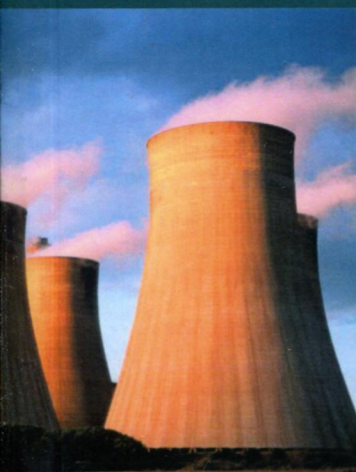


А.А.Александров



ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЦИКЛОВ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

А.А.Александров

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЦИКЛОВ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

*Допущено Министерством образования и науки
Российской Федерации в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлению подготовки
«Теплоэнергетика»*

4-е издание, стереотипное

УДК 621.1.016.7 (075.8)

ББК 31.3я73

А 465

*Подготовлено на кафедре теоретических основ теплотехники
им. профессора М.П. Вукаловича
Национального исследовательского университета «МЭИ»*

Александров А.А.

А 465 Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок: учебное пособие для вузов / А.А. Александров. — 4-е изд., стер. — М.: Издательский дом МЭИ, 2022. — 158 [2] с.: ил.

ISBN 978-5-383-01486-8

В пособии рассмотрены основные законы термодинамики и их практическое применение для расчета процессов, составляющих циклы теплоэнергетических установок. Описаны термодинамические свойства веществ, используемых в качестве рабочих тел циклов, таких как идеальный газ, реальные газы, водяной пар. Приведены сведения о справочных материалах, где представлены свойства этих веществ, рекомендуемые для применения в инженерных расчетах. Рассмотрены термодинамические циклы, реализуемые в основном генерирующем оборудовании электростанций: паротурбинных, газотурбинных и парогазовых установках.

Книга предназначена для студентов теплотехнических специальностей вузов и инженерных работников. Первое издание учебного пособия выпущено в 2006 году.

УДК 621.1.016.7 (075.8)

ББК 31.3я73

ISBN 978-5-383-01486-8

© АО «Издательский дом МЭИ», 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Основные обозначения и единицы измерения величин	4
Глава 1. ПЕРВЫЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ	5
1.1. Основные понятия термодинамики	5
1.2. Аналитические выражения первого закона термодинамики	8
1.3. Уравнение первого закона термодинамики для потока вещества	11
1.4. Термодинамические свойства идеального газа.....	12
1.5. Термодинамические свойства смесей идеальных газов.....	17
Глава 2. ВТОРОЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ.....	20
2.1. Формулировки второго закона термодинамики	20
2.2. Энтропия и T, s -диаграмма	21
2.3. Круговые процессы или циклы	24
2.4. Изменение энтропии в необратимых процессах.....	28
Глава 3. РАСЧЕТ ПРОЦЕССОВ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА.....	31
3.1. Исходные положения для расчета процессов идеального газа.....	31
3.2. Порядок расчета термодинамических процессов идеального газа	33
3.3. Расчет адиабатного процесса с учетом зависимости теплоемкости от температуры.....	34
Глава 4. ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ ТЕРМОДИНАМИКИ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ	39
4.1. Характеристические функции	39
4.2. Дифференциальные уравнения термодинамики в частных производных	41
Глава 5. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕАЛЬНЫХ ГАЗОВ	43
5.1. Фазовые переходы	43
5.2. Термодинамические свойства реальных газов в однофазной области	50
5.3. Термодинамические свойства воды и водяного пара	53
5.4. Термодинамические процессы воды и водяного пара.....	57
Глава 6. ЭКСЕРГИЯ.....	66
6.1. Эксергия термодинамических систем	66
6.2. Потеря эксергии в необратимых процессах	69
Глава 7. ЦИКЛЫ ПАРОТУРБИНЫХ УСТАНОВОК.....	73
7.1. Цикл Ренкина.....	73
7.2. Действительный цикл паротурбинной установки	75

7.3. Влияние параметров водяного пара на экономичность цикла ПТУ	80
7.4. Энергетический и эксергетический анализы паротурбинной установки	83
7.5. Цикл паротурбинной установки с вторичным перегревом пара	92
7.6. Регенеративный цикл паротурбинной установки	96
7.7. Цикл паротурбинной установки АЭС с реактором ВВЭР	103
7.8. Теплофикационные циклы.....	106
7.9. Заключение	110
Глава 8. ЦИКЛЫ ГАЗОТУРБИНЫХ УСТАНОВОК	111
8.1. Цикл газотурбинной установки со сгоранием топлива при постоянном давлении.....	111
8.2. Энергетический и эксергетический анализы ГТУ	116
8.3. Регенеративный цикл ГТУ	122
8.4. Цикл ГТУ с многоступенчатым сжатием воздуха и расширением газа.....	124
8.5. Заключение	127
Глава 9. ЦИКЛЫ ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК.....	128
9.1. Причины применения комбинированных циклов.....	128
9.2. Цикл ПГУ с газовой водяным подогревателем	130
9.3. Цикл ПГУ с котлом-утилизатором	131
9.4. Заключение	133
Контрольные вопросы и задания	134
Приложения	138
Список литературы	156