

Высшее профессиональное образование

Г. Ф. Быстрицкий

# ЭНЕРГОСИЛОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Учебное пособие



Электротехника

ACADEMIA

ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Г. Ф. БЫСТРИЦКИЙ

# ЭНЕРГОСИЛОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

*Допущено*

*УМО по образованию в области энергетики и электротехники  
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений,  
обучающихся по специальности 181300 «Электрооборудование  
и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений» направления  
654500 «Электротехника, электромеханика и электротехнологии»*

*Допущено*

*Министерством образования Российской Федерации в качестве учебного пособия  
студентов учреждений среднего профессионального образования, обучающихся  
по группе специальностей 1000 «Энергетика», 1800 «Электротехника»*

Москва  
  
АКАДЕМИЯ  
2003



621.31  
УДК 621.311.1

ББК 31.19

Б95

Рецензенты:

ген. директор Всероссийского теплотехнического института,  
чл.-корр. РАН, д-р техн. наук, проф. *Г. Г. Ольховский*;  
зав. кафедрой «Промышленные теплоэнергетические системы»  
Московского энергетического института (технического университета),  
д-р техн. наук, проф. *В. В. Галактионов*;  
зав. кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий» Вятского  
государственного университета, д-р техн. наук, проф. *В. В. Черепанов*;  
зав. кафедрой «Теплотехника» Вятского государственного университета,  
д-р техн. наук, проф. *Е. И. Эфрос*;  
зав. кафедрой «Электроснабжение и электрические машины» Московского  
государственного агробиоинженерного университета им. Горячкина, д-р техн. наук,  
проф. *Т. Б. Лецинская*

**Быстрицкий Г. Ф.**

Б95

Энергосиловое оборудование промышленных предприятий:  
Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений: Учеб. пособие  
для сред. проф. образования / Геннадий Федорович Быстрицкий.  
— М.: Издательский центр «Академия», 2003. — 304 с.

ISBN 5-7695-1169-9

Изложены основные положения технической термодинамики и теории теплообмена, рассмотрены циклы тепловых машин и установок, а также устройство, принцип работы и характеристики котельных агрегатов и магнетальных машин, представлены сведения о теплообменных аппаратах, характеристиках и методах сжигания различных видов топлива.

Для студентов вузов и учреждений среднего профессионального образования электротехнических специальностей. Может быть полезно работникам промышленности, занимающимся эксплуатацией энергосилового оборудования.

УДК 621.311.1

ББК 31.19

Учебное издание

**Быстрицкий Геннадий Федорович**

**Энергосиловое оборудование промышленных предприятий**

**Учебное пособие**

Редактор *В. Н. Путилов*

Технический редактор *О. С. Александрова*

Компьютерная верстка: *Е. В. Матусовская*

Корректоры: *И. В. Могилевец, М. В. Дьяконова*

Изд. № А-652-И/1. Подписано в печать 03.10.2003. Формат 60×90/16.

Бумага тип. № 2. Гарнитура «Таймс». Печать офсетная. Усл. печ. л. 19,0.

Тираж 20 000 экз. (1-й завод 1—5 100 экз.). Заказ №12500.

Лицензия ИД № 02025 от 13.06.2000. Издательский центр «Академия».

Санитарно-эпидемиологическое заключение № 77.99.02.953.Д.003903.06.03 от 05.06.2003.  
117342, Москва, ул. Бултерова, 17-Б, к. 223. Тел./факс (095): 330-1092, 334-8337.

Отпечатано на Саратовском полиграфическом комбинате.

410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 59.

ISBN 5-7695-1169-9

© Быстрицкий Г. Ф., 2003

© Издательский центр «Академия», 2003

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	3
<b>Раздел первый</b>	
<b>ОСНОВЫ ТЕПЛОТЕХНИКИ</b>	
<b>Глава 1. Основные положения технической термодинамики .....</b>	<b>5</b>
1.1. Основные понятия и определения .....	5
1.2. Внутренняя энергия, техническая работа, первый закон термодинамики .....	8
1.3. Теплоемкость, энтальпия и энтропия. Второй закон термодинамики .....	13
1.4. Основные термодинамические процессы идеальных газов .....	20
1.5. Реальные газы и водяной пар .....	27
1.6. Круговой процесс и цикл Карно .....	33
1.7. Термодинамические процессы в компрессорах .....	39
<b>Глава 2. Циклы основных тепловых машин и установок .....</b>	<b>43</b>
2.1. Цикл паросиловой установки — цикл Ренкина .....	43
2.2. Цикл газотурбинной установки .....	51
2.3. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания .....	54
2.4. Цикл парогазовых установок .....	59
2.5. Идеальные циклы холодильных установок и тепловых насосов .....	60
<b>Глава 3. Основы теории теплообмена .....</b>	<b>65</b>
3.1. Основные понятия и определения .....	65
3.2. Теплопроводность .....	67
3.3. Конвективный теплообмен .....	73
3.4. Лучистый теплообмен .....	87
3.5. Теплопередача .....	98
<b>Раздел второй</b>	
<b>ТЕПЛОВОЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ</b>	
<b>ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ</b>	
<b>Глава 4. Теплообменные аппараты .....</b>	<b>104</b>
4.1. Общие сведения о теплообменниках .....	104
4.2. Виды и классификация теплообменных аппаратов .....	105
4.3. Конструкции теплообменных аппаратов поверхностного типа .....	111
4.4. Расчет теплообменных аппаратов поверхностного типа .....	120

<b>Глава 5. Топливо и его сжигание</b> .....	129
5.1. Виды топлива .....	129
5.2. Процессы горения топлива .....	139
5.3. Расчеты горения топлива .....	146
5.4. Способы сжигания топлив и горелочные устройства .....	150
<b>Глава 6. Котельные установки</b> .....	174
6.1. Общие сведения .....	174
6.2. Назначение и классификация котлоагрегатов .....	177
6.3. Основные виды котельных агрегатов .....	180
6.4. Основные элементы котельного агрегата .....	196
6.5. Тепловой баланс котельного агрегата .....	209
<b>Глава 7. Нагнетательные машины</b> .....	215
7.1. Виды и классификация нагнетателей .....	215
7.2. Применение нагнетательных машин .....	219
7.3. Рабочие параметры нагнетательных машин .....	221
7.4. Основы теории центробежных нагнетателей .....	225
7.5. Действительные характеристики центробежного нагнетателя при постоянной частоте вращения .....	232
7.6. Подобие центробежных машин. Формулы пропорциональности .....	235
7.7. Регулирование подачи центробежных нагнетателей .....	238
7.8. Сводные графики полей (зон) рабочих характеристик нагнетателей .....	243
7.9. Параллельное и последовательное соединения нагнетателей .....	246
7.10. Центробежные насосы .....	248
7.11. Центробежные вентиляторы .....	263
7.12. Центробежные компрессоры .....	273
7.13. Поршневые насосы .....	281
7.14. Поршневые компрессоры .....	288
Список литературы .....	301