

Т.И. Петрова, В.Н.Воронов, Б.М.Ларин

Технология организации водно-химического режима атомных электростанций

Второе издание, стереотипное

Допущено УМО вузов России по образованию в области энергетики
и электротехники в качестве учебного пособия для студентов вузов,
обучающихся по специальности «Атомные электростанции и установки»
направления подготовки «Техническая физика» и специальности
«Технология воды и топлива на тепловых и атомных электрических станциях»
направления подготовки «Теплоэнергетика»

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ ВУЗОВ



Москва
Издательский дом МЭИ
2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	9
Введение	11
Часть I. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В КОНТУРАХ АЭС С ВОДНЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ	13
Глава 1. Поступление примесей в пароводяной тракт АЭС и основные конструкционные материалы	13
Контрольные вопросы к главе 1	15
Глава 2 Физико-химические основы процессов коррозии конструкционных материалов	16
2.1. Общие положения	16
2.2. Электрохимическая коррозия	18
2.3. Влияние внутренних и внешних факторов на коррозию	25
Контрольные вопросы к главе 2	33
Глава 3. Образование защитных оксидных пленок на поверхности металла	35
3.1. Факторы, влияющие на образование защитных пленок	35
3.2. Диаграммы состояний для соединений меди и железа в воде	38
Контрольные вопросы к главе 3	44
Глава 4. Изменение свойств теплоносителя в пароводяном тракте АЭС. Образование паровых растворов малолетучих примесей	45
4.1. Общие положения	45
4.2. Изменение свойств воды	47
4.3. Образование паровых растворов	50
4.4. Зависимость растворимости веществ от плотности растворителя ...	53
Контрольные вопросы к главе 4	62
Глава 5. Поступление примесей из кипящей воды в насыщенный пар	63
5.1. Загрязнение насыщенного пара вследствие механического уноса ...	63
5.2. Физико-химические основы распределения примесей между кипящей водой и насыщенным паром	65
Контрольные вопросы к главе 5	78
Глава 6. Поведение органических соединений в пароводяном тракте АЭС и их влияние на работу оборудования	79
6.1. Поступление органических примесей в пароводяной тракт АЭС. ...	79
6.2. Термическое разложение органических примесей в пароводяном тракте	83

6.3. Загрязнение пара органическими примесями	86
6.4. Поведение органических примесей в зоне фазового перехода паровых турбин	87
Контрольные вопросы к главе 6.	89
Глава 7. Образование отложений на теплопередающих поверхностях оборудования АЭС	90
7.1. Условия образования отложений продуктов коррозии конструкционных материалов на поверхностях тепловыделяющих элементов и в парогенераторе	90
7.2. Образование отложений, состоящих из соединений кальция и магния	96
Контрольные вопросы к главе 7.	99
Глава 8. Поведение примесей в турбинах	100
8.1. Основные причины коррозии проточной части паровых турбин	100
8.2. Образование отложений	101
Контрольные вопросы к главе 8.	103
Часть II. МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ВОДНОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ	104
Глава 9. Основные показатели качества природных вод	104
9.1. Основные положения	104
9.2. Прозрачность	109
9.3. Цветность	109
9.4. Показатели концентрации ионов водорода	109
9.5. Удельная электрическая проводимость	110
9.6. Окисляемость	111
9.7. Сухой остаток	111
9.8. Взвешенные вещества	111
9.9. Жесткость	112
9.10. Щелочность	112
Контрольные вопросы к главе 9.	113
Глава 10. Предварительная очистка природной воды	114
10.1. Назначение предварительной очистки воды	114
10.2. Коагулянты, применяемые в энергетике	115
10.3. Интенсификация процессов коагуляции	117
10.4. Обработка воды в осветлителе	127
10.5. Механическое фильтрование	133
Контрольные вопросы к главе 10.	143
Глава 11. Ионный обмен	144
11.1. Сущность процесса ионного обмена	144
11.2. Строение ионитов	146
11.3. Катиониты и аниониты	148
11.4. Солевые формы ионитов	150
11.5. Получение ионитов	150
11.6. Свойства ионитов	151

11.7. Характеристика некоторых синтетических ионитов, производимых отечественной промышленностью	159
11.8. Закономерность ионного обмена в статических условиях	160
11.9. Влияние pH на обменную емкость ионитов	164
11.10. Кинетика ионного обмена	166
11.11. Динамика ионного обмена	168
Контрольные вопросы к главе 11	178

Глава 12. Технологические схемы обработки природной воды на АЭС 179

12.1. Общие положения	179
12.2. Краткая характеристика работы и состав оборудования водоподготовительной установки на примере Калининской АЭС	181
12.3. Результаты промышленных испытаний слабоосновных анионитов А-845 и А-847 в фильтрах первой ступени установки химического обессоливания Смоленской АЭС	186
12.4. Конструкции ионообменных фильтров	191
12.5. Промышленные испытания намывных ионитных фильтров	196
12.6. Технология обработки воды методом обратного осмоса	199
Контрольные вопросы к главе 12	202

Часть III. ВОДНО-ХИМИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ АЭС. 203

Глава 13. Водно-химические режимы двухконтурных АЭС 203

13.1. Схема энергоблока АЭС с реакторами ВВЭР-1000	203
13.2. Краткая характеристика основного оборудования энергоблока с реакторами ВВЭР-1000	204
13.3. Водно-химический режим первого контура	207
13.3.1. Характеристика и функциональное назначение водно-химического режима первого контура	207
13.3.2. Технические средства ведения водно-химического режима первого контура	210
13.3.3. Ведение водно-химического режима первого контура при работе энергоблока на энергетических уровнях мощности ...	214
13.3.4. Нормы и требования к качеству подпиточной воды первого контура	216
13.3.5. Объем и периодичность химического контроля технологической среды первого контура	217
13.3.6. Особенности применения средств автоматизированного химического контроля	220
13.4. Водно-химические режимы второго контура	221
13.4.1. Характеристика и назначение водно-химического режима второго контура	221
13.4.2. Водно-химический режим при работе энергоблока на энергетических уровнях мощности менее 50 % номинальной $N_{\text{ном}}$	223
13.4.3. Водно-химический режим при работе энергоблока на энергетических уровнях мощности более 50 % номинальной $N_{\text{ном}}$	225

13.4.4. Водно-химический режим при подготовке к пуску после планово-предупредительного ремонта	227
13.4.5. Водно-химический режим при останове оборудования и консервации второго контура	228
Контрольные вопросы к главе 13	229
Глава 14. Технологическая схема и краткая характеристика основного оборудования энергоблоков РБМК-1000	230
Контрольные вопросы к главе 14	232
Глава 15. Водно-химический режим энергоблоков с реакторами РБМК-1000	233
15.1. Функциональное назначение водно-химического режима на АЭС с реакторами РБМК	233
15.2. Особенности организации водно-химического режима на АЭС с реакторами РБМК	234
15.3. Некоторые особенности вывода примесей из турбинного конденсата и реакторной воды	242
15.4. Выбор контролируемых показателей качества воды и пара	246
Контрольные вопросы к главе 15	249
Глава 16. Водно-химические режимы АЭС с корпусными кипящими реакторами	250
Контрольные вопросы к главе 16	259
Глава 17. Водно-химические режимы АЭС с реакторами на быстрых нейтронах	260
Контрольные вопросы к главе 17	271
Список литературы	272