях ограничения мощности энергосистемы в осенне-зимний период.

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

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

7. Основные показатели, характеризующие состояние энергоиспользования на предприятии.

Энергетическое обследование предприятий и организаций проводится специализированными организациями, имеющими лицензию Госкомэнергосбережения на проведение энергоаудита. Таких организаций по состоянию на 01.02.2000 г. насчитывалось 58, из которых в Минске – 48, Гомеле – 4, Могилеве – 3, по одной – в Бресте, Полоцке и Заславле.

Основным правовым документом, регулирующим взаимоотношения сторон при проведении энергетического аудита, является договор между организацией, проводящей энергетический аудит, и субъектом хозяйствования, на котором он проводится.

8.3. Энергетический баланс

Энергетический баланс является основным инструментом энергетического менеджмента и наиболее полной характеристикой энергетического хозяйства предприятия. Его важное значение 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 т.ч. и потери энергии.

Баланс составляется на основании фактического потребления энергии. Для получения данных используются самые различные приборы: счетчики электроэнергии, газа, пара, воды, отопления и т.п.

Изучение энергетических балансов дает возможность установить фактическое состояние использования энергии как на отдельных участках производства, так и по предприятию в целом, выявить резервы экономии энергии.

Балансы могут составляться по отдельным энергоносителям, измеряемым соответствующими единицами (джоули, киловатт-часы, тонны условного топлива), и по суммарному потреблению энергоносителей в тоннах условного топлива.

В зависимости от назначения энергетические балансы могут характеризоваться следующими признаками:

- по назначению – отчетные и плановые;
- по видам энергоносителей – частные (по отдельным видам топлива и энергии) и сводные;

- по объектам изучения – балансы отдельных видов технологического оборудования, цехов и предприятия в целом;
- по принципам составления – аналитические, синтетические, нормализованные и оптимальные;
- по принципам оценки использования топлива и энергии – энтропийные (энтропия – поворот, превращение, например, процесс превращения топлива в энергию) и 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

$$\eta = \frac{\mathcal{E}_{пол}}{\mathcal{E}_{подв} + \mathcal{E}_{вн}},$$

где $\mathcal{E}_{пол}$ – полезная энергия;

$\mathcal{E}_{подв}$ – 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

$$\eta = \frac{\mathcal{E}_{пол} + \mathcal{E}_{ВЭР}}{\mathcal{E}_{подв} + \mathcal{E}_{вн}}.$$

Оптимальным энергетическим балансом является такой его вариант, 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 энергетических 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. БЫТОВОЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

- 9.1. Энергосбережение при освещении зданий.
- 9.2. Электробытовые приборы и их эффективное использование.
- 9.3. Повышение эффективности систем отопления. Автономные энергоустановки.
- 9.4. Системы воздушного отопления.

9.1. Энергосбережение при освещении зданий

В настоящее время около 40 % генерируемой в мире электрической энергии используется в жилых и общественных зданиях. Сокращение расхода электроэнергии на эти цели возможно двумя 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 него уходит 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.

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 электрораспределительные 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 необходи-

мость в прокладке проводов. Конструктивно они выполняются в малогабаритных корпусах, 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 для взаимодействия с другими системами зданий (например, с телефонной сетью, системами безопасности, вентиляции, отопления и солнцезащитных ограждений).

9.2. Электробытовые приборы и их эффективное использование

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 разделить на следующие подгруппы;

- обогрев помещений;
- охлаждение и замораживание;
- освещение;
- стирка белья и мойка посуды (с помощью стиральных машин и посудомоющих аппаратов);
- аудио- и видеоаппаратура;
- 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 одних 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 табл. 9.1.

Таблица 9.1

Потребление электроэнергии электроприборами в быту

Прибор	Потребление, кВтч/год
Лампа накаливания 60 Вт	263 (из расчета 12 ч работы в сутки)
Энергосберегающая лампа 9-11 Вт	44 (из расчета 12 ч работы в сутки)
Морозильный аппарат	427
Посудомоечный аппарат	475
Электрическая печь	440
Стиральная машина	275
Холодильник	584
Телевизор	180
Видеомагнитофон	150
Кофемолка	65
Компьютер	40
Аудиоаппаратура	35
Утюг	30

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 загораживать мебелью во избежание затруднения циркуляции теплого воздуха в комнате.

9.3. Повышение эффективности систем отопления.**Автономные энергоустановки**

Если рассматривать жилой дом как энергопотребляющий объект, то доля теплопотерь в нем в зимний период составляет: через неутепленные или разбитые окна и двери подъездов – 24 %, стены – 26 %, подвал, перекрытия, лестничные клетки – 11 %, вентиляционные отверстия и дымоходы – 39 %:.

Теплопотери происходят не только через стены здания. Они могут иметь место во время аварий на трассах и тепловых узлах жилых домов.

Большое количество тепловой энергии уходит из-за некачественного строительства: щели у оконных рам, швы между панелями, крыши и т.п., а также в домах со вставленными обогревательными устройствами в стенах (на 30 % больше, чем с обычными отопительными приборами). До 15 – 20 % те-

пловой энергии теряется в тепловых сетях, свидетельством чего является зеленая трава, растущая зимой над теплотрассами.

На коммунально-бытовые нужды в Республике Беларусь расходуется примерно 65 % тепловой энергии. В то же время потери тепла при производстве и передаче тепловой энергии в отопительных котельных республики достигает 30 %. На 1 м² отапливаемой площади в нашей стране затрачивается в 2 раза больше условного топлива, чем в Германии и Дании.

Годовой расход тепловой энергии в нашей стране на отопление и вентиляцию 1 м² общей площади в 5-этажном доме составляет 150 – 170 кВт, в Скандинавских странах – 70 – 90 Вт. На Западе после энергетического кризиса 1972 – 73 и 1995 гг. передовые европейские страны уменьшили расход тепловой энергии на отопление жилых домов в 2 раза. А это не только экономия денежных средств, но, главное, – изменение самого мышления граждан и руководителей.

Согласно санитарным нормам горячая вода в квартиры должна подаваться не ниже 50 °С, подается же она с температурой 37 – 38 °С. Температура воздуха в квартире должна поддерживаться на уровне 18 – 20 °С (комфортная зона), а на кухнях – 16 – 18 °С. Семья оплачивает лишь 16 – 17 % от общих затрат на отопление дома, а от стоимости вырабатываемой тепловой и электрической энергии – лишь 20 %. Имеющийся в нашей стране опыт децентрализованного теплоснабжения показывает высокую его эффективность. Местные котельные, построенные в столице (гостиница «Беларусь», несколько жилых домов и т.п.), окупают себя за 1,5 – 3 года. В 1998 г. для обеспечения нужд страны было произведено 77 млн Гкал, в 1999 г. – 70 млн Гкал тепловой энергии. Для того чтобы удовлетворить потребность республики в год достаточно 50 млн Гкал.

Системы отопления жилых и общественных зданий являются одними из самых значительных потребителей тепловой энергии. Расход тепловой энергии на эти цели составляет более 30 % энергоресурсов, потребляемых народным хозяйством. При этом многоквартирные дома, построенные в 1950 – 1960 гг., расходуют на нужды отопления от 350 до 600 кВтч на 1 м². Для сравнения укажем, что этот показатель составляет в Германии 260 кВтч, в Швеции и Финляндии – 135 кВтч.

Наиболее перспективными направлениями энергосбережения является внедрение автономных систем тепло- и энергоснабжения, устройство напольного отопления, а также установок, использующих возобновляемые источники энергии и теплоутилизаторы.

Опыт работы автономных котельных показывает, что они надежны и экономичны. При теплоснабжении от этих котельных потребитель получа-

ет тепловую энергию по тарифам, в 3 раза ниже действующих. За счет этого строительство таких котельных окупается практически за один сезон.

Во всех промышленно и энергетически развитых странах наблюдается очень быстрый рост применения электроотопления, выполняемого, как, правило, путем укладки нагревательных кабелей в пол. Применение электроотопления допускается СНиП 2.04.05-91. Для помещений с постоянным пребыванием людей установлено, что средняя температура подогреваемого пола не должна превышать 26 °С, 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.

Совершенно новый способ отопления помещений различного назначения разработан в БНТУ профессором В.П. Лысовом. Созданная им полимерная греющая электропроводка, состоящая из сотен тончайших полимерных волокон, обработанных по оригинальной технологии специальным раствором и соединенных в пучок, обеспечивает при одинаковом расходе электроэнергии гораздо более высокий, чем у металлического проводника, рост температуры, поскольку волокна постоянно греют друг друга. Эту проводку, а точнее, комплект проводов раскладывают по схеме на подготовленные бетонное основание и цементируют. Можно размещать провода и под плиткой, линолеумами, ковровыми покрытиями, дощатым настилом и паркетом. В любом случае будет обеспечена рекомендованная медиками температура пола 25 °С, воздуха 20 – 22 °С. Для надежности можно включить в сеть и автоматический терморегулятор.

Затраты на отопление и эксплуатацию этим способом в 1,5 – 2 раза ниже по сравнению с другими известными способами, в т.ч. и аналогичными зарубежными системами греющего пола, где используются металлические проводники. Но недостаток металлических проводников – сопровождающие его нежелательные для организма вихревые токи. Полимерный проводник генерирует электромагнитное поле в 2 – 10 раз более слабое.

Сфера применения этого способа обогрева очень широка: дома, квартиры, офисы, животноводческие помещения и др. Его достоинства оценены руководителями совхозов, где новинка применяется уже более 3 лет и, кроме экономии энергоресурсов на отопление, во многом способствует сохранению поголовья скота и их привесу. Согласно проведенным учеными БелНИИ животноводства исследованиям мест содержания животных с обогреваемыми полами, что сохранность и привесы поросят повышаются, при этом расход электроэнергии сокращается с 250 Вт при ламповом обогреве до 120 – 130 Вт при обогреваемых полах на 1 скотоместо. Такой способ обогрева полов внедрен во многих хозяйствах страны.

Простоту устройства и эксплуатацию греющих полов, невысокую стоимость и расход электроэнергии в сравнении с традиционными технологиями обогрева оценили владельцы более 1,5 тысяч квартир и частных домов, дач и гаражей, офисов и магазинов республики, повысив для себя комфортность проживания и труда. К этому следует добавить, что расходы по обустройству обогрева составляют 10 – 12 дол. США и компенсируются достигаемой экономией за 5 – 6 месяцев эксплуатации в холодное время года.

Для обеспечения общественных, жилых и производственных помещений дешевым теплом с использованием местных видов топлива экономически выгодно применять воздушное отопление на базе теплогенераторов.

9.4. Системы воздушного отопления

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 многоквартирный.

В воздушных системах отопления **теплоносителем является воздух**, нагретый в воздухонагревателе 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 воздухонагреватель.

Воздух в системах перемещается за счет естественного (теплого) или искусственного (вентиляционного) побуждения. Применяются воздухонагреватели, работающие на твердом, жидком, газообразном и комбинированных видах топлива. **Воздухонагреватели** 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 м^3 воздуха на $10 \text{ }^\circ\text{C}$ 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, 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, т.е. покупаемых, но не местных видов топлива (дров, брикетов кускового торфа, отходов деревообработки). Поэтому наиболее перспективным видится внедрение теплоагрегатов на указанных твердых видах топлива для обогрева индивидуальных жилых домов, теплиц, сушилок зерна и пиломатериалов. Тем более, что необходимое оборудование для таких объектов в Беларуси серийно производится многими предприятиями, а эффективность такой системы довольно высока. Так, стоимость отопления двухэтажного жилого дома площадью 150 м^2 со стенами толщиной 40 см из силикатных блоков, обложенных кирпичом, составляет 50 у.е. на сезон. Для этого необходимо 28 м^3 дров и 5 м^3 опилок.

Мероприятия по энергосбережению в быту можно условно разделить на три группы:

- малозатратные, к которым относятся ремонт и утепление дверей и окон в подъездах, установка приборов учета, в т.ч. и терморегуляторов, применение местных систем теплоснабжения, использование солнечных

коллекторов предварительного нагрева воды и систем отопления с тепловыми насосами;

– среднезатратные, к которым относится использование качественной тепловой изоляции для трубопроводов и внутренних инженерных систем, замена оконных рам на стеклопакеты;

– высокозатратные – это утепление стен, кровли, в т.ч. и так называемых «хрущевок». За счет ремонта и надстройки мансард и еще одного этажа на них вместе с утеплением значительно снижается стоимость приращенной таким образом жилплощади.

10. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ПРОМЫШЛЕННЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ

10.1. Тепловые потери в зданиях и сооружениях.

10.2. Тепловая изоляция зданий и сооружений.

10.3. Энергетическая паспортизация зданий, мониторинг застроенных территорий и экспертиза проектов теплозащиты.

10.4. Изоляционные характеристики остекления. Стеклопакеты.

10.1. Тепловые потери в зданиях и сооружениях

Причина относительно высокого энергопотребления в зданиях и сооружениях нашей страны по сравнению с зарубежными странами в том, что все существующие здания были построены в соответствии с имевшимися на момент строительства строительными нормами и стандартами, которыми было предусмотрено в 1954 – 64 гг. термическое сопротивление $0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. Фактическая величина этого показателя в 1954 – 62 гг. была несколько ниже, а в 1965 – 93 гг. она достигла $1,25 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

С введением в 1994 г. новых норм по термическому сопротивлению стен (а они составляют сейчас $2,25 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$) все ранее построенные здания попали в разряд не соответствующих современным техническим требованиям. Следует отметить, что во время действия этих 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 строительно-монтажных 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 сопряже-

ния 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 строительно-монтажных работ, что позволяет предотвратить некачественное выполнение работ в местах, в которых возможна наибольшая утечка тепла.

Теплоснабжение производственных помещений (цехов) всегда считалась задачей непростое, поскольку они, как правило, занимают огромные площади (от нескольких сотен до нескольких тысяч квадратных метров) и высотой 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 было воздушное. Отопить даже среднее производственное помещение с помощью водяной или паровой системы проблематично, а в большинстве случаев невозможно. Для этого требуются десятки километров трубопроводов, которые перебивают 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 5 000 ч, из которых собственно рабочими являются не более 2 300 ч, или 44 % календарного времени. Все остальные 2 700 ч 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 их теплоснабжения 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 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.

10.2. 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 нагрузки, т.е. быть несущей конструкцией, а во-вторых, должны защищать внутреннее пространство от дождя, жары, холода и других атмосферных воздействий, т.е. обладать низкой теплопроводностью, быть водостойкими и морозостойкими.

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, 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/м³.

Для устранения теплопотерь в ранее построенных зданиях разработаны и осуществляются различные проекты теплотехнической реконструкции и их утепления. Одним из таких проектов является устройство термощубы, представляющей собой многослойную конструкцию. Она состоит из следующих элементов:

а) плит утеплителя, прикрепленных к подготовленной поверхности стен клеевым составом «сармалеп» и дюбелями для укрепления утеплителя;

б) защитного покрытия из клеевого состава «сармалеп», армированного одним или двумя слоями сетки в сочетании с защитными алюминиевыми профилями с перфорированными стенками;

в) отделочного покрытия:

- из штукатурного состава «сармалит» белого цвета без окраски либо с последующей окраской микропористой фасадной краской на основе полиэфирной смолы «сафрамап»;
- защитно-отделочной композиции «сафрамап», окрашенной в массу;

- микропористой фасадной краски на основе плиолитовой смолы «сафрамап» непосредственно по защитному покрытию из состава клеящего «сармалеп-М».

10.3. Энергетическая паспортизация зданий, мониторинг застроенных территорий и экспертиза проектов теплозащиты

Потребление энергии в коммунально-бытовой сфере составляет 38 % общего годового расхода ТЭР Беларуси. Это обуславливает поиск и разработку мер законодательного характера по более экономному расходу энергии в этой сфере. Для осуществления эффективного управления процессом энергосбережения необходимо разработать и внедрить автоматизированную систему управления теплотреблением застроенных территорий Республики Беларусь, обеспечивающую государственную программу энергосбережения на основе энергетических паспортов зданий и сетевых компьютерных технологий.

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 теплотребления в жилищном секторе, выделение зданий, требующих первоочередных мероприятий по повышению теплозащитных свойств, а также поиск оптимальных путей снижения расхода теплотребления.

Постоянно действующий энергетический **мониторинг** ставит своей целью:

- контроль в режиме реального времени за количеством поставляемой энергии и ее расходом;
- выявление наиболее значительных источников потерь энергии;
- информационное обеспечение планирования и проведения первоочередных мероприятий по снижению энергопотерь и ликвидации источников наиболее высоких энергопотерь;
- контроль за соответствием количества поставленного тепла требуемому для обеспечения нормального микроклимата в помещениях и комфортных условий проживания людей.

Организуемая энергетическая **экспертиза проектов теплозащиты и капитального ремонта зданий** позволит:

- вскрыть энергетические резервы при эксплуатации зданий и застроенных территорий в целом;

- эффективно планировать и своевременно организовать выполнение энергосберегающих мероприятий на застроенных территориях республики;
- осуществлять постоянный контроль за плановым снижением уровня энергопотребления на отдельных территориях;
- совместить теплозащиту зданий с их плановыми ремонтами и реконструкцией, что значительно повысит рентабельность работ по тепловой защите зданий;
- обеспечить информационную поддержку в разработке технико-экономических обоснований при создании энергоэкономических зон.

10.4. Изоляционные характеристики остекления. Стеклопакеты

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:

- «*k-стекло*», получаемое посредством разлива стеклянной массы на жидкую основу с большим удельным весом. Для придания ему тепло-сберегающих 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 «*k-стекло*». Однако технология нанесения требует использования дорогостоящего оборудования с системой магнетронного (магнетрон – электро-вакуумный 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 – $0,6 – 1,4 \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па/кг}$, 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, часть из них импортируется из Финляндии, Германии или Швеции. Древесина обрабатывается специальной защитной пропиткой от влаги, насекомых и воздействия солнечных лучей. 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 $7 \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па/кг}$.

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, «*k-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 $9 \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па/кг}$), что ограничивает использование их в жилых зданиях. Для решения 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 (м²°С)/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.

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 м²°С/Вт, а для стеклопакета из двух обычных стекол – 0,35 – 0,39 м²°С/Вт. Трехстекляное 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.

11. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭКОЛОГИЯ

11.1. Экологические проблемы энергетики.

11.2. Парниковый эффект.

11.1. Экологические проблемы энергетики

Одним из факторов, определяющих уровень развития общества, является уровень использования и количество потребляемой энергии на душу населения. Процессы превращения первичной энергии, имеющей место в обществе, связывают между собой экономические, социальные и экологические показатели. Социальный уровень жизни определяется количеством энергии, потребляемой на одного человека, а это значит, что для его повышения необходимо вырабатывать больше энергии. Основными источниками энергии в настоящее время являются нефть, газ и уголь.

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

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

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

В результате антропогенной деятельности человечества за последние 30 – 40 лет планетарная температура поднялась на 0,6 – 0,7 °С и является наиболее высокой за последние 600 лет. Средний уровень моря поднялся 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 г. может повыситься на 1,3 °С. Спектр пагубных тенденций может быть очень широким – от повышения мирового океана на 0,3 – 1,0 м до изменения климатических систем перераспределения осадков.

Учитывая важность необходимости изучения среды обитания человека, в июне 1992 г. в Рио-де-Жанейро состоялась конференция с участием

первых лиц 156 государств, которые подписали так называемую Рамочную конвенцию об изменении климата. Развитием ее является известный Киотский протокол 1997 г. Это первый в истории человечества случай, когда практически все мировое сообщество подключилось к решению такой сложной научной задачи, как охрана климата. Основным содержанием Киотского протокола является обязательство 35 стран мира по сокращению эмиссии парниковых газов, в первую очередь CO_2 , 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 %.

И хотя Киотский договор до сих пор не вошел в силу, поскольку он не ратифицирован большинством стран (их должно быть 55), тем не менее, темпы роста эмиссии диоксида углерода в атмосферу резко замедлились еще 10 – 12 лет тому назад. Анализ перспективных структур мирового энергодобаланса позволяет заключить, что пик этой эмиссии будет зафиксирован в течение ближайших 20 – 25 лет на уровне, не слишком отличающемся от современного. В настоящее время выбросы составляют около 7 млрд т углерода в год, а ожидаемый пик по прогнозам составит примерно 9 млрд т в год.

11.2. Парниковый эффект

Глобальное потепление является твердо установленным научным фактом. За последние 20 – 25 лет зафиксированное потепление составило $0,35\text{ }^\circ\text{C}$. По прогнозам пик глобального потепления будет зафиксирован на уровне $1,5\text{ }^\circ\text{C}$ выше современного примерно через 200 лет.

Основной причиной глобальных процессов изменения климата на нашей планете являются существующие технологии, выбрасывающие в атмосферу парниковые газы, которые обуславливают парниковый эффект и оказывают негативное воздействие не только на климат, но и на здоровье людей.

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 $15\text{ }^\circ\text{C}$. 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 хлорфторугле-

роды (ХФУ). Без газового «одеяла», окутывающего Землю, температура на ее поверхности была бы ниже на 30 – 40 °С, 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 огневым способом, т.е. 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 основных загрязнителей мировой атмосферы (26 %). На США приходится 20 % мировой эмиссии парниковых газов, в т.ч. диоксида серы, что составляет около 7,7 млн т. В Китае выбросы в атмосферу этого вредного соединения составляют 7,6 млн т, в России – 6,2 млн т. Выброс парниковых газов при огневом энергопроизводстве составляет около 1,4 кг на 1 кВтч.

Прекращение ввода в эксплуатацию АЭС в большинстве стран мира после аварии на Чернобыльской АЭС резко увеличило нарастание эмиссии парниковых газов. А между тем, страны, производящие 19 % электроэнергии на АЭС, предотвращают эмиссию 540 млн т CO_2 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 кВтч/год (18 % мирового энергопроизводства 444 атомными энергоблоками) до 12 000 млрд кВтч в первой половине XXI в. и до 50 000 млрд кВтч – во второй половине.

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. Основная причина – 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 73 000 предприятий. К 2001 г. более 90 % из 238 000 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 г. В течение ближайших 5 лет Китай намерен снижать 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).

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. Отсюда следует, что если Россия и США этого не сделают, то протокол так и не станет действенным документом, хотя он 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 г.). 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.

Основным источником загрязнения окружающей среды 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 мкм, 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 людям, 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 1 л дизельного топлива на 100 км пути.

Ныне в мире эксплуатируется около 600 млн автомобилей, которые ежегодно потребляют свыше 1 млрд т моторных топлив, в т.ч. более 600 млн т автомобильных бензинов. К 2010 г. прогнозируется увеличение числа автомобилей до 800 млн – 1 млрд. 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 т.ч. газа и энергии солнца.

Вместе с разрабатываемыми в мире мерами по замене жидкого топлива из нефтепродуктов, используемого ныне в автомобилях, на альтер-

нативные виды топлива из растительного сырья, по снижению удельных норм расхода топлива на 100 км пробега во многих странах проводится большая работа по переводу автомобилей на газ в качестве моторного топлива. 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. В итоге оно стало 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 достичь 6,5 млн. В городах США, Канады и Западной Европы планируют в самые сжатые сроки полностью перевести муниципальный транспорт на газ. В России 36 регионов 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 разработана комплексная программа использования газа в качестве альтернативного моторного топлива для автотранспортной техники на 2002 – 2005 гг.

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 гелиостанциях (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 сос-

тавляет более 3 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 главным очистителем воздуха являются тополиные насаждения: один тополь очищает воздух так, как это делают 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, Витебске, этот показатель составляет 12 м².

12. ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ПОЛИТИКИ В ОСНОВНЫХ ОТРАСЛЯХ ЭКОНОМИКИ СТРАНЫ

- 12.1. Развитие отраслей топливно-энергетического комплекса.
- 12.2. Энергосберегающие мероприятия в основных отраслях экономики.
 - 12.2.1. Промышленность.
 - 12.2.2. Сельское хозяйство.
 - 12.2.3. Строительный комплекс.
 - 12.2.4. Химическая и нефтехимическая отрасль.
 - 12.2.5. Энергетика.
 - 12.2.6. Жилищно-коммунальное хозяйство.

12.1. Развитие отраслей топливно-энергетического комплекса

В энергетической отрасли республики предусматривается: улучшение качественно-количественного регулирования потребления топливно-энергетических ресурсов; замена действующих теплопроводов на предизолированные трубы; автоматизация управления тепловыми и гидравлическими режимами; реабилитация тепловых сетей потребителей для индивидуального регулирования.

В газоснабжении страны намечено:

– строительство распределительных газопроводов к новым потребителям от существующих газораспределительных станций – протяженностью свыше 5 тыс. км, из них в городах и городских поселках – более 2,4 тыс. км;

- снижение потребления сжиженного газа за счет перевода жилищного фонда на природный газ;
- ввод в эксплуатацию Прибугского и Мозырского подземных газохранилищ;
- развитие газонаполнительных станций для автотранспорта.

12.2. Энергосберегающие мероприятия в основных отраслях экономики

12.2.1. Промышленность

Основные направления повышения эффективности использования ТЭР и реализации потенциала энергосбережения в промышленности:

- структурная перестройка предприятий, направленная на выпуск менее энергоемкой, конкурентоспособной продукции;
 - специализация и концентрация отдельных энергоемких производств (литейных, термических, гальванических и др.) по регионам;
 - модернизация и техническое перевооружение производств на базе наукоемких ресурсо- и энергосберегающих и экологически чистых технологий;
 - совершенствование существующих схем энергоснабжения предприятий;
 - повышение эффективности работы котельных и компрессорных установок;
 - использование вторичных энергоресурсов и альтернативных видов топлива, в т.ч. горючих отходов производств;
 - применение источников энергии с высокоэффективными термодинамическими циклами (ПТУ, ГТУ и т.п.);
 - применение эффективных систем теплоснабжения, освещения, вентиляции, горячего водоснабжения;
 - расширение сети демонстрационных объектов;
 - реализация крупных комплексных проектов, влияющих на уровень энергопотребления в республике, ее энергообеспеченность и эффективность использования энергии.
- Первоочередные меры:*
- модернизация термического оборудования (печей, подогревателей, утилизаторов тепла, сушильных камер и т.п.);
 - утилизация тепла уходящих газов;

- повышение эффективности работы котельных путем автоматизации основных и вспомогательных процессов, оптимизация процессов горения, установка в промышленных котельных турбогенераторов малой мощности;
- снижение затрат на теплоснабжение зданий и сооружений, вентиляцию, освещение, горячее теплоснабжение.

12.2.2. Сельское хозяйство

Основные направления повышения эффективности использования ТЭР и повышения эффективности использования ТЭР и реализации потенциала энергосбережения

- внедрение энергоэффективных систем микроклимата, кормления, поения, содержания молодняка;
- внедрение эффективных сушильных установок для зерна, в т.ч. на местных видах топлива;
- внедрение систем обогрева производственных помещений инфракрасными излучателями;
- использование гелиоколлекторов для нагрева воды, используемой на технологические нужды;
- внедрение частотно-регулируемого привода для технологических установок, вспомогательного оборудования котельных;
- перевод котельных в водогрейный режим;
- децентрализация схем теплоснабжения с внедрением газогенераторных установок;
- замена электрокотлов и неэкономичных чугунных котлов на котельные установки, работающие на местных видах топлива;
- внедрение газогенераторных установок с применением эффективных технологий преобразования низкосортных топлив в высококалорийные;
- создание мини-ТЭЦ на базе двигателей внутреннего сгорания, установка турбогенераторов малой мощности в котельных, строительство малых ГЭС;
- термореновация производственных помещений;
- внедрение энергоэффективных систем освещения производственных помещений, уличного освещения населенных пунктов;
- установка современной аппаратуры для технического обслуживания, регулирования двигателей внутреннего сгорания.

Первоочередные меры:

- внедрение обогреваемых полов и ковриков на животноводческих фермах и комплексах;
- перевод содержания животных на глубокую подстилку;
- внедрение эффективных систем микроклимата;
- внедрение энергоэффективных систем поения, кормления, улучшенного содержания птицы, замена проточных поилок на ниппельные;
- термореновация производственных помещений;
- внедрение экономичных теплогенераторов, воздухоподогревателей для сушки зерна;
- замена низкоэффективных котлов на более экономичные, перевод котлов на местные виды топлива;
- ликвидация длинных тепло- и паротрасс с внедрением установок локального обогрева помещений на местных видах топлива;
- внедрение систем зонного обогрева инфракрасными излучателями, гелиоколлекторных установок;
- внедрение приборов контроля и регулирования ТЭР.

12.2.3. Строительный комплекс

Основные направления повышения эффективности использования ТЭР и реализации потенциала энергосбережения в строительстве:

- внедрение новых и совершенствование существующих технологий в производстве энергоемких строительных материалов, изделий и конструкций;
- разработка и внедрение энергоэффективных технологий производства строительно-монтажных работ;
- автоматизация технологических процессов, внедрение регулируемых электроприводов;
- увеличение термосопротивления ограждающих конструкций жилого фонда;
- внедрение энергоэффективных систем освещения жилых и общественных зданий;
- повышение эффективности работы котельных;
- установка в котельных турбогенераторов малой мощности;
- оснащение приборами учета и регулирования расхода основных энергоносителей;
- использование отходов деревообработки и местных видов топлива, утилизация вторичных энергоресурсов.

Первоочередные меры:

- монтаж газотурбинных установок на Белорусском цементном заводе;
- внедрение новых энергоэкономичных технологий в производстве керамических стеновых материалов, цемента, извести, листового стекла;
- повышение качества теплоизоляционных материалов, внедрение энергоэкономичных технологий получения плитного и монолитного полистерол-бетона и других теплоизоляционных материалов;
- утилизация тепла уходящих дымовых газов технологических печей различного назначения (стекловарочных печей, обжига извести);
- снижение энергозатрат в производстве сборного железобетона до научно обоснованных нормативов;
- организация производства топливных брикетов из лигнина на Речицком комбинате стройматериалов;
- термореновация жилого фонда в части разработки нормативно-технической документации, инструментальная приемка объектов;
- замена низкоэффективных котлов на котельные установки с высоким кпд. Необходимые инвестиции на пять лет – 20 – 25 млрд руб., из них собственные – до 30 %.

12.2.4. Химическая и нефтехимическая отрасль

Основные направления ТЭР топливно-энергетических ресурсов повышения эффективности использования ТЭР и реализации потенциала энергосбережения в концерне «Белнефтехим»:

- внедрение новых энергоэффективных технологий, оборудования, материалов;
- утилизация тепла горючих ВЭР;
- снижение потерь тепла технологическими печами путем совершенствования конструкции футеровок;
- автоматизация технологических процессов, внедрение регулируемых электроприводов;
- установка противодавленческих турбин малой мощности в котельных.

Первоочередные меры:

- внедрение систем электрообогрева технологических трубопроводов предприятий НПЗ;
- внедрение установок для утилизации тепла продуктов сгорания технологических печей различного назначения (риформинга, огневого обезвреживания вредных стоков ГПО «Азот»);

- внедрение новой технологии получения серной кислоты;
- совершенствование конструкций футеровок печей;
- установка в котельных турбогенераторов малой мощности.

Необходимые инвестиции – 15 – 20 млрд руб., из них собственные – до 90 %.

12.2.5. Энергетика

Концерн «Белэнерго» Министерства энергетики является основным поставщиком электро- и тепловой энергии. Установленная мощность всех электростанций этого концерна составляет 7 619 тыс. МВт, из них 24 ТЭС (7 612,1 МВт) и 10 ГЭС (6,9 МВт).

Удельный расход топлива на отпуск электроэнергии – 277,1 г/кВтч, на отпуск тепла – 172,84 кг·т/Гкал.

Технологический расход на транспорт электроэнергии составляет 11,62 %, тепловой – 9,57 % от общего потребления.

Основные направления повышения эффективности использования ТЭР и реализации потенциала энергосбережения в концерне «Белэнерго»:

- модернизация и замещение мощностей ТЭЦ и ГРЭС на базе максимального использования парогазовых и газотурбинных технологий;
- превращение действующих котельных в мини-ТЭЦ с установкой ПСУ, ПГУ, ГТУ;
- восстановление действующих и создания новых малых ГЭС;
- увеличение выработки электрической и тепловой энергии по комбинированному циклу;
- оптимальное распределение нагрузок на отдельных источниках и в энергосистеме;
- проектирование и создание комплексных систем теплоснабжения для промышленных узлов, городов и отдельных населенных пунктов с максимальным использованием вторичных энергоресурсов, комбинированным регулированием (качественно-количественное), независимым теплоснабжением отдельных объектов, использованием предизолированных труб и высокоэффективных теплообменников;
- создание автоматизированных систем управления теплоснабжающих и теплопотребляющих комплексов, включая «источники-тепловые сети-потребители», с управлением тепловыми и гидравлическими режимами;
- реабилитация существующих систем отопления для обеспечения возможности индивидуального и группового регулирования и учета в жилых домах, общественных и производственных зданиях;

- сокращение расходов энергоносителей на собственные нужды источников, тепловых и электрических сетей, сокращение потерь в сетях;
- создание автоматизированных систем управления энергоблоками, объектами и энергосистемами в целом.

Первоочередные меры:

- создание газовой надстройки на Березовской ГРЭС;
- внедрение ПГУ, ГТУ и турбин малой мощности на действующих котельных;
- восстановление действующих и создание малых ГЭС;
- модернизация и повышение эффективности действующих энергоисточников и систем транспорта тепловых и электрических сетей путем;
 - автоматизация технологических процессов сжигания топлива, водоподготовки, непрерывной продувки;
 - внедрение системы очистки поверхности нагрева с использованием современных реагентов;
 - утилизация продувочных вод;
 - модернизация проточной части паровых турбин с заменой отдельных ступеней направляющих аппаратов и уплотнений;
 - увеличение объемов выработки электро- и теплоэнергии за счет передачи на них нагрузок от выводимых из работы котельных;
 - техническое перевооружение тепловых сетей с заменой трубопроводов на предизолированные трубы;
 - замена морально устаревших теплообменников на современные пластинчатые;
 - установка приборов учета ТЭР и регулирования;
 - внедрение АСУ основного энергетического оборудования ПС 110 кВт;
 - автоматизация учета электроэнергии и контроля напряжений на ПС 110 кВ.

12.2.6. Жилищно-коммунальное хозяйство

Основные направления повышения эффективности использования ТЭР и реализации потенциала энергосбережения в жилищно-коммунальном хозяйстве:

- ликвидация неэкономичных котельных с переводом их нагрузок на другие котельные;
- децентрализация систем теплоснабжения со строительством котельных малой мощности;

- повышение эффективности работы коммунальных котельных путем замены неэкономичных котлов на более эффективные, перевода паровых котлов в водогрейный режим работы, использование безопасных и экономичных способов очистки поверхностей нагрева от накипи и нагара, внедрение безреагентных моноблочных водоподготовительных установок, перевода котельных с мазута на газ;
- перевод котельных на местные виды топлива;
- установка в котельных электрогенерирующего оборудования;
- перекладка тепловых сетей предизолированными трубами;
- внедрение комплексной системы автоматизации и диспетчеризации котельных, тепловых сетей, ЦТП;
- тепловая реабилитация жилых и общественных зданий;
- внедрение приборов учета, контроля и регулирования расхода энергоресурсов, включая оснащение квартир и жилых домов приборами учета холодной, горячей воды и газа;
- перевод автомобильного городского коммунального транспорта на газ.

Первоочередные меры:

- перекладка тепловых сетей предизолированными трубами;
- ликвидация длинных теплотрасс, децентрализация систем теплоснабжения со строительством котельных малой мощности;
- замена котлов с низким КПД на более экономичные;
- перевод котлов в водогрейный режим работы;
- внедрение АСУ, диспетчеризация и мониторинг котельных, тепловых сетей, ЦТП;
- диспетчеризация сетей наружного освещения;
- внедрение сетей наружного освещения;
- внедрение систем АСУ ТП водоснабжения и водоотведения г. Минска;
- внедрение приборов учета и регулирования потребления ТЭР.

Для осуществления указанных мероприятий потребуется 30 – 40 млрд руб. инвестиций, из них собственные – до 20 %.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Практическое занятие № 1 Прямое преобразование солнечной энергии в тепловую и электрическую

Ключевые слова: солнечная энергия, поток излучения, плотность потока излучения, световой поток, освещенность, фотоэффект, солнечный элемент, модуль, батарея, люксметр, коэффициент преобразования, вольт-амперная характеристика

Цель работы: изучение принципа преобразования солнечной энергии в электрическую; исследование основных технических характеристик солнечного модуля.

Общие сведения

Солнце является основным источником энергии, обеспечивающим существование жизни на Земле. Вследствие реакций ядерного синтеза в активном ядре Солнца достигаются температуры до 10^7 К. При этом поверхность Солнца имеет температуру около 6 000 К. Электромагнитным излучением солнечная энергия передается в космическом пространстве и достигает поверхности Земли. Вся поверхность Земли получает от Солнца мощность около $1,2 \cdot 10^{17}$ Вт. Это эквивалентно тому, что менее одного часа получения этой энергии достаточно, чтобы удовлетворить энергетические нужды всего населения земного шара в течение года. Максимальная плотность потока солнечного излучения, приходящего на Землю, составляет примерно, 1 кВт/м^2 . Для населенных районов в зависимости от места, времени суток и погоды потоки солнечной энергии меняются от 3 до 30 МДж/м² в день.

В среднем для создания комфортных условий жизни требуется примерно 2 кВт энергетической мощности на человека или примерно 170 МДж энергии в день. Если принять эффективность преобразования солнечной энергии в удобную для потребления форму 10 % и поток солнечной энергии 17 МДж/м² в день, то требуемую для одного человека энергию можно получить со 100 м² площади земной поверхности. При средней плотности населения в городах 500 человек на 1 км² на одного человека приходится 2 000 м² земной поверхности. Таким образом, достаточно всего 5 % этой площади, чтобы за счет снимаемой с нее солнечной энергии удовлетворить энергетические потребности человека.

Для характеристики солнечного излучения используются следующие основные величины.

Поток излучения – величина, равная энергии, переносимой электромагнитными волнами за одну секунду через произвольную поверхность. Единица измерения – Дж/с = Вт.

Плотность потока излучения (энергетическая освещенность) – величина, равная отношению потока излучения к площади равномерно облучаемой им поверхности. Единица измерения – Вт/м².

Световым потоком называется поток излучения, оцениваемый по его воздействию на человеческий глаз. Человеческий глаз неодинаково чувствителен к потокам света с различными длинами волн. Обычно при дневном освещении глаз наиболее чувствителен к свету с длиной волны 555 нм. Поэтому одинаковые по мощности потоки излучения, но разных длин волн вызывают разные световые ощущения у человека. Единицей измерения светового потока с точки зрения восприятия его человеческим глазом (яркости) является люмен (лм). Световой поток в 1 лм белого света равен $4,6 \cdot 10^{-3}$ Вт (или $1 \text{ Вт} = 217 \text{ лм}$).

Освещенность – величина, равная отношению светового потока, падающего на поверхность, к площади этой поверхности. Освещенность измеряется в люксах (лк). $1 \text{ лк} = 1 \text{ лм/м}^2$. Для белого света $1 \text{ лк} = 4,6 \cdot 10^{-3} \text{ Вт/м}^2$ (или $1 \text{ Вт/м}^2 = 217 \text{ лк}$).

Приборы, предназначенные для измерения освещенности, называются **люксметрами**.

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

При этом самым оптимальным представляется прямое преобразование солнечной энергии в наиболее распространенную в использовании электрическую энергию.

Это становится возможным при использовании такого физического явления, как фотоэффект.

Фотоэффектом называется явление, связанное с освобождением электронов твердого тела (или жидкости) под действием электромагнитного излучения. Различают три вида фотоэффекта: внешний, внутренний и вентильный. Внешний фотоэффект заключается в испускании электронов с поверхности вещества, на которую падает свет. Внутренний фотоэффект связан с увеличением электрической проводимости вещества под действием света. Вентильный фотоэффект – возбуждение светом ЭДС на границе между металлом и полупроводником или между разнородными полупроводниками.

Наиболее распространенным полупроводником, используемым для создания солнечных элементов, является кремний.

Солнечные элементы характеризуются **коэффициентом преобразования** солнечной энергии в электрическую, который представляет собой отношение падающего на элемент потока излучения к максимальной мощности вырабатываемой им электрической энергии. Кремниевые солнечные элементы имеют коэффициент преобразования 10 – 15 %.

Типичная структура солнечного элемента с *p-n* переходом изображена на рис. 1: 1 – слой полупроводника (толщиной 0,2 – 1,0 мкм) с *n*-проводимостью; 2 – слой полупроводника (толщиной 250 – 400 мкм) с *p*-проводимостью; 3 – добавочный потенциальный барьер (толщиной 0,2 мкм); 4 – металлический контакт с тыльной стороны; 5 – соединительный проводник с лицевой поверхностью предыдущего элемента; 6 – противоотражательное покрытие; 7 – лицевой контакт; 8 – соединительный проводник к тыльному контакту следующего элемента. Характерный размер солнечного элемента 10 см.

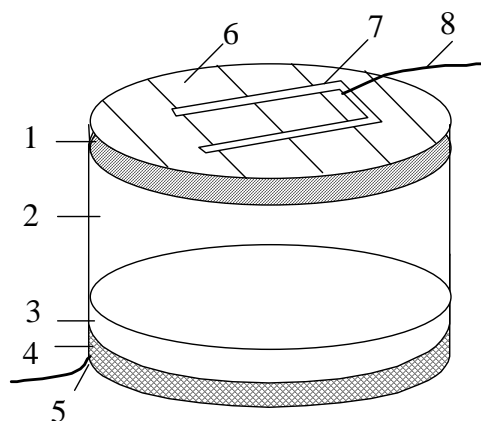


Рис. 1. Структура солнечного элемента

Солнечные элементы последовательно соединяются в солнечные модули, которые в свою очередь параллельно соединяются в солнечные батареи, как изображено на рис. 2.

В 1958 г. впервые солнечные батареи были использованы в США для энергообеспечения искусственного спутника Земли «Vanguard 1». В последующем они стали неотъемлемой частью космических аппаратов.

Широко известны микрокалькуляторы, часы, радиоприемники и многие другие электронные аппараты, работающие на солнечных батареях.

Мировая продажа солнечных модулей составила по суммарной мощности 25 МВт в 1986 г. и около 60 МВт – в 1991 г.

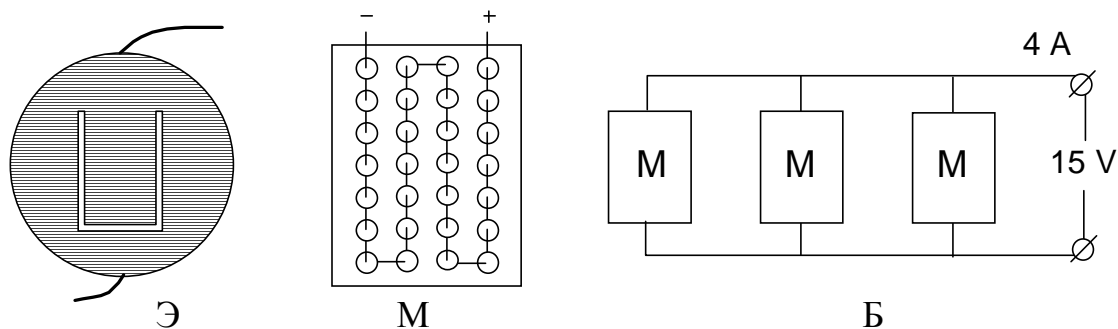


Рис. 2. Э – солнечный элемент, М – солнечный модуль, Б – солнечная батарея

Полная стоимость солнечных элементов с 1974 по 1984 гг. упала примерно со 100 до 4 дол. США на 1 Вт максимальной мощности. Предполагается снижение этой величины до 0,8 дол. США. Однако даже при полной стоимости солнечных элементов 4 дол. США на 1 Вт плюс вспомогательной аппаратуры 2 дол. США на 1 Вт при облученности местности 20 МДж/м² в день и долговечности солнечных батарей 20 лет стоимость вырабатываемой ими электроэнергии составляет примерно 16 центов США за 1 кВт ч (4,4 цента за МДж). Это вполне конкурентоспособно с электроэнергией, вырабатываемой дизельными генераторами, особенно в отдаленных районах, где стоимость доставки топлива и обслуживания резко возрастает. Ожидается, что в ближайшие несколько лет солнечные батареи будут широко использоваться развивающимися странами в сельских местностях в осветительных системах и системах водоснабжения.

Основные компоненты солнечной энергетической установки изображены на рис. 3: Б – солнечная батарея с приборами контроля и управления; А – аккумуляторная батарея; И – инвертор для преобразования постоянного тока солнечной батареи в переменный ток промышленных параметров, потребляемый большинством электрических устройств.

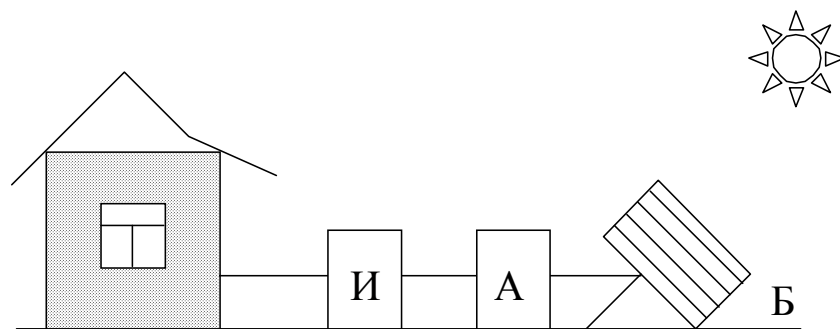


Рис. 3. Солнечная энергетическая установка

Несмотря на неравномерность суточного потока солнечного излучения и его отсутствие в ночное время аккумуляторная батарея, накапливая вырабатываемое солнечной батареей электричество, позволяет обеспечить непрерывную работу солнечной энергетической установки.

Экспериментальная установка (рис. 4): 1 – солнечный модуль, состоящий из 36-ти (9x4) солнечных элементов; 2 – амперметр и 3 – вольтметр для определения напряжения и силы тока, вырабатываемых солнечным модулем; 4 – источник света, имитирующий солнечное излучение; 5 – люксметр для определения освещенности поверхности солнечного модуля; 6 – реостат, представляющий собой регулируемую нагрузку в электрической цепи.

Экспериментальная установка

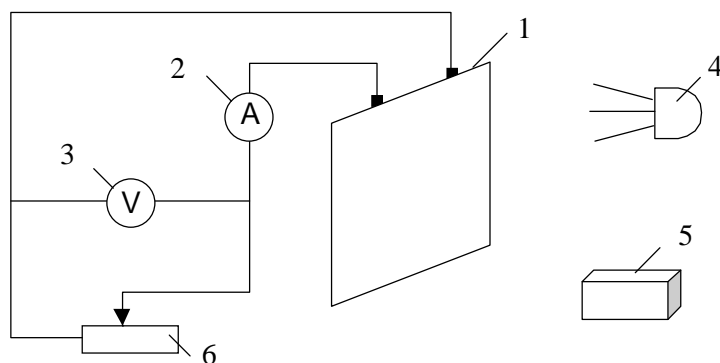


Рис. 4. Схема экспериментальной установки

Порядок выполнения работы

а) Определение световой характеристики солнечного модуля.

1. Определение световой характеристики солнечного модуля производится следующим образом:

- устанавливается источник света на прямое излучение на поверхность солнечного модуля;
- люксметром производится измерение освещенности E_{cp} солнечного модуля;
- по показаниям вольтметра определяется ЭДС, вырабатываемая солнечным элементом;
- проводятся аналогичные измерения при косом падении излучения на поверхность модуля, поворачивая источник света на 10, 20, 30, 40, 50 градусов.

2. Исходные данные, необходимые для расчета световой характеристики солнечного модуля, приведены в табл. 2.

3. Вычислить плотность потока излучения W (энергетическую освещенность), используя соотношения между лк и Вт/м² для белого света:
 $W = 4,6 \cdot 10^{-3} \cdot E_{cp}$.

4. Вычислить ЭДС, вырабатываемую одним солнечным элементом ЭДС-1, разделив ЭДС на число элементов, входящих в него (36).

5. Все результаты занести в табл. 1

6. Построить график зависимости ЭДС солнечного модуля от плотности потока излучения W , падающего на его поверхность.

Таблица 1

Результаты измерений и вычислений

Угол падения излучения, град	E_{cp} , лк	ЭДС, В	W , Вт/м ²	ЭДС-1, В
0				
10				
20				
30				
40				
50				

Таблица 2

Исходные данные

Угол падения излучения, град	Вариант задания									
	I		II		III		IV		V	
	E_{cp} , лк	ЭДС, В	E_{cp} , лк	ЭДС, В	E_{cp} , лк	ЭДС, В	E_{cp} , лк	ЭДС, В	E_{cp} , лк	ЭДС, В
0	2 960	17,3	2 660	17,0	2 360	16,8	2 160	16,0	1 960	15,8
10	2 860	16,5	2 580	16,2	2 280	16,0	2 080	15,2	1 880	15,0
20	2 770	15,9	2 480	15,6	2 180	15,4	1 980	14,6	1 780	14,4
30	2 710	15,7	2 420	15,4	2 120	15,2	1 920	14,4	1 720	14,2
40	2 650	15,5	2 360	15,2	2 060	15,0	1 860	14,2	1 660	14,0
50	2 570	15,2	2 280	15,0	1 980	14,8	1 780	14,0	1 580	13,8

б) Определение вольт-амперной характеристики солнечного модуля.

1. Для определения вольт-амперной характеристики солнечного модуля к цепи модуля подключается нагрузочный резистор 6. С помощью реостата, перемещая его подвижный контакт, изменяется сопротивление нагрузки в цепи и производится измерение напряжения U на солнечном модуле вольтметром 3 и тока I , протекающего по цепи, амперметром 2.

Источник света устанавливается на прямое излучение на поверхность солнечного модуля.

С ростом нагрузки увеличивается величина тока и уменьшается напряжение, вырабатываемое модулем.

2. Исходные данные для расчета вольт-амперной характеристики солнечного модуля, приведены в табл. 4.

3. Для каждого измерения вычислить электрическую мощность в цепи: $N = I \cdot U$.

6. Все данные занести в табл. 3.

Таблица 3

Результаты измерений и вычислений

Плотность потока излучения, Вт/м ²	Номер измерения	Напряжение U , В	Ток I , А	Мощность N , Вт
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			

7. Построить вольт-амперную характеристику (график зависимости I от U) солнечного модуля при данной плотности потока излучения, значение которой взять из предыдущей серии измерений.

8. Отметить наибольшее значение мощности, вырабатываемой солнечным модулем.

9. Определить коэффициент преобразования солнечной энергии в электрическую: $K_{\phi} = W / N$.

Таблица 4

Исходные данные

Номер измерения	Вариант задания									
	I		II		III		IV		V	
	U , В	I , А	U , В	I , А	U , В	I , А	U , В	I , А	U , В	I , А
1	1,5	0,178	2,5	0,170	2,0	0,174	1,0	0,182	3,0	0,168
2	4,0	0,162	5,0	0,155	4,5	0,160	3,0	0,168	6,0	0,150
3	7,5	0,142	7,5	0,137	7,0	0,140	5,0	0,150	9,0	0,127
4	9,0	0,125	10,0	0,120	9,5	0,120	7,0	0,140	11,5	0,105
5	11,0	0,110	12,5	0,095	12,0	0,100	9,0	0,125	13,5	0,085
6	13,0	0,090	15,0	0,065	14,5	0,080	11,0	0,110	15,5	0,060

Практическое занятие № 2

ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ВЕТРА В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ

Ключевые слова: энергия ветра, ветроэнергетические установки, ветроколесо, подъемная сила, сила лобового сопротивления, ометаемая площадь, площадь лобового сопротивления, коэффициент мощности.

Цель работы: изучение принципа преобразования энергии ветра в электрическую энергию и устройства ветроколеса; определение коэффициента мощности ветроэнергетической установки.

Общие сведения

Ветер представляет собой движение воздушных масс земной атмосферы, вызванное перепадом температуры в атмосфере из-за неравномерного нагрева ее Солнцем. Таким образом, энергия ветра является преобразованной в механическую энергией Солнца.

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

Энергия ветра в механических установках, например, на мельницах и в водяных насосах, используется уже несколько столетий. После резкого скачка цен на нефть в 1973 г. интерес к таким установкам резко возрос. Большая часть существующих ветроустановок построена в конце 70-х – начале 80-х годов на современном техническом уровне при широком использовании последних достижений аэродинамики, механики, микроэлектроники для контроля и управления ими.

Белорусская энергетическая программа основными направлениями использования ветроэнергетических ресурсов на ближайший период предусматривает их применение для привода насосных установок и в качестве источников энергии для электродвигателей автономного обеспечения. Эти области применения характеризуются минимальными требованиями к качеству электрической энергии, что позволяет резко упростить и удешевить ветроэнергетические установки.

При правильной организации использования ветроэнергетики такой дешевый и неиссякаемый источник энергии, как ветер, может удовлетворить большую часть потребностей в любой отрасли народного хозяйства. Установки, преобразующие энергию ветра в электрическую, тепловую и механическую, могут обеспечить:

- автономное энергоснабжение различных локальных объектов (оросительные системы, механизмы животноводческих ферм, вентиляцию, устройства микроклимата и т.п.);
- горячее водоснабжение, отопление, энергообеспечение холодильных агрегатов;
- подъем воды для садовых участков, на пастбищах и т.п.;
- откачку воды из систем вертикального и горизонтального дренажа и прочих систем.

По сравнению с другими видами источников энергии ветроэнергетические установки имеют следующие преимущества:

- отсутствие затрат на добычу и транспортировку топлива;
- снижение более чем в 10 раз трудозатрат на сооружение ветроэнергетической установки по сравнению со строительством тепловых или атомных станций;
- широкий технологический диапазон прямого использования энергии ветроустановок (автономность или совместная работа с централизованными сетями, совместимость с другими источниками возобновляемой энергетики и т.п.);
- минимальные сроки ввода мощностей в эксплуатацию;
- улучшение экологической обстановки за счет снижения уровня загрязнения окружающей среды.

Принцип действия и классификация ВЭУ

В ветроэнергетических установках энергия ветра преобразуется в механическую энергию их рабочих органов. Первичным и основным рабочим органом ВЭУ, непосредственно принимающим на себя энергию ветра и, как правило, преобразующим ее в кинетическую энергию своего вращения, является **ветроколесо**.

Вращение ветроколеса под действием ветра обуславливается тем, что в принципе на любое тело, обтекаемое потоком газа со скоростью u_0 , действует сила F , которую можно разложить на две составляющие: вдоль скорости набегающего потока, называемую силой лобового сопротивления F_c , и в направлении, перпендикулярном скорости набегающего потока, называемую подъемной силой F_n (рис. 5).

Величины этих сил зависят от формы тела, ориентации его в потоке газа и от скорости газа. Действием этих сил рабочий орган ветроустановки (ветроколесо) приводится во вращение.

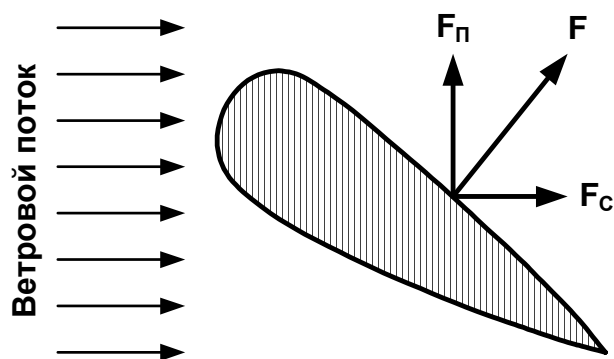


Рис. 5. Силы, действующие на тело, обтекаемое потоком газа

Ветроустановки классифицируются по двум основным признакам: геометрии ветроколеса и его положению относительно направления ветра.

Если ось вращения ветроколеса параллельна воздушному потоку, то установка называется горизонтально-осевой, если перпендикулярна – вертикально-осевой.

Ветроколеса с горизонтальной осью вращения, использующие подъемную силу (двух- или трехлопастное ветроколесо), показаны на рис. 6, а – г. Эти установки имеют линейную скорость концов лопастей, существенно превышающую скорость ветра.

Ветроустановки, использующие силу лобового сопротивления, состоят из укрепленных вертикально оси лопастей различной конфигурации (рис. 6, е – к). Они, как правило, вращаются с линейной скоростью, меньшей скорости ветра.

На рис. 6, д представлено ветроколесо, использующее эффект Магнуса (эффект возникновения подъемной силы, перпендикулярной направлению ветра, при вращении цилиндра или конуса).

Каждое ветроколесо характеризуется:

- **ометаемой площадью** S , т.е. площадью, покрываемой его лопастями при вращении, и равной (для горизонтально-осевых ветроколес) $S = \pi \cdot D^2 / 4$, где D – диаметр ветроколеса, либо **площадью лобового сопротивления** (для вертикально-осевых ветроколес) $S = h \cdot b$, где h и b – соответственно высота ротора и его средний диаметр;

- **геометрическим заполнением**, равным отношению площади проекции лопастей на плоскость, перпендикулярную потоку, к ометаемой площади (так, например, при одинаковых лопастях четырехлопастное колесо имеет вдвое большее геометрическое заполнение, чем двухлопастное);

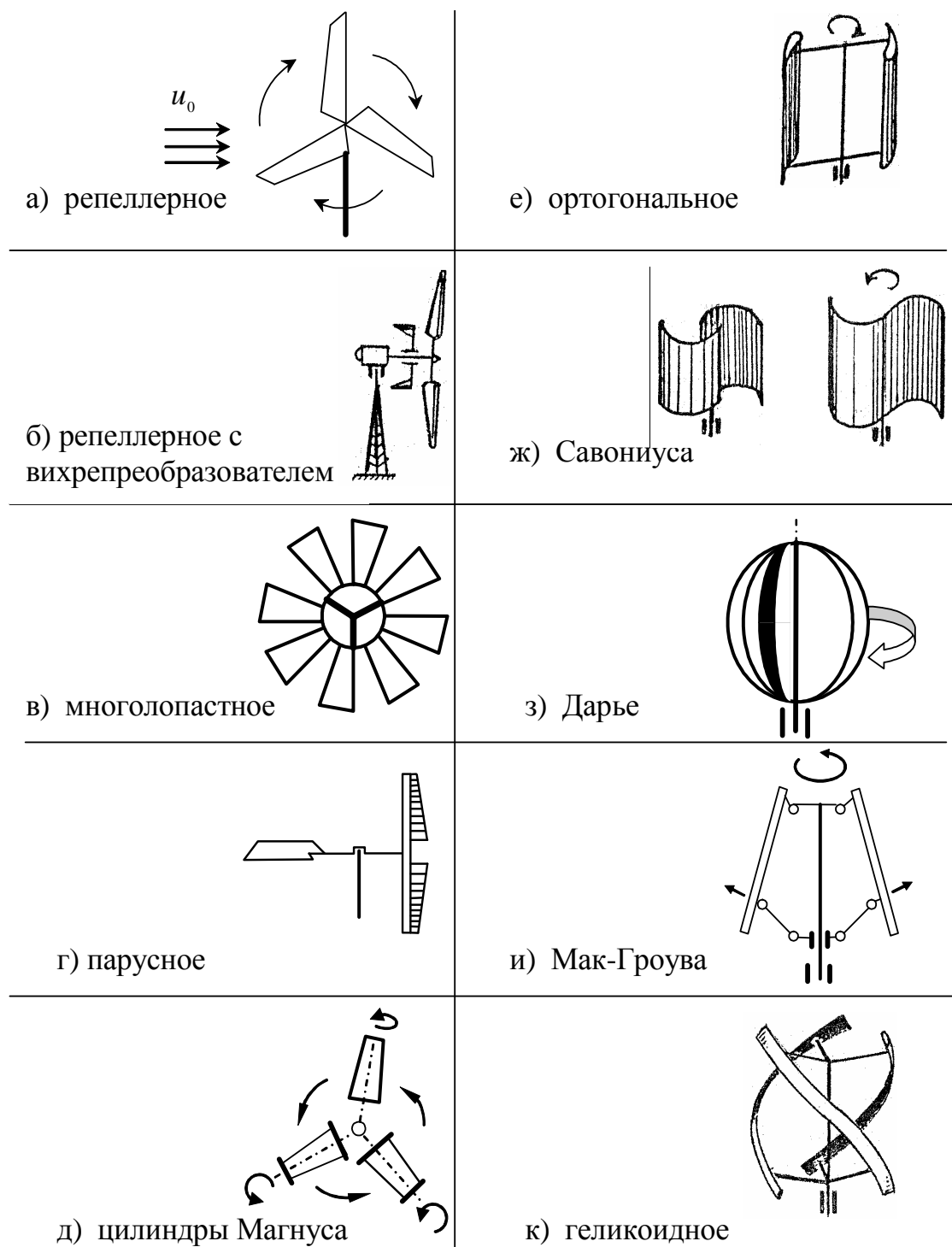


Рис. 6. Типы ветроколес

- **коэффициентом мощности** c_N , характеризующим эффективность использования ветроколесом энергии ветрового потока и зависящим от конструкции ветроколеса;
- **коэффициентом быстроходности** Z , представляющим собой отношение скорости конца лопасти к скорости ветра.

ВЭУ с большим геометрическим заполнением ветроколеса развивают значительную мощность при относительно слабом ветре и максимум мощности достигается при небольших оборотах колеса. ВЭУ с малым заполнением достигают максимальной мощности при больших оборотах и дольше выходят на этот режим. Поэтому первые используются, например, в водяных насосах и даже при слабом ветре сохраняют работоспособность, а вторые – в качестве электрогенераторов, где требуется высокая частота вращения.

Экспериментальная установка

Работа выполняется на аэродинамической трубе 1 (рис. 7). В трубе воздушный поток создается осевым вентилятором (на рисунке не показан). Величина скорости потока в трубе регулируется изменением тока питания вентилятора. Скорость воздушного потока в рабочей области трубы определяется с помощью трубки Пито – Прандтля 2 и микроманометра 3. В рабочую зону трубы 1 установлено ветроколесо 4 с электрическим генератором 5. К генератору подключена нагрузка 6. В цепь нагрузки подключены также вольтметр 7 и амперметр 8.

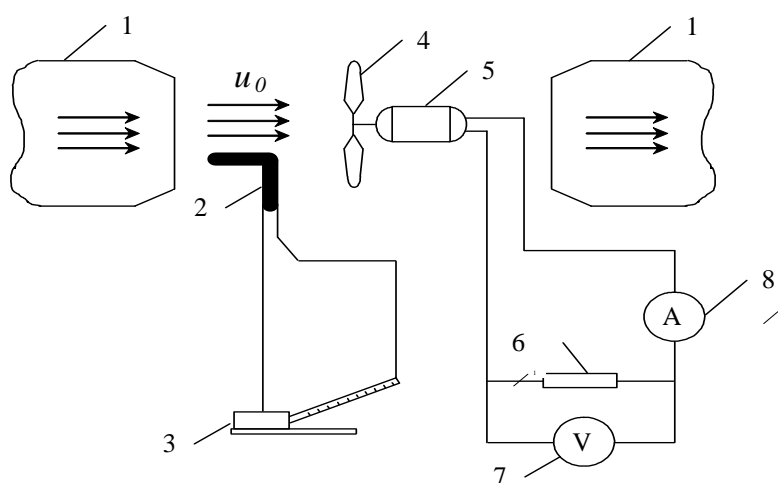


Рис. 7. Схема экспериментальной установки

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с разными типами ветроколес.
2. Установить репеллерное ветроколесо.
3. Включить блок питания аэродинамической трубы. Установить необходимое значение скорости воздушного потока в рабочей зоне путем изменения тока питания вентилятора.

4. С помощью трубки Пито – Прандтля измерить значение скорости воздушного потока u_0 . Для этого необходимо снять показания микроманометра 3. Данные занести в табл. 5.

Таблица 5

Результаты измерений и вычислений

Тип ветроколеса	№ опыта	Показания микроманометра $l-l_0$, м	u_0 , м/с	Параметры генератора ветроустановки			c_N
				U , В	I , А	N , Вт	
Репеллерное	1						
	2						
	3						
	4						
Савониуса	1						
	2						
	3						
	4						
	5						

5. Измерить напряжение U , создаваемое электрическим генератором, и ток I в нагрузке 6.

6. Изменить величину скорости воздушного потока в аэродинамической трубе. Произвести все вышеперечисленные измерения.

7. Заменить репеллерное ветроколесо на ветроколесо Савониуса и выполнить измерения, описанные в пп. 3 – 6.

Обработка экспериментальных данных

1. Вычислить скорость потока воздуха u_0 по формуле

$$u_0 = \sqrt{2 \cdot g \cdot K \cdot (l - l_0) \cdot \frac{\rho_{жс}}{\rho_г}}$$

где $\rho_{жс}$ – плотность спирта в микроманометре ($\rho_{жс} = 809,5 \text{ кг/м}^3$);

$\rho_г$ – плотность воздуха ($\rho_г = 1,2 \text{ кг/м}^3$);

$l - l_0$ – разность показаний микроманометра, м;

K – синус угла наклона трубки микроманометра ($K = 0,2$).

2. Вычислить электрическую мощность генератора $N = U \cdot I$.

3. Определить ометаемую площадь для репеллерного ветроколеса по формуле $S = \pi \cdot D^2 / 4$, где D – диаметр ветроколеса ($D = 0,17 \text{ м}$).

Площадь лобового сопротивления для ветроколеса Савониуса $S = h \cdot b = 0,012 \text{ м}^2$.

4. Определить коэффициент мощности ветроколеса:

$$c_N = 2 \cdot N / (S \cdot \rho_{\text{в}} \cdot u_0^3).$$

5. Сравнить коэффициенты мощности различных типов ветроколес при разных скоростях воздушного потока. Провести анализ полученных результатов и построить графики зависимости c_N от u_0 .

6. Исходные данные, необходимые для расчета коэффициента мощности различных типов ветроколес, приведены в табл. 6.

Таблица 6

Исходные данные для расчета

Параметры		№ варианта	Тип ветроколеса									
			репеллерное					Савониуса				
			1	2	3	4	1	2	3	4	5	
Показания микроманометра $l - l_0$, мм		I	8	15	20	25	5	10	13	19	25	
		II	9	14	21	26	6	11	14	18	26	
		III	10	15	22	27	7	10	15	20	27	
		IV	9	14,5	21	28	6	12	14,5	19	28	
		V	10	16	23	29	8	13	16	22	29	
Параметры генератора ветроколеса	U , В	I	4,10	9,50	12,2	19,5	3,4	7,1	8,1	10,8	12,8	
		II	4,20	10,0	12,6	20,0	3,6	7,6	8,5	11,0	13,1	
		III	4,50	9,80	12,9	22,0	3,8	7,1	9,0	11,5	13,4	
		IV	4,25	10,0	12,7	23,5	3,65	8,1	8,7	10,9	13,9	
		V	4,52	11,0	17,0	25,0	4,1	8,2	9,5	12,1	14,5	
	I , мА	I	9,5	20,0	26,0	41,5	7,5	15,5	17,5	23,0	27,5	
		II	10,0	19,0	27,5	45,0	8,0	16,5	19,0	22,7	28,5	
		III	11,0	20,5	30,5	47,5	9,0	16,0	19,5	23,0	29,5	
		IV	10,0	20,0	27,5	53,0	8,5	17,0	20,0	23,5	30,5	
		V	11,0	23,0	33,5	60,5	9,5	18,0	22,5	26,5	33,0	

Практическое занятие № 3

ИЗУЧЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВАНИИ ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ ПО ТРУБОПРОВОДУ

Ключевые слова: трубопровод, расход энергии на транспортирование, объемный расход, потери энергии, потери давления, напора, вязкость, гидравлические потери, потери напора по длине, местные потери, коэффициент гидравлического трения, коэффициент местного сопротивления.

Цель работы: экспериментальное определение потерь энергии на транспортирование жидкости по сложному трубопроводу, включающему в себя магистральный трубопровод и участки с резким изменением геомет-

рии потока: резким расширением, резким сужением, резким и плавным поворотами потока.

Общие сведения

Транспортирование текучих сред (жидкостей и газов) по трубопроводам осуществляется с помощью нагнетательных устройств (насосов, вентиляторов и т.п.). Для того чтобы перемещать текучую среду, нагнетательное устройство должно затрачивать некоторую энергию, которая зависит не только от физических свойств среды, но и от характеристик трубопроводной системы. Эксплуатационные расходы энергии на транспортирование можно существенно сократить за счет выбора оптимальной геометрии трубопроводной системы, что может быть реализовано только после изучения основных закономерностей течения жидкостей и газов по трубопроводам.

Поток жидкости либо газа можно характеризовать *объемным расходом* Q (м³/с) и средней по сечению трубы *скоростью* w (м/с). Расход является одной из основных характеристик потоков жидкости либо газа. *Расходом* называется количество жидкости или газа, которое перемещается через поперечное сечение трубопровода в единицу времени. Расход и скорость связаны между собой соотношением $Q = w \cdot S$, где S – площадь поперечного сечения трубы (м²).

При движении реальных жидкостей и газов часть механической энергии движения необратимо превращается в тепловую. Эта часть энергии называется *потерей энергии* ΔE . Потери энергии обусловлены существованием сил вязкого трения в жидкостях и газах, т.е. вязкости. С потерями энергии связаны *потери давления* (Па) $\Delta p_{nom} = \rho \cdot \Delta E$ и *потери напора* (м) $\Delta h_{nom} = \Delta p_{nom} / (\rho \cdot g) = \Delta E / g$, где ρ – плотность жидкости либо газа; g – ускорение свободного падения.

Существование сил вязкости приводит к затратам энергии на перемещение текучих сред. Часть мощности, затрачиваемая нагнетательным устройством на транспортирование по трубопроводу текучих сред с расходом Q , определяется выражением

$$N = \Delta p_{nom} \cdot Q.$$

Гидравлические потери давления (напора) обычно делят на два вида. Первый вид представляет собой потери давления на трение Δp_T при стабилизированном движении жидкости в длинных трубах. Эти потери равномер-

но распределяются по всей длине трубы. Потери второго вида Δp_M сосредоточены на сравнительно коротких участках трубопроводов и вызываются местными изменениями конфигурации канала. Эти сопротивления называются местными. Примерами местных сопротивлений могут служить участки резкого расширения и сужения трубопровода, места слияния и разделения потоков, различного рода трубопроводная арматура (вентили, клапаны, задвижки, дроссели и т.п.). Характерной особенностью движения жидкости через местные сопротивления является образование вихрей в потоке, что вызывает значительные потери энергии (давления, напора).

Таким образом, полные потери давления и напора определяются выражениями:

$$\Delta p_{nom} = \Delta p_T + \Delta p_M;$$

$$\Delta h_{nom} = \Delta h_T + \Delta h_M.$$

Потери напора по длине для случая установившегося движения жидкости по трубопроводу круглого сечения определяются по формуле Дарси – Вейсбаха:

$$\Delta h_T = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2 \cdot g},$$

где λ – коэффициент сопротивления трения;
 l – длина рассматриваемого участка трубы, м;
 d – внутренний диаметр трубопровода, м;
 w – средняя скорость жидкости, м/с.

Из формулы видно, что величина потерь напора по длине возрастает с увеличением скорости потока, длины трубы и уменьшается с увеличением диаметра трубопровода.

Потери напора в местном сопротивлении определяются по формуле

$$\Delta h_M = \xi \cdot \frac{w^2}{2g},$$

где ξ – коэффициент местного сопротивления; определяется на основании эмпирических справочных данных.

Сравнительный анализ различных гидравлических сопротивлений показывает, что потери энергии значительно возрастают при резком изменении диаметра трубы, резких поворотах и т.п.

Значения коэффициентов сопротивления, как правило, определяются опытным путем и в обобщенном виде содержатся в справочниках в виде эмпирических формул, таблиц, графиков.

Основные методы снижения потерь энергии при транспортировании жидкостей и газов по сложным трубопроводам:

- использование труб с гладкой внутренней поверхностью;
- обеспечение плавных поворотов потока;
- устройство плавного изменения поперечного сечения потока жидкости;
- устройство плавных входов и выходов из труб;
- разогрев при перекачивании высоковязких жидкостей;
- введение полимерных добавок в поток жидкости.

Экспериментальная установка

Схема установки приведена на рис. 8. Вода из напорного бака 1 проходит последовательно через входной вентиль 2, магистральный трубопровод 3, участки трубопровода с резким 4 и плавным 5 поворотами, резким расширением 6 и резким сужением 7, диафрагму 8 и сливается в бак 10. Расход воды регулируется вентилем 9 и определяется по перепаду давления на диафрагме 8 с помощью тарировочного графика. Уровень воды в баке 1 поддерживается постоянным с помощью насоса 11.

Пьезометрический напор в жидкости на различных участках трубопровода определяется по показаниям пьезометрических трубок $h_1 - h_{10}$, выведенных на общий щит и установленных на исследуемых участках трубопровода.

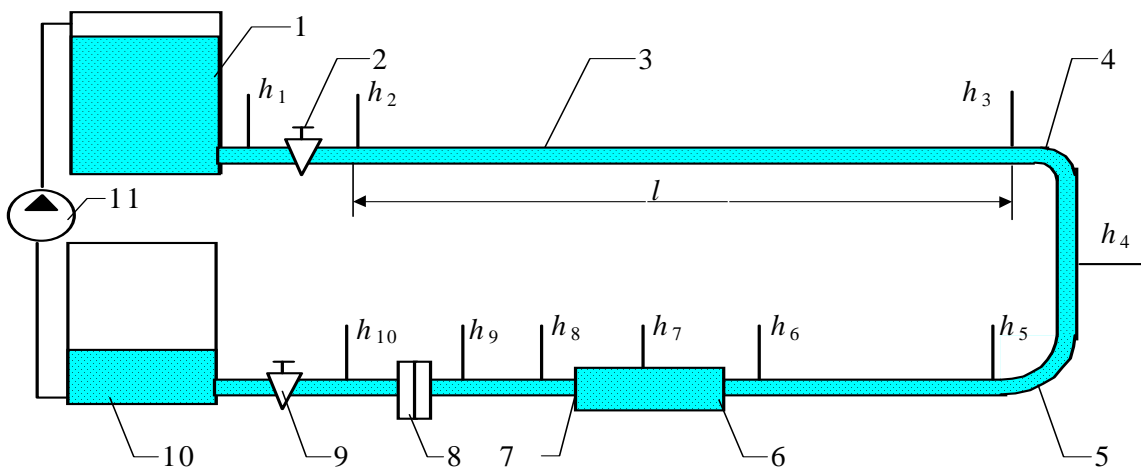


Рис. 8. Схема экспериментальной установки

Длина магистрального участка трубопровода $l = 1,7$ м; диаметр $d = 1,6 \cdot 10^{-2}$ м; плотность воды $\rho = 1\,000$ кг/м³.

Порядок выполнения работы

1. Включить насос 11 и заполнить напорный бак 1.
2. Открыть вентиль 2 полностью и с помощью вентиля 9 установить заданное значение расхода воды. Величина расхода определяется по разности $\Delta h_{9,10}$ показаний пьезометров h_9 и h_{10} ($\Delta h_{9,10} = h_9 - h_{10}$) и тарировочному графику.
3. При данном значении расхода снять показания всех пьезометров, данные занести в табл. 7.
4. Изменить расход жидкости и при каждом значении расхода снять показания всех пьезометров. Данные занести в табл. 7.

Таблица 7

Показания пьезометров

№ опыта	h_1 , мм	h_2 , мм	h_3 , мм	h_4 , мм	h_5 , мм	h_6 , мм	h_7 , мм	h_8 , мм	h_9 , мм	h_{10} , мм
1										
2										
3										

5. После выполнения работы закрыть вентили 2 и 9 и отключить насос.
6. Исходные данные, необходимые для выполнения расчетов, приведены в табл. 9.

Обработка экспериментальных данных

1. Определить потери напора на отдельных участках трубопровода, например, $\Delta h_{1,2} = h_1 - h_2$. Данные занести в табл. 8.
2. По перепаду напора на диафрагме 8 $\Delta h_{9,10} = h_9 - h_{10}$ (мм) определить расход воды Q (м³/с) для 3-х опытов по выражению

$$Q = (53,5 + 0,1495 \cdot \Delta h_{9,10}) \cdot 10^{-6}.$$

Полученные данные занести в табл. 8.

3. Определить среднюю скорость воды w в трубопроводе:

$$w = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2}.$$

4. Мощность N_i , затрачиваемая на преодоление каждого из гидравлических сопротивлений, определяется по формуле

$$N_i = \rho \cdot g \cdot \Delta h_{nom} \cdot Q.$$

5. Определить суммарную мощность N , затрачиваемую на транспортирование жидкости по трубопроводу:

$$N = N_{1,2} + N_{2,3} + N_{3,4} + N_{4,5} + N_{6,7} + N_{7,8} + N_{9,10}.$$

Полученные данные занести в табл. 8.

6. Провести сравнительный анализ потерь энергии на каждом из участков сложного трубопровода. Обратит внимание на влияние скорости течения на потери энергии.

7. По результатам расчетов построить график зависимости мощности N , затрачиваемой на транспортирование жидкости по трубопроводу, от скорости протекания жидкости w .

Таблица 8

Результаты измерений и вычислений

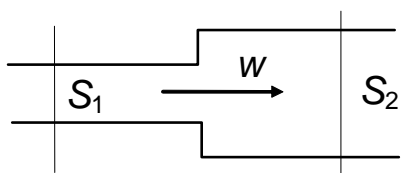
№ опыта		1	2	3
Расход Q , м ³ /с				
Средняя скорость w , м/с				
Входной вентиль	$\Delta h_{1,2}$, м			
	$N_{1,2}$, Вт			
Магистральный трубопровод	$\Delta h_{2,3}$, м			
	$N_{2,3}$, Вт			
Резкий поворот на 90°	$\Delta h_{3,4}$, м			
	$N_{3,4}$, Вт			
Плавный поворот на 90°	$\Delta h_{4,5}$, м			
	$N_{4,5}$, Вт			
Резкое расширение	$\Delta h_{6,7}$, м			
	$N_{6,7}$, Вт			
Резкое сужение	$\Delta h_{7,8}$, м			
	$N_{7,8}$, Вт			
Диафрагма	$\Delta h_{9,10}$, м			
	$N_{9,10}$, Вт			
Суммарная мощность	N , Вт			

Исходные данные

№ варианта	№ опыта	Показания пьезометров									
		h_1 , мм	h_2 , мм	h_3 , мм	h_4 , мм	h_5 , мм	h_6 , мм	h_7 , мм	h_8 , мм	h_9 , мм	h_{10} , мм
I	1	1 340	1 305	1 110	1 075	1 070	1 060	1 060	1 040	995	90
	2	1 370	1 350	1 220	1 205	1 200	1 190	1 190	1 180	1 150	550
	3	1 400	1 380	1 290	1 275	1 270	1 265	1 265	1 255	1 235	835
II	1	1 355	1 318	1 125	1 093	1 090	1 080	1 080	1 060	1 015	90
	2	1 380	1 362	1 230	1 208	1 205	1 195	1 195	1 185	1 155	540
	3	1 405	1 387	1 305	1 283	1 276	1 271	1 271	1 260	1 240	825
III	1	1 365	1 330	1 135	1 100	1 095	1 085	1 085	1 066	1 020	80
	2	1 390	1 370	1 240	1 215	1 210	1 200	1 200	1 190	1 160	530
	3	1 410	1 395	1 310	1 290	1 285	1 280	1 280	1 270	1 250	825
IV	1	1 370	1 337	1 140	1 102	1 100	1 090	1 090	1 070	1 025	70
	2	1 400	1 382	1 250	1 222	1 220	1 210	1 210	1 202	1 172	527
	3	1 415	1 398	1 311	1 293	1 288	1 283	1 283	1 275	1 255	820
V	1	1 375	1 340	1 145	1 110	1 105	1 095	1 095	1 075	1 030	60
	2	1 405	1 385	1 255	1 230	1 225	1 215	1 215	1 205	1 175	515
	3	1 420	1 405	1 320	1 300	1 292	1 287	1 287	1 285	1 265	815

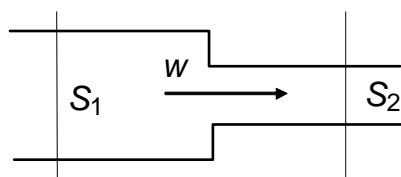
Справочные данные

1. Резкое расширение



S_1/S_2	0,2	0,4	0,6	0,8	1
ξ	0,64	0,36	0,16	0,004	0

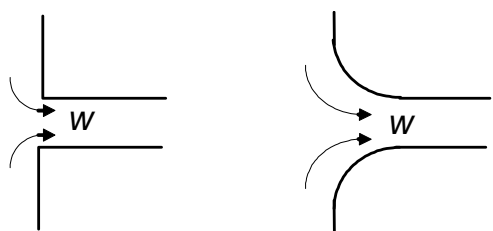
2. Резкое сужение



S_1/S_2	0,2	0,4	0,6	0,8	1
ξ	0,4	0,3	0,2	0,1	0

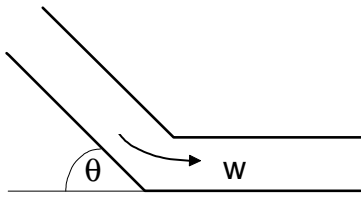
д.

3. Вход в трубу



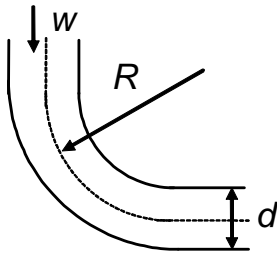
$\xi = 0,5$ при острых кромках;
 $\xi = 0,2$ при закругленных кромках;
 $\xi = 0,05$ при плавном входе.

4. Резкий поворот трубы



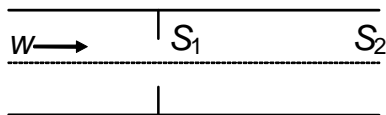
Θ , град.	30	40	50	60	70	80	90
ξ	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1

5. Плавный поворот трубы



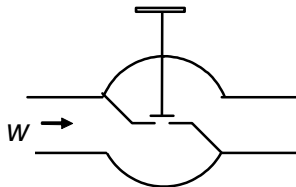
$d/2R$	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,0
ξ	0,13	0,16	0,29	0,66	1,41	1,98

6. Диафрагма внутри трубы



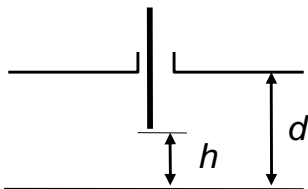
S_1/S_2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9
ξ	10,4	8,2	4,0	0,97	0,13

7. Вентиль



При полном открытии $\xi = 3 - 5,5$.

8. Задвижка (простая)



h/d	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
ξ	∞	35	4,6	0,98	0,17	0

Практическое занятие № 4 ЦИКЛ ТЕПЛООВОГО НАСОСА

Ключевые слова: тепловой насос, низкопотенциальное тепло, отопительный коэффициент цикла, хладагент, испаритель, конденсатор.

Цель работы: изучение цикла теплового насоса; определение коэффициента преобразования ϵ ; определение количества низкопотенциальной теплоты, отбираемой у окружающей среды Q_2 ; определение количества теплоты, передаваемой в систему отопления помещения Q_1 .

Общие сведения

Альтернативой традиционным способам теплоснабжения, основанным на сжигании топлива, является выработка тепла с помощью теплового насоса.

Независимо от типа теплового насоса и типа привода компрессора на единицу затраченного исходного топлива потребитель получает, по крайней мере, в 1,1 – 2,3 раза больше тепла, чем при прямом сжигании топлива.

Такая высокая эффективность производства тепла достигается тем, что тепловой насос вовлекает в полезное использование низкопотенциальное тепло естественного происхождения (тепло грунта, природных водоемов, грунтовых вод) и техногенного происхождения (промышленные стоки, стоки очистных сооружений, вентиляционные выбросы и т.д.) с температурой от +3 до +40 °С, т.е. такое тепло, которое не может быть напрямую использовано для теплоснабжения.

Естественно, что тепловые насосы довольно интенсивно вытесняют традиционные способы теплоснабжения, основанные на сжигании органического топлива.

Согласно прогнозам Мирового энергетического комитета (МИРЭК) к 2020 г. 75 % теплоснабжения (коммунального и производственного) в развитых странах будет осуществляться с помощью тепловых насосов.

Этот прогноз успешно подтверждается. В настоящее время в мире работает 15 – 18 млн тепловых насосов различной мощности: от нескольких киловатт до сотен мегаватт. В США более 30 % жилых домов оборудованы тепловыми насосами. В Швеции с 1984 по 1986 гг. введены в эксплуатацию 74 крупные (от 5 до 80 МВт) теплонасосные станции. Наиболее крупной теплонасосной установкой является стокгольмская установка мощностью 320 МВт, работающая на принципе охлаждения воды, поступающей из Балтийского моря. Эта установка, расположенная на причаленных к берегу баржах, использует и зимой морскую воду с температурой 4 °С, охлаждая ее до 2 °С. Себестоимость тепла от этой установки на 20 % ниже себестоимости тепла, получаемого от газовой котельной. Общее количество тепла, вырабатываемого теплонасосными установками в Швеции, составляет около 50 % от требуемого.

Результатом работы всякого холодильного цикла является охлаждение холодного источника и нагрев горячего за счет подвода внешней работы. Кельвин (1852) предложил применить обратный цикл для целей отопления, используя его в качестве теплового насоса, который перекачивал бы теплоту, отобранную от холодного источника (внешней среды), в горячий источник.

Основное уравнение теплового баланса обратного цикла имеет вид:

$$q_1 = q_0 + l,$$

где q_1 – удельная теплота, передаваемая горячему источнику, кДж/кг (теплота, передаваемая в систему отопления помещения);

q_0 – удельная теплота, отдаваемая холодным источником, кДж/кг (низкопотенциальная теплота);

l – удельная работа, подводимая от внешнего источника, кДж/кг.

Эффективность работы теплового насоса оценивается коэффициентом преобразования ε , который представляет собой отношение теплоты, полученной телом, к энергии, подводимой от внешнего источника:

$$\varepsilon = q_1/l.$$

Рабочий цикл теплового насоса представлен на рис. 9.

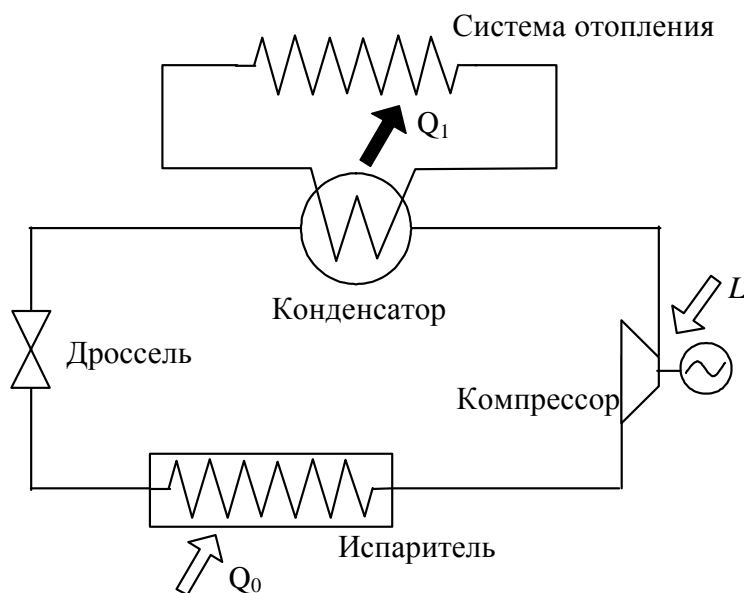


Рис. 9. Рабочий цикл теплового насоса

Низкопотенциальная теплота Q_0 поступает в испаритель теплового насоса, где ее воспринимает рабочее тело (хладагент), задействованное в цикле.

Источником низкопотенциальной теплоты может быть наружный воздух, природные водоемы, грунт, питьевая вода, промышленные стоки, вентиляционные выбросы и т.д. В качестве хладагентов в циклах используются теплоносители с низкой температурой кипения – углекислота, аммиак, фреоны. Хладагент поступает в испаритель в жидком состоянии. В процессе подвода теплоты Q_0 к жидкому хладагенту происходит его превращение в пар (при постоянном давлении и температуре). Пары хладагента поступают в компрессор, где сжимаются, повышается их давление и температура. При сжатии в компрессоре от внешнего источника (электродвигателя) подводится работа l . Нагретые пары хладагента поступают в конденсатор, где отдают свое тепло Q_1 в систему отопления помещения и за счет отдачи теплоты конденсируются (превращаются в жидкость) при постоянном давлении и температуре. Жидкий хладагент поступает в дроссель, где его давление падает до давления в испарителе, а температура снижается до температуры низкопотенциального источника. Цикл замыкается.

Экспериментальная установка

Схема экспериментальной установки представлена на рис. 10.

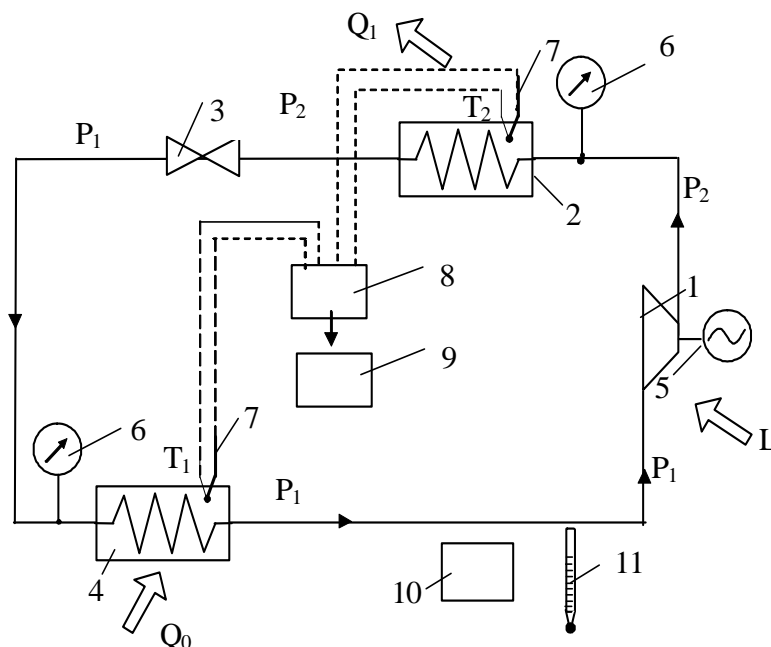


Рис. 10. Схема экспериментальной установки:

- 1 – компрессор; 2 – конденсатор; 3 – дроссельный клапан; 4 – испаритель;
- 5 – электродвигатель; 6 – манометры; 7 – хромель-копелевые термометры;
- 8 – переключатель термометров; 9 – милливольтметр; 10 – барометр; 11 – термометр

Порядок выполнения работы

1. Включить установку в сеть.
2. Выйти на стационарный режим, о котором свидетельствует неизменность показаний манометров.
3. Измерить при помощи манометров 6 давление за компрессором 1 и за дроссельным вентилем 3 перед испарителем 4.
4. Измерить атмосферное давление барометром 10 и температуру термометром 11 в помещении, где расположена установка.
5. При помощи термопар 7 и милливольтметра 9 измерить температуры в конденсаторе 2 и испарителе 4 в милливольттах и, пользуясь табл. 13, перевести их в градусы Цельсия с учетом поправки на холодный спай термопар (к табличному значению температуры в °С прибавить температуру окружающей среды).
6. Полученные данные занести в табл. 10.
7. Исходные данные, необходимые для выполнения расчетов, приведены в табл. 12.

Таблица 10

Результаты измерений и вычислений

$P_{1ман}$, ати	$P_{2ман}$, ати	P_1 , МПа	P_2 , МПа	P_a , Па	t_1 , мВ	t_2 , мВ	t_1 , °С	t_2 , °С	t_{oc} , °С

Рассмотренный цикл теплового насоса в $T-s$ диаграмме выглядит следующим образом (рис. 11). (Координаты: T – абсолютная температура, К; $s = dq/T$ – удельная энтропия – термодинамический параметр состояния, кДж/(кг·К)).

По полученным значениям температур t_1 и t_2 (табл. 10) и с использованием данных табл. 14 заполнить табл. 11.

В таблице термодинамических свойств хладагента (фреона-12) (табл. 14) параметры на линии кипения (нижней пограничной кривой) обозначены параметрами с одним штрихом (h', s'); на линии сухого насыщенного пара (верхней пограничной кривой) – с двумя штрихами (h'', s''). Между линиями кипения и сухого насыщенного пара находится область влажного насыщенного пара. Степень сухости влажного насыщенного пара (x_1) – отношение массы сухого насыщенного пара к массе влажного насыщенного пара. Значение x_1 изменяется от 0 (кипящая жидкость) до 1 (сухой насыщенный пар).

Термодинамические параметры состояния – удельные энтальпия и энтропия

Параметры	h' , кДж/кг	h'' , кДж/кг	s' , кДж/(кг·К)	s'' , кДж/(кг·К)
Температура t_1 , °С				
t_2 , °С				

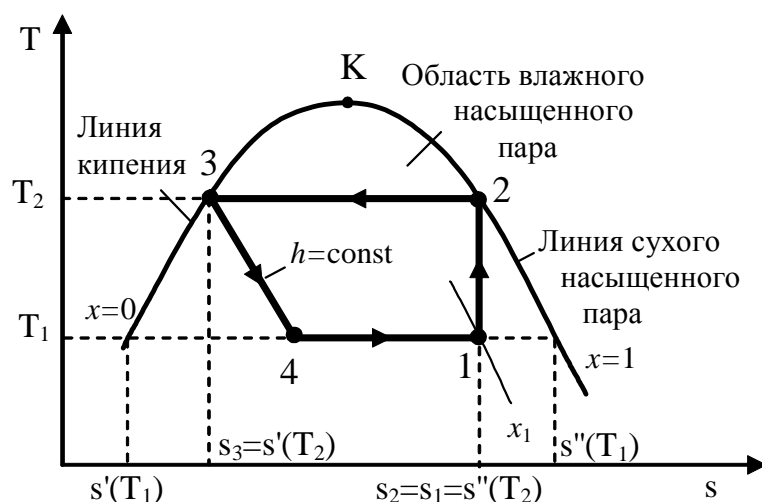


Рис. 11. Цикл теплового насоса:

1-2 – адиабатное сжатие хладагента в компрессоре; 2-3 – отвод теплоты из конденсатора в систему отопления помещения ($P_2 = \text{const}$, $T_2 = \text{const}$); 3-4 – дросселирование; 4-1 – подвод низкопотенциальной теплоты из окружающей среды к испарителю ($P_1 = \text{const}$, $T_1 = \text{const}$)

Методика расчета

Манометры измеряют избыточное давление (давление, превышающее атмосферное). Для определения абсолютного давления следует воспользоваться формулой

$$P = P_{\text{ман}} + P_a,$$

где P_a – атмосферное давление, измеренное барометром.

Соответственно,

$$P_1 = P_{1\text{ман}} \cdot 10^5 + P_a, \text{ Па};$$

$$P_2 = P_{2\text{ман}} \cdot 10^5 + P_a, \text{ Па}.$$

(1 МПа = 10^6 Па)

Определив температуры t_1 и t_2 (°С) и давления P_1 и P_2 , воспользуемся таблицей свойств насыщенных паров фреона-12 (табл. 14).

Из рис. 11 видно, что точка 2 лежит на линии сухого насыщенного пара:

$$h_2 = h''_{t_2}, \text{ кДж/кг}; s_2 = s''_{t_2}, \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}.$$

Точка 3 лежит на линии кипения:

$$h_3 = h'_{t_2}, \text{ кДж/кг}; s_3 = s'_{t_2}, \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}.$$

Процесс 3-4 – дросселирование, $h = \text{const}$, следовательно,

$$h_4 = h_3, \text{ кДж/кг}.$$

Для того, чтобы найти параметры в точке 1, надо вначале найти степень сухости в этой точке. Это можно сделать исходя из того, что

$$s_1 = s_2, \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}; x_1 = \frac{s_1 - s'_{t_1}}{s''_{t_1} - s'_{t_1}}.$$

Значение x_1 находится в пределах 0,9...1 (для проверки). Тогда

$$h_1 = h''_{t_1} \cdot x_1 + h'_{t_1} \cdot (1 - x_1), \text{ кДж/кг}.$$

Удельное количество теплоты, отдаваемое конденсатором в систему отопления помещения:

$$q_1 = h_2 - h_3, \text{ кДж/кг}.$$

Удельное количество низкопотенциальной теплоты, подведенное из окружающей среды к испарителю:

$$q_2 = h_1 - h_4, \text{ кДж/кг}.$$

Удельная работа цикла

$$l = q_1 - q_2 = h_2 - h_1, \text{ кДж/кг}.$$

В процессе дросселирования работа не производится, поэтому работа цикла равна работе компрессора. Мощность компрессора $N = 0,2$ кВт.

Расход хладагента $G = N/l$, кг/с, где N – кВт; l – кДж/кг.

Количество теплоты, отдаваемое конденсатором в систему отопления помещения: $Q_1 = q_1 \cdot G$, кВт.

Количество низкопотенциальной теплоты, подведенное из окружающей среды к испарителю: $Q_0 = q_0 \cdot G$, кВт.

Отопительный коэффициент $\varepsilon = q_1/l$.

Значение отопительного коэффициента должно быть больше единицы, что показывает, что в систему отопления помещения отдано теп-

лоты больше, чем затрачено работы в ϵ раз за счет использования низкопотенциальной теплоты наружного воздуха. Это следует отразить в выводах.

Таблица 12

Исходные данные

№ варианта	Показатели					
	$P_{1ман}$, ати	$P_{2ман}$, ати	P_a , Па	t_1 , мВ	t_2 , мВ	t_{oc} , °C
I	0,85	10,5	101 000	-1,40	2,0	16
II	0,90	11,1	90 000	-1,30	2,2	20
III	0,81	10,2	97 000	-1,48	1,9	21
IV	0,93	11,7	118 000	1,60	2,6	19
V	0,97	12,1	93 000	1,70	2,8	22

Таблица 13

**Градуировочная таблица для термопар
Термопара «хромель–копель»**

Температура рабочего конца, °C	ТермоЭДС, мВ, температура, °C									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
-90	-5,146	-5,196	-5,246	-5,296	-5,346	-5,396	-5,445	-5,494	-5,543	-5,592
-80	-4,634	-4,686	-4,738	-4,790	-4,841	-4,892	-4,943	-4,994	-5,045	-5,096
-70	-4,106	-4,160	-4,213	-4,266	-4,319	-4,372	-4,425	-4,478	-4,530	-4,582
-60	-3,562	-3,617	-3,672	-3,727	-3,782	-3,836	-3,890	-3,945	-3,999	-4,052
-50	-3,003	-3,059	-3,116	-3,172	-3,228	-3,284	-3,340	-3,396	-3,451	-3,507
-40	-2,429	-2,487	-2,545	-2,603	-2,660	-2,718	-2,775	-2,832	-2,889	-2,946
-30	-1,841	-1,901	-1,960	-2,019	-2,078	-2,137	-2,196	-2,254	-2,313	-2,371
-20	-1,240	-1,301	-1,361	-1,422	-1,482	-1,542	-1,602	-1,662	-1,722	-1,782
-10	-0,626	-0,688	-0,750	-0,812	-0,873	-0,935	-0,996	-1,057	-1,118	-1,179
0	0	-0,063	-0,126	-0,189	-0,252	-0,315	-0,377	-0,440	-0,502	-0,564
0	0	0,063	0,127	0,190	0,254	0,318	0,381	0,445	0,509	0,574
10	0,638	0,702	0,767	0,832	0,896	0,961	1,026	1,091	1,157	1,222
20	1,287	1,353	1,418	1,484	1,550	1,616	1,682	1,748	1,815	1,881
30	1,947	2,014	2,081	2,148	2,214	2,282	2,349	2,416	2,483	2,551
40	2,618	2,686	2,753	2,821	2,889	2,957	3,025	3,094	3,162	3,260
50	3,299	3,367	3,436	3,505	3,574	3,643	3,712	3,781	3,850	3,920
60	3,989	4,059	4,128	4,198	4,268	4,338	4,408	4,478	4,548	4,619
70	4,689	4,760	4,830	4,901	4,972	5,042	5,113	5,184	5,255	5,327
80	5,398	5,469	5,541	5,612	5,684	5,756	5,828	5,899	5,971	6,043
90	6,116	6,188	6,260	6,333	6,405	6,478	6,550	6,623	6,696	6,769
100	6,842	6,915	6,988	7,061	7,135	7,208	7,281	7,355	7,429	7,502

Окончание табл.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
110	7,576	7,650	7,724	7,798	7,872	7,946	8,021	8,095	8,169	8,244
120	8,318	8,393	8,468	8,543	8,618	8,693	8,768	8,843	8,918	8,993
130	9,069	9,144	9,220	9,295	9,371	9,446	9,522	9,598	9,674	9,750
140	9,826	9,902	9,979	10,055	10,131	10,208	10,284	10,361	10,438	10,514
150	10,591	10,688	10,745	10,822	10,899	10,976	11,054	11,131	11,208	11,286
160	11,363	11,441	11,519	11,596	11,674	11,752	11,830	11,908	11,986	12,064
170	12,142	12,221	12,299	12,377	12,456	12,534	12,613	12,692	12,770	12,849
180	12,928	13,007	13,086	13,165	13,244	13,323	13,403	13,482	13,561	13,641
190	13,720	13,800	13,879	13,959	14,039	14,119	14,199	14,278	14,359	14,439

Таблица 14

Свойства насыщенных паров фреона-12

Температура		Давление абсолютное	Энтальпия		Теплота парооб- разования	Энтропия	
			жидкость	пар		жидкость	пар
t , °С	T , К	p , бар	h' , кДж/кг	h'' , кДж/кг	r , кДж/кг	s' , кДж/(кг·К)	s'' , кДж/(кг·К)
1	2	3	4	5	6	7	8
-10	263,15	2,1910	409,47	568,89	159,39	4,15280	4,75859
-9	264,15	2,2700	410,39	569,32	158,93	4,15624	4,75809
-8	265,15	2,3520	411,27	569,78	158,51	4,15963	4,75759
-7	266,15	2,4353	412,19	570,24	158,05	4,16302	4,75704
-6	267,15	2,5215	413,11	570,74	157,63	4,16645	4,75658
-5	268,15	2,6088	414,03	571,21	157,17	4,16984	4,75612
-4	269,15	2,6999	414,95	571,67	156,71	4,17323	4,75562
-3	270,15	2,7928	415,87	572,13	156,25	4,17663	4,75516
-2	271,15	2,8870	416,84	572,63	155,79	4,18006	4,75478
-1	272,15	2,9857	417,76	573,09	155,33	4,18341	4,75432
0	273,15	3,0857	418,68	573,55	154,87	4,18680	4,75394
1	274,15	3,1882	419,60	574,01	154,41	4,19019	4,75348
2	275,15	3,2934	420,56	574,47	153,91	4,19354	4,75302
3	276,15	3,4006	421,49	574,93	153,45	4,19693	4,75265
4	277,15	3,5112	422,45	575,39	152,94	4,20028	4,75227
5	278,15	3,6244	423,37	575,85	152,48	4,20363	4,75189
6	279,15	3,7398	424,33	576,31	151,98	4,20702	4,75152
7	280,15	3,8587	425,30	576,77	151,48	4,21037	4,75118
8	281,15	3,9797	426,22	577,19	150,98	4,21372	4,75080
9	282,15	4,1044	427,18	577,65	150,47	4,21707	4,75043
10	283,15	4,2301	428,14	578,11	149,97	4,22042	4,75013
11	284,15	4,3606	429,14	578,53	149,43	4,22377	4,74976
12	285,15	4,4354	430,07	578,99	148,92	4,22712	4,74946
13	286,15	4,6296	431,03	579,41	148,38	4,23043	4,74909
14	287,15	4,7681	431,99	579,83	147,84	4,23378	4,74875

Окончание табл.

1	2	3	4	5	6	7	8
15	288,15	4,9108	433,00	580,33	147,33	4,23708	4,74842
16	289,15	5,0553	433,96	580,71	146,75	4,24043	4,74812
17	290,15	5,2041	434,92	581,17	146,24	4,24378	4,74783
18	291,15	5,3549	435,93	581,59	145,65	4,24709	4,74750
19	292,15	5,5086	436,89	582,01	145,11	4,25040	4,74720
20	293,15	5,6669	437,90	582,47	144,57	4,25371	4,74691
21	294,15	5,5883	438,86	582,84	143,98	4,25705	4,74662
22	295,15	5,9930	439,87	583,26	143,40	4,26036	4,74633
23	296,15	6,1610	440,83	583,64	142,81	4,26363	4,74604
24	297,15	6,3335	441,83	584,06	142,23	4,26694	4,74575
25	298,15	6,5080	442,84	584,52	141,68	4,27024	4,74549
26	299,15	6,6857	443,84	584,90	141,05	4,29993	4,74519
27	300,15	6,8666	444,85	585,27	140,43	4,27686	4,74486
28	301,15	7,0542	445,85	585,69	139,84	4,28012	4,74457
29	302,15	7,2435	446,86	586,07	139,21	4,28339	4,74427
30	303,15	7,4344	447,86	586,49	138,62	4,28674	4,74406
31	304,15	7,6321	448,87	586,82	137,96	4,29000	4,74369
32	305,15	7,8352	449,87	587,20	137,33	4,29327	4,74339
33	306,15	8,0417	450,88	587,58	136,70	4,29649	4,74306
34	307,15	8,2461	451,92	587,95	136,03	4,29980	4,74281
35	308,15	8,4596	452,93	588,29	135,36	4,30311	4,74251
40	313,15	9,5818	458,08	590,09	132,01	4,31940	4,74097
45	318,15	10,810	463,31	591,72	128,41	4,33568	4,73933
50	323,15	12,147	468,54	593,10	124,56	4,35189	4,73741
55	328,15	13,600	474,16	595,07	120,91	4,36876	4,73728
60	333,15	15,182	479,68	596,58	116,90	4,38509	4,73850
65	338,15	16,883	485,33	597,96	112,63	4,40142	4,73452

Практическое занятие № 5

РАСЧЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

Ключевые слова: тепловой насос, тепловые вторичные энергетические ресурсы (ТВЭР), потенциал ТВЭР, теплоснабжение, горячее водоснабжение, отопление, энергетическая эффективность, окупаемость, доходность.

Цель работы: определение энергетической эффективности применения тепловых насосов для утилизации тепловых вторичных энергетических ресурсов; определение срока окупаемости и величины доходности внедрения теплового насоса в систему горячего водоснабжения.

Общие сведения

Тепловые насосы являются наиболее эффективным оборудованием, способствующим увеличению объема и глубины использования ТВЭР промышленных предприятий. Для определения технической возможности и эффективности их применения необходимо иметь достоверную информацию о параметрах и режимах выхода ТВЭР, тепловых нагрузках и их продолжительности, показателях замещаемых тепловых источников, тенденциях изменения стоимости энергоносителей, ожидаемой технологической и экологической эффективности от внедрения систем утилизации и др.

При оценке технических показателей применения тепловых насосов тепловой потенциал ТВЭР классифицируется на расчетный, используемый без ущерба для технологии и окружающей среды в течение часа ($Q_{ТВЭР}^p$, кВт), и располагаемый, используемый за год ($Q_{ТВЭР}^2$, ГДж). Их величины определяются по выражениям:

$$Q_{ТВЭР}^p = G_{ij} \cdot \rho \cdot C_i \cdot \Delta t_{ij} \cdot R_{ij} / 3600,$$

$$Q_{ТВЭР}^2 = \sum 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{ТВЭР}^p \cdot n_{ij},$$

где G_{ij} – объемный расход ТВЭР i -того вида в j -тый период года, м³/ч;

ρ – плотность вещества, составляющего поток ТВЭР i -того вида, кг/м³;

C_i – теплоемкость потока ТВЭР i -того вида, кДж/(кг °С);

Δt_{ij} – средняя за j -тый период года глубина охлаждения потока ТВЭР i -того вида, °С;

R_{ij} – коэффициент, характеризующий доступность утилизации ТВЭР i -того вида в j -тый период года;

n_{ij} – продолжительность использования расчетного теплового потенциала ТВЭР i -того вида в j -тый период года, ч.

При укрупненных расчетах теплопроизводительность тепловых насосов в системах утилизации ТВЭР ($Q_{ТН}^p$, кВт и $Q_{ТН}^2$, ГДж) при покрытии ими тепловых нагрузок различных видов определяется из соотношений:

– отопительно-вентиляционной нагрузки:

$$Q_{ТН}^p = 1,45 \cdot Q_{ТВЭР}^p,$$

$$Q_{ТН}^2 = 1,33 \cdot Q_{ТВЭР}^2;$$

– нагрузки горячего водоснабжения:

$$Q_{TH}^p = 1,4 \cdot Q_{ТВЭР}^p,$$

$$Q_{TH}^2 = 1,45 \cdot Q_{ТВЭР}^2;$$

– при передаче теплоты в системы централизованного теплоснабжения:

$$Q_{TH}^p = 1,45 \cdot Q_{ТВЭР}^p,$$

$$Q_{TH}^2 = 1,4 \cdot Q_{ТВЭР}^2.$$

Потребляемая мощность компрессора теплового насоса (N_{TH} , кВт) и годовой расход электрической энергии (\mathcal{E}_{TH}^2 , МВт·ч) на выработку теплоты Q_{TH}^2 определяются соотношениями:

$$N_{TH} = Q_{TH}^p - Q_{ТВЭР}^p,$$

$$\mathcal{E}_{TH}^2 = (Q_{TH}^2 - Q_{ТВЭР}^2) / 3,6.$$

Энергетическая эффективность применения тепловых насосов рассчитывается по величине ожидаемой ежегодной экономии первичного топлива (ΔB , %), определяемой по выражению

$$\Delta B = [1 - (\eta_{ТИ} \cdot \eta_{ТС} / (\eta_{ЭН} \cdot \eta_{ЭС} \cdot \varepsilon))] \cdot 100 \%,$$

где $\eta_{ТИ}$ – КПД действующего источника теплоснабжения;

$\eta_{ТС}$ – КПД тепловой сети;

$\eta_{ЭН}$ – КПД источника электрической энергии;

$\eta_{ЭС}$ – КПД передачи и трансформации электрической энергии;

ε – среднегодовой коэффициент преобразования теплового насоса.

Экономическую эффективность применения тепловых насосов можно определять по величине приведенных затрат, сроку окупаемости, уровню рентабельности, величине доходности и др.

Наиболее значимыми составляющими в расчетах экономической эффективности являются величины необходимых капитальных вложений на внедрение тепловых насосов и ожидаемой экономии ежегодных расходов на теплоснабжение.

Укрупненно затраты на приобретение и подключение тепловых насосов ($K_{ТНУ}$) различных типов и теплопроизводительности (Q_{TH}^p), включая периферийное оборудование, к теплосети можно определять по следующим выражениям:

1) для системы с тепловым насосом «вода-вода» и винтовым компрессором:

$$K_{THU} = \begin{cases} 40\,000 + 152 \cdot Q_{TH}^P & \text{при } 0 < Q_{TH}^P < 1\,044 \text{ кВт}, \\ 200\,000 + 128 \cdot Q_{TH}^P \cdot (Q_{TH}^P - 1044) & \text{при } Q_{TH}^P \geq 1\,044 \text{ кВт}; \end{cases}$$

2) для системы с тепловым насосом «вода-вода» и поршневым компрессором:

$$K_{THU} = 58\,000 + 58 \cdot Q_{TH}^P \quad \text{при } Q_{TH}^P \leq 700 \text{ кВт};$$

3) для системы с тепловым насосом «вода-вода/воздух» и поршневым компрессором:

$$K_{THU} = 70\,000 + 13 \cdot Q_{TH}^P \quad \text{при } Q_{TH}^P \leq 500 \text{ кВт};$$

4) для системы с тепловым насосом «воздух-вода» и спиральным компрессором:

$$K_{THU} = 65\,400 + 263 \cdot Q_{TH}^P \quad \text{при } Q_{TH}^P \leq 100 \text{ кВт};$$

5) для системы с тепловым насосом «вода-вода» и спиральным компрессором:

$$K_{THU} = 7\,700 + 115 \cdot Q_{TH}^P \quad \text{при } Q_{TH}^P \leq 300 \text{ кВт}.$$

Величина ожидаемой ежегодной экономии расходов \mathcal{E}^2 при введении тепловых насосов определяется величиной тепловой нагрузки Q , продолжительностью использования расчетной теплопроизводительности тепловых насосов n , стоимостью энергоносителей C и др.

Укрупненно величина

$$\mathcal{E}^2 = \mathcal{E}_{TP} - \mathcal{E}_{TH}.$$

Величина \mathcal{E}_{TP} определяется по выражению

$$\mathcal{E}_{TP} = 3,385 \cdot n \cdot C_Q \cdot Q_{TH}^P / 1\,000,$$

где C_Q – стоимость тепловой энергии, у.е./ГДж;

n – продолжительность использования расчетного теплового потенциала ТВЭР в течение года.

Величина \mathcal{E}_{TH} определяется по выражению

$$\mathcal{E}_{TH} = 0,286 \cdot n \cdot C_{\mathcal{E}} \cdot Q_{TH}^P,$$

где $C_{\mathcal{E}}$ – стоимость электрической энергии, у.е./кВт ч.

Используя значения $K_{ТНУ}$ и \mathcal{E}^2 и задаваясь величиной процентной ставки по кредиту A , равной не более 0,5 ставки рефинансирования Нацбанка, по нижеприведенным выражениям можно определить срок окупаемости T_{OK} и доходность D внедрения тепловых насосов:

$$T_{OK} = K_{ТНУ} / \mathcal{E}^2,$$

$$D = 100 \cdot \mathcal{E}^2 / (K_{ТНУ} \cdot (1 + A/100)).$$

Пример. Рассчитать и дать оценку энергетической и экономической эффективности применения теплового насоса (ТН) в системе утилизации теплоты сточных (оборотных) вод. Потребитель теплоты, выработанной ТН, – горячее водоснабжение предприятия и прилегающих объектов. Используется ТН типа «вода-вода» со спиральным компрессором.

Исходные данные:

1. Объемный расход ТВЭР (сточных вод) составляет $G = 40 \text{ м}^3/\text{ч}$.
2. Глубина охлаждения потока ТВЭР $\Delta t = 4 \text{ }^\circ\text{C}$.
3. Коэффициент доступности утилизации ТВЭР равен $R = 0,9$.
4. Расчетная продолжительность использования теплового потенциала ТВЭР $n = 5 \text{ 000 ч}$.
5. Среднегодовой коэффициент преобразования ТН составляет $\epsilon = 3,5$.
6. Коэффициент полезного действия (кпд) действующего источника теплоснабжения равен $\eta_{ТИ} = 0,85$.
7. Коэффициент полезного действия тепловой сети $\eta_{ТС} = 0,9$.
8. Коэффициент полезного действия источника электрической энергии $\eta_{ЭН} = 0,33$.
9. Коэффициент полезного действия передачи и трансформации электрической энергии $\eta_{ЭС} = 0,9$.
10. Стоимость электрической энергии $C_{\mathcal{E}} = 0,035 \text{ у.е./кВт ч}$.
11. Стоимость тепловой энергии $C_Q = 8,35 \text{ у.е./ГДж}$.
12. Процентная ставка по кредиту $A = 15 \%$.

Решение:

1. Определим тепловой потенциал ТВЭР:
 - расчетный, используемый в течение часа:

$$Q_{ТВЭР}^p = G \cdot \rho \cdot C \cdot \Delta t \cdot R / 3 \text{ 600} = 40 \cdot 1 \text{ 000} \cdot 4,19 \cdot 4 \cdot 0,9 / 3 \text{ 600} = 167,6 \text{ кВт};$$

- располагаемый, используемый в течение года:

$$Q_{ТВЭР}^2 = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{ТВЭР}^p \cdot n = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot 167,6 \cdot 5 \text{ 000} = 3 \text{ 017 ГДж}.$$

2. Определим теплопроизводительность теплового насоса в системе утилизации ТВЭР при покрытии им тепловой нагрузки горячего водоснабжения:

$$Q_{ТН}^p = 1,4 \cdot Q_{ТВЭР}^p = 1,4 \cdot 167,6 = 234,6 \text{ кВт},$$

$$Q_{ТН}^2 = 1,45 \cdot Q_{ТВЭР}^2 = 1,45 \cdot 3017 = 4375 \text{ ГДж}.$$

3. Определим потребляемую мощность компрессора теплового насоса:

$$N_{ТН} = Q_{ТН}^p - Q_{ТВЭР}^p = 234,6 - 167,6 = 67 \text{ кВт}.$$

4. Находим годовой расход электрической энергии на выработку теплоты:

$$\mathcal{E}_{ТН}^e = (Q_{ТН}^2 - Q_{ТВЭР}^2) / 3,6 = (4\,375 - 3\,017) / 3,6 = 377,2 \text{ МВт}\cdot\text{ч}.$$

5. Энергетическую эффективность применения ТН определим по величине ожидаемой ежегодной экономии первичного топлива

$$\begin{aligned} \Delta B &= \left[1 - \left(\eta_{ТИ} \cdot \eta_{ТС} / (\eta_{ЭН} \cdot \eta_{ЭС} \cdot \varepsilon) \right) \right] \cdot 100 \% = \\ &= \left[1 - (0,85 \cdot 0,9 / (0,33 \cdot 0,9 \cdot 3,5)) \right] \cdot 100 \% = 26,4 \% . \end{aligned}$$

6. Определим укрупненно затраты на приобретение и подсоединение ТН и периферийного оборудования к теплосети. Для теплового насоса типа «вода-вода» со спиральным компрессором

$$K_{ТНУ} = 7\,700 + 115 \cdot Q_{ТН}^p = 7\,700 + 115 \cdot 234,6 = 34\,679 \text{ у.е.}$$

7. Определим величину ожидаемой ежегодной экономии расходов \mathcal{E}^e при внедрении теплового насоса:

$$\mathcal{E}^e = \mathcal{E}_{ТР} - \mathcal{E}_{ТН}.$$

Значение $\mathcal{E}_{ТР}$ определим по выражению

$$\mathcal{E}_{ТР} = 3,385 \cdot n \cdot C_Q \cdot Q_{ТН}^p / 1\,000 = 3,385 \cdot 5\,000 \cdot 8,35 \cdot 234,6 / 1\,000 = 33\,154 \text{ у.е.}$$

Значение $\mathcal{E}_{ТН}$ определим по выражению

$$\mathcal{E}_{ТН} = 0,286 \cdot n \cdot C_{\mathcal{E}} \cdot Q_{ТН}^p = 0,286 \cdot 5\,000 \cdot 0,035 \cdot 234,6 = 11\,741 \text{ у.е.}$$

Отсюда

$$\mathcal{E}^e = \mathcal{E}_{ТР} - \mathcal{E}_{ТН} = 33\,154 - 11\,741 = 21\,413 \text{ у.е.}$$

8. Срок окупаемости $T_{ок}$ теплового насоса равен

$$T_{ок} = K_{ТНУ} / \mathcal{E}^e = 34\,679 / 21\,413 = 1,62 \text{ года}.$$

9. Величина доходности D от внедрения ТН в систему горячего водоснабжения предприятия составит

$$D = 100 \cdot \mathcal{E}^2 / (K_{ТНУ} \cdot (1 + A/100)) = 100 \cdot 21\,413 / (34\,679 \cdot (1 + 15/100)) = 53,7 \%$$

Как следует из приведенного примера, применение теплового насоса энергетически и экономически обосновано, т.к. $\Delta B = 26,4 \%$, $T_{ок} = 1,62$ года, $D = 53,7 \%$.

Задача для самостоятельного решения

Рассчитать и дать оценку энергетической и экономической эффективности применения теплового насоса (ТН) в системе утилизации теплоты сточных (оборотных) вод. Потребитель теплоты, выработанной ТН, – горячее водоснабжение предприятия и прилегающих объектов.

Исходные данные, необходимые для расчетов, представлены в табл. 15. Условные обозначения, используемые в задаче 2, одинаковы с задачей 1.

Таблица 15

Исходные данные для расчета

Параметр	Размерность	Варианты				
		I	II	III	IV	V
G	м ³ /ч	50	40	50	30	20
Δt	°С	10	8	12	6	8
R	–	0,80	0,85	0,70	0,95	0,75
n	ч	5 000	6 000	7 000	3 000	4 000
ε	–	3,5	4,0	4,5	5,0	4,5
$\eta_{ТИ}$	–	0,85	0,80	0,87	0,75	0,70
$\eta_{ТС}$	–	0,90	0,85	0,90	0,85	0,80
$\eta_{ЭН}$	–	0,33	0,35	0,34	0,36	0,32
$\eta_{ЭС}$	–	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
$C_{Э}$	у.е./кВт ч	0,035	0,040	0,030	0,025	0,045
C_Q	у.е./ГДж	8,3	9,3	6,5	6,0	10,0
A	%	5	5	5	5	5
Тип ТН и тип компрессора	–	Вода-вода с поршневым компрессором	Вода-вода/воздух с поршневым компрессором	Вода-вода с винтовым компрессором	Вода-вода/воздух с поршневым компрессором	Вода-вода со спиральным компрессором

Практическое занятие № 6

**РАСЧЕТ ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ
В ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ ПОМЕЩЕНИЙ
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО АУДИТА**

Ключевые слова: энергетический аудит, комплексное энергетическое обследование, мероприятия по экономии энергии, система освещения, уровень освещенности, осветительная установка, годовое потребление энергии, потенциал экономии электроэнергии, КПД светильников, энергоэффективная пускорегулирующая аппаратура.

Цель работы: определение установленной мощности и годового потребления электроэнергии на освещение помещения; расчет экономии электроэнергии при проведении различных мероприятий, направленных на снижение энергопотребления.

Общие сведения

В последнее время, в связи с ростом цен на энергоносители, актуальной становится проблема их экономии. Первым этапом процесса экономии энергии является проведение комплексного энергетического обследования объекта (энергетического аудита) и разработка на его основе экономически целесообразных мероприятий по экономии энергии. Данные мероприятия разрабатываются для каждого отдельного типа потребителя энергии: отопление, освещение, вентиляция, технологические процессы и т.п. Сначала проводится анализ состояния систем энергопотребления, а затем – расчет экономии энергии по определенным методикам.

Система освещения является весомым потребителем электроэнергии, особенно в административных зданиях, где расходуется на освещение до 80 % электроэнергии от общего потребления.

Для анализа состояния системы освещения обследуемого объекта необходимо собрать следующую информацию:

- тип и количество существующих светильников;
- тип, количество и мощность используемых ламп;
- режим работы системы искусственного освещения;
- характеристики поверхностей помещений (коэффициенты отражения);
- год установки светильников;
- периодичность чистки светильников;

- фактический и нормированный уровень освещенности;
- значения напряжения электросети освещения в начале и в конце измерений освещенности;
- размеры помещения;
- средний фактический срок службы ламп;
- фактическое и нормированное значение коэффициента естественной освещенности.

Затем производится расчет показателей энергопотребления на основании вышеперечисленных данных, полученных в результате инструментального обследования объекта.

Установленная мощность (кВт) равна

$$N_i = N_l \cdot K_{пра} \cdot n,$$

где N_i – мощность осветительной установки i -того помещения в обследуемом объекте;

N_l – мощность лампы;

$K_{пра}$ – коэффициент потерь в пускорегулирующей аппаратуре осветительных приборов;

n – количество однотипных ламп в осветительной установке i -того помещения.

Годовое потребление электрической энергии (кВт) определяется по следующему выражению

$$W_2 = \sum W_{2i} = \sum N_i \cdot T_{2i} \cdot k_{ui},$$

где W_2 – суммарное годовое потребление электроэнергии;

W_{2i} – годовое потребление электроэнергии осветительной установкой (ОУ) i -того помещения;

T_{2i} – число часов работы системы i -того помещения в год;

k_{ui} – коэффициент использования установленной электрической мощности в ОУ i -того помещения.

Удельное годовое потребление электроэнергии (кВт ч/м²) равно

$$W_{2yd} = W_2 / \sum S_i,$$

где W_{2yd} – годовое удельное потребление электроэнергии;

S_i – площадь i -того помещения в исследуемом объекте.

Для более точной оценки величины экономии электроэнергии по каждому из проводимых мероприятий необходимо выполнить расчет экономии электроэнергии по нижеприведенной методике.

Сначала определяем фактическое среднее значение освещенности E_{ϕ} (лк) с учетом отклонения напряжения в сети от номинального по выражению

$$E_{\phi} = E_u \cdot U_n / (U_n + k \cdot (U_n - U_{cp})),$$

где E_u – измеренная освещенность, лк;

U_n – номинальное напряжение сети, В;

U_{cp} – среднее фактическое значение напряжения, В;

$$U_{cp} = (U_1 + U_2) / 2$$

(U_1 и U_2 – значения напряжения сети соответственно в начале и конце измерения);

k – коэффициент учитывающий изменения светового потока лампы при отклонении напряжения питающей сети ($k=4$ для ламп накаливания; $k=2$ для газоразрядных ламп).

Для учета отклонения фактической освещенности от нормативных значений определяем коэффициент приведения:

$$k_{n_i} = E_{\phi_i} / E_{н_i},$$

где k_{n_i} – коэффициент приведения освещенности i -того помещения;

E_{ϕ_i} – фактическое значение освещенности в i -том помещении;

$E_{н_i}$ – нормируемое значение освещенности в i -том помещении.

Потенциал годовой экономии электроэнергии (кВт ч/год) в осветительной установке обследуемого помещения рассчитывается по формуле

$$W_2 = \sum_i k_{n_i} \cdot \sum_k \Delta W_i^k,$$

где ΔW_i^k – потенциал экономии электроэнергии для i -того помещения и k -того мероприятия, кВт ч/год.

К основным мероприятиям, позволяющим экономить электроэнергию, относятся:

1. Переход на другой тип источника света с более высокой светоотдачей.

Экономия электроэнергии (кВт·ч/год) в результате данного мероприятия определяется по формуле

$$\Delta W_i = W_{2_i} \cdot (1 - k_{uc_i}),$$

где k_{uc_i} – коэффициент эффективности замены типа источника света;

$$k_{uc_i} = C_o / C_{o_n},$$

где C_o – светоотдача существующего источника света, лм/Вт;

C_{o_n} – светоотдача предлагаемого к установке источника света, лм/Вт.

2. Повышение КПД существующих осветительных приборов вследствие их чистки.

Экономия электроэнергии (кВт·ч/год) в результате данного мероприятия определяется по формуле

$$\Delta W_i = W_{z_i} \cdot k_{q_i},$$

где k_{q_i} – коэффициент эффективности чистки светильников.

Значение коэффициента эффективности чистки светильников определяется по выражению

$$k_{q_i} = 1 - (\gamma_c + \beta_c \cdot e^{-(t/t_c)}),$$

где γ_c, β_c, t_c – постоянные для заданных условий эксплуатации светильников (для рассматриваемой задачи принимаем $\gamma_c = 0,95$, $\beta_c = 0,054$ и $t_c = 360$);

t – продолжительность эксплуатации светильников между двумя ближайшими чистками, дн.

3. Установка энергоэффективной пускорегулирующей аппаратуры (ПРА).

Экономия электроэнергии (кВт·ч/год) в результате данного мероприятия определяется по формуле

$$\Delta W_i = W_{z_i} \cdot (1 - (K_{пра_i}^H / K_{пра_i})),$$

где $K_{пра_i}$ – коэффициент потерь в ПРА существующих светильников системы освещения i -того помещения;

$K_{пра_i}^H$ – коэффициент потерь в устанавливаемой ПРА.

4. Замена светильников является наиболее эффективным комплексным мероприятием, т.к. включает в себя замену ламп, повышение КПД светильника, оптимизацию светораспределения светильника и его расположения. Для точной оценки экономии электроэнергии необходимо производить светотехнический расчет освещенности для предполагаемых к установке светильников методом коэффициента использования или точечным методом. По

расчетному значению установленной мощности (из светотехнического расчета) экономия электроэнергии (кВт·ч/год) определяется по формуле

$$\Delta W_i = W_{z_i} - N_i^H \cdot T_{z_i},$$

где N_i^H – установленная мощность после замены светильников;
 T_{z_i} – годовое число часов работы системы искусственного освещения i -того помещения.

При упрощенной оценке (при замене светильников на аналогичные по светораспределению и расположению) расчет производится по следующей формуле:

$$\Delta W_i = W_{z_i} \cdot (1 - k_{св_i}),$$

где $k_{св_i}$ – коэффициент, учитывающий повышение КПД светильника.

$$k_{св_i} = \eta_i / \eta_i^H,$$

где η_i – паспортный КПД существующих светильников;
 η_i^H – паспортный КПД предполагаемых к установке светильников.

В случае большого числа однотипных помещений в обследуемом здании, которое имеет схожие по параметрам, состоянию и мероприятиям по экономии электроэнергии осветительные установки, расчет производится с помощью удельных показателей экономии электроэнергии.

$$\Delta W_{y\partial}^j = \Delta W_i^j / S_i^j,$$

где $\Delta W_{y\partial}^j$ – удельная экономия электроэнергии для j -того типа помещения;

ΔW_i^j – расчетная экономия электроэнергии для i -того помещения;

S_i^j – площадь i -того помещения.

Общая экономия электроэнергии (кВт·ч) в системах освещения обследуемого объекта определяется по формуле

$$\Delta W_z = \sum_{j=1}^m \Delta W_{y\partial}^j \cdot S^j,$$

где S^j – общая площадь помещений j -того типа;

m – количество типов помещений.

Пример решения задачи по расчету экономии электроэнергии в действующих осветительных установках помещений

Задача 1. Административное здание 1986 г. постройки имеет систему освещения финансового отдела, оснащенную светильниками типа ЛПО 02 2x40 с кпд $\eta = 52 \%$. В светильниках используются лампы типа ЛБ 40 со светотдачей $C_o = 75$ лм/Вт; количество светильников $n = 15$ шт. Размеры помещения 5x15x3 м; нормированная освещенность $E_n = 300$ лк; измеренная освещенность $E_u = 275$ лк; количество часов работы искусственного освещения в год $T_2 = 1\ 300$ ч; номинальное напряжение сети $U_n = 220$ В, а во время измерений оно изменялось от $U_1 = 230$ В до $U_2 = 190$ В; коэффициент использования установленной электрической мощности $k_u = 0,92$; на момент измерений прошло $t = 360$ дн. со дня последней чистки светильников.

В результате энергоаудита было рекомендовано заменить светильники на новые с электронной пускорегулирующей аппаратурой (ЭПРУ), коэффициентом потерь $K_{пра}^H = 1,1$ и кпд $\eta^H = 75 \%$, оборудованные люминесцентными лампами TL-D 36/84 со световой отдачей $C_{он} = 93$ лм/Вт.

Решение

1. Определим установленную мощность осветительной установки в помещении финансового отдела:

$$N = N_{л} \cdot K_{пра} \cdot n = 40 \cdot 1,2 \cdot (15 \cdot 2) = 1\ 440 \text{ Вт.}$$

Коэффициент потерь в пускорегулирующей аппаратуре осветительных приборов с люминесцентными лампами $K_{пра} = 1,2$.

2. Годовое энергопотребление в этом помещении равно

$$W_2 = N \cdot T_2 \cdot k_u = 1\ 440 \cdot 1\ 300 \cdot 0,92 = 1\ 772 \text{ кВт ч/год.}$$

3. Определим экономию электроэнергии ΔW_1 за счет перехода на люминесцентные лампы с более высокой светотдачей:

$$\Delta W_1 = W_2 \cdot (1 - k_{uc}) = W_2 \cdot (1 - C_o / C_{он}) = 1\ 772 \cdot (1 - 75 / 93) = 337 \text{ кВт ч/год.}$$

4. Экономия электроэнергии ΔW_2 за счет чистки светильников:

– величина коэффициента эффективности чистки светильников равна (численные значения коэффициентов, входящих в выражение для определения k_u , приведены выше):

$$k_u = 1 - (\gamma_c + \beta_c \cdot e^{-(t/t_c)}) = 1 - (0,95 + 0,054 \cdot e^{-(360/360)}) = 1 - (0,95 + 0,02) = 0,03,$$

$$\Delta W_2 = W_2 \cdot k_u = 1772 \cdot 0,03 = 53 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год.}$$

5. Определим экономию электроэнергии ΔW_3 вследствие установки электронной ПРА с коэффициентом потерь $K_{пра}^H = 1,1$:

$$\Delta W_3 = W_2 \cdot (1 - K_{пра}^H / K_{пра}) = 1772 \cdot (1 - 1,1/1,2) = 148 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год.}$$

6. Определим экономию электроэнергии ΔW_4 за счет установки новых светильников с более высоким КПД, но с аналогичным светораспределением:

$$\Delta W_4 = W_2 \cdot (1 - k_{св}) = W_2 \cdot (1 - \eta/\eta^H) = 1772 \cdot (1 - 52/75) = 543 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год.}$$

7. Определим фактическое среднее значение освещенности E_ϕ с учетом отклонения питающего напряжения в сети от номинальной величины:

– среднее фактическое значение напряжения за время измерения:

$$U_{cp} = (U_1 + U_2) / 2 = (230 + 190) / 2 = 210 \text{ В};$$

– фактическое среднее значение освещенности за время измерения:

$$E_\phi = E_u \cdot U_n / (U_n + k \cdot (U_n - U_{cp})) = 275 \cdot 220 / (220 + 2 \cdot (220 - 210)) = 252 \text{ лк.}$$

8. Общий потенциал годовой экономии электроэнергии W_2 в осветительной установке финансового отдела составит:

$$\begin{aligned} W_2 &= k_n \cdot \sum \Delta W_i = \frac{E_\phi}{E_n} \cdot (\Delta W_1 + \Delta W_2 + \Delta W_3 + \Delta W_4) = \\ &= \frac{252}{300} \cdot (337 + 53 + 148 + 543) = 908 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год.} \end{aligned}$$

Задача для самостоятельного решения

Задача 2. Административное здание имеет систему освещения помещений, оснащенную светильниками типа ЛПО 02 2x40 с КПД $\eta = 52\%$. Коэффициент потерь в пускорегулирующей аппаратуре $K_{пра} = 1,2$. Светильники работают от электросети с номинальным напряжением $U_n = 220 \text{ В}$. В светильниках используются лампы типа ЛБ 40 со светоотдачей $C_o = 75 \text{ лм/Вт}$. Коэффициент использования установленной электрической мощности $k_u = 0,92$.

Количество светильников в обследуемом помещении n штук; нормированная освещенность равна E_n лк, а измеренная – E_u лк. Количество часов работы искусственного освещения в год равно T_2 ч. Напряжение в электросети во время измерений освещенности изменялось от величины U_1 до U_2 В; на момент измерений прошло t дней со дня последней чистки светильников.

В результате энергоаудита было рекомендовано заменить светильники на новые, имеющие кпд, равный η^H , электронную пускорегулирующую аппаратуру (ЭПРУ) с коэффициентом потерь, равным $K_{пра}^H$, а также оборудованные люминесцентными лампами со световой отдачей $C_{он}$.

Исходные данные, необходимые для расчетов, представлены в табл. 16. Условные обозначения, используемые в задаче 2, одинаковы с задачей 1.

Таблица 16

Исходные данные для расчета

Параметр	Размерность	Варианты				
		I	II	III	IV	V
E_n	лк	300	350	400	350	450
E_u	лк	250	300	320	280	380
n	шт.	15	17	20	16	23
U_1	В	220	220	235	230	225
U_2	В	200	210	200	190	195
$C_{он}$	лм/Вт	90	85	93	95	100
t	дн.	150	200	300	200	350
$K_{пра}^H$	–	1,05	1,10	1,15	1,12	1,08
η^H	%	70	75	80	85	78
T_2	ч	1 400	1 500	1 600	1 450	1 550

Практическое занятие № 7

ИССЛЕДОВАНИЕ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Ключевые слова: электрические источники света, энергетическая освещенность, тепловое излучение, люминесцентное излучение, лампа накаливания, галогенная лампа, газоразрядная лампа, световая отдача.

Цель работы: изучение устройства, принципа действия и сравнение основных параметров наиболее распространенных типов электрических источников света.

Общие сведения

Свет представляет собой электромагнитные волны длиной $4 \cdot 10^{-7} - 8 \cdot 10^{-7}$ м. Электрические волны излучаются при ускоренном движении заряженных частиц. Для того чтобы атом или молекула начали излучать, им необходимо передать определенное количество энергии. Излучая, они теряют полученную энергию, поэтому для непрерывного свечения необходим постоянный приток энергии извне.

Поток излучения $\Phi_{\text{изл}}$ – энергия, переносимая электромагнитными волнами за 1 секунду через произвольную поверхность. Единица измерения потока излучения – Дж/с = Вт.

Энергетическая освещенность $E_{\text{эн}}$ (плотность потока излучения) – отношение потока излучения к площади равномерно облучаемой им поверхности. Единица измерения энергетической освещенности – Вт/м².

Световой поток Φ – поток излучения, оцениваемый по его воздействию на человеческий глаз. Человеческий глаз неодинаково чувствителен к потокам света с различными длинами волн (наиболее чувствителен глаз при дневном освещении к свету с длиной волны 555 нм). Единицей измерения светового потока с точки зрения восприятия его человеческим глазом (яркости) является люмен (лм). Световой поток в 1 лм белого света равен $4,6 \cdot 10^{-3}$ Вт (1 Вт = 217 лм).

Освещенность E – отношение светового потока, падающего на поверхность, к площади этой поверхности. Измеряется в люксах (лк), где люкс – освещенность, при которой на 1 м² поверхности равномерно распределен световой поток в 1 лм.

Освещенность поверхности прямо пропорциональна световому потоку и обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника.

Тепловое излучение – наиболее распространенный вид излучения. При этом потери атомами или молекулами энергии на излучение света компенсируются за счет энергии их теплового движения. Чем выше температура тела, тем быстрее движутся атомы или молекулы. При столкновении друг с другом часть их кинетической энергии превращается в энергию возбуждения, которая затем превращается в световую.

Люминесцентное излучение исходит из сравнительно небольшого числа центров люминесценции – атомов, молекул или ионов, приходящих

в возбужденное состояние под воздействием внешних причин, а затем, при переходе возбужденного центра на более низкий энергетический уровень, испускающих квант люминесцентного излучения. Вещества, в которых происходит люминесценция, называются люминофорами.

Электрические источники света, их конструкции и параметры

Электрическими источниками света являются лампы накаливания и газоразрядные.

Важнейшими характеристиками ламп являются:

- номинальное напряжение;
- потребляемая мощность;
- световой поток (мощность видимого излучения, измеряемая в люменах);
- средний срок службы.

Экономичность лампы оценивают *световой отдачей* – значением светового потока, приходящегося на единицу мощности лампы (лм/Вт). Для ламп накаливания световая отдача составляет 7 – 19 лм/Вт, для люминесцентных – 40 – 80 лм/Вт.

Лампа накаливания была изобретена А.Н. Лодыгиным в 1873 г. До сих пор нет устройства с подобным спектром излучения. По этой причине наблюдается широкое применение ламп накаливания. Принцип действия ламп накаливания основан на вышеописанном тепловом излучении. Использование этого принципа обуславливает основные недостатки ламп накаливания, а именно:

- низкий КПД (около 2 %), так как подавляющая часть потребляемой электроэнергии этими лампами преобразуется не в световую, а в тепловую энергию;
- низкий срок службы, который в среднем составляет около 1 000 ч, ограничиваемый сроком службы спирали, которая работает при высоких температурах. Срок службы ламп накаливания снижается при их вибрациях, частых включениях и отключениях, отклонении от вертикального положения.

Кроме того, свет ламп накаливания отличается от естественного преобладанием лучей желто-красной части спектра, что искажает естественную расцветку предметов.

Несмотря на указанные недостатки в настоящее время лампы накаливания находят все еще широкое распространение в связи с их простотой в эксплуатации, надежностью, компактностью и низкой стоимостью.

Лампы накаливания могут быть вакуумными и газонаполненными. В последних используется аргон с добавлением 12 – 15 % азота.

Разновидностью ламп накаливания являются *галогенные лампы*, основное отличие которых заключается в повышенном сроке службы, как правило, до 2 000 ч. Это достигается за счет того, что в состав газового заполнения колбы галогенной лампы накаливания добавляется йод, который при определенных условиях обеспечивает обратный перенос испарившихся частиц вольфрама спирали со стенок колбы лампы на тепло накала.

Газоразрядные лампы отличаются более высокой светоотдачей, т.к. в них электрическая энергия преобразуется в энергию оптического излучения за счет электрического разряда в газах или парах металлов.

Люминесцентная лампа представляет собой запаянную с обоих концов стеклянную трубку, внутренняя поверхность которой покрыта тонким слоем люминофора. Из лампы откачан воздух, и она заполнена инертным газом аргоном при очень низком давлении. В лампу помещена капля ртути, которая при нагревании превращается в ртутные пары. Вольфрамовые электроды лампы, как правило, имеют вид спирали. Параллельно спирали располагаются два жестких никелевых электрода, каждый из которых соединен с одним из концов спирали. При подаче на электроды напряжения в газовой среде лампы возникает электрический разряд, в частности между жесткими электродами и спиралью, который дальше распространяется на всю полость лампы.

В цилиндрическом баллоне ртутной лампы идет электрический разряд. Возбужденные атомы ртути испускают мощные потоки электромагнитного излучения, основная энергия которого лежит в ультрафиолетовой части спектра. Под действием ультрафиолетового излучения происходит свечение покрытых люминофором стенок лампы разным цветом. Поглощая ультрафиолетовое излучение, смесь люминофоров излучает в видимой части спектра и в достаточной степени воспроизводит спектр дневного света.

Газоразрядные лампы работают со специальными пускорегулирующими аппаратами и подразделяются на люминесцентные лампы низкого и высокого давления.

Люминесцентные лампы меньше расходуют электроэнергии, срок их службы в 5 раз больше по сравнению с лампами накаливания. Однако лампы дневного света не вытеснили лампы накаливания, имеющие существенные недостатки. Создаваемый холодным свечением дискомфорт усугубляется стробоскопическим эффектом (мерцание ламп). Кроме того, пусковое

устройство оборудования светильников производит шумы различной частоты, которые вызывают повышенную утомляемость организма. Дроссельная пускорегулирующая аппаратура обеспечивает возможность питания ламп дневного света от источников электротока частотой 50 Гц.

Одно из решений, устраняющих недостатки как ламп накаливания, так и люминесцентных ламп, – применение электронных пускорегулирующих устройств (ЭПРУ). Оно обеспечивает работу лампы дневного света со свечением частотой 30 – 40 кГц, что позволяет создавать энергоэкономичные системы внутреннего освещения. Сокращение расхода электроэнергии происходит в результате значительного повышения напряжения питания люминесцентных ламп при помощи ЭПРУ. Так, ЭПРУ обеспечивая частоту 30 – 40 кГц, обуславливает потребление лампой всего 9 Вт электрической мощности вместо 60 Вт, нужных для развития равной по величине светоотдачи ламп накаливания. Срок службы лампы возрастает до 8 000 ч.

В странах СНГ не менее 10 % вырабатываемой электроэнергии потребляется при освещении жилых и непроизводственных служебных помещений лампами накаливания. С учетом вышеизложенного их повсеместная замена в указанных помещениях люминесцентными лампами позволит снизить требуемое количество вырабатываемой электроэнергии на 7 %. В частности, для Республики Беларусь при этом в абсолютных числах ежегодная экономия электроэнергии будет составлять не менее 4 млрд кВт·ч.

Экспериментальная установка

На рис. 12 приведена схема экспериментальной установки, которая включает: 1 – лампу накаливания; 2 – люминесцентную лампу, работающую с частотой 35 000 Гц; 3 – ваттметр для измерения потребляемой лампами из сети электрической мощности; 4 – выключатели; 5 – прибор для измерения освещенности люксметр типа ЛК-3.

Порядок выполнения работы

1. Выключателем 4 включить лампу накаливания. Люксметром 5 измерить величину освещенности на поверхности включенного светильника в пяти точках.
2. По ваттметру 3 определить величину потребляемой лампой накаливания мощности из сети.
3. Выключить лампу накаливания.

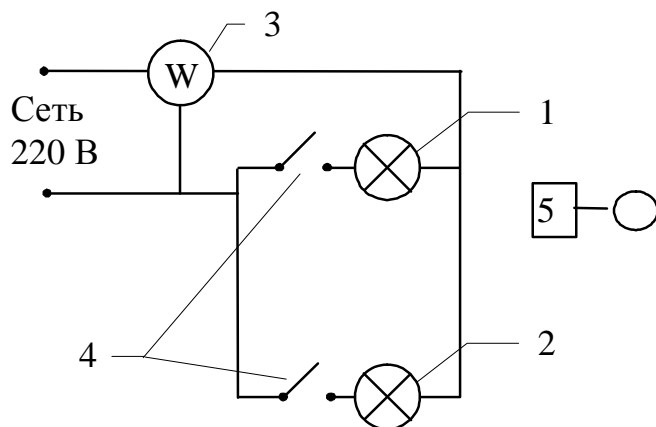


Рис. 12. Схема экспериментальной установки

4. Включателем 4 включить люминесцентную лампу и произвести для нее аналогичные измерения.

5. Полученные данные занести в табл. 17. Исходные данные, необходимые для расчетов, приведены в табл. 18 (л.н. – лампа накаливания, л.л. – люминесцентная лампа).

Таблица 17

Результаты измерений и вычислений

Параметры		Включенный электрический источник света	
		лампа накаливания	люминесцентная лампа
Освещенность E (лк) на поверхности светильника в точках	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
Расчетное значение освещенности $\bar{E} = \frac{E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5}{5}$, лк			
Расчетное значение светового потока $\Phi = \bar{E} \cdot S$, лм			
Поток излучения $\Phi_{изл} = \Phi / 217$, Вт			
Потребляемая мощность N , Вт			
КПД источника света $\eta = \frac{\Phi_{изл}}{N} \cdot 100\%$			
Плотность потока излучения (энергетическая освещенность) $E_{ЭН} = \frac{\Phi_{изл}}{S}$, Вт/м ²			
Световая отдача $C_o = \Phi / N$, лм/Вт			

6. Определить поверхность цилиндрического светильника (m^2) по формуле

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} + \pi \cdot d \cdot h,$$

где d – диаметр светильника, м, $d = 0,095$ м;

h – высота светильника, м, $h = 0,145$ м.

7. По результатам расчетов сделать вывод об экономичности рассмотренных источников света и целесообразности их использования.

Таблица 18

Исходные данные

Наименование параметра		Варианты заданий									
		I		II		III		IV		V	
		л.н.	л.л.	л.н.	л.л.	л.н.	л.л.	л.н.	л.л.	л.н.	л.л.
Освещенность E (лк) на поверхности светильника в точках	1	1 700	700	1 850	850	2 000	1 000	2 400	1 200	2 700	1 400
	2	1 900	1 500	2 050	1 650	2 200	1 800	2 600	2 000	2 800	2 200
	3	1 800	1 050	1 950	1 200	2 100	1 350	2 500	1 550	3 200	1 750
	4	2 400	1 450	2 550	1 600	2 700	1 750	2 900	1 950	3 700	2 150
	5	2 500	1 875	2 650	2 025	2 800	2 175	3 300	2 350	3 860	2 575
Потребляемая мощность N , Вт		25	5	26	5,1	27	5,3	30	5,9	36	6,5

ПРИМЕРНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. Роль энергетики в развитии человеческого общества.
2. Энергетические ресурсы. Классификация.
3. Проблемы энергосбережения.
4. Сущность энергосбережения. Основные понятия в энергосбережении.
5. Истоки политики энергосбережения.
6. Возобновляемые источники энергии, их особенности и практическое значение для Беларуси.
7. Ветроэнергетика.
8. Гелиоэнергетика. Производство тепла и электрической энергии.
9. Гидроэнергетика.
10. Виды топлива, их характеристика и запасы в Беларуси.
11. Условное топливо, соотношение и калорийность. Единицы измерения.
12. Запасы органических топлив.
13. Топливо-энергетический комплекс Республики Беларусь.
14. Энергия, ее виды и источники. Закон сохранения энергии.
15. Способы получения и преобразования энергии.
16. Электрические и тепловые нагрузки и способы их регулирования.
17. Прямое преобразование солнечной энергии в тепловую и электрическую.
18. Транспорт первичных энергоресурсов.
19. Транспортирование тепловой энергии.
20. Трансформаторы теплоты и тепловые трубы, тепловые насосы.
21. Транспортирование электрической энергии.
22. Энергетическое хозяйство промышленных предприятий.
23. Тарифы на тепловую и электрическую энергию.
24. Классификация и структура норм расхода ТЭР.
25. Вторичные энергетические ресурсы, их классификация и использование.
26. Вторичные энергоресурсы (ВЭР). Выработка энергии за счет ВЭР.
27. Способы утилизации горючих ВЭР и ВЭР избыточного давления.
28. Энергоэкономические показатели по нормированию ТЭР.
29. Методы разработки норм, порядок их согласования и утверждения.
30. Расчет экономической эффективности инвестиционных вложений в энергосберегающие мероприятия.
31. Структура управления энергосбережением в Республике Беларусь.
32. Основные положения Закона Республики Беларусь «Об энергосбережении» и нормативно-правовой базы энергопотребления и энергосбережения.
33. Порядок разработки и выполнения республиканских отраслевых и региональных программ энергосбережения.
34. Стимулирование экономии ТЭР.
35. Санкции за нерациональное использование ТЭР.

36. Системы учета электрической энергии.
37. Регулирование и учет тепловой энергии, типы приборов, используемых в Республике Беларусь.
38. Учет расхода холодной и горячей воды.
39. Учет расхода газа.
40. Энергетический менеджмент, его цели и основные элементы.
41. Сущность, цели, задачи и организация энергетического менеджмента и энергоаудита на предприятии.
42. Порядок проведения энергетического аудита на предприятии.
43. Сущность бытового энергосбережения.
44. Тепловые потери в зданиях и сооружениях.
45. Изоляционные характеристики остекления. Стеклопакеты.
46. Парниковый эффект.
47. Энергосберегающие мероприятия в основных отраслях экономики.
48. Повышение энергоэффективности при использовании электроэнергии в промышленности.
49. Повышение энергоэффективности при использовании освещения.
50. Оценка экономической эффективности энергосберегающих мероприятий.

Учебное издание

АНДРИЕВСКИЙ Александр Петрович

ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Учебно-методический комплекс
для студентов специальности 1-70 05 01
«Проектирование, сооружение и эксплуатация
газонефтепроводов и нефтехранилищ»

Редактор *Т. А. Дарьянова*

Дизайн обложки *В. А. Виноградовой*

Подписано в печать 26.01.11. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. 11,60. Уч.-изд. л. 11,26. Тираж 45 экз. Заказ 210.

Издатель и полиграфическое исполнение –
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

ЛИ № 02330/0548568 от 26.06.09

ЛП № 02330/0494256 от 27.05.09

Ул. Блохина, 29, 211440, г. Новополоцк.