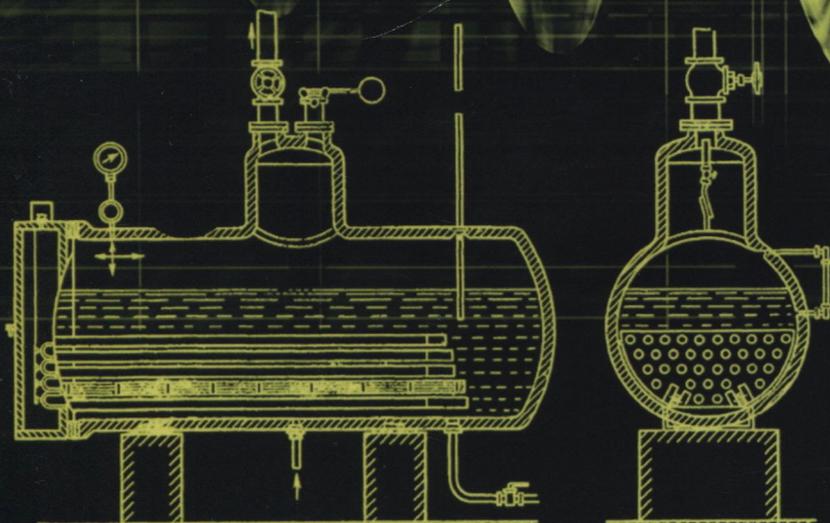


В. Г. Ерохин, М. Г. Маханько

# ОСНОВЫ ТЕРМОДИНАМИКИ И ТЕПЛОТЕХНИКИ



В. Г. Ерохин, М. Г. Маханько

# ОСНОВЫ ТЕРМОДИНАМИКИ И ТЕПЛОТЕХНИКИ

Допущено  
Министерством высшего и среднего  
специального образования СССР  
в качестве учебника для учащихся  
химико-механических специальностей  
средних специальных учебных заведений

Издание стереотипное



URSS  
МОСКВА

ББК 22.317 31.31

**Ерохин Виктор Георгиевич, Маханько Михаил Георгиевич**

**Основы термодинамики и теплотехники:** Учебник. Изд. стереотип.  
М.: ЛЕНАНД, 2016. — 232 с.

Тепловые процессы являются основными как в теплоэнергетике, так и в самых разнообразных технологических процессах, в том числе и химических. Рациональное использование теплоты в различных отраслях промышленности невозможно без знания основных законов теплотехники и совершенного овладения теорией тепловых процессов. Для успешного освоения этих знаний и предназначена настоящая книга, содержащая основы термодинамики и теплотехники. Задачи ко всем разделам данной книги содержатся в «Сборнике задач по основам гидравлики и теплотехники» тех же авторов (М., URSS).

Учебник адресован студентам — будущим специалистам в области химического и нефтехимического машиностроения, преподавателям технических вузов, инженерам-энергетикам.

**Рецензенты:**

канд. техн. наук Б. А. Аругюнов;  
инж. И. Л. Козина

Формат 60×90/16. Печ. л. 14,5. Доп. тираж. Зак. № ИН-98.

Отпечатано в ООО «ЛЕНАНД».

117312, Москва, пр-т Шестидесятилетия Октября, 11А, стр. 11.

ISBN 978–5–9710–2644–0

© ЛЕНАНД, 2014, 2015

18832 ID 205427



НАУЧНАЯ И УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА	
	E-mail: URSS@URSS.ru
	Каталог изданий в Интернете:
	<a href="http://URSS.ru">http://URSS.ru</a>
	Тел./факс (многоканальный):
URSS	+ 7 (499) 724 25 45

Все права защищены. Никакая часть настоящей книги не может быть воспроизведена или передана в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, будь то электронные или механические, включая фотокопирование и запись на магнитный носитель, а также размещение в Интернете, если на то нет письменного разрешения владельца.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение (М. Г. Маханько) . . . . .	3
<b>Раздел 1. ОСНОВЫ ТЕРМОДИНАМИКИ (М. Г. Маханько) . . . . .</b>	<b>5</b>
<i>Глава 1. Основные понятия и определения . . . . .</i>	<i>5</i>
§ 1. Теплота и работа . . . . .	5
§ 2. Термодинамическая система . . . . .	5
§ 3. Параметры состояния термодинамической системы . . . . .	6
§ 4. Основные законы идеальных газов . . . . .	8
§ 5. Уравнение состояния идеального газа . . . . .	10
§ 6. Свойства реальных газов . . . . .	10
<i>Глава 2. Первый закон термодинамики . . . . .</i>	<i>12</i>
§ 7. Термодинамический процесс . . . . .	12
§ 8. Первый закон термодинамики . . . . .	12
§ 9. Изменение внутренней энергии и работа газа в термодинамическом процессе . . . . .	13
§ 10. Уравнение первого закона термодинамики для движущегося газа . . . . .	16
<i>Глава 3. Теплоемкость газов . . . . .</i>	<i>18</i>
§ 11. Основные понятия. Истинная и средняя теплоемкость . . . . .	18
§ 12. Зависимость теплоемкости от температуры и характера процесса . . . . .	19
<i>Глава 4. Смеси газов . . . . .</i>	<i>21</i>
§ 13. Состав смеси газов . . . . .	21
§ 14. Закон Дальтона . . . . .	22
§ 15. Средняя молекулярная масса и газовая постоянная смеси . . . . .	22
§ 16. Теплоемкость смеси газов . . . . .	23
§ 17. Определение параметров смеси при смешивании отдельных газов в объеме, равном сумме смешиваемых объемов . . . . .	24
<i>Глава 5. Основные термодинамические процессы . . . . .</i>	<i>25</i>
§ 18. Классификация основных термодинамических процессов . . . . .	25
§ 19. Изохорный процесс . . . . .	26
§ 20. Изобарный процесс . . . . .	27
§ 21. Изотермический процесс . . . . .	28
§ 22. Адиабатный процесс . . . . .	29
§ 23. Политропные процессы . . . . .	30
<i>Глава 6. Второй закон термодинамики . . . . .</i>	<i>34</i>
§ 24. Основные положения второго закона термодинамики . . . . .	34
§ 25. Цикл теплового двигателя . . . . .	34
§ 26. Цикл холодильной машины . . . . .	35
§ 27. Идеальный цикл теплового двигателя . . . . .	36
§ 28. Идеальный цикл холодильной машины . . . . .	38
<i>Глава 7. Энтропия . . . . .</i>	<i>39</i>
§ 29. Понятие об энтропии и ее изменение в термодинамических процессах . . . . .	39
§ 30. Энтропия и работоспособность. Закон возрастания энтропии . . . . .	41
§ 31. $Ts$ -диаграмма . . . . .	42
<i>Глава 8. Водяной пар . . . . .</i>	<i>44</i>
§ 32. Основные понятия и $p$ - $v$ -диаграмма водяного пара . . . . .	44
§ 33. Параметры состояния кипящей воды и пара . . . . .	45

§ 34. Теплота парообразования и теплоемкость перегретого пара	47
§ 35. Таблицы и диаграммы водяного пара	48
§ 36. Процессы изменения состояния водяного пара	49
<b>Глава 9. Термодинамика влажного воздуха</b>	51
§ 37. Влажный воздух и параметры его состояния	51
§ 38. <i>id</i> -диаграмма влажного воздуха	53
§ 39. Тепло- и массообмен влажного воздуха с водой	55
§ 40. Смешивание потоков влажного воздуха	55
<b>Глава 10. Термодинамика потока газа или пара</b>	56
§ 41. Скорость и расход газа при течении	56
§ 42. Критическое течение	58
§ 43. Дросселирование газов и паров	59
<b>Раздел 2. ОСНОВЫ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ (М. Г. Маханько)</b>	62
<b>Глава 11. Теплопроводность</b>	62
§ 44. Теплопроводность плоской стенки	62
§ 45. Теплопроводность цилиндрической стенки	64
§ 46. Теплопроводность шаровой стенки	65
§ 47. Теплопроводность круглого стержня и трубы с внутренним источником теплоты	65
<b>Глава 12. Конвективный теплообмен</b>	67
§ 48. Основные понятия	67
§ 49. Подобие процессов конвективного теплообмена	68
§ 50. Теплообмен при свободной конвекции	70
§ 51. Теплообмен при вынужденной конвекции	71
<b>Глава 13. Теплообмен при кипении и конденсации</b>	73
§ 52. Теплообмен при кипении	73
§ 53. Теплообмен при конденсации	75
<b>Глава 14. Теплообмен излучением</b>	76
§ 54. Основные понятия и определения	76
§ 55. Теплообмен излучением между телами	77
§ 56. Тепловое излучение газов	79
<b>Глава 15. Теплопередача</b>	80
§ 57. Сложный теплообмен	80
§ 58. Теплопередача через стенку	81
§ 59. Тепловая изоляция	83
<b>Глава 16. Теплообменные аппараты</b>	85
§ 60. Типы теплообменных аппаратов	85
§ 61. Расчет параметров теплообменных аппаратов	86
<b>Глава 17. Моделирование и экспериментальное исследование теплообменных аппаратов</b>	89
§ 62. Постановка задачи и условия моделирования	89
§ 63. Экспериментальное исследование теплообменных аппаратов	91
<b>Раздел 3. ОСНОВЫ ТЕПЛОТЕХНИКИ</b>	93
<b>Глава 18. Основные понятия. Топливо, процессы горения, топочные устройства (В. Г. Ерохин)</b>	93
§ 64. Классификация топлива	93
§ 65. Состав топлива и его характеристики	95
§ 66. Теплота сгорания топлива	97
§ 67. Процессы горения топлива	100
<b>Глава 19. Котельные установки (В. Г. Ерохин)</b>	103
§ 68. Основные элементы и классификация	103
§ 69. Котельные агрегаты	105
§ 70. Топочные устройства	106
§ 71. Парогенераторы	115
§ 72. Тепловой баланс и КПД парогенератора	128
§ 73. Парогенераторы на отходящих газах	129
§ 74. Водогрейные котлы	138
§ 75. Пароводогрейные котлы	143

§ 76. Контактные нагреватели . . . . .	146
§ 77. Электрические водонагреватели и парогенераторы . . . . .	147
Глава 20. Паросиловые установки (В. Г. Ерохин) . . . . .	152
§ 78. Основные понятия. Циклы паросиловых установок . . . . .	152
§ 79. Способы повышения экономичности паросиловой установки . . . . .	156
§ 80. Основы теплофикации . . . . .	158
§ 81. Принцип действия паровой турбины . . . . .	159
§ 82. Конденсационные устройства паровых турбин . . . . .	165
§ 83. Классификация паровых турбин . . . . .	166
§ 84. Паротурбинные электростанции . . . . .	167
Глава 21. Установки с двигателями внутреннего сгорания (В. Г. Ерохин) . . . . .	175
§ 85. Циклы двигателей внутреннего сгорания . . . . .	175
§ 86. Принцип действия и классификация двигателей . . . . .	179
§ 87. Тепловой баланс и КПД двигателей . . . . .	181
Глава 22. Газотурбинные установки (В. Г. Ерохин) . . . . .	183
§ 88. Основные элементы и циклы газотурбинных установок . . . . .	183
§ 89. Принципиальная схема газотурбинной установки . . . . .	187
§ 90. Циклы реактивных двигателей . . . . .	190
§ 91. Области применения паротурбинных и газотурбинных установок . . . . .	192
Глава 23. Сжатие газов и паров (М. Г. Маханько, П. И. Самойленко) . . . . .	193
§ 92. Основные понятия . . . . .	193
§ 93. Основные процессы одноступенчатого поршневого компрессора . . . . .	194
§ 94. Основные характеристики одноступенчатого поршневого компрессора . . . . .	194
§ 95. Многоступенчатое сжатие в поршневом компрессоре . . . . .	197
§ 96. Ротационные компрессоры (воздуходувки) . . . . .	199
§ 97. Лопаточные компрессоры . . . . .	200
§ 98. Вентильеры . . . . .	201
Глава 24. Современные теплоэнергетические установки (В. Г. Ерохин) . . . . .	203
§ 99. Парогазовые установки . . . . .	203
§ 100. Атомные установки . . . . .	205
§ 101. Методы прямого преобразования тепловой и химической энергии в электрическую . . . . .	209
Глава 25. Холодильные установки и тепловые насосы (В. Г. Ерохин, П. И. Самойленко) . . . . .	212
§ 102. Способы получения холода . . . . .	212
§ 103. Холодильные агенты . . . . .	214
§ 104. Воздушные холодильные установки . . . . .	216
§ 105. Паровые компрессорные холодильные установки . . . . .	217
§ 106. Абсорбционные холодильные установки . . . . .	219