

$$\psi_1(Q_{s1}) + \psi_2(Q_{s1}) = Q_1^* + Q_2^* . \quad (7)$$

Решение задачи (6) ищется в диапазоне значений $[Q_1^* - \Delta Q, Q_1^* + \Delta Q]$ численным методом и на каждом шаге итерации необходимо выполнять гидравлический расчет всей сети.

Алгоритмы решения всех рассмотренных задач имеют однотипную структуру и обязательным элементом каждого из них является процедура гидравлического расчета системы водоснабжения. Выбор того или иного алгоритма зависит от объема информации о сети и возможности использования измерительных приборов.

Приведенные в статье задачи и алгоритмы их решения были использованы при построении моделей функционирования систем водоснабжения жилищного массива «Троещина» (подробная модель) и правобережной части г.Киева (укрупненная модель). Применение этих моделей показало их высокую эффективность при управлении водопроводными сетями.

- 1.Лямец В.И., Тевяшев А.Д. Системный анализ. – Харьков: ХНУРЭ, 2004. – 448 с.
- 2.Прозоров И.В., Николадзе Г.И., Минаев А.В. Гидравлика, водоснабжение и канализация. – М.: Высш. шк., 1990. – 448 с.
- 3.Демин В.И. Эффективность и надежность проектируемых систем водоснабжения. – Новосибирск, 2002. – 298 с.

Получено 07.11.2011

УДК 628.218

Р.В.ЧУПИН, Е.С.МЕЛЕХОВ, кандидаты техн. наук

Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет (Российская Федерация)

РАЗВИТИЕ МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Рассмотрены вопросы математического моделирования и оптимизации развивающихся систем водоснабжения и водоотведения, предложены новые подходы и методы к решению задач анализа режимов функционирования, обоснования структуры и параметров трубопроводов и трубопроводных сооружений с учетом существующего состояния, надежности и сейсмостойкости, режимной управляемости и динамики развития.

Розглянуто питання математичного моделювання та оптимізації розвитку систем водопостачання і водовідведення, запропоновано нові підходи і методи до вирішення завдань аналізу режимів функціонування, обґрунтування структури і параметрів трубопроводів і трубопровідних споруд з урахуванням існуючого стану, надійності та сейсмостійкості, режимної керованості і динаміки розвитку.

The questions of mathematical modeling and optimization of developing water and collections systems are proposed new approaches and methods of problems solution concerning analy-

sis of operating modes, basis of the structure and parameters of pipelines and pipeline facilities, taking into account the current state of reliability, seismic resistance and security controllability and developments dynamics.

Ключевые слова: математическое моделирование, системы водоснабжения.

Важнейшими для жизнеобеспечения современного города являются системы водоснабжения и водоотведения (СВВ) бытовых и поверхностных сточных вод. Эти системы – одни из крупнейших потребителей металла, электроэнергии и энергосилового оборудования. В этих системах наиболее важными и наиболее капиталоемкими являются водозаборные и очистные сооружения, водопроводная и канализационная сеть, насосные станции и регулирующие резервуары. Стоимость данных сооружений оказывает существенное влияние на выбор структуры, топологии и параметров СВВ, поэтому они являются объектами повышенного внимания при их проектировании и эксплуатации. Вместе с тем, проведенный анализ режимов функционирования систем водоотведения показал, что многие участки перегружены, работают в режиме размывающих скоростей, другие недогружены, и в них происходит накопление осадков. В период интенсивных дождей трубопроводы и колодцы систем поверхностного водосбора переполняются водой, приводя к подтоплению проезжей части, переходов, подвалов зданий и других инженерных сооружений. Причиной этому является несоответствие параметров системы тем нагрузкам, которые имеют место в настоящее время. Такая ситуация сложилась вследствие увеличения или уменьшения темпов промышленного и жилищного строительства, изменения поверхностного водостока, превышения расчетной интенсивности и продолжительности дождей, заиливания колодцев и засорения сети и из-за многих других факторов.

Очевидно, для практики эксплуатации и реконструкции систем водоотведения представляет большой интерес возможность моделировать такие ситуации, предвидеть выходы стоков на поверхность земли и своевременно предотвращать эти явления.

В настоящее время наблюдается постоянный рост размеров территории, где возможно проявление сейсмической активности вследствие изменения грунтовых условий городской застройки (обводнение, подтопление и т.д.). Проблема надежности СВВ в сейсмически опасных районах особенно актуальна в связи с наличием крупных химических и взрывопожароопасных производств, высотных плотин, развитием атомной энергетики и т.д. После ряда разрушительных землетрясений было замечено, что ущерб от пожаров, которые невозможно локализовать в силу высокой аварийности в системе водоснабжения, часто значительно выше, чем от самого стихийного бедствия.

Анализ существующих СВВ показал, что основными причинами их неудовлетворительной надежности, особенно в сейсмически опасных районах, являются недостаточно обоснованные решения при выборе структуры и параметров сетей. Это, в свою очередь, связано с отсутствием эффективных методов расчета с учетом требований сейсмостойкости. В этой связи возникает необходимость в дальнейшем развитии методов расчета СВВ с учетом требований надежности, особенно в сейсмически опасных районах.

В настоящее время имеется богатый опыт решения задач оптимизации структуры и параметров трубопроводных систем различного технологического назначения. Вместе с тем, как показал проведенный анализ, существующие подходы в основном сводятся к поиску наилучшего решения по конфигурации трассы и параметрам транспортирующих сооружений. Кроме того, в этих подходах не учитываются влияние качества воды на структуру и параметры СВВ, должным образом не рассматриваются эксплуатационные затраты сетевых сооружений. А вместе с тем, от качества исходной воды в источниках зависит состав сооружений водоподготовки, а следовательно, и стоимость варианта проекта СВВ в целом.

В [1] обобщен многолетний опыт работы в области моделирования и оптимизации трубопроводных систем коммунального хозяйства. СВВ рассмотрены с позиции общих принципов их проектирования, математического моделирования и оптимизации. Такой подход позволил разработать единую систему математических моделей, методов и программ для решения общих и специфических задач анализа и синтеза развивающихся СВВ. В работе основное внимание уделено решению системных задач, поэтому вопросы моделирования и оптимизации таких отдельных объектов, как насосные станции, регулирующие резервуары и очистные сооружения, не рассмотрены подробно, хотя предлагаемые подходы и методы применимы в отдельности для каждого из перечисленных сооружений.

На кафедре городского строительства и хозяйства Национального исследовательского Иркутского государственного технического университета уже многие годы ведутся исследования в этом направлении и получены следующие результаты [1]:

1. Проведен анализ развития методологии моделирования и оптимизации СВВ; сделана оценка состояния систем водоснабжения и водоотведения; обозначен уровень оптимизации и анализа режимов функционирования; выделены основные свойства, характеризующие современные СВВ; сделан вывод о необходимости повышения их надежности и сейсмостойкости; доказана необходимость учета в задачах моделиро-

вания и оптимизации систем водоотведения неравномерности поступления стоков и времени их транспортирования.

2. Произведена структуризация задач моделирования и оптимизации СВВ; дана содержательная постановка комплексной оптимизации развивающихся СВВ; предложена общая схема оптимизации многоуровневых развивающихся СВВ.

3. Представлено математическое описание СВВ; изложены методические основы моделирования режимов работы систем водоотведения; дана математическая постановка, приведены методика и методы СВВ.

4. Разработана методика избыточных проектных схем и метод по контурной минимизации, математические модели и методы обоснования структуры и параметров систем группового водоснабжения с учетом качества воды в альтернативных источниках; изложена методика оптимизации реконструируемых систем водоотведения.

5. Разработана методика комплексной оптимизации трассы, структуры и параметров разветвленных систем водоснабжения; приведен алгоритм оптимизации трассы и параметров магистрального трубопровода систем водоснабжения и водоотведения; предложен метод многоконтурной оптимизации для оптимизации параметров кольцевых водопроводных систем.

6. Предложена новая методика поверочных гидравлических расчетов и определено ее место в задачах анализа и синтеза систем водоснабжения; реализована методика анализа надежности водообеспечения потребителей и методика управления потокораспределением в системах водоснабжения.

7. Решены задачи комплексной оптимизации систем водоснабжения с учетом надежности водообеспечения и сейсмостойкости сооружений; предложена методика формирования допустимых из условий надежности и сейсмостойкости списков диаметров трубопроводов для их дальнейшей оптимизации; изложены модели оптимизации параметров системы водоснабжения в условиях слабых и сильных землетрясений; приведены методики повышения сейсмостойкости и нормирования показателей надежности систем водоснабжения; сделана оценка сейсмической опасности в городе Иркутске.

8. Реализованы модели оптимизации многоуровневых развивающихся СВВ, включая методику агрегирования избыточных схем и многоступенчатой оптимизации СВВ разветвленной и многоконтурной структуры; предложен один из возможных подходов к учету динамики развития СВВ .

1.Чупин Р.В., Мелехов Е.С. Развитие теории и практики моделирования и оптимизации систем водоснабжения и водоотведения. – Иркутск: ИрГТУ, 2011. – 323 с.

Получено 07.11.2011