

# Оглавление

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ .....	3
ВВЕДЕНИЕ .....	7
<b>РАЗДЕЛ I. ПАРОГЕНЕРАТОРЫ АЭС .....</b>	<b>9</b>
<i>Глава 1. Парогенераторы реакторных установок с водой под давлением .....</i>	<i>9</i>
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
<i>Глава 2. Парогенераторы реакторных установок с другими теплоносителями .....</i>	<i>36</i>
2.1. Парогенераторы реакторных установок БН .....	36
2.2. Парогенераторы газоохлаждаемых реакторов .....	46
2.3. Парогенератор РУ БРЕСТ-ОД-300 .....	55
<i>Глава 3. Требования к парогенераторам .....</i>	<i>61</i>
3.1. Требования норм безопасности к парогенератору .....	61
3.2. О лицензировании .....	69
<b>РАЗДЕЛ II. ПРОЦЕССЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПАРА В ПАРОГЕНЕРАТОРЕ ...</b>	<b>73</b>
<i>Глава 4. Тепловые и гидродинамические процессы .....</i>	<i>73</i>
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
<i>Глава 5. Физико-химические процессы на поверхности теплообмена .....</i>	<i>92</i>
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
<i>Глава 6. Водный режим парогенератора с многократной циркуляцией .....</i>	<i>106</i>
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. Проверочные тепловые расчеты . . . . .	194
9.3. Гидравлический расчет . . . . .	195

9.4. Конструктивные прочностные расчеты . . . . .	196
9.5. Расчет сепарационных устройств и водного режима . . . . .	197
<i>Глава 10. Вопросы эксплуатации парогенераторов . . . . .</i>	<i>198</i>
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. Деактивация парогенераторов АЭС с ВВЭР . . . . .	208
10.5. Консервация парогенераторов АЭС с ВВЭР . . . . .	210
ПРИЛОЖЕНИЕ . . . . .	211
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ . . . . .	225

