

УДК 621.039.524(075.8)

ББК 31.46я73

Ф50

Авторы

В.И. Бойко, Ф.П. Кошелев,
И.В. Шаманин, Г.Н. Колпаков, О.В. Селиваникова

Физический расчет ядерного реактора на тепловых нейтронах:
Ф50 учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 504 с.

В учебном пособии содержатся необходимые сведения по проектированию реакторной части ядерно-энергетической установки на тепловых нейтронах. Это позволяет выбрать материалы и обосновать конструкцию активной зоны реактора, выполнить нейтронно-физический и теплогидравлический расчет, расчет защиты, а также определить параметры различных состояний реактора.

Пособие разработано в рамках реализации Инновационной образовательной программы ТПУ по направлению «Атомная энергетика, ядерный топливный цикл, безопасное обращение с радиоактивными отходами и отработанным ядерным топливом, обеспечение безопасности и противодействие терроризму» и предназначено для студентов и магистрантов, обучающихся по физико-техническим специальностям.

УДК 621.039.524(075.8)

ББК 31.46я73

Рецензенты

Доктор физико-математических наук, профессор ТПУ
А.П. Вергун

Доктор физико-математических наук, профессор ТГУ
И.М. Васенин

© Авторы, 2009

© Томский политехнический университет, 2009

© Оформление. Издательство Томского
политехнического университета, 2009

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
I. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ РЕАКТОРА И ВЫБОР ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ АКТИВНОЙ ЗОНЫ	
1.1. Водно-водяные энергетические реакторы (ВВЭР)	12
1.2. Реакторы с графитовым замедлителем	17
1.3. Тепловыделяющие элементы реакторов	28
1.4. Ядерно-топливные материалы	30
1.5. Материалы оболочек тепловыделяющих элементов	31
1.6. Топливные кассеты и сборки	33
1.7. Выгорающие поглотители нейтронов для компенсации избыточной реактивности	35
1.8. Биологическая защита реактора (конструкции, материалы)	35
2. НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КРИТИЧЕСКОГО СТАЦИОНАРНОГО РЕАКТОРА	
2.1. Предварительный расчёт	41
2.2. Ядерно-физические характеристики «холодного» реактора	43
2.3. Оптимизация параметров ячейки и расчет коэффициента размножения	46
2.4. Расчёт эффективного коэффициента размножения	77
2.5. Температурные эффекты реактивности	79
2.6. Многогрупповой расчёт, спектр и ценности нейтронов в активной зоне. Подготовка параметров для двухгруппового расчета	96
2.7. Пространственно-энергетическое распределение нейтронов. Уточнение $K_{эф}$	101
2.8. Предварительный расчёт системы органов регулирования	105
3. ПАРАМЕТРЫ НЕСТАЦИОНАРНЫХ И ПЕРЕХОДНЫХ НЕЙТРОННО-ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	
3.1. Эффекты реактивности при отравлении реактора	110
3.2. Расчеты нуклидного состава и характеристик, связанных с выгоранием топлива, образованием продуктов деления и актинидов	129
3.3. Управление мощностью реактора	143

4. РАСЧЁТ ОБЪЁМНЫХ И ЛИНЕЙНЫХ ПЛОТНОСТЕЙ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЯ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ ПО ДЛИНЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КАНАЛА	162
4.1. Максимальные значения величин	162
4.2. Расчёт значений q_v , q_e и q_s по высоте наиболее энергонапряжённого (центрального) ТК	164
4.3. Расчёт температурного состояния ТН по длине ТК	165
4.4. Расчёт коэффициентов теплоотдачи с поверхности твэл	168
4.5. Расчёт распределения температуры в твэл	170
4.6. Распределение температуры в блоке замедлителя	173
4.7. Распределение температуры в органах регулирования	175
4.8. Гидравлический расчёт ТК	177
4.9. Оценка критических тепловых потоков	178
4.10. Оценка напряжённого состояния элементов конструкции ТК	179
4.11. Использование вычислительной техники при выполнении курсового проекта	180
5. ПАРАМЕТРЫ ПЕРВИЧНОЙ ЗАЩИТЫ РЕАКТОРА	207
5.1. Расчет потоков быстрых и тепловых нейтронов на поверхности активной зоны	207
5.2. Ослабление нейтронного излучения в первичной защите	209
5.3. Расчет мощности дозы нейтронного излучения	210
5.4. Расчет мощности гамма-излучения активной зоны (первичное гамма-излучение)	210
5.5. Расчет захватного (вторичного) гамма-излучения в защите	213
5.6. Расчет прохождения гамма-излучения через защиту	215
5.7. Расчет мощности дозы гамма-излучения за защитой	216
5.8. Расчет радиационной защиты корпуса реактора	217
5.9. Расчет радиационно-стимулированного тепловыделения в защите	219
5.10. Определение температуры радиационного разогрева бетона	220
5.11. Расчет активности теплоносителя первого контура	221
ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ НА КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ	226
ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ:	
Часть 1. (пример)	232
ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ:	
Часть 2. (пример)	280
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	335
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	382
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	499