

структуру, чтобы планировать, какие из них необходимо будет заменить. Также иметь возможность визуализировать результаты анализа рисков, просматривать, где расположены магистрали ВиК и какие из них имеют наивысшую оценку риска. Это позволит планировать будущее техническое обслуживание, экономить время и финансы в долгосрочной перспективе, а также помогать обеспечить бюджет водоканалов, необходимый для поддержки и обслуживания сетей.

Список литературы

1 **Невзорова, А.Б.** Водоснабжение и водоотведение селитебной территории / А.Б. Невзорова, О.К. Новикова, Г.Н. Белоусова. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 263 с.

2 **Баженов, В.И.** Цифровое развитие – путь совершенствования, повышения эффективности и надежности работы водоканалов / В.И. Баженов, Е.С. Гогина // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. – 2019. – № 3. – С. 28–40.

3 **Крицкий, А.В.** Цифровой двойник – новый инструмент в развитии водопроводно-канализационного предприятия крупного города / А.В. Крицкий, А.Р. Юсупов, А.Е. Мартыанов // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. – 2020 – № 2. – С. 24–31

4 **Соболевская, Е.А.** Цифровая трансформация: тренды, диктуемые временем (обзор) / Е.А. Соболевская // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. – 2021. – № 4. – С. 6–18.

5 СТБ ISO 31000–2015. Менеджмент рисков. Принципы и руководящие указания. – Введ. 2015–09–01. – Минск : Госстандарт, Минск : БелГИСС, 2015.

INFRASTRUCTURE RISK ANALYSIS WATER SUPPLY AND SEWERAGE RESIDENTIAL TERRITORIES

A.B. NEUZORAVA

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 628.1:004.94

АКТУАЛЬНОСТЬ ИМИТАЦИОННОЙ И ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

А.Б. НЕВЗОРОВА, А.В. РАДЬКОВА, Е.А. ПЕХОТА

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,
radkova876@gmail.com*

Водоканалы всего мира сталкиваются с растущими проблемами сохранения гидравлической целостности трубопроводов и качества воды в своих водораспределительных сетях. Эти проблемы обусловлены ростом численности населения и миграцией в города, которые продолжают увеличивать

нагрузку на стареющую, неэффективную и уже напряженную инфраструктуру. В связи с этим возникла острая необходимость в интеграции систем диспетчерского контроля и сбора данных с имитационными моделями сетей для активного управления этими сетями [1, 2].

Схема водоснабжения и водоотведения городского города представляет собой совокупность графического (схемы, чертежи, планы подземных коммуникаций на основе топографо-геодезической подосновы, аэрофото-съемочные материалы) и текстового описания технико-экономического состояния централизованных систем горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и водоотведения и направлений их развития.

Целью построения электронной модели системы водоснабжения и водоотведения города является создание инструмента, обеспечивающего [3]:

а) графическое отображение объектов централизованных систем водоснабжения и (или) водоотведения с привязкой к топографической основе города;

б) описание основных объектов централизованных систем водоснабжения и (или) водоотведения;

в) описание реальных характеристик режимов работы централизованных систем водоснабжения и (или) водоотведения (почасовые показатели расхода и напора для всех насосных станций в часы максимального, минимального, среднего водоразбора, пожара и аварий на магистральных трубопроводах и сетях в зависимости от сезона) и их отдельных элементов;

г) моделирование всех видов переключений, осуществляемых на сетях централизованных систем водоснабжения и (или) водоотведения (изменение состояния запорно-регулирующей арматуры, включение, отключение, регулирование групп насосных агрегатов, изменение установок регуляторов);

д) определение расходов воды, стоков и расчет потерь напора по участкам водопроводной и канализационной сетей;

е) гидравлический расчет водопроводных и канализационных сетей (самотечных и напорных);

ж) расчет изменений характеристик объектов централизованных систем водоснабжения и (или) водоотведения (участков водопроводных и (или) канализационных сетей, насосных станций потребителей) с целью моделирования различных вариантов схем;

з) оценку выполнения сценариев перспективного развития централизованных систем водоснабжения и (или) водоотведения с точки зрения обеспечения режимов подачи воды и отведения стоков.

В базу данных электронной модели систем водоснабжения и (или) водоотведения входит:

– описание программы моделирования, ее структуры, алгоритмов, возможностей и ограничений при выполнении расчетов;

– описание модели системы подачи и распределения воды, модели системы сбора и отведения сточных вод;

– описание системы ввода, вывода и способа переноса исходных данных и характеристик объектов централизованных систем водоснабжения и (или) водоотведения в электронную модель систем водоснабжения и (или) водоот-

ведения, а также результатов моделирования в другие информационные системы.

Гидравлические модели и модели качества воды представляют собой наиболее эффективные и жизнеспособные средства для прогнозирования поведения сети систем распределения воды при различных нагрузках и условиях эксплуатации. Используя законы сохранения массы и энергии и кинетику реакций, модели определяют давление, расход и качество воды для заданных характеристик системы и условий эксплуатации. Прогностические возможности этих детерминированных моделей обеспечивают мощный инструмент для оценки реакции системы на различные альтернативы эксплуатации и управления, направленные на достижение конкретных целей производительности.

Чтобы быть эффективными, эти модели должны опираться на точное, постоянно обновляемое представление о состоянии водопроводной сети. Это может быть реализовано путем синтеза данных диспетчерского контроля и сбора данных (SCADA), которые в реальном времени используются в качестве граничных условий (например, уровни воды в резервуарах) и рабочих состояний (например, скорости насосов или статус включения/выключения, настройки клапанов) в модели сети.

Этот постоянный поток данных через определенные интервалы времени (например, через 15-, 30- или 60-минутные интервалы или дольше, в зависимости от потребностей конкретного приложения) в сочетании с возможностями моделирования сети позволяет операторам быстро оценивать развитие событий по мере их возникновения, выявлять потенциальные проблемы до того, как они достигнут критического уровня, решительно реагировать на оперативные проблемы и минимизировать последствия.

Например, операторы могут проанализировать влияние прогнозируемого низкого уровня резервуара для хранения на гидравлику сети и определить всех потребителей, на которых негативно повлияет низкое давление. Они могут придумать и сформулировать альтернативные сценарии работы, которые затем можно быстро и точно проанализировать и сравнить для определения соответствующих уровней улучшения и связанных с ними затрат; затем можно выбрать и реализовать наиболее желательный сценарий.

Операторы могут оценить последствия прорыва магистрали, остановки насосов, клапанов и резервуаров, другого планового технического обслуживания или ремонта, а также любых запланированных или незапланированных инцидентов.

Кроме того, наличие имитационной модели сети позволяет чрезвычайно просто создавать отчеты, необходимые для контролирующих организаций. Создание отчетов может быть полностью автоматическим и включать такую информацию, как ежечасные, ежедневные, еженедельные и ежемесячные данные, сопровождаемые графиками, содержащими минимальные, максимальные и усредненные значения по различным временным интервалам.

Электронная модель систем водоснабжения и водоотведения создается на базе программных комплексов, разработанных ООО «Поли-

терм» (г. Санкт-Петербург). Под электронной (имитационной) моделью систем водоснабжения и водоотведения понимается математическая модель этих систем, привязанная к топографической основе города и предназначенная для имитационного моделирования всех процессов, протекающих в ней.

Геоинформационная система Zulu и программно-расчетный комплекс ZuluHydro и ZuluDrain позволяет решать необходимый для разработки «Схемы водоснабжения и водоотведения» набор задач:

- автоматически создавать электронную модель систем водоснабжения и водоотведения при нанесении ее на карту города с графическим представлением объектов, с привязкой к топографической основе и полным топологическим описанием связности объектов (рисунок 1) [3];

- проводить паспортизацию систем водоснабжения и водоотведения;
- выполнять гидравлический расчет;
- моделировать все виды переключений, осуществляемые в системах;
- выполнять расчет балансов;

- проводить групповые изменения трубопроводов, потребителей по заданным критериям с целью моделирования различных перспективных вариантов схемы водоснабжения и водоотведения;

- строить пьезометрические графики и производить их сравнение для разработки и анализа сценариев перспективного развития коммуникаций;

- учитывать реконструкцию коммуникаций, связанную с увеличением диаметра трубопроводов для обеспечения перспективных приростов нагрузок;

- производить расчет отдельных элементов системы водоснабжения и водоотведения.

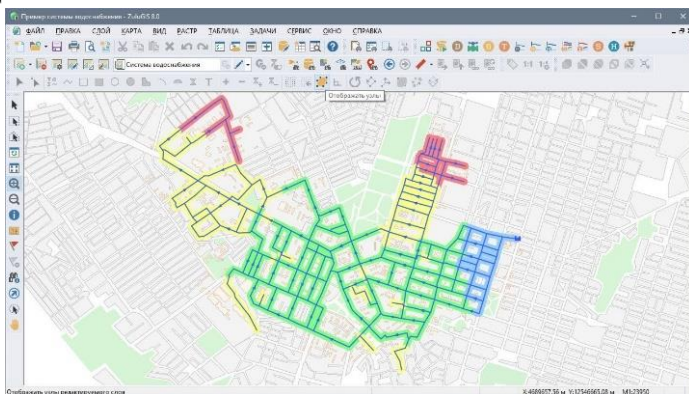


Рисунок 1 – Пример создания электронной модели системы водоснабжения с привязкой к топографической основе городской сети

Таким образом, разработанная и откалиброванная имитационная и электронная модели системы водоснабжения, соединенной с системой SCADA с автоматическим обновлением начальных граничных условий, могут быть использованы в реальном времени для мониторинга системы

города и обеспечения ее эффективной работы. В конечном итоге это приводит к повышению целостности сети, улучшению обслуживания сети и обслуживания клиентов.

Список литературы

1 Колмагорова, Е.М. Обзор российских описаний изобретений по водоснабжению: (за 2007–2008 годы) / Е.М. Колмагорова. – М. : Наука, 2008. – 103 с.

2 Невзорова, А.Б. Автоматизация технологических процессов систем водоснабжения и канализации : учеб-метод. пособие / А.Б. Невзорова. – Гомель : БелГУТ, 2022. – 151 с.

3 Электронная модель систем водоснабжения и водоотведения городского округа. – Кемерово : МЭС «Теплоэнергосервис», 2016. – 31 с.

RELEVANCE OF THE SIMULATION AND ELECTRONIC MODEL OF THE WATER SUPPLY NETWORK IN REAL TIME

A.B. NEUZORAVA, A.V. RADZKOVA, E.A. PEKHOTA
Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 628.179.3

ОСОБЕННОСТИ МОНИТОРИНГА СКРЫТЫХ УТЕЧЕК В ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

В.В. НЕВЗОРОВ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
vnevzorov@bsut.by*

В настоящее время в городах и населенных пунктах Республики Беларусь состояние подземных трубопроводов водоснабжения достигло критических уровней: порядка 60 % трубопроводов находятся в неудовлетворительном состоянии. Около 50 % от общей протяженности трубопроводов систем водоснабжения исчерпали свой гарантийный срок службы [1]. Также много критических состояний по системам водоснабжения отмечается и в зданиях, построенных в прошлом веке [2]. Это связано как с окончанием жизненного цикла их эксплуатации, так и с явлениями коррозии, деформации, износа и других неблагоприятных явлений. Поэтому актуальной становится задача для ЖКХ – разработка мероприятий по снижению бездоходных потерь питьевой воды на всем протяжении ее подачи потребителю [3].

Цель работы – ресурсосберегающие технологии по мониторингу и диагностике скрытых утечек в водопроводной сети для определения и ликвидации мест прорыва.

Водопроводы – функционально значимые элементы системы и, как показывает практика эксплуатации, наиболее уязвимые. С середины прошлого века в большинстве городов Беларуси прокладывались напорные водопроводные сети в основном из низколегированной стали без коррозионной защиты, что в настоящий момент привело к значительным дефектам водопроводов.