

УДК 536
ББК 31.3
ПЗ1

ПЗ1 **Валерий Петрущенко.** Техническая термодинамика: учебное пособие для вузов / Петрущенко В. А. — СПб.: ООО «Страта», 2015. — 160 с.

ISBN 978-5-906150-48-6

В настоящем учебном пособии сделаны акценты методического характера на рассмотрении деталей и принципиальных моментов, возникающих при изучении основных понятий и соотношений технической термодинамики, понимание которых необходимо для правильного их использования в инженерной деятельности теплоэнергетика.

При обосновании модели одномерной поточной системы, в том числе для течений Пуазейля и Куэтта, используется материал из курса гидрогазодинамики. Это позволяет продемонстрировать тесную связь между разными разделами теоретических основ теплотехники, описывающими процессы, протекающие в оборудовании энергоустановок. Рассмотрено применение основных соотношений технической термодинамики для различных видов энергоустановок и устройств, применяемых в теплотехнике.

Монография предназначена для студентов вузов, обучающихся по направлениям «Теплоэнергетика и теплотехника». Может быть полезна преподавателям, аспирантам, магистрам, обслуживающему персоналу и инженерно-техническим работникам, занимающимся решением теоретических и прикладных задач по гидродинамике, тепло- и массообмену.

УДК 536
ББК 31.3

ISBN 978-5-906150-48-6

© Петрущенко В. А., текст, 2015
© ООО «Страта», 2015

Содержание

С.

Введение.....	3
1. ПЕРВЫЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ.....	5
1.1. Движение материальной точки в поле тяготения.....	5
1.2. Абсолютно неупругое соударение двух тел разной массы.....	7
1.3. Первый закон термодинамики для неподвижной закрытой равновесной расширяющейся системы.....	8
1.4. Работа расширения равновесного процесса.....	14
1.5. Первый закон термодинамики для движущейся закрытой равновесной расширяющейся системы.....	18
1.6. Первый закон термодинамики для движущегося элементар- ного объема жидкости.....	20
1.7. Введение одномерной модели потока в неподвижном кана- ле.....	27
1.8. Примеры течений потока.....	33
1.9. Движение среды в подвижном канале.....	41
1.10. Первый закон термодинамики для стационарной одномер- ной поточной системы.....	43
1.11. Первый закон термодинамики для закрытой неподвижной системы при конечной скорости перемещения границ.....	49
1.12. Другие формы Первого закона термодинамики для стацио- нарной одномерной поточной системы.....	49
1.13. Примеры применения разных форм Первого закона термо- динамики.....	50
1.13.1. Теплообменные аппараты рекуперативного типа.....	50
1.13.2. Теплообменные аппараты смешительного типа.....	52
1.13.3. Топки котлов и камеры сгорания газовых турбин.....	53
1.13.4. Энергетические аппараты расширения или сжатия среды, производящие или потребляющие техническую работу.....	54
1.13.5. Ветряные двигатели.....	56
1.13.6. Напорные гидротурбины.....	57
1.13.7. Течение потока в адиабатных каналах.....	58
2. ВТОРОЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ.....	61
2.1. ОБРАТИМЫЕ И НЕОБРАТИМЫЕ ПРОЦЕССЫ.....	61
2.1.1. Определение обратимых и необратимых процессов.....	61
2.1.2. Примеры обратимых и необратимых механических про- цессов.....	61

2.1.3. Примеры обратимых и необратимых процессов в термодинамике.....	62
2.1.4. Условие обратимости процессов.....	63
2.1.5. Внутренняя и внешняя обратимость.....	64
2.1.6. Расширение идеального газа в вакуум с конечной скоростью.....	68
2.1.7. Примеры распространенных физических причин необратимости.....	73
2.1.8. Анализ процессов в поточной системе с точки зрения обратимости.....	74
2.1.8.1. Влияние механической неравновесности в потоке на необратимые процессы.....	75
2.1.8.2. Влияние термической неравновесности на необратимые процессы в потоке.....	79
2.1.9. Дросселирование потока в канале постоянного сечения.....	84
2.2. ЦИКЛЫ.....	89
2.2.1. Характеристики циклов.....	89
2.2.2. Термический к.п.д. цикла на основе закрытой системы.....	90
2.2.3. Причины появления циклов поточных процессов и к.п.д. таких циклов.....	92
2.2.4. Горячий и холодный источники теплоты.....	94
2.2.5. Изображение цикла в p - v диаграмме.....	95
2.2.6. Постановка задачи определения максимальной эффективности цикла при заданных тепловых источниках.....	97
2.2.7. Необратимый внешне по температуре цикл Карно для идеального газа.....	97
2.2.8. Теорема Карно.....	99
2.2.9. Необратимый цикл Карно для реального рабочего тела.....	102
2.2.10. Необратимый внешне по температуре цикл произвольной формы.....	103
2.2.11. Цикл произвольной формы необратимый внутренне и внешне.....	107
2.2.12. Различные формулировки Второго закона термодинамики.....	109
2.2.13. Значение полностью обратимых циклов для практики.....	110
2.2.14. Способы повышения эффективности теплосиловых циклов.....	111
2.2.15. Влияние необратимого теплообмена на эффективность работы теплосиловой установки.....	112
2.2.16. Получение максимальной работы в ОЦК при различных емкостях тепловых источников.....	114

2.3. ЭНТРОПИЯ.....	116
2.3.1. Доказательство существования энтропии.....	116
2.3.2. Свойства энтропии.....	117
2.3.3. Изменение энтропии в процессах с трением.....	118
2.3.4. Изменение энтропии при теплообмене.....	119
2.3.5. Изменение энтропии при расширении идеального газа в вакуум.....	121
2.3.6. Изменение энтропии в ОЦК и НЦК.....	121
2.3.7. Изменение энтропии в адиабатных системах разного вида..	122
2.3.8. Практическое использование энтропии. Т-s и i-s диаграммы реального вещества.....	123
2.3.9. Повышение эффективности циклов за счет внутрицикло-вой регенерации теплоты.....	126
2.3.10. Роль необратимого внутреннего теплообмена в цикле с регенерацией теплоты.....	128
2.3.11. Роль необратимого внутреннего теплообмена при сме-шении потоков рабочего тела.....	131
2.3.12. Роль необратимого внутреннего теплообмена при по-глощении потоком теплоты реакции горения топлива.....	136
2.3.13. Дополнительное обсуждение свойств энтропии.....	137
2.4. РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ИЗОЛИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ.....	141
2.4.1. Работоспособность изолированной системы с заключен-ной внутри нее закрытой системой. Теорема Гюи-Стодолы.....	141
2.4.2. Эксергия и анергия.....	146
2.4.3. Работоспособность изолированной системы с заключен-ной внутри нее поточной системой.....	148
2.4.4. Потеря работоспособности в циклах произвольной формы..	151
2.4.5. Практическое использование эксергии в теплоэнергетике и теплотехнике.....	151
Библиография.....	156