

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Часть первая	
Техническая термодинамика	
Глава I. Вводная	6
§ 1.1. Предмет и метод термодинамики	6
§ 1.2. Закон сохранения и превращения энергии	7
§ 1.3. Особенности превращения теплоты в работу и ее перехода от одного тела к другому	9
Глава II. Исходные понятия и термодинамические параметры	10
§ 2.1. Предварительные сведения и определения	10
§ 2.2. Термодинамические параметры и уравнение состояния	12
§ 2.3. Удельный объем и плотность, количество вещества, молярный объем и молярная масса	13
§ 2.4. Давление	15
§ 2.5. Температура	16
Глава III. Первое начало термодинамики	18
§ 3.1. Понятия о теплоте, работе и их взаимном превращении	18
§ 3.2. Уравнение первого начала термодинамики	22
§ 3.3. Работа изгибания объема	25
§ 3.4. Диаграмма $p-v$. Графическое изображение работы	27
§ 3.5. Внутренняя энергия	29
§ 3.6. Энтальпия	32
§ 3.7. Теплота и понятие об энтальпии	33
§ 3.8. Диаграмма $T-s$	36
§ 3.9. Теплоемкость	38
Глава IV. Идеальный и реальный газы	40
§ 4.1. Реальные и идеальные газы: условность разделения	40
§ 4.2. Основные законы и уравнение состояния идеального газа	42
§ 4.3. Закон Дальтона	45
§ 4.4. Свойства газов	47
§ 4.5. Внутренняя энергия идеального газа	49
§ 4.6. Энтальпия идеального газа. Формула Майера	50
§ 4.7. Энтропия идеального газа	51
§ 4.8. Реальные газы	52
§ 4.9. Уравнения состояния реальных газов (Ван-дер-Ваальса и др.)	53
§ 4.10. Уравнение состояния реального газа М. П. Вукаловича и И. И. Понявкова	55
Глава V. Теплоемкость идеальных газов	57
§ 5.1. Теплоемкость идеального газа	57
§ 5.2. Теплоемкость как функция температуры	58
§ 5.3. Истинная и средняя теплоемкости	61
§ 5.4. Теплоемкость смеси газов	62

Глава VI. Термодинамические процессы изменения состояния идеального газа	63
§ 6.1. Постановка задачи исследования процессов	63
§ 6.2. Приращения внутренней энергии и энтропии	65
§ 6.3. Приращение энтропии	65
§ 6.4. Изохорный процесс	66
§ 6.5. Изобарный процесс	67
§ 6.6. Изотермический процесс	69
§ 6.7. Адиабатный процесс	70
§ 6.8. Политропные процессы	72
§ 6.9. Исследование политропных процессов	76
§ 6.10. Применение уравнения политропы к исследованию действительных процессов	80
§ 6.11. Смешение газов	83
Глава VII. Рабочий процесс турбины и компрессора	85
§ 7.1. Идеальная турбина	85
§ 7.2. Идеальный газовый компрессор	88
§ 7.3. Анализ рабочего процесса идеального поршневого компрессора	91
§ 7.4. Многоступенчатое сжатие	93
§ 7.5. Изображение процесса идеального компрессора на диаграмме T_s	96
Глава VIII. Второе начало термодинамики	98
§ 8.1. Круговые процессы (циклы). Термический к. п. д. цикла	100
§ 8.2. Классические формулировки второго начала термодинамики	100
§ 8.3. Обратимые и необратимые процессы	103
§ 8.4. Цикл Карно и его к. п. д.	103
§ 8.5. Математическое выражение второго начала термодинамики для обратимых циклов	107
§ 8.6. Общий цикл Карно. Эквивалентный цикл Карно	110
§ 8.7. Термодинамическая температура	113
Глава IX. Второе начало термодинамики для необратимых процессов	114
§ 9.1. Изменение энтропии при необратимом адиабатном сжатии идеального газа	117
§ 9.2. Значение интеграла $\int (\delta Q/T)$ для необратимых циклов	117
§ 9.3. Закон возрастания энтропии	118
§ 9.4. Физический смысл энтропии	120
§ 9.5. Иллюстрация интеграла Клаузиуса и закона возрастания энтропии	121
§ 9.6. Обратимость и производство работы	123
§ 9.7. Техническая работоспособность, или эксергия	127
§ 9.8. Потери эксергии от необратимости процесса	129
§ 9.9. Самопроизвольные и несамопроизвольные процессы	131
§ 9.10. Физическая сущность и основы постулат второго начала термодинамики	134
§ 9.11. Энтропия как статистическое понятие	137
§ 9.12. Естественность и второе начало термодинамики	142
Глава X. Дифференциальные уравнения термодинамики	145
§ 10.1. Дифференциальные уравнения для простых тел	147
§ 10.2. Дифференциальные уравнения термодинамики для идеального газа	147
§ 10.3. Термодинамические потенциалы	151
Глава XI. Термодинамические свойства жидкости и пара	152
§ 11.1. Испарение и кипение жидкости	154
§ 11.2. Фазовая диаграмма. Тройная точка	154
§ 11.3. Процесс пироконденсации и его изображение в системе координат p - v	156
§ 11.4. Удельная энтропия жидкости и пара	159
§ 11.5. Диаграмма T_s для водяного пара	161
§ 11.6. Диаграмма h_s для водяного пара	165

§ 11.7. Уравнение Клапейрона — Клаузиуса	169
§ 11.8. Уравнение состояния перегретого пара	170
§ 11.9. Удельная теплосмкость перегретого пара	172
Глава XII. Термодинамические процессы изменения состояния пара	173
§ 12.1. Изохорный процесс	173
§ 12.2. Изобарный процесс	176
§ 12.3. Изотермический процесс	177
§ 12.4. Адиабатный процесс	178
§ 12.5. Процесс дросселирования пара	180
Глава XIII. Влажный газ (парогазовая смесь)	181
§ 13.1. Основные понятия и определения	181
§ 13.2. Экспериментальные свойства влажного воздуха и особенности процессов изменения его состояния	185
§ 13.3. Диаграмма t_d для влажного воздуха	186
§ 13.4. Диаграмма t_x для влажного воздуха	191
Глава XIV. Термодинамика потока	195
§ 14.1. Особенности преобразования энергии. Потенциальная энергия давления	195
§ 14.2. Уравнение первого начала термодинамики для потока	198
§ 14.3. Уравнение Бернулли	202
§ 14.4. Работа потока	202
§ 14.5. Финансический смысл энthalпии	206
§ 14.6. Влияние потенциальной энергии давления на преобразование энергии в потоке упругой жидкости	207
Глава XV. Течение и истечение упругой жидкости	208
§ 15.1. Основные уравнения течения упругой жидкости	208
§ 15.2. Характер изменения площади поперечного сечения потока в зависимости от скорости	209
§ 15.3. Переход потенциальной энергии потока в кинетическую энергию	212
§ 15.4. Критическое значение давлений	213
§ 15.5. Истечение из суживающихся сопел при скоростях, меньших критической скорости ($\beta > \beta_k$)	215
§ 15.6. Истечение из суживающихся сопел при $\beta < \beta_k$	218
§ 15.7. Работа истечения	219
§ 15.8. Истечение из сопел с расширяющейся частью при $\beta < \beta_k$. Сопло Лаваля	221
§ 15.9. Влияние трения на процесс истечения	223
§ 15.10. Изображение работы истечения с трением на диаграммах p и T	225
Глава XVI. Методы анализа циклов теплоэнергетических установок	227
§ 16.1. Общие вопросы анализа циклов	227
§ 16.2. Сравнение термических и к. п. д. обратимых циклов	229
§ 16.3. Анализ необратимых циклов с помощью системы коэффициентов полезного действия	229
§ 16.4. Экспериментальный метод анализа	231
Глава XVII. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания	232
§ 17.1. Принцип действия поршневых двигателей внутреннего сгорания	232
§ 17.2. Цикл с изохорно-изобарным подводом теплоты — цикл Гринклера	234
§ 17.3. Цикл с изохорным и изобарным подводом теплоты	236
§ 17.4. Сравнительный анализ термодинамических циклов ДВС	237
Глава XVIII. Циклы паросиловых установок	238
§ 18.1. Цикл Ренкина	238
§ 18.2. Система коэффициентов полезного действия паросиловых установок	241
§ 18.3. Влияние начальных и конечных параметров пара на термический к. п. д. цикла Ренкина	242

§ 18.4. Регенеративный цикл паросиловой установки	244
§ 18.5. Цикл паросиловой установки с промежуточным перегревом пара	249
Глава XIX. Циклы газотурбинных установок	251
§ 19.1. Принцип работы газотурбинной установки	251
§ 19.2. Цикл газотурбинной установки с изобарным подводом теплоты	253
§ 19.3. Цикл газотурбинной установки с изобарным подводом теплоты и регенерацией	254
Глава XX. Циклы холодильных установок	256
§ 20.1. Холодопроизводительность и холодильный коэффициент	256
§ 20.2. Цикл газовый компрессорной холодильной установки	258
§ 20.3. Цикл паровой компрессорной холодильной установки	260
§ 20.4. Цикл паровой компрессорной установки с сухим ходом компрессора и переохлаждением конденсата	262
§ 20.5. Цикл абсорбционной холодильной машины	264
§ 20.6. Требования, предъявляемые к рабочим телам холодильных установок	267

Часть вторая

Основы учения о теплообмене

Введение	269
Глава XXI. Распространение теплоты теплопроводностью	271
§ 21.1. Температурное поле и температурный градиент	271
§ 21.2. Закон Фурье	273
§ 21.3. Определение теплопроводности	274
§ 21.4. Дифференциальное уравнение теплопроводности	275
§ 21.5. Краевые условия	278
Глава XXII. Распространение теплоты теплопроводностью в телах простейшей формы при стационарном режиме и граничных условиях первого рода	280
§ 22.1. Распространение теплоты теплопроводностью в однородной однослойной плоской стенке	280
§ 22.2. Распространение теплоты теплопроводностью в многослойной плоской стенке	281
§ 22.3. Распространение теплоты теплопроводностью в однородной однослойной цилиндрической стенке	283
§ 22.4. Распространение теплоты теплопроводностью в многослойной цилиндрической стенке	286
Глава XXIII. Распространение теплоты теплопроводностью в телах простейшей формы при стационарном режиме и граничных условиях третьего рода. Коэффициент теплопередачи	288
§ 23.1. Передача теплоты (теплопередача) сквозь плоскую стенку	288
§ 23.2. Передача теплоты (теплопередача) сквозь цилиндрическую стенку	290
§ 23.3. Термическое сопротивление	291
§ 23.4. Тепловая изоляция. Критический диаметр изоляции	293
§ 23.5. Передача теплоты сквозь ребристые поверхности	296
§ 23.6. Распространение теплоты теплопроводностью вдоль стержня (ребра) с постоянной площадью поперечного сечения	299
§ 23.7. Передача теплоты сквозь ребра	302
Глава XXIV. Конвективный теплообмен	305
§ 24.1. Основные понятия и определения	305
§ 24.2. Уравнение теплопроводности	309
§ 24.3. Уравнение энергии	310
§ 24.4. Уравнение движения вязкой жидкости	313
§ 24.5. Уравнение сплошности	315
§ 24.6. Условия однозначности для конвективного теплообмена	317

Глава XXV. Теория подобия	318
§ 25.1. Понятие о подобии физических явлений	318
§ 25.2. Теоремы теории подобия	320
§ 25.3. Гидромеханическое подобие	323
§ 25.4. Тепловое подобие	323
§ 25.5. Критерийные уравнения конвективного теплообмена	328
Глава XXVI. Экспериментальное изучение конвективного теплообмена	329
§ 26.1. Определение коэффициента теплоотдачи	329
§ 26.2. Осреднение температур и скорости потока	330
§ 26.3. Обобщение опытных данных	332
§ 26.4. Определяющая температура и осреднение физических параметров	333
§ 26.5. Определяющий линейный размер	334
Глава XXVII. Теплообмен при вынужденном движении жидкости в трубах	336
§ 27.1. Движение жидкости в трубах	336
§ 27.2. Теплоотдача при движении жидкости в трубах и каналах при ламинарном и переходном режимах	338
§ 27.3. Теплоотдача при турбулентном движении жидкости в трубах и каналах	341
Глава XXVIII. Теплообмен при вынужденном поперечном омывании труб	344
§ 28.1. Теплоотдача при поперечном омывании одиночной гладкой трубы	344
§ 28.2. Теплоотдача при поперечном омывании пучков труб	345
§ 28.3. Теплоотдача при поперечном омывании пучка ребристых труб	349
Глава XXIX. Теплообмен в свободном потоке жидкости	352
§ 29.1. Свободный поток в пространстве неограниченного объема	352
§ 29.2. Теплоотдача в свободном потоке	353
§ 29.3. Теплоотдача при свободном потоке в ограниченном пространстве	354
Глава XXX. Теплообмен при изменении агрегатного состояния	356
§ 30.1. Теплообмен при кипении жидкости	356
§ 30.2. Теплоотдача при кипении жидкости в большом объеме	359
§ 30.3. Теплоотдача при кипении жидкости внутри труб	363
§ 30.4. Теплоотдача при конденсации пара	366
§ 30.5. Влияние различных факторов на теплоотдачу при конденсации пара	369
Глава XXXI. Распространение теплоты теплопроводностью при нестационарном режиме	371
§ 31.1. Общие положения	371
§ 31.2. Результаты аналитического решения для переходного режима	373
§ 31.3. Метод регулярного режима	377
§ 31.4. Результаты аналитического решения для периодического режима	378
Глава XXXII. Основные законы теплового излучения	382
§ 32.1. Общие сведения о тепловом излучении. Основные определения	382
§ 32.2. Закон поглощения	385
§ 32.3. Основные законы излучения	387
§ 32.4. Закон Кирхгофа	390
§ 32.5. Закон Ламберта	393
§ 32.6. Излучение газов	397
Глава XXXIII. Теплообмен излучением между твердыми телами	402
§ 33.1. Теплообмен излучением между двумя телами с плоскостными поверхностями	402
§ 33.2. Теплообмен излучением между телами, одно из которых заключено внутри другого	403
§ 33.3. Защита от теплового излучения — экраны	405

§ 33.4. Теплообмен излучением между двумя телами, произвольно расположенными в пространстве	406
Глава XXXIV. Теплообменные аппараты	406
§ 34.1. Типы теплообменных аппаратов	408
§ 34.2. Тепловой баланс теплообменного аппарата	410
§ 34.3. Температурный напор	411
§ 34.4. Основные положения по конструированию теплообменных аппаратов	416
§ 34.5. Гидромеханический расчет теплообменного аппарата	418
Приложения	422
Литература	437