

УДК 621.1.016(075.8)  
ББК 31.3  
Т34

*Авторы:*

А.А. Александров, А.М. Архаров, И.А. Архаров, В.Н. Афанасьев,  
В.Л. Бондаренко, Б.П. Борисов, К.Е. Демихов, А.А. Жердев,  
Н.А. Иващенко, С.И. Исаев, И.А. Кожин, Н.П. Козлов, В.В. Красников,  
М.Г. Круглов, В.И. Крутов, В.М. Кудрявцев, А.Г. Кузнецов, А.М. Кутепов,  
А.И. Леонтьев, Б.И. Леончик, Э.А. Манушин, Н.К. Никулин, М.И. Осипов,  
Г.П. Павлихин, И.Б. Павлова, Г.Б. Петражицкий, П.И. Пластинин,  
А.М. Пылаев, М.Ю. Савинов, В.И. Солонин, И.Г. Суровцев, В.И. Хвесюк,  
В.И. Шатров, В.В. Шишов, Ю.А. Шевич, И.С. Шумилов, Д.А. Ягодников

*Рецензенты:*

чл.-корр. РАН, д-р техн. наук, проф. Е.В. Аметистов;  
чл.-корр. РАН, д-р техн. наук, проф. Б.Г. Покусаев;  
д-р техн. наук, проф. В.В. Сычёв;  
д-р техн. наук, проф. Р.З. Кавтарадзе

**Теплотехника** : учебник для вузов / [А. А. Александров, А. М. Архаров  
Т34 и др.] ; под общ. ред. А. М. Архарова, В. Н. Афанасьева. — 7-е изд., —  
Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020. — 876, [4] с. : ил.

ISBN 978-5-7038-5198-2

Седьмое издание учебника является стереотипным. Рассмотрены основы термодинамики и теории теплообмена, топливо и его горение, схемы и элементы расчета котлов, промышленных печей, паро- и газотурбинных, когенерационных и микрогазотурбинных установок, газоперекачивающих станций магистральных газопроводов, поршневых двигателей внутреннего и внешнего сгорания, ракетных, ракетно-прямоточных и авиационных двигателей, холодильных установок, компрессоров и вакуумных насосов, атомных и плазменных энергоустановок. Приведены расчеты систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Включены разделы, касающиеся космических энергоустановок, теплообменных аппаратов, гидромашин, фотонных энергосистем, криогенных систем для ожижения газов, разделения воздуха, получения неона, криптона и ксенона, а также систем регулирования. Большое внимание в книге уделено вопросам экологии, защиты окружающей среды и возобновляемым источникам энергии.

Содержание учебника соответствует курсам лекций, которые авторы читают в МГТУ им. Н.Э. Баумана и других крупных российских и зарубежных университетах.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки «Энергомашиностроение».

УДК 621.1.016(075.8)  
ББК 31.3

ISBN 978-5-7038-5198-2

© Оформление. Издательство  
МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020

## Оглавление

<b>Предисловие председателя редакционного совета</b> .....	5
<b>Предисловие к четвертому изданию</b> .....	7
<b>Вступительная статья профессора В.И. Крутова</b> .....	9
<b>Список основных сокращений</b> .....	23
<b>Раздел I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕПЛОТЕХНИКИ</b> .....	25
<b>Глава 1. Техническая термодинамика</b> .....	26
<i>(В.И. Крутов, И.Б. Павлова)</i>	
1.1. Основные понятия и определения .....	26
1.2. Законы термодинамики .....	37
1.3. Свойства и термодинамические процессы паров .....	63
1.4. Истечение и дросселирование газов и паров .....	77
1.5. Сжатие газов в компрессоре .....	89
1.6. Термодинамические циклы тепловых двигателей с газообразным рабочим телом .....	96
1.7. Термодинамические циклы паросиловых установок .....	113
1.8. Обратные термодинамические циклы .....	119
<b>Глава 2. Теория теплообмена</b> .....	126
<i>(Г.Б. Петражицкий, А.М. Пылаев, В.Н. Афанасьев, Ю.А. Шевич)</i>	
2.1. Процессы теплообмена .....	126
2.2. Численные методы решения задач теплопроводности .....	139
2.3. Конвективный теплообмен .....	143
2.4. Теплообмен излучением .....	181
2.5. Теплообменные аппараты и основы их теплового расчета .....	190
<b>Раздел II. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ</b> ..	227
<b>Глава 3. Котельные установки и промышленные печи</b> .....	228
<i>(С.И. Исаев)</i>	
3.1. Топливо и его горение .....	228
3.2. Котельные установки .....	239
3.3. Промышленные печи .....	267
<b>Глава 4. Паротурбинные, газотурбинные и комбинированные установки</b> ..	278
<i>(Э.А. Манушин, А.И. Леонтьев, И.Г. Суровцев, М.И. Осипов)</i>	
4.1. Тепловые турбомашины .....	278
4.2. Циклы, схемы и параметры .....	341
4.3. Высокоэффективные газотурбинные установки для автономного производства электрической и тепловой энергии .....	381
4.4. Космические энергетические установки .....	389
<b>Глава 5. Поршневые двигатели</b> .....	399
<i>(М.Г. Круглов, Н.А. Иващенко, И.Г. Суровцев)</i>	
5.1. Двигатели внутреннего сгорания .....	399
5.2. Двигатели с внешним подводом теплоты .....	448
<b>Глава 6. Реактивные двигатели</b> .....	462
<i>(Э.А. Манушин, В.М. Кудрявцев, Д.А. Ягодников)</i>	
6.1. Принципы действия, устройство и классификация .....	462
6.2. Основные параметры и характеристики .....	483
<b>Глава 7. Плазменные энергетические установки</b> .....	501
<i>(Н.П. Козлов, В.И. Хвесюк)</i>	
7.1. Основы термоядерной энергетики .....	501
7.2. Термоядерные энергетические установки .....	506
7.3. Энергетические установки с магнитогидродинамическими генераторами .....	522

7.4. Основы фотонной энергетики .....	527
7.5. Лазеры .....	536
<b>Глава 8. Компрессоры, вакуумные насосы, холодильные, криогенные машины и установки</b> .....	551
<i>(П.И. Пластинин, К.Е. Демихов, Н.К. Никулин, А.М. Архаров, И.А. Архаров, В.Л. Бондаренко, М.Ю. Савинов, А.А. Жердев, Г.П. Павлихин)</i>	
8.1. Компрессорные машины. ....	551
8.2. Вакуумные насосы. ....	570
8.3. Холодильные и криогенные машины и установки. ....	580
8.4. Фильтры тонкой очистки холодильных и криогенных машин и установок. ....	654
<b>Раздел III. ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ И СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ</b> .....	657
<b>Глава 9. Тепловые и атомные электростанции</b> .....	658
<i>(В.И. Солонин)</i>	
9.1. Состояние и перспективы развития электророзенгетики .....	658
9.2. Основные типы электростанций .....	663
9.3. Экономичность работы электростанций .....	682
9.4. Технические меры обеспечения безопасности атомных электростанций .....	692
9.5. Возобновляемые источники энергии. ....	696
<b>Глава 10. Сушильные установки</b> .....	701
<i>(В.В. Красников)</i>	
10.1. Процессы сушки .....	701
10.2. Особенности сушильных установок .....	709
<b>Глава 11. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха</b> .....	718
<i>(И.А. Кожин, В.В. Шишов)</i>	
11.1. Отопление. ....	718
11.2. Вентиляция и кондиционирование воздуха .....	723
<b>Глава 12. Теплоснабжение промышленных предприятий</b> .....	742
<i>(Б.И. Леончик)</i>	
12.1. Системы теплоснабжения. ....	742
12.2. Повышение эффективности теплоснабжения .....	753
<b>Глава 13. Основы энерготехнологии и вторичные энергетические ресурсы</b> ...	759
<i>(А.М. Кутепов, А.А. Александров)</i>	
13.1. Основы энерготехнологии .....	759
13.2. Вторичные энергетические ресурсы .....	778
13.3. Теплоэнергетика и охрана окружающей среды .....	791
13.4. Снижение опасности эксплуатации объектов хранения углеводородных топлив .....	798
<b>Глава 14. Гидравлические машины и передачи</b> .....	801
<i>(И.С. Шумилов, Б.П. Борисов)</i>	
14.1. Гидромашины и принцип их действия .....	801
14.2. Гидравлические системы и передачи .....	822
<b>Глава 15. Автоматическое регулирование теплоэнергетических установок.</b> ...	839
<i>(В.И. Крутов, В.И. Шатров, А.Г. Кузнецов)</i>	
15.1. Типы и характеристики систем автоматического регулирования .....	839
15.2. Устойчивость и качество работы систем автоматического регулирования .....	862
<b>Литература</b> .....	871
<b>Предметный указатель</b> .....	872