В.В. Сорокин

Парогенераторы АЭС

Для студентов учреждений высшего образования

Оглавление

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ 3

ВВЕДЕНИЕ 7

РАЗДЕЛ I. **ПАРОГЕНЕРАТОРЫ АЭС** 9

Глава 1. **Парогенераторы реакторных установок с водой под давлением** 9

1.1. Парогенератор реакторной установки ВВЭР 9
1.2. Место парогенератора на энергоблоке АЭС с ВВЭР 12
1.3. Термодинамический цикл с насыщенным паром 19
1.4. Парогенератор ПГВ-1000 МКО реакторной установки ВВЭР-ТОИ 22
1.5. Парогенераторы зарубежных реакторных установок с водой под давлением . . . 26
1.6. Сравнение парогенераторов реакторных установок с водой под давлением 29

Глава 2. **Парогенераторы реакторных установок с другими теплоносителями** 36

2.1. Парогенераторы реакторных установок БН 36
2.2. Парогенераторы газоохлаждаемых реакторов 46
2.3. Парогенератор РУ БРЕСТ-ОД-300 55

Глава 3. **Требования к парогенераторам** 61

3.1. Требования норм безопасности к парогенератору 61
3.2. О лицензировании 69

РАЗДЕЛ II. **ПРОЦЕССЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПАРА В ПАРОГЕНЕРАТОРЕ** . . . 73

Глава 4. **Тепловые и гидродинамические процессы** 73

4.1. Общие характеристики парогенераторов 73
4.2. Процесс кипения в парогенераторе 76
4.2.1. Свойства кипения 76
4.2.2. Теоретические подходы к моделированию кипения 81
4.2.3. Свойства течения теплоносителя 83
4.3. Движение сред в парогенераторе 86

Глава 5. **Физико-химические процессы на поверхности теплообмена** 92

5.1. Отказы при эксплуатации ПГВ-1000 92
5.2. Водно-химический режим с использованием тяжелых аминов 96
5.3. Типы коррозионных дефектов теплообменных трубок 98
5.4. Основные механизмы повреждения теплообменных трубок 101

Глава 6. **Водный режим парогенератора с многократной циркуляцией** 106

6.1. Водно-химический режим первого контура ВВЭР-1200 106
6.1.1. Общие положения 106

6.1.2. Работа энергоблока на мощности более 50% номинальной 109
6.1.3. Работа энергоблока на мощности в диапазоне от 30 до 50% номинальной . . . 110
6.1.4. Работа энергоблока в «горячем» состоянии, в состоянии «реактор на МКУ мощности» и на мощности менее 30% номинальной 111
6.1.5. Расхолаживание реакторной установки, «холодное» состояние энергоблока и состояния «останов для ремонта» или «перегрузка топлива» 113
6.1.6. Пуск энергоблока из «холодного» состояния, после состояний «перегрузка топлива» или «останов для ремонта» 114
6.1.7. Действия при отклонении нормируемых показателей качества теплоносителя 115
6.1.8. Требования к качеству подпиточной воды, воды вспомогательных систем и растворов борной кислоты систем безопасности реакторной установки 118
6.1.9. Основные требования к организации химического контроля 120
6.2. Водно-химический режим второго контура ВВЭР-1200 122
6.2.1. Общие положения 122
6.2.2. Нормы качества рабочей среды второго контура парогенератора 124
6.2.3. Методы обеспечения и поддержания водно-химического режима 128
6.2.4. Химический контроль качества сред второго контура 130
6.3. Проблемы новых водно-химических режимов АЭС с ВВЭР 132

РАЗДЕЛ III. **РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПАРОГЕНЕРАТОРОВ АЭС** 135

Глава 7. **Парогенераторы ПГВ-1000 МКП** 135

7.1. Устройство парогенератора ПГВ-1000 МКП 135
7.2. Коллекторы парогенератора 141
7.3. Теплообменные трубки 143
7.4. Внутрикорпусные устройства 147
7.5. Уровнемеры 154
7.6. Контроль парогенератора 157

Глава 8. **Парогенератор ПГВ-1000 МКП на энергоблоке** 158

8.1. Связи парогенератора с системами энергоблока 158
8.2. Система основной питательной воды 160
8.3. Система вспомогательной питательной воды 165
8.4. Система аварийной питательной воды 168
8.5. Система свежего пара 172
8.6. Система подпитки второго контура 177
8.7. Система продувки парогенератора 180
8.8. Система пассивного отвода тепла через парогенераторы 184
8.9. Система аварийного газоудаления 188

Глава 9. **Расчет парогенератора** 191

9.1. Тепловой расчет 191
9.2. Поверочные тепловые расчеты 194
9.3. Гидравлический расчет 195

9.4. Конструктивные прочностные расчеты 196
9.5. Расчет сепарационных устройств и водного режима 197

Глава 10. **Вопросы эксплуатации парогенераторов** 198

10.1. О надежности и экономичности 198
10.2. О блочной обессоливающей установке 199
10.3. Химические промывки парогенераторов АЭС с ВВЭР 201
10.4. Дезактивация парогенераторов АЭС с ВВЭР 208
10.5. Консервация парогенераторов АЭС с ВВЭР 210

ПРИЛОЖЕНИЕ 211

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 225