

Федеральное агентство по образованию
Казанский государственный технологический университет

Д.Г.Амирханов

ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ТЕРМОДИНАМИКИ

Учебное пособие

КАЗАНЬ 2006

УДК -

ББК -

Основы технической термодинамики: Учеб. пособие/ Д.Г. Амирханов; Казан. гос. технол. ун-т; Казань, 2006. 192 с.

ИРАМ4,6771,/ 22/ ,8

В доступной и краткой форме изложены основы технической термодинамики. Особое внимание уделено простому и наглядному описанию второго закона термодинамики и эксергетического метода анализа термодинамических процессов. Фундаментальные положения термодинамики изложены в доступное для понимания форме.

Предназначено для студентов всех форм обучения механических специальностей, изучающих дисциплину «Техническая термодинамика».

Подготовлено на каф. ТОТ КГТУ.

Ил. 94. Библиогр.: 9 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Казанского государственного технологического университета.

Рецензенты: доктор техн. наук, проф. Ю.И.Азимов

канд. техн. наук, доц. Р.Г.Галимуллин

Казанский государственный технологический университет, 2006 г.

О Г Л А В Л Е Н И Е

1. ПРЕДИСЛОВИЕ	2
2. ВВЕДЕНИЕ	4
3. ГЛАВА 1. Общие положения	6
1.1. Основные параметры состояния	6
1.2. Некоторые определения	8
1.3. Уравнение состояния идеального газа	10
1.4. Уравнения состояния реальных газов	13
4. ГЛАВА 2. Первый закон термодинамики	15
2.1. Внутренняя энергия	15
2.2. Теплота и работа	16
2.3. Аналитическое выражение работы расширения	18
2.4. Формулировки первого закона термодинамики	19
2.5. Аналитическое выражение первого закона термодинамики	21
2.6. Теплоемкость газов	22
2.7. Энтальпия	28
2.8. Энтропия идеального газа	29
2.9. Ts -диаграмма идеального газа	32
5. ГЛАВА 3. Основные термодинамические процессы изменения состояния идеального газа	34
3.1. Изохорный процесс	34
3.2. Изобарный процесс	36
3.3. Изотермический процесс	38
3.4. Адиабатный процесс	39

3.5. Политропный процесс (многообразный)	42
3.6. Обобщающее значение политропного процесса	46
6. ГЛАВА 4. Второй закон термодинамики	49
4.1. Круговые процессы или циклы	51
4.2. Прямой цикл Карно	53
4.3. Обратный цикл Карно	55
4.4. Общие свойства обратимых циклов	56
4.5. Общие свойства необратимых циклов	58
4.6. Изменение энтропии в обратимых и необратимых процессах	60
4.7. Принцип возрастания энтропии изолированной системы	63
4.8. Энтропия – как статистическое понятие	65
7. ГЛАВА 5. Эксергия	69
5.1. Основные положения	69
5.2. Потери эксергии от необратимости процесса	73
5.3. Эксергетический баланс и эксергетический КПД	76
8. ГЛАВА 6. Дифференциальные уравнения термодинамики	79
6.1. Дифференциальное уравнение состояния	79
6.2. Дифференциальные уравнения теплоты, внутренней энергии, энтальпии и энтропии	81
6.3. Дифференциальные соотношения для теплоемкостей c_p и c_v	86
9. ГЛАВА 7. Истечение и течение газов по каналам переменного сечения	89

7.1. Аналитическое выражение первого закона термодинамики для потока	89
7.2. Геометрическое воздействие на поток	92
7.3. Скорость газа и его расход при истечении из суживающегося сопла	97
7.4. Максимальный расход газа и критическая скорость при истечении из суживающегося сопла	100
7.5. Дросселирование газов	104
7.6. Дифференциальный дроссель-эффект или эффект Джоуля-Томсона	106
10. ГЛАВА 8. Смеси идеальных газов	110
8.1. Способы задания газовых смесей	110
8.2. Уравнение состояния смеси идеальных газов	112
8.3. Теплоемкость смеси идеальных газов	113
8.4. Смещение газов	114
11. ГЛАВА 9. Водяной пар	117
9.1. Процесс парообразования	119
9.2. Ts -диаграмма воды и водяного пара	122
9.3. is -диаграмма воды и водяного пара	125
9.4 Основные термодинамические процессы водяного пара	126
9.5. Параметры состояния воды и водяного пара	130
9.6. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса	133
9.7. Истечение водяного пара	135
9.8. Дросселирование водяного пара	138
12. ГЛАВА 10. Компрессоры	140

10.1. Одноступенчатый компрессор	140
10.2. Влияние вредного пространства	144
10.3. Процесс сжатия в реальном компрессоре	145
10.4. Многоступенчатый компрессор	146
13. ГЛАВА 11. Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС)	150
11.1. Идеальный цикл ДВС с подводом теплоты при $v = const$ (рис. 11.2)	152
11.2. Идеальный цикл ДВС с подводом теплоты при $p = const$ (рис. 11.3)	154
11.3. Идеальный цикл ДВС со смешенным подводом теплоты частично при $v = const$, частично при $p = const$ (рис. 11.4)	156
14. ГЛАВА 12. Циклы газотурбинных установок (ГТУ)	159
12.1. Идеальный цикл ГТУ с подводом теплоты при $p = const$ (рис. 12.2)	160
12.2. Методы повышения КПД. ГТУ	162
15. ГЛАВА 13. Циклы паротурбинных установок (ПТУ)	165
13.1. Цикл Ренкина (рис. 13.2)	165
13.2. Влияние параметров пара на термический КПД цикла Ренкина	167
13.3. Цикл с промежуточным перегревом пара	170
13.4. Регенеративный цикл ПТУ	172
13.5. Теплофикационные циклы	177
16. ГЛАВА 14. Холодильные установки	180
14.1. Циклы воздушных холодильных установок (ВХУ)	181

14.2. Цикл паровой компрессорной холодильной установки (ПКХУ)	183
Библиографический список	187
Оглавление	188