

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие научных редакторов перевода	11
Предисловие автора	14
Глава 1. Общие понятия	15
1.1. Единицы измерения и константы	15
1.2. Энергия и ее качество	15
1.3. Сохранение энергии	17
1.4. Планетарный энергетический баланс	18
1.5. Темпы энергопотребления	19
1.6. Рост народонаселения	23
1.7. Функция проникновения на рынок	24
1.8. Энергетические ресурсы планеты Земля	29
1.9. Использование энергии	32
1.10. Вопросы экологии	35
1.10.1. Биологический метод снижения выбросов CO_2	37
1.10.2. Минеральный метод	38
1.10.3. Метод подземного хранения	39
1.10.4. Подводная система утилизации	39
1.11. Ядерная энергия	39
1.11.1. Реакции деления	42
1.11.2. Ядерный синтез	45
1.11.3. Холодный ядерный синтез	49
1.12. Экономические аспекты энергетики	50
Задачи	53
Глава 2. Основы термодинамики и кинетической теории газов	64
2.1. Движение молекул	64
2.2. Температура	65



2.3. Уравнение состояния идеального газа	65
2.4. Внутренняя энергия	66
2.5. Удельная теплоемкость при постоянном объеме	67
2.6. Первый закон термодинамики	67
2.7. Работа	68
2.8. Удельная теплоемкость при постоянном давлении	68
2.9. Адиабатические процессы	69
2.9.1. Быстрое сжатие	70
2.9.2. Медленное сжатие	73
2.9.3. p, V -диаграммы	74
2.9.4. Политропический закон	76
2.10. Изотермический процесс	77
2.11. Функции состояния	79
2.12. Энтальпия	80
2.13. Степени свободы	81
2.14. Энтропия	83
2.14.1. Изменение энтропии	85
2.15. Обратимость	86
2.15.1. Причины необратимости	88
2.16. Негэнтропия (отрицательная энтропия)	89
2.17. Как отображать статистические данные	90
2.18. Максвелловское распределение	92
2.19. Распределение Ферми–Дирака	94
2.20. Закон Больцмана	96
Приложение	98
Задачи	98
 Глава 3. Механические тепловые двигатели	 102
3.1. Теплота сгорания	102
3.2. Эффективность цикла Карно	105
3.3. Типы двигателей	107
3.4. Эффективность двигателя Отто	111
3.5. Бензин	117
3.5.1. Теплота сгорания	117
3.5.2. Антидетонационные характеристики	117
3.6. Детонация	118
3.7. Гибридные автомобильные двигатели	121
3.8. Двигатель Стирлинга	122
3.9. Практическое исполнение двигателя Стирлинга	128
3.10. Криогенные двигатели	131
Заключение	135
Задачи	135



Глава 4. Океанские тепловые преобразователи энергии.	144
4.1. Введение.	144
4.2. Конфигурации океанских тепловых преобразователей энергии.	145
4.3. Турбины.	148
4.4. Эффективность океанических тепловых преобразователей энергии.	150
4.5. Пример проекта океанской тепловой электростанции.	151
4.6. Теплообменники.	154
4.7. Месторасположение океанских станций.	154
Задачи	156
Глава 5. Термоэлектричество	159
5.1. Анализ экспериментов	160
5.2. Термоэлектрические термометры	165
5.3. Термоэлектрический генератор	167
5.4. Добротность материала	171
5.5. Закон Видемана–Франца–Лоренца	173
5.6. Теплопроводность твердых тел	176
5.7. Коэффициент Зеебека для полупроводников.	178
5.8. Характеристики термоэлектрических материалов	179
5.9. Некоторые сферы применения термоэлектрических генераторов.	181
5.10. Расчет термоэлектрического генератора	183
5.11. Термоэлектрические холодильники и тепловые насосы.	186
5.11.1. Расчет характеристик термопар	186
5.11.2. Расчет геометрических параметров	191
5.12. Температурная зависимость	194
5.13. Архитектура батареи	194
5.14. Физические основы термоэлектричества.	194
5.14.1. Эффект Зеебека	196
5.14.2. Эффект Пельтье	199
5.14.3. Эффект Томпсона	200
5.14.4. Соотношения Кельвина	202
5.15. Направления и знаки	205
Приложение	208
Задачи	208
Глава 6. Термоэмиссионные преобразователи	222
6.1. Введение.	222
6.2. Термоэлектронная эмиссия.	225
6.3. Перенос электронов	228
6.3.1. Закон Чайлда–Ленгмюра	230
6.4. Диод без потерь с компенсированным пространственным зарядом	235
6.4.1. Межэлектродный потенциал	235



6.4.2. Вольт-амперные характеристики	237
6.4.3. Напряжение холостого хода	237
6.4.4. Максимальная выходная мощность	239
6.5. Потери в вакуумных диодах без пространственного заряда	240
6.5.1. Коэффициент полезного действия	240
6.5.2. Радиационные потери	240
6.5.3. Избыток энергии электронов	245
6.5.4. Теплопроводность	245
6.5.5. Сопротивление подводящих проводов	246
6.6. Реальные вакуумные диоды	246
6.7. Плазменные диоды	247
6.7.1. Адсорбция цезия	249
6.7.2. Поверхностная ионизация	251
6.7.3. Ионная термоэмиссия	252
6.7.4. Условия нейтрализации пространственного заряда	254
6.7.5. Вольт-амперные V, J -характеристики	255
6.8. Диоды высокого давления	260
Задачи	262
Глава 7. Топливные элементы	267
7.1. Введение	267
7.2. Электрохимические элементы	268
7.3. Классификация топливных элементов	273
7.3.1. Рабочий диапазон температур	274
7.3.2. Агрегатное состояние электролита	275
7.3.3. Тип топлива	275
7.3.4. Химический состав электролита	276
7.4. Химические реакции, протекающие в топливном элементе	277
7.4.1. Щелочные электролиты	277
7.4.2. Кислотные электролиты	277
7.4.3. Расплавленные карбонатные электролиты	279
7.4.4. Твердооксидные электролиты	279
7.4.5. Метанольные топливные элементы	280
7.5. Типовые конструкции топливных элементов	280
7.5.1. Пример конструкции топливного элемента	280
7.5.2. Топливные элементы с фосфорноокислым электролитом	281
7.5.3. Топливные элементы с расплавленным карбонатным электролитом	284
7.5.4. Топливные элементы с керамическим электролитом	285
7.5.5. Топливные элементы с твердополимерным электролитом	295
7.5.6. Метанольные топливные элементы	304
7.5.7. Топливные элементы с твердооксидным электролитом (ТОТЭ)	307
7.5.8. Перезаряжаемые топливные элементы	308

7.5.9. Металлические и цинк-воздушные топливные элементы	311
7.6. Применение топливных элементов	312
7.6.1. Стационарные энергетические установки	313
7.6.2. Мобильные энергетические установки	314
7.6.3. Другие применения	316
7.7. Термодинамика топливных элементов	317
7.7.1. Теплота сгорания	317
7.7.2. Свободная энергия	319
7.7.3. Эффективность обратимых топливных элементов	323
7.7.4. Влияние давления и температуры на изменение энтальпии и свободной энергии в электрохимических реакциях	325
7.8. Характеристики реальных топливных элементов	335
7.8.1. Сила тока, генерируемого топливным элементом	335
7.8.2. Эффективность реальных топливных элементов	335
7.8.3. Параметры топливных элементов	337
7.8.4. Более подробное описание вольт-амперных характеристик топливных элементов	342
7.8.5. Генерация теплоты	351
Задачи	354
Глава 8. Получение водорода	374
8.1. Общие понятия	374
8.2. Химические методы получения водорода	376
8.2.1. Исторический очерк	376
8.2.2. Современные методы получения водорода	377
8.2.3. Очистка водорода	383
8.2.4. Установки для получения водорода	386
8.3. Получение водорода электролизом воды	391
8.3.1. Введение	391
8.3.2. Устройство электролизера	393
8.3.3. Эффективность электролизеров	396
8.3.4. Концентрационные электролизеры	400
8.3.5. Электролитические водородные компрессоры	402
8.4. Получение водорода термическим разложением воды	403
8.4.1. Прямое разложение воды	403
8.4.2. Термохимическое разложение воды	410
8.5. Получение водорода фотокаталитическим разложением воды	412
8.5.1. Общие понятия	412
8.5.2. Фотокаталитическое разложение воды с использованием энергии Солнца	413
8.6. Получение водорода биохимическим разложением воды	415
Задачи	416



Глава 9. Хранение водорода	425
9.1. Хранение газообразного водорода под давлением	427
9.2. Хранение жидкого водорода при низких температурах	430
9.3. Хранение водорода в адсорбированном состоянии	433
9.4. Хранение водорода в химически связанном состоянии	433
9.4.1. Общие понятия	433
9.4.2. Вещества — «носители» водорода	435
9.4.3. Выделение водорода в химических реакциях пара с металлами	436
9.4.4. Гидриды металлов	437
9.5. Металлогидридные компрессоры водорода	453
9.6. Металлогидридные тепловые насосы	457
Задачи	460
Глава 10. Солнечное излучение	469
10.1. Природа солнечного излучения	469
10.2. Инсоляция	472
10.2.1. Общие сведения	472
10.2.2. Инсоляция следящей за солнцем поверхности	475
10.2.3. Инсоляция неподвижной поверхности	476
10.2.4. Горизонтальные поверхности	479
10.3. Солнечные коллекторы	480
10.3.1. «Солнечная» архитектура	480
10.3.2. Плоские солнечные коллекторы	483
10.3.3. Солнечный коллектор на основе вакуумированных трубок	484
10.3.4. Концентраторы	488
10.4. Конфигурации солнечных электростанций	489
10.4.1. Высокотемпературные солнечные тепловые преобразователи	489
10.4.2. Солнечная труба	491
10.4.3. Солнечные пруды	492
Приложение А. Измерение времени	493
Длительность часа	493
Временные зоны	494
Смещение времени	494
Календарь	495
Юлианский день	496
Приложение Б. Орбитальная механика	497
Сидерический и астрономический день	497
Орбитальное уравнение	499
Соотношения между эклиптическими и экваториальными координатами	503
Уравнение времени	505
Эксцентрисичность орбиты	507

Наклон орбиты	508
Задачи	510
Глава 11. Биомасса	515
11.1. Введение	515
11.2. Состав биомассы	515
11.2.1. Введение в органическую химию	517
11.3. Биомасса как топливо	522
11.3.1. Газификация	522
11.3.2. Этанол	524
11.3.3. Диссоциация спиртов	529
11.3.4. Анаэробное сбраживание	530
11.4. Фотосинтез	538
Задачи	546
Глава 12. Фотоэлектрические преобразователи	550
12.1. Введение	550
12.2. Теоретическая эффективность	555
12.3. Увеличение числа носителей заряда	563
12.4. Селективное спектральное разделение светового пучка	565
12.4.1. Каскадные фотоэлементы	565
12.4.2. Фильтрующие элементы	567
12.4.3. Голографические концентраторы	568
12.5. Термофотоэлектрические преобразователи	569
12.6. Идеальный и реальный КПД	570
12.7. Фотодиод	572
12.8. Обратный ток насыщения	592
12.9. Эффективность на практике	594
12.10. Орбитальные солнечные энергоустановки	596
12.10.1. Передача энергии с орбиты на землю	598
12.10.2. Преобразование энергии солнечного излучения в электрическую энергию постоянного тока	599
12.10.3. Генерация микроволн	600
12.10.4. Антенна	601
12.10.5. Приемная антенна	602
12.10.6. Пространственная ориентация ОСЭ и управление ее положением на орбите	603
12.10.7. Доставка грузов на орбиту и их монтаж	604
12.10.8. Перспективы создания ОСЭ	604
Приложение А. Значение двух определенных интегралов, используемых при расчете эффективности фотодиодов	606
Приложение Б. Основные сведения о полупроводниках	607
Задачи	613

Глава 13. Ветроэнергетика	622
13.1. Немного истории	622
13.2. Классификация ветротурбин	625
13.2.1. Ветротурбины, использующие силу аэродинамического сопротивления	626
13.2.2. Ветротурбины, использующие подъемную силу	627
13.2.3. Ветротурбины, использующие эффект Магнуса	629
13.2.4. Вихревые ветротурбины	629
13.3. Метрология параметров ветроустановок	630
13.4. Ветроэнергетический потенциал	632
13.5. Характеристики ветротурбин	633
13.6. Принципы аэродинамики	634
13.6.1. Поток	635
13.6.2. Мощность ветрового потока	635
13.6.3. Динамическое давление	635
13.6.4. Давление ветра	636
13.6.5. Располагаемая мощность	637
13.6.6. Эффективность ветротурбины	638
13.7. Аэродинамические профили	638
13.8. Число Рейнольдса	641
13.9. Относительное удлинение	644
13.10. Анализ ветротурбин	646
13.11. Относительное удлинение лопастей ветроколеса	653
13.12. Центробежные силы	654
13.13. Расчет эффективности ветротурбины	656
13.14. Эффект Магнуса	659
Задачи	660
 Глава 14. Преобразователи энергии океана	677
14.1. Введение	677
14.2. Энергия волн	677
14.2.1. Океанические волны	677
14.2.2. Преобразователи энергии волн	680
14.3. Энергия приливов	688
14.4. Энергия морских течений	689
14.4.1. Турбинные системы на морских течениях	691
14.5. Энергетическое использование градиента солености морской воды	695
14.6. Осмотические энергоустановки	698
Задачи	701
 Литература на русском языке, рекомендованная редакторами перевода	703