

В. П. Поваров, В. Ф. Украинцев,
Е.И. Голубев, М.М. Жук



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
В АКТИВНОЙ ЗОНЕ ВВЭР-1200

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ



НОВОВОРОНЕЖСКАЯ

АЭС

РОСАТОМ

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ	6
ПРЕДИСЛОВИЕ	12
1. ВВЕДЕНИЕ	14
2. АКТИВНАЯ ЗОНА РЕАКТОРА ВВЭР-1200	18
2.1. Принципиальные основы формирования активной зоны	18
2.2. Описание активной зоны	24
2.3. Нейтронно-физические характеристики активной зоны	37
2.4. Перегрузка активной зоны реактора	42
3. ПЕРВАЯ ЗАГРУЗКА ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА ВВЭР-1200	46
3.1. Готовность энергоблока к первой загрузке ядерного топлива	46
3.2. Дополнительное оборудование для первой загрузки	52
3.3. Порядок проведения первой загрузки	54
4. ИЗМЕРЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ БОРНОЙ КИСЛОТЫ	57
5. СРЕДСТВА РАСЧЕТА И ИЗМЕРЕНИЯ НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК	67
5.1. Программы для нейтронно-физических расчетов	67
5.2. Аппаратно-программный измерительный комплекс для проведения нейтронно-физических измерений	74
5.3. Средства для нейтронно-физических измерений	81
5.4. Учет пространственных эффектов реактивности	90
6. АППАРАТУРА КОНТРОЛЯ НЕЙТРОННОГО ПОТОКА	93
6.1. Назначение и состав АКНП	93
6.2. Взаимосвязь АКНП со смежными системами	98
6.3. Технические характеристики оборудования АКНП	99
7. СИСТЕМА ВНУТРИРЕАКТОРНОГО КОНТРОЛЯ	107
7.1. Назначение и состав СВРК	107
7.2. Взаимосвязь СВРК со смежными системами	113
7.3. Основные решения для реализации функций СВРК	113
7.4. Расчеты по СВРК	125

8. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АКТИВНОЙ ЗОНЫ РЕАКТОРА ПРИ ФИЗИЧЕСКОМ ПУСКЕ ЭНЕРГОБЛОКА № 1 НОВОВОРОНЕЖСКОЙ АЭС-2	132
8.1. Вывод реактора в критическое состояние	132
8.2. Определение максимально допустимых токов ионизационных камер, подключенных к измерителям реактивности	136
8.3. Измерения мощностного коэффициента реактивности	137
8.4. Измерение эффективности ОР СУЗ и оценка асимметрии	139
8.5. Эффективность аварийной защиты	142
8.6. Дифференциальная и интегральная эффективности групп ОР СУЗ	149
8.7. Коэффициент реактивности по концентрации борной кислоты	155
8.8. Измерение эффективности группы УПЗ	155
8.9. Определение эффективностей отдельных органов ОР СУЗ, извлекаемых из погруженных управляющих групп	157
8.10. Температурный и плотностной коэффициенты реактивности	159
8.11. Интегральная эффективность отдельных групп ОР СУЗ	162
8.12. Сравнение измеренных НФХ, полученных на энергоблоках ВВЭР-1200	166
9. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В ПРОЦЕССЕ ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ЭНЕРГОБЛОКЕ № 1 НВ АЭС-2	167
9.1. Методика определения коэффициентов реактивности на мощности ...	167
9.2. Результаты измерения НФХ на мощности	168
9.3. Анализ результатов измерения НФХ на мощности	175
10. ПРОГРАММА «ИМИТАТОР РЕАКТОРА»	176
11. АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ МОЩНОСТЬЮ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ЭНЕРГОВЫДЕЛЕНИЯ РЕАКТОРА	183
11.1. Основы управления распределением энерговыделения	183
11.2. Контроль энерговыделения	185
11.3. Пространственные ксеноновые процессы	189
11.4. Алгоритмы управления в условиях нормальной эксплуатации	190

12. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ И ХАРАКТЕРИСТИК АКТИВНОЙ ЗОНЫ ЭНЕРГБЛОКА № 1 НВАЭС-2 ПРИ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССАХ НА КСЕНОНЕ. 197

12.1. Ксеноновый переходный процесс, вызванный увеличением мощности от критического состояния до 40 % $N_{ном}$	198
12.2. Ксеноновый переходный процесс, вызванный увеличением мощности от 40 до 75 % $N_{ном}$	200
12.3. Ксеноновый переходный процесс, вызванный увеличением мощности от 75 до 100 % $N_{ном}$	202
12.4. Свободные ксеноновые колебания мощности реактора	204
12.5. Анализ результатов испытаний интегральных переходных ксеноновых процессов	209
12.6. Проверка характеристик аксиальных ксеноновых колебаний	210
12.7. Анализ результатов испытаний пространственных переходных ксеноновых процессов	220

13. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ И ХАРАКТЕРИСТИК АКТИВНОЙ ЗОНЫ ЭНЕРГБЛОКА №1 ЛАЭС-2 ПРИ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССАХ НА КСЕНОНЕ 221

13.1. Результаты исследования поведения реакторной установки и характеристик активной зоны реактора энергоблока № 1 ЛАЭС-2 в переходном процессе на ксеноне, вызванном малым снижением ее мощности.	221
13.2. Результаты исследования поведения реакторной установки и характеристик активной зоны реактора энергоблока № 1 ЛАЭС-2 в переходном процессе на ксеноне, вызванном малым увеличением ее мощности	234

14. ЗАКЛЮЧЕНИЕ 246

15. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 248

ПРИЛОЖЕНИЕ. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕННЫХ НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭНЕРГБЛОКА №1 НВ АЭС-2 . . . 252

П.1. Измерение эффективности ОР СУЗ и оценка асимметрии.	252
П.2. Дифференциальная и интегральная эффективности групп ОР СУЗ	259