

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
Часть I. ОСНОВЫ ФИЗИКИ РЕАКТОРОВ НА ТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНАХ	6
1. НЕОБХОДИМЫЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ	6
1.1. Основные величины и их единицы в масштабах атома	6
1.2. Типы взаимодействия элементарных частиц	7
1.3. Основные ядерные частицы	8
1.4. Постулаты модели атома Бора	8
1.5. Нуклиды	9
1.6. Энергия связи ядер	9
1.7. Получение ядерной энергии	11
1.8. Основные виды радиоактивного распада ядер	11
1.9. Закон радиоактивного распада ядер	12
1.10. Действие ядерных сил в ядре	14
1.11. Устойчивые и неустойчивые ядра	14
1.12. Капельная модель ядра	16
1.13. Другие модели ядра	17
2. НЕОБХОДИМЫЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ	19
2.1. Нейтроны	19
2.2. Характеристики поля нейтронов	20
2.3. Эффективное сечение взаимодействия	22
2.4. Макроскопическое сечение	23
2.5. Длина пробега и длина диффузии	24
2.6. Взаимодействие нейтронов с ядрами	25
2.7. Зависимость сечения от температуры среды	28
2.8. Деление ядра	29
2.9. Делящиеся и воспроизводящие нуклиды	32
2.10. Основные характеристики реакций деления	32
2.11. Скорость реакции и энерговыделение в реакторе	38
2.12. Остаточное энерговыделение	39
2.13. Замедление и формирование спектра нейтронов в активной зоне	40
3. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ИЗ ФИЗИКИ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ	44
3.1. Замедлитель нейтронов	44
3.2. Замедляющая способность	46
3.3. Коэффициент замедления	46
3.4. Коэффициент размножения нейтронов в бесконечной среде k_{∞}	47
3.5. Формула четырех сомножителей	48
3.6. Эффективный коэффициент размножения	49
3.7. Эффект замедления	50
3.8. Влияние отражателя	51
3.9. Пространственное распределение потоков быстрых и тепловых нейтронов	52

4. ОСНОВЫ РАСЧЕТОВ РЕАКТОРОВ	55
4.1. Задача расчета переноса нейтронов и используемые приближения	55
4.2. Общий вид диффузионного уравнения	56
4.3. Диффузионное уравнение для тепловых нейтронов и его решение для простых геометрий	58
4.4. Диффузионно-возрастное приближение	63
4.5. Условия критичности в диффузионно-возрастном приближении	65
4.6. Возраст нейтрона	67
4.7. Площадь миграции нейтронов	68
4.8. Многогрупповое диффузионное приближение	70
5. ЭФФЕКТЫ РЕАКТИВНОСТИ	73
5.1. Понятие реактивности	73
5.2. Понятие эффекта и коэффициента реактивности	74
5.3. Температурный коэффициент реактивности	76
5.4. Компенсация реактивности	78
6. ВЫГОРАНИЕ, ОТРАВЛЕНИЕ И ШЛАКОВАНИЕ РЕАКТОРА	80
6.1. Продукты деления	80
6.2. Накопление и выведение ^{135}Xe	80
6.3. Влияние ксенона на работу реакторов в переходных режимах	80
6.4. Ксеноновые колебания	84
6.5. Отравление ^{149}Sm	86
6.6. Отравление реактора другими нуклидами	88
6.7. Глубина выгорания	88
7. ОСНОВЫ ДИНАМИКИ РЕАКТОРА	90
7.1. Простейшая модель динамики реактора	90
7.2. Уравнение точечной кинетики	93
7.3. Решения уравнений точечной кинетики	94
7.4. Зависимость периода реактора от реактивности	98
7.5. Некоторые практические аспекты применения уравнения кинетики реактора	100
8. РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕАКТОРА	102
8.1. Органы регулирования, СУЗ	102
8.2. Типы поглощающих стержней	102
8.3. Эффективность поглощающих стержней	103
8.4. Умножение нейтронов в подкритическом реакторе	106
8.5. Зависимость потока от скорости ввода реактивности при выводе реактора на МКУ	108
Часть II. ОСОБЕННОСТИ ФИЗИКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВВЭР	111
9. УСТРОЙСТВО ВВЭР	111
9.1. Основные теплофизические характеристики ВВЭР	111
9.2. Корпус реактора и внутрикорпусные устройства	112
9.3. Активная зона	116
9.4. Системы управления и защиты	120
9.5. Системы контроля реактора	127
10. ОСОБЕННОСТИ НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИХ И ТЕПЛО-ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АКТИВНОЙ ЗОНЫ ВВЭР	136
10.1. Постановка задачи при выборе конструкции активной зоны ВВЭР	136

10.2. Обеспечение безопасности при отводе тепла от активной зоны	137
10.3. Оптимизация неравномерности распределения энерговыделения топливных загрузок	138
10.4. Особенности нейтронно-физических характеристик ВВЭР	140
10.5. Регулирование	148
11. МЕТОДИКИ РАСЧЕТА НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЗАГРУЗОК	161
12. ВОПРОСЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ	167
12.1. Управление и контроль за управлением активной зоной при выводе реактора на мощность	167
12.2. Управление и контроль за активной зоной при работе на мощности	170
12.3. Управление и контроль за активной зоной при плановом останове	172
12.4. Вывод борной кислоты с помощью ионообменных фильтров	173
12.5. Обеспечение надкритического состояния активной зоны остановленного реактора	174
12.6. Влияние ксенона и самария на регулирование при переходных процессах	174
12.7. Подавление ксеноновых колебаний	176
13. ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ	177
13.1. Ядерные инциденты	177
13.2. Локальная критическая масса	177
13.3. Потеря управления цепной реакцией	179
13.4. Нарушение теплоотвода от активной зоны	181

Часть III. ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ЭКСПЛУАТАЦИИ РБМК-1000

14. УСТРОЙСТВО РБМК-1000 (ИСХОДНЫЙ ПРОЕКТ)	197
14.1. Металлоконструкции реактора и радиационная защита	197
14.2. Активная зона	200
14.3. Твэл РБМК-1000	202
14.4. ТВС	203
14.5. Дополнительные поглотители	205
14.6. Стержни СУЗ	207
15. СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ	214
15.1. Контроль и регулирование распределения энерговыделения в активной зоне	214
16. ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РБМК-1000	219
16.1. Графит, его характеристики	219
16.2. Уран-графитовое отношение	224
16.3. Размножающие свойства решетки каналов РБМК-1000	226
16.4. Длина миграции нейтронов в решетке РБМК-1000	228
16.5. Баланс нейтронов. Использование уран-эрбиевого топлива	232
17. НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ, ПРОВОДИМЫЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ РБМК-1000	236
18. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БЕЗОПАСНОСТИ РБМК-1000	239

18.1. Вывод реактора в критическое состояние	239
18.2. Отравление реактора РБМК-1000 ксеноном и самарием . . .	243
18.3. Надежная система теплоотвода от твэлов	253
18.4. Эффекты и коэффициенты реактивности РБМК-1000. Влияние изменения параметров реактора на его реактивность	255
18.5. Эффекты реактивности при обезвреживании КМПЦ и КО СУЗ	266
19. БЕЗОПАСНОСТЬ РЕАКТОРА	270
19.1. Эффективность системы управления и защиты РБМК-1000	270
19.2. Анализ некоторых инцидентов, произошедших на РБМК-1000	273

ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СОКРАЩЕНИЙ	281
АЛФАВИТНО-ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	284