

621
Г12

Б.А. Габареев
Ю.Б. Смирнов
Ю.С. Черепнин



АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА XXI века

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	8
Список основных сокращений и обозначений.....	11
Глава 1. Общие сведения о физических явлениях в ядерных реакторах	13
1.1. Фундаментальные физические открытия, приведшие к возникновению атомной энергетики	13
1.2. Свойства радиоактивных излучений.....	14
1.3. Свойства ядер. Ядерные реакции	16
1.4. Деление ядер.....	20
1.5. Энергия деления, спектры нейтронов.....	24
1.6. Рассеяние и замедление нейтронов.....	25
1.7. Коэффициент размножения. Цепная реакция деления	26
1.8. Запаздывающие нейтроны и их роль	29
1.9. Энерговыведение в реакторе	31
<i>Контрольные вопросы</i>	33
<i>Список литературы</i>	33
Глава 2. Материалы и конструкции ядерных энергетических установок.....	34
2.1. Основные элементы ядерного реактора.....	34
2.2. Ядерное топливо.....	35
2.3. Материалы в реакторостроении	39
2.3.1. Конструкционные материалы основного оборудования ядерных энергетических установок.....	39
2.3.2. Материалы органов управления реактивностью	54
2.3.3. Материалы замедлителей и отражателей	56
2.3.4. Материалы и конструктивные решения биологической защиты	57
2.4. Теплоносители ядерных установок.....	59
2.4.1. Вода	59
2.4.2. Натрий.....	61
2.4.3. Сплав свинец-висмут	62
2.4.4. Свинец.....	63
2.4.5. Органические теплоносители.....	64
2.4.6. Газовые теплоносители.....	65
2.5. Типы и конструкции тепловыделяющих элементов и тепловыделяющих сборок	66
2.5.1. Тепловыделяющие элементы	66
2.5.2. Тепловыделяющие сборки.....	70
2.6. Классификация ядерных реакторов	71
2.7. Типовые схемы энергоблоков АЭС с реакторами PWR, BWR, FR, CANDU, БН, VHTR.....	73
2.8. Основные технические характеристики энергоблоков АЭС	75
2.8.1. Атомные электростанции зарубежных стран.....	75
2.8.2. Атомные электростанции России.....	78

2.9. Конструкции и параметры отечественных реакторов.....	79
2.9.1. Конструкция и параметры реакторов РБМК	79
2.9.2. Конструкция и параметры реакторов ВВЭР	83
2.9.3. Конструкция и параметры реактора БН-600	85
Контрольные вопросы	89
Список литературы	90
Глава 3. Основные этапы развития атомной энергетики	91
3.1. Краткий исторический обзор этапов создания и развития атомной энергетики	91
3.2. Рост числа АЭС в мире	93
3.3. Распределение энергетических ядерных реакторов по регионам и странам	96
3.4. Стратегии развития ядерной энергетики	98
3.4.1. Общее состояние ядерной энергетики мира	98
3.4.2. Стратегии ведущих стран мира	102
3.5. Причины аварии на Чернобыльской АЭС	107
Контрольные вопросы	112
Список литературы	112
Глава 4. Ресурсная база атомной энергетики	114
4.1. Мировые ресурсы органического топлива (нефть, газ, уголь)	114
4.2. Мировые запасы ядерного топлива	116
4.3. Роль реакторов на быстрых нейтронах в расширении ресурсной базы атомной энергетики	120
4.4. Сценарии устойчивого развития энергетики	123
Контрольные вопросы	126
Список литературы	127
Глава 5. Экономика атомной энергетики	128
5.1. Основные экономические показатели атомной энергетики	128
5.2. Пути повышения экономичности АЭС	129
5.3. Сравнение стоимости различных способов производства электроэнергии	131
5.4. Экономические требования к развитию атомной энергетики	133
Контрольные вопросы	135
Список литературы	136
Глава 6. Ядерный топливный цикл	137
6.1. Типы ядерных топливных циклов	137
6.2. Открытый и замкнутый ЯТЦ	138
6.3. Начальная стадия ядерного топливного цикла	140
6.4. Элементный состав ОЯТ	141
6.5. Проблема обращения с отработавшим (облученным) ядерным топливом	143
6.6. Накопление ОЯТ в различных ядерных реакторах	145
6.7. Хранение ОЯТ	147
6.8. Методы переработки ОЯТ	150
6.9. Перспективные виды ядерного топлива	151
6.10. Обращение с радиоактивными отходами	156
Контрольные вопросы	159
Список литературы	159
Глава 7. Международные проекты в атомной энергетике	161
7.1. Классификация ядерных реакторов по поколениям	161
7.2. Международный проект GIF-IV	163

7.3. Международный проект INPRO	171
7.4. Программа глобального партнерства в атомной энергетике GNEP	174
<i>Контрольные вопросы</i>	175
<i>Список литературы</i>	175
Глава 8. Новые российские эволюционные и инновационные разработки в атомной энергетике	177
8.1. Эволюционные и инновационные реакторы	177
8.2. Эволюционные реакторы большой мощности	178
8.2.1. Реакторная установка ВВЭР-1000 (В-392)	178
8.2.2. Реакторная установка ВВЭР-1500	180
8.2.3. Реакторная установка МКЭР	184
8.3. Реакторы средней и малой мощности для многоцелевого использования	191
8.3.1. Дополнительные направления использования ядерной энергии	191
8.3.2. Высокотемпературный газоохлаждаемый реактор ГТ-МГР	193
8.3.3. АТЭЦ с реакторной установкой ВК-300	197
8.3.4. АТЭЦ с реакторной установкой ВВЭР-300	199
8.3.5. АТЭЦ с реакторной установкой СВБР-75/100	202
8.3.6. Плавающий энергоблок (ПЭБ) с реакторной установкой КЛТ-40С	204
8.3.7. Атомная станция малой мощности с реакторной установкой УНИТЕРМ	207
8.3.8. Атомная станция малой мощности с реакторной установкой типа АБВ	211
8.4. Инновационная ядерная энерготехнология БРЕСТ	213
<i>Контрольные вопросы</i>	221
<i>Список литературы</i>	222
Глава 9. Применение ядерной энергии в космосе	223
9.1. Энергообеспечение космических летательных аппаратов	223
9.2. Ядерные энергетические установки для космических летательных аппаратов	223
9.3. Ядерные ракетные двигатели и ядерные энергодвигательные установки для космических аппаратов	226
<i>Контрольные вопросы</i>	234
<i>Список литературы</i>	234
Приложение 1. Твэлы ядерных энергетических реакторов	235
Приложение 2. ТВС ядерных энергетических реакторов	238
Приложение 3. Типы конструкций ядерных реакторов и технологические схемы энергоблоков	241
Приложение 4. Технические характеристики некоторых энергоблоков зарубежных АЭС	247