

Е. В. Барочкин
М. Ю. Зорин
А. Е. Барочкин

ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА

4-е издание



«Инфра-Инженерия»

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Введение	5
Раздел 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ТЕРМОДИНАМИКИ	10
1.1. Предмет и метод технической термодинамики	10
1.2. Рабочее тело и основные параметры состояния рабочего тела	11
1.3. Идеальный газ	13
1.3.1. Основное уравнение идеального газа	13
1.3.2. Первый закон термодинамики	14
1.3.3. Внутренняя энергия тела	15
1.3.4. Работа расширения	16
1.4. Теплоемкость идеальных газов	18
1.5. Энтальпия идеального газа	20
1.6. Второй закон термодинамики	21
1.6.1. Основные формулировки 2-го закона термодинамики	21
1.6.2. Энтропия	22
1.6.3. Тепловая T , s – диаграмма	23
1.7. Круговые процессы или циклы	25
1.7.1. Круговой процесс в p , v – диаграмме	25
1.7.2. Цикл Карно	27
1.8. Водяной пар	30
1.8.1. Основные термодинамические свойства водяного пара	30
1.8.2. Тепловая T , s – диаграмма для водяного пара	33
1.8.3. Тепловая H , s – диаграмма воды и водяного пара	36
Контрольные вопросы	39
Раздел 2. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ТЕПЛООБМЕНА	40
2.1. Основные понятия и определения	40
2.2. Теплопроводность. Закон Фурье	43
2.3. Теплопроводность однородной и многослойной стенок	44
2.3.1. Теплопроводность однородной стенки	44
2.3.2. Теплопроводность многослойной стенки с термоизоляционными ограждениями	45
2.4. Конвективный теплообмен	47
2.4.1. Понятие конвективного теплообмена	47
2.4.2. Теплоотдача при конвективном теплообмене	48
2.5. Теплопередача через плоскую стенку	50
2.5.1. Теплопередача теплоты через однородную плоскую стенку	50

2.5.2. Основное уравнение теплопередачи	51
2.6. Теплообмен излучением	52
2.6.1. Теплоотдача излучением	52
2.6.2. Лучеиспускательная способность тела	52
2.7. Основные законы теплового излучения	54
2.7.1. Закон Стефана – Больцмана	54
2.7.2. Закон Кирхгофа	54
2.8. Схемы движения и температурный напор теплоносителей	56
2.8.1. Схемы движения теплоносителей	56
2.8.2. Средний температурный напор	57
Контрольные вопросы	59
Раздел 3. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ТОПЛИВО И ПРОЦЕССЫ ГОРЕНИЯ	60
3.1. Виды энергетического топлива	60
3.2. Элементарный состав топлива	61
3.2.1. Элементарный состав твердого и жидкого топлив	61
3.2.2. Минеральные примеси твердого топлива	62
3.2.3. Влага твердого топлива	63
3.2.4. Химический состав твердых и жидких топлив	64
3.2.5. Выход летучих твердого топлива	65
3.3. Теплота сгорания топлива	66
3.3.1. Теплота сгорания твердого и жидкого топлив	66
3.3.2. Приведенные характеристики топлива	68
3.4. Классификация энергетических топлив	69
3.4.1. Твердое топливо	69
3.4.2. Жидкое топливо	70
3.4.3. Газообразное топливо	70
3.5. Горение органического топлива	71
3.5.1. Основы кинетики химических реакций	71
3.5.2. Теоретический расход воздуха на горение	73
3.5.3. Теоретические объемы продуктов сгорания	74
3.5.4. Действительные объемы продуктов сгорания	76
3.5.5. Определение коэффициента избытка воздуха	76
3.5.6. Энтальпия воздуха и продуктов сгорания	77
Контрольные вопросы	79
Раздел 4. КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ	80
4.1. Принципы получения пара и типы паровых котлов	80
4.2. Принципиальные тепловые схемы котлоагрегатов	85
4.2.1. Принципиальная схема котельной установки	85
4.2.2. Принципиальная схема барабанного котла	87
4.2.3. Принципиальная схема прямоточного котла	89

4.3. Компоновка поверхностей нагрева котлоагрегатов	91
4.4. Низкотемпературные поверхности нагрева	94
4.4.1. Компоновка низкотемпературных поверхностей нагрева	94
4.4.2. Водяные экономайзеры	95
4.4.3. Воздухоподогреватели	96
4.5. Топочные камеры	99
4.6. Горелочные устройства	103
4.7. Типоразмеры паровых котлов	106
4.8. Тепловой баланс и КПД котла	107
4.9. Установки золоулавливания	111
4.9.1. Основные мероприятия по борьбе с вредными выбросами	111
4.9.2. Инерционные золоуловители	112
4.9.3. Электрофильтры	113
Контрольные вопросы	115
Раздел 5. ПАРОВЫЕ ТУРБИНЫ	116
5.1. История изобретения паровой турбины	116
5.1.1. Устройство Герона Александрийского	116
5.1.2. Паровая турбина Лавала	117
5.1.3. Паровая турбина Парсонса	118
5.2. Устройство и принцип действия паровой турбины	120
5.3. Преобразование энергии в ступени турбины	122
5.3.1. Изменение скорости пара в сопловых и рабочих каналах одноступенчатой турбины	122
5.3.2. Потери энергии в сопловой и рабочей решетках	124
5.4. Многоступенчатые турбины	128
5.5. Конструкции паровых турбин	133
5.6. Классификация и маркировка паровых турбин	138
5.7. Конденсатор и схема оборотного водоснабжения ТЭС	141
5.8. Типы паровых турбин и области их использования	144
Контрольные вопросы	147
Раздел 6. ПАРОТУРБИННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ НА ОРГАНИЧЕСКОМ ТОПЛИВЕ	148
6.1. Процесс превращения химической энергии топлива в электрическую энергию	148
6.2. Основные термодинамические процессы в паротурбинной установке ТЭС	151
6.3. Регенеративные циклы паротурбинных установок	153
6.4. Промежуточный перегрев пара	158
6.5. Типы тепловых электрических станций	160
6.6. Режимы работы ТЭС	161
6.7. Тепловой баланс конденсационных ТЭС	163
6.8. Показатели тепловой экономичности ТЭС	166

6.9. Основы теплофикации. Тепловая схема ТЭЦ	168
6.10. Главный корпус ТЭС	173
6.11. Насосное оборудование электростанций	177
6.12. Охрана окружающей среды от воздействия ТЭС	179
Контрольные вопросы	181
Раздел 7. ГАЗОТУРБИННЫЕ УСТАНОВКИ	182
7.1. Принцип действия ГТУ	182
7.2. Термодинамические циклы ГТУ	184
7.2.1. ГТУ со сгоранием топлива при постоянном давлении	184
7.2.2. ГТУ с регенерацией теплоты отработавших газов	185
7.2.3. ГТУ со ступенчатым сжатием воздуха	186
7.3. Конструкции ГТУ	189
7.3.1. Конструктивная схема ГТУ	189
7.3.2. Конструкция газовой турбины	194
7.3.3. Камеры сгорания ГТУ	198
7.3.4. Конструкция воздушного компрессора	203
7.3.5. Входной направляющий аппарат осевого компрессора ГТУ	205
Контрольные вопросы	207
Раздел 8. ПАРОГАЗОВЫЕ УСТАНОВКИ	208
8.1. Понятие о парогазовых энергетических технологиях	208
8.2. Принципиальные схемы ПГУ	211
8.3. Классификация ПГУ	218
8.3.1. Основные схемы парогазовых установок	218
8.3.2. Схема монарной ПГУ	218
8.3.3. ПГУ с высоконапорным парогенератором (котлом)	220
8.3.4. ПГУ с «вытеснением» регенерации	221
8.3.5. ПГУ со сбросом уходящих газов ГТУ в энергетический котел	222
8.3.6. Утилизационные ПГУ	225
8.4. Современные конструкции ПГУ утилизационного типа	226
8.5. Котлы-утилизаторы для ПГУ	231
8.6. Паровые турбины для ПГУ	238
8.6.1. Особенности паровых турбин для утилизационных ПГУ	238
8.6.2. Турбина Т-125/150-7,4 ЛМЗ для ПГУ-450	239
8.6.3. Турбина SST5-5000 фирмы «Сименс»	241
Контрольные вопросы	243
Раздел 9. АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ	244
9.1. Ядерная энергия и механизм тепловыделения	244
9.1.1. АЭС России	244
9.1.2. Общие сведения о ядерной энергии	244
9.1.3. Деление ядер нейтронами	245
9.1.4. Цепные реакции деления ядерных топлив	243

9.2. Типы ядерных реакторов	250
9.2.1. Общие положения	250
9.2.2. Классификация ядерных реакторов	253
9.3. Реактор большой мощности, канальный РБМК-1000	255
9.3.1. История создания и эксплуатации	255
9.3.2. Конструкция РБМК-1000	259
9.3.3. Развитие реакторов типа РБМК	263
9.4. Водно-водяные энергетические реакторы типа ВВЭР-1000	267
9.4.1. Краткая история разработки и сооружения	267
9.4.2. Общее описание водно-водяных реакторов	269
9.4.3. Водно-водяные реакторы ВВЭР-1000	271
9.5. Реакторы на быстрых нейтронах типа БН	274
9.5.1. Создание реакторов на быстрых нейтронах	274
9.5.2. Принцип действия реактора на быстрых нейтронах	276
9.5.3. Реактор БН-600	278
9.5.4. Направления развития ядерных реакторов типа БН	282
9.6. Тепловые схемы атомных электрических станций	285
9.6.1. Тепловая схема одноконтурных АЭС с реактором РБМК-1000	285
9.6.2. Тепловая схема двухконтурных АЭС с реакторами ВВЭР	286
9.6.3. Тепловая схема трехконтурной АЭС с реактором БН-600	289
9.7. Особенности термодинамических циклов ПТУ АЭС	291
9.8. Принципиальная тепловая схема К-1000-5,9/50 ЛМЗ	293
9.9. Паротурбинные установки АЭС	296
9.9.1. Особенности работы паровых турбин АЭС на влажном паре	296
9.9.2. Конструкция паровой турбины К-1000-5,9/50 ЛМЗ	299
Контрольные вопросы	303
Заключение	304
Библиографический список	305