

Б.М. Ларин, Е.Н. Бушуев

ОСНОВЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ НА ТЭС и АЭС

Третье издание, стереотипное

Допущено УМО по образованию в области энергетики
и электротехники в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальности 140103 — «Технология воды
и топлива на тепловых и атомных электрических станциях»
направления подготовки 140100 — «Теплоэнергетика»



Издательский дом МЭИ
2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Основные сокращения и обозначения	6
Предисловие	7
Часть первая. ОБЩАЯ ТЕОРИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОДНОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ	9
Глава первая. Математическое моделирование и решение инженерных задач с применением компьютера	9
1.1. Математическая модель технического объекта	9
1.2. Виды математических моделей	14
1.3. Основные этапы решения инженерных задач с применением компьютера	19
1.4. Вычислительный эксперимент	21
Контрольные вопросы и задачи	22
Глава вторая. Вычислительные задачи и методы их решения	23
2.1. Исследование и решение вычислительных задач	23
2.2. Общая характеристика вычислительных методов	25
2.3. Источники погрешностей результата численного решения задачи ..	29
2.4. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений	30
2.5. Основы оптимизации технологических процессов	36
2.6. Математические методы обработки результатов измерений	40
2.7. Корреляционный анализ	55
2.8. Составление эмпирических формул	60
2.9. Интерполяция	72
2.10. Оценка адекватности математической модели	76
2.11. Требования к вычислительным алгоритмам и программам	77
Контрольные вопросы и задачи	80
Часть вторая. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДООБРАБОТКИ НА ТЭС И АЭС	82
Введение	82
Глава третья. Математическая модель водных растворов электролитов	83
3.1. Общие закономерности	83
3.2. Учет в математической модели эффекта образования ионных пар ..	91
3.3. Математическая модель электрической проводимости растворов электролитов	99
3.4. Расчет коэффициентов активности ионов в водных растворах электролитов :	114
3.5. Относительная динамическая вязкость водного раствора	120
3.5.1. Монорастворы электролитов	120
3.5.2. Растворы смеси электролитов	124

3.6. Практическое использование математической модели электрической проводимости водных растворов электролитов	126
3.6.1. Алгоритм и программа, реализующие ММ электрической проводимости	126
3.6.2. Влияние концентрации и температуры в моно растворах сильных электролитов	128
3.6.3. Расчет физико-химических характеристик в растворах смеси электролитов	131
Контрольные вопросы и задачи	134
Глава четвертая. Математическая модель изменения показателей качества воды по стадиям обработки	
Введение	136
4.1. Общая характеристика задачи	136
4.2. Математическое моделирование расчета показателей качества осветленной воды	138
4.3. Математическое моделирование расчета фильтрата ионитных фильтров	140
4.4. Вариантный анализ математической модели изменения показателей качества воды по стадиям химического обессоливания	150
Контрольные вопросы и задачи	158
Глава пятая. Математическое моделирование при проектировании ВПУ ТЭС и АЭС	
Введение	160
5.1. Математическая модель схемы обработки воды на ТЭС	160
5.2. Математические модели отдельных элементов схем ВПУ	164
5.2.1. Математическая модель осветлителя	164
5.2.2. Математическая модель ступени механического фильтрования	165
5.2.3. Математическая модель ионитного фильтра	166
5.2.4. Математическая модель ступени ионитных фильтров	173
5.2.5. Водная часть ММ испарительной установки	176
5.3. Показатели работы схем обработки воды	178
Контрольные вопросы и задачи	184
Глава шестая. Математическое моделирование систем автоматического химического контроля (АХК) за процессами водоподготовки на ТЭС и АЭС	
6.1. Математические модели, лежащие в основе систем АХК и оценки состояния работы ионитной установки	186
6.1.1. Упрощенная модель электрической проводимости в практике химконтроля природных и технологических вод	189
6.1.2. Модель изменения ионных равновесий и автоматизированный химконтроль при химическом обессоливании воды	198
6.1.3. Метрологическое обеспечение автоматизированного химконтроля	205
6.1.4. Математическая модель изменения показателей качества воды на стадиях обработки в системе АХК за Na-катионитной установкой	207

6.2. Теоретическая и эмпирические модели электрической проводимости в задачах химконтроля испарительных установок и растворов смеси электролитов	209
6.2.1. Математическая модель ионных равновесий дистиллята	209
6.2.2. Эмпирическая модель электрической проводимости в концентрированных растворах смеси электролитов	213
6.2.3. Метод автоматизированного контроля минерализации концентрата продувки испарителя	221
6.3. Математическая модель системы обработки данных по регенерациям ионитов с использованием измерения электрической проводимости	224
Контрольные вопросы и задачи	229
Глава седьмая. Математические модели и системы АХК водного режима энергоблоков ТЭС и АЭС	230
7.1. Поведение теплоносителя и воднохимический режим (ВХР) энергоблоков ТЭС и АЭС	230
Введение	230
7.1.1. Изменение свойств воды с ростом параметров	230
7.1.2. Изменение электрофизических свойств воды и водных растворов электролитов	233
7.1.3. Расчет температурной зависимости ионного произведения, удельной электрической проводимости, рН воды в предельно разбавленных растворах электролитов.	234
7.1.4. Нормирование качества теплоносителя энергоблоков ТЭС и АЭС	242
7.2. Математические модели ионных примесей в конденсате и питательной воде энергетических котлов ТЭС	246
7.3. Математическая модель системы АХК обработки продувочной воды парогенераторов на АЭС с ВВЭР	253
7.4. Особенности расчета ионных равновесий в водах типа конденсатов	257
7.5. Математическая модель ионных равновесий в котловой воде.	262
7.6. Автоматический контроль концентрации органических примесей в теплоносителе прямоточных котлов.	273
Контрольные вопросы и задачи	281
Заключение.	283
Библиографический список	285
Приложение. Справочные данные. Некоторые статистические и физико-химические величины	292