

## **Оглавление**

Предисловие .....	3
<b>1. Общие сведения об энергетических установках космических аппаратов.....</b>	<b>6</b>
1.1. Состав и классификация энергетических установок космических аппаратов .....	6
1.2. Первичные источники энергии .....	12
1.3. Преобразователи энергии.....	16
1.4. Устройства для отвода тепла.....	22
Контрольные вопросы к главе 1 .....	27
<b>2. Солнечные энергетические установки.....</b>	<b>28</b>
2.1. Основы теории солнечных энергетических установок .....	28
2.1.1. Общие сведения о солнечных энергетических установках.....	28
2.1.2. Фотоэлектрические преобразователи.....	30
2.1.2.1. Принцип действия ФЭП .....	30
2.1.2.2. Вольт-амперная характеристика и мощность ФЭП .....	39
2.1.2.3. Коэффициент полезного действия ФЭП .....	48
2.2. Основные направления развития фотоэлектрических преобразователей .....	52
2.2.1. Солнечные элементы на основе гетероструктур.....	53
2.2.2. Каскадные солнечные элементы .....	57
2.2.3. Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения .....	62
2.3. Сведения об устройстве солнечных энергетических установок.....	70
Контрольные вопросы к главе 2.....	76
<b>3. Энергетические установки на основе топливных элементов .....</b>	<b>77</b>
3.1. Принцип действия прямых преобразователей химической энергии .....	77

<b>3.2. Элементы химической термодинамики</b>	
обратимых процессов в топливных элементах .....	87
<b>3.3. Работа топливного элемента под нагрузкой .....</b>	93
<b>3.3.1. Общие сведения о поляризации электродов .....</b>	93
<b>3.3.2. Вольт-амперная характеристика</b>	
и мощность топливных элементов.....	103
<b>3.3.3. Основные виды КПД</b>	
топливных элементов .....	108
<b>3.3.4. Удельный расход топливных компонентов.....</b>	110
<b>3.3.5. Выбор расчетных режимов работы</b>	
топливных элементов .....	112
<b>3.4. Основы устройства энергетических установок</b>	
на основе электрохимического генератора .....	114
<b>3.5. Энергетические установки на основе</b>	
электрохимического генератора .....	128
<b>3.5.1. Электрохимические генераторы</b>	
для лунного орбитального корабля .....	128
<b>3.5.2. Электрохимические генераторы</b>	
для орбитального корабля «Буран» .....	128
<b>3.5.3. Никель-водородная аккумуляторная батарея</b>	
для спутника связи «Ямал-100».....	132
<b>3.5.4. Электрохимические генераторы</b>	
для подводных аппаратов.....	134
<b>3.5.5. Разработка электрохимического</b>	
генератора для энергоустановок	
большой мощности.....	136
<b>3.5.6. Разработка электрохимического генератора</b>	
для применения на лунной базе .....	139
Контрольные вопросы к главе 3.....	145
<b>4. Энергетические установки</b>	
на основе газотурбинных преобразователей .....	146
<b>4.1. Общие сведения о газотурбинных установках</b>	
открытой схемы .....	146
<b>4.2. Мощность, коэффициент полезного действия</b>	
и удельный расход топлива газотурбинных	
энергетических установок открытой схемы .....	149
Контрольные вопросы к главе 4.....	158

<b>5. Ядерные энергетические установки.....</b>	<b>159</b>
5.1. Общий состав и устройство ядерных	
энергетических установок.....	160
5.2. Физические основы	
ядерных источников энергии.....	161
5.2.1. Ядерные силы и энергия связи ядра .....	161
5.2.2. Основные закономерности	
радиоактивных распадов.....	166
5.2.3. Нейтронно-ядерные реакции.....	169
5.2.4. Диффузия нейtronов .....	181
Контрольные вопросы к главе 5.....	189
<b>6. Основы расчета ядерных источников энергии.....</b>	<b>190</b>
6.1. Нейтронно-физический расчет	
ядерного реактора .....	190
6.2. Теплогидравлический расчет реактора.....	199
6.3. Основы расчета радиоизотопных генераторов .....	207
Контрольные вопросы к главе 6.....	209
<b>7. Защита от ионизирующих излучений реактора .....</b>	<b>211</b>
7.1. Радиационная защита .....	211
7.2. Ядерный реактор как источник нейтронного	
и $\gamma$ -излучения .....	213
7.3. Основы расчета радиационной защиты.....	215
Контрольные вопросы к главе 7 .....	217
<b>8. Преобразователи тепловой энергии</b>	
<b>в электрическую .....</b>	<b>218</b>
8.1. Термоэлектрические преобразователи .....	218
8.1.1. Физические основы рабочего процесса	
термоэлектрических преобразователей.....	218
8.1.2. Вольт-амперная характеристика	
и мощность термоэлемента .....	223
8.1.3. Коэффициент полезного действия	
термоэлемента .....	226
8.2. Термоэмиссионные преобразователи.....	233
8.2.1. Принцип действия термоэмиссионных	
преобразователей .....	233

8.2.2. Классификация термоэмиссионных преобразователей .....	237
8.2.3. Работа термоэмиссионного преобразователя под нагрузкой .....	240
8.2.4. Коэффициент полезного действия термоэмиссионного преобразователя.....	248
Контрольные вопросы к главе 8.....	251
9. Ядерные турбомашинные энергетические установки .....	252
9.1. Тепловые схемы и циклы ядерных газотурбинных установок .....	252
9.2. Тепловые схемы и циклы ядерных паротурбинных установок .....	262
Контрольные вопросы к главе 9.....	268
10. Устройства для отвода тепла.....	269
10.1. Общая характеристика средств теплоотвода .....	269
10.2. Массогабаритные характеристики теплоизлучающих ребер .....	271
10.3. Требуемая площадь поверхности трубчато-ребристого холодильника-излучателя.....	274
10.4. Холодильники-излучатели с использованием тепловых труб.....	280
10.5. Крупногабаритные тепловые трубы холодильника-излучателя космической ядерной энергетической установки мегаваттной мощности.....	285
Контрольные вопросы к главе 10.....	294
11. Основы устройства ядерных энергетических установок .....	295
11.1. Устройство ядерных энергетических установок с термоэлектрическим преобразователем.....	295
11.2. Устройство ядерных энергетических установок с термоэмиссионным преобразователем .....	303

<b>11.3. Ядерная энергетическая установка для межорбитального буксира «Геркулес» .....</b>	<b>310</b>
<b>11.3.1. Разработка межорбитального буксира «Геркулес»</b>	
<b>в составе системы «Энергия–Буран» .....</b>	<b>310</b>
<b>11.3.2. Работы по термоэмиссионным ЯЭУ</b>	
<b>в 1990-е и начале 2000-х годов .....</b>	<b>312</b>
<b>11.3.3. Обоснование выбора основных технических решений ЯЭУ мощностью 500 кВт</b>	
<b>для МБ «Геркулес» .....</b>	<b>314</b>
<b>11.3.4. Результаты экспериментально- испытательных работ</b>	
<b>по термоэмиссионному реактору .....</b>	<b>318</b>
<b>11.3.5. Результаты экспериментально- испытательных работ по агрегатам и модулям</b>	
<b>литиевой системы охлаждения ЯЭУ .....</b>	<b>327</b>
<b>11.3.6. Разработка и испытания</b>	
<b>высокотемпературного электротехнического оборудования ЯЭУ .....</b>	<b>339</b>
<b>11.3.7. О возможности создания</b>	
<b>термоэмиссионной ЯЭУ типа 11Б97</b>	
<b>с ресурсом 10...15 лет .....</b>	<b>340</b>
<b>11.3.8. Работы по электроракетной двигательной</b>	
<b>установке.....</b>	<b>342</b>
<b>Контрольные вопросы к разделу 11.....</b>	<b>347</b>
<b>12. Основы комплексного подхода</b>	
<b>к проектированию энергетических установок</b>	
<b>космических аппаратов.....</b>	<b>348</b>
<b>12.1. Основные задачи и этапы разработки ЭУ КА.....</b>	<b>348</b>
<b>12.2. Взаимодействие ЭУ</b>	
<b>с другими элементами и системами КА, обоснование комплексного подхода</b>	
<b>к проектированию ЭУ .....</b>	<b>351</b>
<b>12.2.1. Взаимосвязь энергетических и двигательных установок КА, систем обеспечения теплового режима КА и систем обеспечения жизнедеятельности.....</b>	<b>351</b>

12.2.2. Взаимосвязь между ЭДС космических аппаратов, выполняющих единую глобальную задачу.....	356
12.3. Математическое моделирование как основной метод исследования энергетических КА на начальном этапе проектирования.....	361
12.3.1. Понятие о моделировании КА и систем обеспечения жизнедеятельности.....	361
12.3.2. Математические модели и их классификация .....	363
12.3.3. Математические модели оптимизации .....	367
12.4. Основные методы определения оптимальных проектных параметров ЭУ и ЭДС КА .....	370
12.4.1. Классические методы математического анализа.....	370
12.4.2. Методы математического программирования .....	371
12.5. Постановка задачи определения оптимального технического облика ЭУ КА и ЭДС КА.....	373
12.5.1. Общая математическая постановка задачи определения оптимального технического облика ЭУ КА и ЭДС КА .....	373
12.5.2. Математическая постановка задачи оптимизации структуры и проектных параметров системы электроснабжения КА .....	374
12.5.3. Математическая постановка задачи оптимизации проектных параметров ЭДС КА с ЭРДУ .....	377
Контрольные вопросы к главе 12.....	383

---

<i>Приложение 1. Технико-экономическая эффективность использования многоразового межорбитального буксира на основе электроракетной двигательной установки для обеспечения больших грузопотоков при освоении Луны .....</i>	384
--	-----

<i>Приложение 2. Ядерные энергетические установки электрической мощностью 5...10 мегаватт .....</i>	412
<i>Приложение 3. Список обозначений физических величин .....</i>	430
<i>Список принятых сокращений.....</i>	468
<i>Литература.....</i>	471