

УДК 536.24 + 536.7] (075.8)
Ш 264

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор *П.А. Щинников*,
д-р техн. наук, профессор *А.В. Чичиндаев*

Шаров Ю.И.

Ш 264 Термодинамика и теплопередача : учебник / Ю.И. Шаров. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2019. – 311 с. – (Серия «Учебники НГТУ»).

ISBN 978-5-7782-4024-7

Учебник включает в себя основные понятия и законы технической термодинамики и теплопередачи, приложения этих законов к процессам и системам.

Учебник написан доступно и просто, предназначен для студентов направления 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», профиль «Производство тепловой и электрической энергии» и для студентов направления 20.03.01 «Техносферная безопасность», профиль «Безопасность жизнедеятельности в техносфере».

УДК 536.24 + 536.7] (075.8)

ISBN 978-5-7782-4024-7

© Шаров Ю.И., 2019
© Новосибирский государственный
технический университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ. ТЕРМОДИНАМИКА	9
Предисловие	11
Введение	12
Глава 1. Идеальные газы.....	17
1.1. Уравнение Клапейрона.....	17
1.2. Первый закон термодинамики	24
1.3. Смеси идеальных газов	25
Контрольные вопросы	30
Глава 2. Теплоемкости газов. Влажный воздух	31
2.1. Теплоемкости газов	31
2.2. Влажный воздух	38
Контрольные вопросы	40
Глава 3. Термодинамические поверхности идеального и реального газа	41
3.1. Термодинамические поверхности	41
3.2. Термодинамические диаграммы водяного пара	44
3.3. p - v -диаграмма водяного пара	47
3.4. ts -диаграмма водяного пара	51
3.5. hs -диаграмма водяного пара	53
Контрольные вопросы	54
Глава 4. Исследование термодинамических процессов	55
4.1. Политропный термодинамический процесс [3–5]	55
4.2. Энтропия идеального газа	62
4.3. Частные термодинамические процессы.....	64
4.4. Первый закон термодинамики для потока газа [12]	75



4.5. Истечение газов и паров [4]	77
4.6. Дросселирование газов и паров [4]	83
Контрольные вопросы	86
Глава 5. Второй закон термодинамики [4, 5]	87
5.1. Основные определения	87
5.2. Цикл Карно	90
5.3. Энтропия как параметр состояния рабочего тела	92
5.4. Изменение энтропии термодинамической системы при необратимой теплопередаче	94
5.5. Интеграл Клаузиуса	95
Контрольные вопросы	98
Глава 6. Максимальная и теряемая работа [5]	99
6.1. Максимальная работа	99
6.2. Эксергия	101
Контрольные вопросы	104
Глава 7. Циклы паротурбинных установок (ПТУ)	105
7.1. Цикл Ренкина	105
7.2. Цикл Ренкина на перегретом паре	106
7.3. Влияние начального давления на КПД цикла Ренкина	107
7.4. Цикл ПТУ на сверхкритических параметрах пара	108
7.5. Регенеративный цикл ПТУ	110
7.6. Теплофикационный цикл ПТУ	113
Контрольные вопросы	116
Глава 8. Циклы тепловых двигателей	117
8.1. Обобщенный цикл тепловых газовых двигателей	117
8.2. Цикл ДВС с изохорным подводом теплоты	119
8.3. Цикл ДВС с изобарным подводом теплоты	121
8.4. Цикл ДВС со смешанным подводом теплоты (Тринклера)	122
8.5. Принцип действия ДВС	123
8.6. Циклы газотурбинных установок (ГТУ)	128
Цикл ГТУ с изохорным подводом теплоты	128
Цикл ГТУ с изобарным подводом теплоты	130
Регенеративный цикл ГТУ	131
Регенеративный цикл ГТУ с промежуточным подводом теплоты и охлаждением	133



8.7. Комбинированная парогазовая установка (ПГУ)	135
Контрольные вопросы	136
Глава 9. Циклы холодильных установок и компрессоров	137
9.1. Цикл воздушной холодильной установки	137
9.2. Цикл парокompрессионной холодильной установки.....	139
9.3. Абсорбционная холодильная установка	141
9.4. Термодинамические процессы компрессоров.....	143
Реальные компрессоры.....	145
Условия разделения на ступени	147
Контрольные вопросы	149
ЧАСТЬ ВТОРАЯ. ТЕПЛОПЕРЕДАЧА.....	151
Введение	153
Глава 1. Теплопроводность.....	155
1.1. Температурное поле	155
1.2. Градиент температуры	156
1.3. Тепловой поток. Закон Фурье.....	157
1.4. Дифференциальное уравнение теплопроводности	159
1.5. Условия однозначности.....	163
1.6. Теплопроводность через однослойную плоскую стенку	165
1.7. Теплопроводность через трехслойную плоскую стенку	168
1.8. Теплопроводность через однослойную цилиндрическую стенку	170
1.9. Теплопроводность через трехслойную цилиндрическую стенку	174
1.10. Теплопроводность через сферическую стенку	175
1.11. Теплопроводность в однородной пластине при наличии внутренних источников теплоты.....	177
1.12. Теплопроводность в однородном цилиндре.....	181
1.13. Тепловая изоляция. Критический диаметр изоляции.....	183
1.14. Теплопроводность в стержне (ребре).....	187
1.15. Нестационарная теплопроводность	192
Общие определения	192
Охлаждение (нагревание) пластины	193
Охлаждение (нагревание) цилиндра	202
Регулярный режим охлаждения (нагрева тел)	204
Контрольные вопросы	210



Глава 2. Конвективный теплообмен	211
2.1. Физические свойства жидкостей	211
2.2. Гидродинамический пограничный слой	213
2.3. Математическое описание конвективной теплоотдачи	215
2.4. Уравнения подобия	227
2.5. Три теоремы подобия физических явлений	228
2.6. Методы моделирования	230
2.7. Обработка и обобщение экспериментальных данных	232
2.8. Вынужденная конвекция в трубах и каналах	235
2.9. Теплообмен при поперечном обтекании труб и трубных пучков	240
2.10. Теплообмен при свободной конвекции	247
Контрольные вопросы	251
Глава 3. Теплообмен при фазовых превращениях	253
3.1. Теплообмен при кипении жидкостей	253
3.2. Теплообмен при конденсации чистых паров	262
Контрольные вопросы	265
Глава 4. Теплообмен излучением	267
4.1. Основные понятия и определения	267
4.2. Основные законы лучистого теплообмена	271
4.3. Лучистый теплообмен между параллельными поверхностями	275
4.4. Особенности лучистого теплообмена в газах	278
Контрольные вопросы	284
Глава 5. Теплообменные аппараты	285
5.1. Основные понятия и определения	285
5.2. Теплопередача через плоские стенки	286
5.3. Теплопередача через цилиндрические стенки	287
5.4. Теплопередача через сферическую стенку	289
5.5. Интенсификация теплопередачи	291
5.6. Теплообменные аппараты	293
5.7. Гидравлический расчет теплообменников	304
5.8. Теплоносители	306
Контрольные вопросы	308
Библиографический список	309