

УДК 532.542:004.94(075.8)
ББК 22.253.3с51я73+38.761.1с51я73
Н48

Рецензенты:

кафедра "сельскохозяйственных" машин УрГСХА (завкафедрой
канд. техн. наук проф. А. Н. Зеленин);
канд. техн. наук проф. кафедры «Мехатроника» Уральского
государственного университета путей сообщения В. М. Таугер

Научный редактор – канд. хим. наук доц. Ю. В. Аникин

Некрасов, А. В.

Н48 Компьютерное моделирование гидродинамических
процессов систем водоснабжения : учеб. пособие /
А. В. Некрасов. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. –
312 с.
ISBN 978-5-7996-1114-9

В пособии рассматривается методика решения основных гидродинамических задач, возникающих при математическом моделировании работы распределительных сетей водоснабжения в стационарных и переходных режимах с использованием программ WaterGEMS и Hammer фирмы Bentley.

Пособие предназначено для студентов-магистрантов, обучающихся по направлению «Водоснабжение и водоотведение», а также для специалистов предприятий «Водоканал».

Библиогр.: 7 назв. Табл. 18. Рис. 444.

УДК 532.542:004.94(075.8)
ББК 22.253.3с51я73+38.761.1с51я73

ISBN 978-5-7996-1114-9

© Уральский федеральный
университет, 2014

Оглавление

Введение	7
1. Основные понятия гидравлики	15
1.1. Физические свойства жидкостей	15
1.2. Давление	17
1.3. Расход	20
1.3. Баланс механической энергии при движении жидкости	22
1.4. Потери напора по длине трубопровода	26
1.5. Потери напора в местных сопротивлениях	27
1.6. Система уравнений гидравлической сети	28
1.7. Нестационарное движение жидкости.....	31
2. Построение схемы сети и ее гидравлический расчет	34
2.1. Запуск программы WaterGEMS и начальные настройки...34	
2.2. Установка фоновой заливки	36
2.3. Построение схемы сети.....	37
2.4. Ввод и редактирование параметров элементов сети.....	40
2.4.1. Резервуар	41
2.4.2. Резервуар с регулируемым уровнем	42
2.4.3. Насос	43
2.4.4. Редукционный клапан	47
2.4.5. Узлы сети	48
2.4.6. Трубопроводы	49
2.5. Гидравлический расчет сети в стационарном режиме.....	53
2.6. Просмотр результатов расчета.....	54
2.7. Построение графиков изменения параметров потока по его длине	57
3. Анализ работы сети при изменении ее параметров во времени	59
3.1. Графики водопотребления	59
3.2. Гидравлический расчет сети в режиме EPS	64
3.3. Сценарии и альтернативы	66
3.3.1. Создание новой альтернативы потребления.....	67
3.3.2. Создание и редактирование дочернего сценария.....	69
3.3.4. Физическая альтернатива.....	71
4. Импорт данных	75

4.1. Принципы импортирования данных различных типов	75
4.1.1. Импорт текстовых данных, электронных таблиц и баз данных	75
4.1.2. Графические данные.....	78
4.1.3. Файлы ГИС.....	81
4.2. Импорт данных в среде WaterGEMS.....	83
4.3. Использование сетевого навигатора	90
4.3.1. Поиск труб, проходящих рядом с узлами, которые им не принадлежат.....	90
4.3.2. Поиск близко расположенных узлов	91
4.3.3. Поиск изолированных узлов.....	92
5. Упрощение схемы сети.....	93
5.1. Цель и принципы упрощения расчетной схемы	93
5.2. Виды упрощений.....	95
5.3. Упрощение схемы сети в среде WaterGEMS	99
5.3.1. Исходная схема	99
5.3.2. Удаление труб по условию	104
5.3.3. Удаление тупиков, объединение последовательных и параллельных участков	107
5.3.4. Результаты упрощения схемы	112
6. Расчет узловых отборов	113
6.1. Способы учета водопотребления.....	113
6.2. Методы расчета узловых отборов.....	114
6.3. Определение границ зон обслуживания узлов	118
6.4. Расчет узловых отборов в среде WaterGEMS	120
6.4.1. Предварительные действия. Шейп-файл	121
6.4.2. Принципы использования LoadBuilder	126
6.4.3. Сравнение методов расчета отборов.....	135
7. Гидравлическая калибровка модели	144
7.1. Виды калибровки	144
7.2. Причины неадекватности модели сети.....	146
7.2.1. Ошибки ввода (импорта) схемы.....	147
7.2.2. Отклонения фактических диаметров труб от принятых при расчете.....	148
7.2.3. Ошибки значений узловых отборов	149
7.3. Принципы калибровки сети с использованием генетических алгоритмов	150

7.4. Калибровка сети в среде WaterGEMS	153
7.4.1. Постановка задачи	153
7.4.2. Принципы использования Darwin Calibrator	155
7.4.3. Ручная калибровка.....	164
7.4.4. Автоматический подбор сопротивлений труб.....	167
7.4.5. Автоматический подбор узловых отборов	169
7.4.6. Экспорт результатов расчетов в модель.....	173
7.4.7. Сравнение результатов оптимизации	174
8. Анализ потребления энергии	175
8.1. Постановка задачи	175
8.2. Нерегулируемые насосы и водонапорная башня.....	180
8.3. Нерегулируемые насосы без водонапорной башни.....	186
8.4. Использование регулируемого насоса	190
8.5. Анализ энергопотребления	193
8.6. Сравнение вариантов управления насосами	197
9. Проектирование сети с помощью Darwin Designer	198
9.1. Постановка задачи	198
9.2. Подбор диаметров трубопроводов	199
9.3. Определение диаметров с помощью Darwin Designer	204
9.4. Многокритериальный анализ.....	212
10. Моделирование изменения качества воды	216
10.1. Основные принципы моделирования качества воды.....	216
10.2. Моделирование качества воды в среде WaterGEMS.....	221
10.2.1. Постановка задачи	221
10.2.2. Моделирование процесса смешения потоков воды..	222
10.2.3. Моделирование процесса смешения с уточненными начальными условиями.....	228
10.2.4. Расчет изменения концентрации веществ при химических реакциях.....	231
10.2.5. Возраст воды	236
10.2.6. След источника	240
10.2.7. Сравнение результатов расчетов.....	243
11. Анализ работы сети при отключении ее сегментов	244
11.1. Постановка задачи	244
11.2. Сегментация схемы сети	246
11.3. Поиск выпускных сегментов	250

11.4. Критические сегменты	251
11.5. Улучшение схемы.....	252
12. Моделирование переходных процессов в простом трубопроводе.....	256
12.1. Создание расчетной модели в среде Hammer	256
12.2. Ввод параметров расчета	264
12.3. Расчет гидравлического удара	267
12.4. Представление результатов в графическом виде и их анализ	270
12.5. Влияние времени закрытия клапана на силу гидравлического удара	275
13. Средства защиты от гидроудара	278
13.1. Использование гидропневматического аккумулятора ...	278
13.2. Упреждающий клапан	284
13.3. Демпфирующий клапан.....	288
13.4. Водонапорная колонна	291
14. Переходные процессы в гидравлической сети	297
14.1. Постановка задачи и расчет начальных условий	297
14.2. Расчет распространения волны давления	302
Библиографический список	309