

ВСТ

ISSN 0321-4044



6
2014

ВОДОСНАБЖЕНИЕ
И САНИТАРНАЯ ТЕХНИКА

ВОДОПРОВОДУ ТЮМЕНИ – 150 ЛЕТ



Гидравлическая модель для контроля и управления режимом работы системы водоснабжения г. Тюмени

С. Ю. ШИШОВ¹, В. М. ИВАНОВ², Д. А. БЫЧКОВ³, Е. А. НЕЗАМАЕВ⁴

¹ Шишов Сергей Юрьевич (генеральный директор ООО «Тюмень Водоканал» с 2009 по 2014 г.)

E-mail: shishov@mail.ru

² Иванов Владимир Михайлович, доктор технических наук, заведующий кафедрой водоснабжения и водоотведения, Алтайский государственный технический университет

656038, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, проспект Ленина, 46, тел.: (3852) 29-07-84, e-mail: tgvv@mail.ru

³ Бычков Дмитрий Александрович, начальник отдела оптимизации режимов сетей и сооружений, ООО «Тюмень Водоканал»

625007, Россия, г. Тюмень, ул. 30 лет Победы, 31, тел.: (3452) 54-09-25, e-mail: bda@vodokanal.info

⁴ Незамаев Евгений Александрович, начальник Центральной диспетчерской службы, ООО «Тюмень Водоканал»

625007, Россия, г. Тюмень, ул. 30 лет Победы, 31, тел.: (3452) 54-09-35, e-mail: nea@vodokanal.info

Геоинформационные технологии позволяют существенно облегчить задачу управления системой водоснабжения современного города. В Тюмени создание гидравлической модели работы водопроводной сети на основе программно-расчетного комплекса «Zulu» ведется с 2006 г. Цель – повышение качества, надежности и энергоэффективности функционирования системы подачи и распределения воды. Первым этапом стало создание укрупненной расчетной схемы основных магистральных водоводов. Данная гидравлическая модель позволила рассчитать и реализовать ряд важных мероприятий по оптимизации режима работы водопроводной сети г. Тюмени. Затем для повышения точности модель была детализирована за счет добавления в расчетную схему трубопроводов до каждого потребителя. Одновременно были начаты работы по паспортизации сетей с занесением результатов в геоинформационную систему. Калибровка детализированной гидравлической модели производилась по информации от 530 датчиков давления на вводах в жилые дома. Особенностью выполняемых расчетов

стала высокая точность (отклонения до 0,3 атм). При помощи детализированной гидравлической модели в ООО «Тюмень Водоканал» решаются следующие задачи: изменение режимов работы насосных станций, планирование отключения магистральных водоводов, определение технической возможности подключения новых объектов. На основе расчетов в 2011 г. был реализован проект по монтажу 24 регуляторов давления на сети водопровода. Особенностью геоинформационной системы является функция использования картографических слоев tile-серверов в сети Интернет, а также возможность хранения данных и анализа аварийности. Информация, получаемая при использовании детализированной гидравлической модели, активно используется службой эксплуатации водопроводных сетей ООО «Тюмень Водоканал» для определения схемы закрытия задвижек и выдачи задания бригадам.

Ключевые слова: геоинформационная система, гидравлическая модель, паспортизация, трубопровод, регулятор давления, насос, диктующая точка сети.

С 2001 г. в России наблюдается рост объема жилищного строительства. В 2008 г. ввод жилья впервые превысил уровень 1990 г. (64,1 против 61,7 млн. м²). По данным Росстата, в 2012 г. в России было введено 65,74 млн. м² жилых помещений. Сопоставимые результаты были достигнуты, например, в 1986 г., когда строители РСФСР сдали в эксплуатацию 66,2 млн. м² жи-

лья. Вместе с тем строительство трубопроводных коммунальных систем осуществляется в незначительном объеме. За 1990-е годы ввод в эксплуатацию этих объектов сократился примерно в 5 раз (кроме газовых сетей). С 2005 г. отмечался рост ввода в действие водопроводных сетей, с 2006 г. – канализационных, но не были достигнуты значения даже середины 1990-х годов. В ре-

зультате средний возраст и степень износа трубопроводов систем подачи воды и отвода стоков ежегодно увеличиваются.

В такой ситуации качественное управление системой водоснабжения современного российского города представляет собой достаточно сложную инженерную задачу. Перед эксплуатирующей организацией возникает ряд проблем, связанных с необходимостью эффективного перераспределения объемов воды между отдельными районами, определением свободных напоров в сети до и после присоединения строящихся объектов. В связи со старением основных производственных фондов важным становится выбор первоочередных объектов для капитального ремонта [1], а также оценка нагрузки на сооружение очистки и подачи воды.

Часть вышеперечисленных задач может быть успешно решена с помощью современных информационных технологий. Для сбора, хранения и графической визуализации информации о системах подачи и распределения воды и отвода стоков используются географические информационные системы (ГИС). Данные программные комплексы позволяют успешно проводить инвентаризацию, анализ, мониторинг, управление и планирование работ на объектах системы водоснабжения.

В 2006 г. в ООО «Тюмень Водоканал» совместно с ООО «РВК-Консалтинг» началась работа по созданию ГИС сетей водопровода с использованием программы «Zulu» (разработчик – ООО «Политерм» [2], Санкт-Петербург). Целью создания системы является повышение качества, надежности и энергоэффективности системы подачи и распределения воды. Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

создание гидравлической модели для разработки оптимального варианта зонирования водопроводной сети и режима работы водозаборных узлов;

сокращение времени устранения аварий на сетях водопровода за счет оперативного обеспечения сотрудников информацией;

создание и поддержание в актуальном состоянии базы данных о запорной арматуре сетей водоснабжения;

проведение инвентаризации систем водоснабжения.

Первым шагом при создании гидравлической модели явилась оцифровка имеющихся на предприятии планшетов (в масштабе 1:2000). На данной топографической основе с использованием ГИС «Zulu» была подготовлена укрупненная

схема магистральных водоводов г. Тюмени. Для уточнения фактического давления проводилась манометрическая съемка водопроводной сети города при помощи регистраторов «SebalogP». В результате удалось добиться достаточной точности расчетов, максимальное расхождение между теоретическим и фактическим значением давления на сетях составило не более 1 атм.

Гидравлическая модель магистральных водоводов позволила запланировать и провести следующие мероприятия по оптимизации режима работы водопроводной сети г. Тюмени:

зонирование, наладка и запуск в работу насосной станции третьего подъема на Московском тракте;

определение места расположения диктующих точек для контроля давления в водопроводной сети города. Данная информация транслируется в режиме реального времени в Центральную диспетчерскую службу и используется для регулирования работы насосных станций;

строительство кольцевого водопровода диаметром 400 мм для стабилизации свободного напора в жилом квартале (ул. Ставропольская – ул. Гастелло – Червишевский тракт и др.).

Укрупненная модель магистральных водоводов позволяла выполнять гидравлические расчеты системы водоснабжения для решения стратегических проблем в масштабах всего города, однако из-за упрощенности схемы не было возможности делать прогнозы в случае производства работ во внутриквартальных сетях. В результате было принято решение создать более детализированную модель с нанесением на схему трубопроводов до каждого потребителя. Для этой цели в 2010 г. были приобретены электронные планшеты (в масштабе 1:500) и осуществлена привязка трубопроводов в ГИС на более точную топографическую основу.

Параллельно проводились полевые работы по инвентаризации водопровода силами линейных бригад ООО «Тюмень Водоканал». Результаты обследования оформлялись в виде паспортов на водопроводные колодцы с занесением в базу данных ГИС. С 2011 г. в систему дополнительно заносятся фотоматериалы места расположения и технологических схем водопроводных колодцев (рис. 1). На текущий момент работы по паспортизации проведены в среднем для 35% водопроводной сети города. Для основных магистральных водоводов системы водоснабжения Тюмени в базу данных ГИС занесено более 90% паспортов водопроводных колодцев и камер.

В результате проведенных работ в ООО «Тюмень Водоканал» на базе ГИС «Zulu 7.0» создана

детализированная гидравлическая модель системы водопровода, содержащая информацию о 12 тыс. колодцев, 40 тыс. участков сети, 13 тыс. единиц запорной арматуры. Особенностью данной системы является более высокая информативность и точность.

Использование гидравлической модели необходимо для принятия управленческих решений, которые определяют пути дальнейшего развития всей системы водоснабжения города. Вследствие этого актуальной является оценка достоверности проводимых расчетов. Исходным материа-

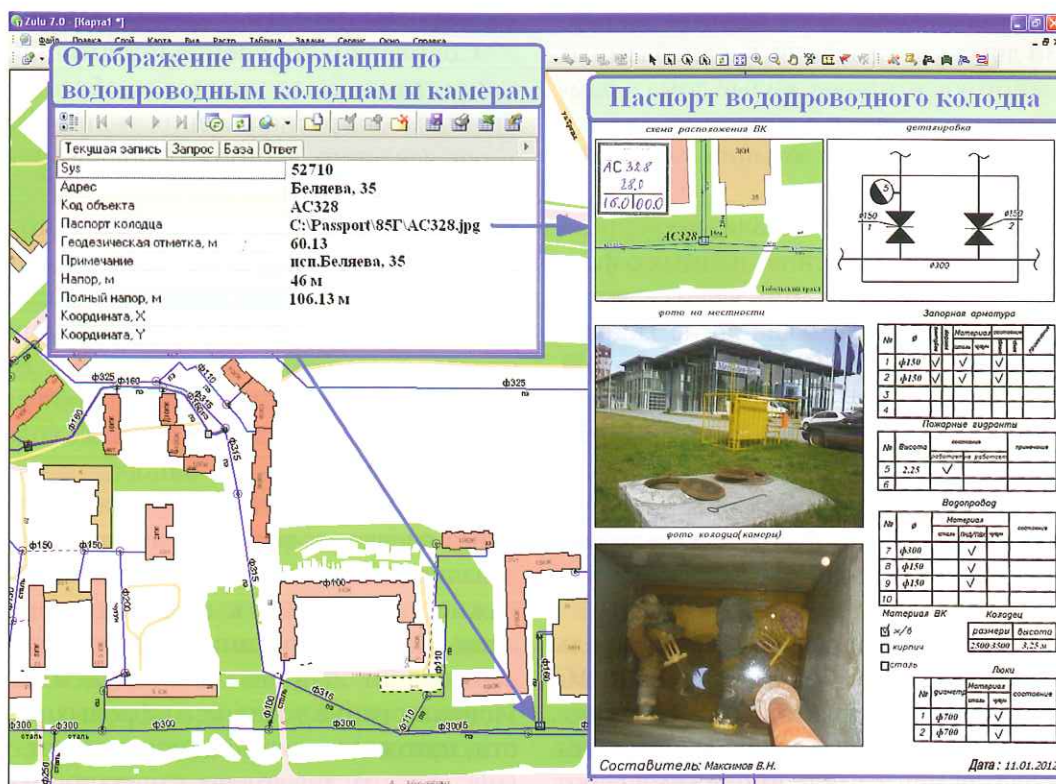


Рис. 1. Фрагмент детализированной гидравлической модели водопровода г. Тюмени с паспортом водопроводного колодца

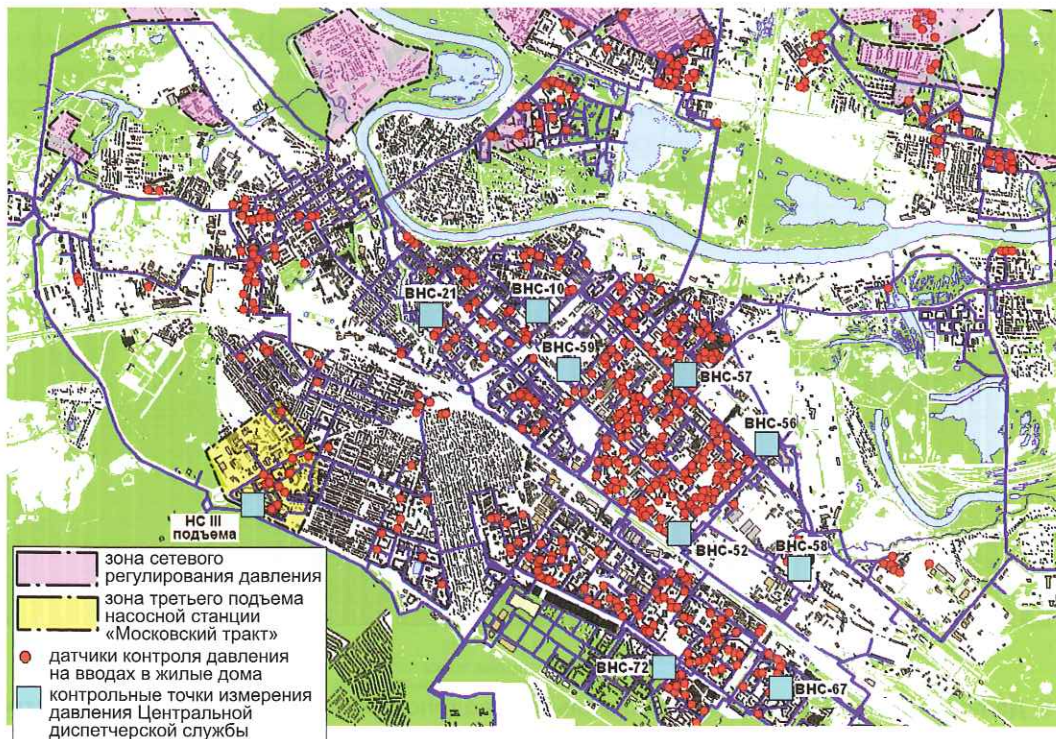


Рис. 2. Схема мониторинга и контроля давления в сети водопровода г. Тюмени

лом для оценки правильности гидравлической модели водопровода г. Тюмени и ее калибровки служат манометрические замеры и информация о свободном напоре в диктующих точках сети. Сбор и обработка данных осуществляются в режиме реального времени Центральной диспетчерской службой с помощью SCADA-системы. С 2013 г. для этой цели также используется информация от 530 датчиков давления, установленных на вводах в многоквартирные жилые дома в рамках программы по установке приборов учета в соответствии с Федеральным законом № 261-ФЗ (рис. 2).

В процессе калибровки детализированной гидравлической модели на основе данных о фактическом давлении для каждого участка водопроводной сети подбирается величина гидравлического сопротивления. Данный показатель зависит от материала, диаметра, возраста трубопровода. Благодаря информации о давлении в 530 точках после калибровки удалось достичь высокой точности гидравлической модели. В среднем расхождение между фактическим давлением и расчетными данными составляет 0,3 атм (рис. 3).

Детализированная гидравлическая модель сетей водопровода г. Тюмени на основе ГИС «Zulu» применяется для контроля и управления режимом работы системы водоснабжения. Расчеты производятся при изменении режима работы водозаборных узлов, плановых и аварийных

отключениях магистральных водоводов, а также для определения технической возможности подключения проектируемых объектов к действующим сетям. В 2011 г. на основе комбинации расчетных данных, фактических замеров расходов и данных водосбыта была реализована программа по снижению избыточного напора в городской водопроводной сети.

Совместно со специалистами ООО «РВК-консалтинг» было проведено обследование, выбраны места расположения и диаметры регуляторов давления. Монтаж оборудования позволил снизить избыточный свободный напор в районах установки при обеспечении всех потребителей водой в полном объеме. Контрольные замеры подтвердили стабилизацию напора в сети после регуляторов давления при неравномерной работе насосных станций второго подъема. В результате было зафиксировано снижение общего количества новых повреждений на сетях водопровода в районах регулирования напора.

Для визуализации результатов гидравлического расчета и составления прогнозов использовались современные IT-технологии. При этом важно поддерживать в актуальном состоянии слои ГИС, содержащие картографические материалы со зданиями и сооружениями города. Использование готовых цифровых карт местности, находящихся в общем доступе в сети Internet (tile-сервер), позволяет наглядно визуализировать результаты гидравлических расчетов с ми-

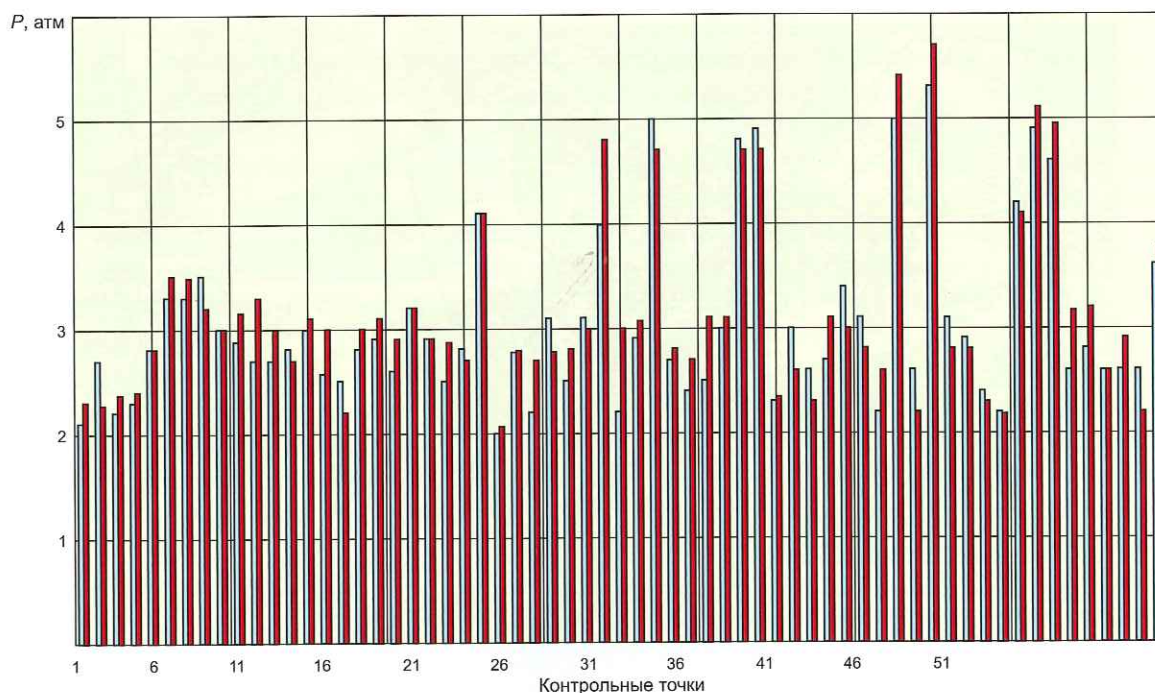


Рис. 3. Данные о давлении в часы максимального водопотребления для различных контрольных точек водопроводной сети

давление: ■ фактическое; ■ расчетное

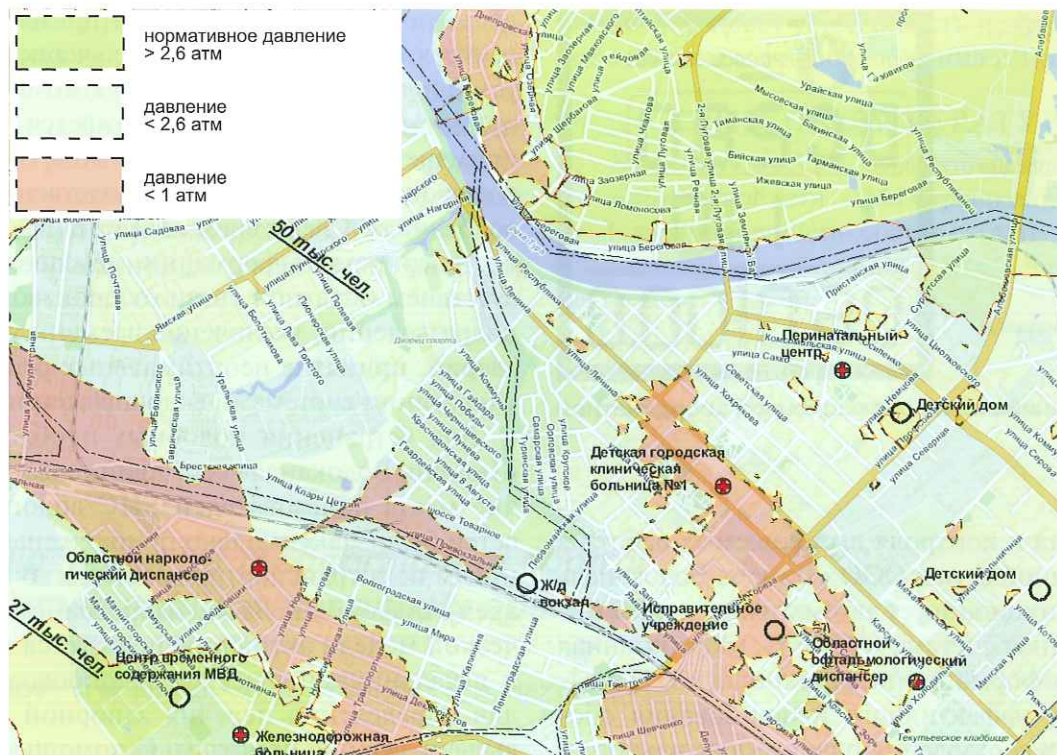


Рис. 4. Зоны пониженного давления в сети, комбинированные с картографическим слоем tile-сервера

нимальными затратами времени. Одним из примеров является моделирование работы системы водоснабжения города при аварийном отключении одного из водозаборов. Расчеты позволяют определить зону пониженного давления в сети при данной чрезвычайной ситуации. Комбинация карты города tile-сервера и результатов гидравлического моделирования дает представление о режиме работы сети (рис. 4). На основе данной информации можно определить точки забора воды для пожарных автомобилей, планировать мероприятия по обеспечению подвоза воды населению.

Еще одной областью применения ГИС на объектах ООО «Тюмень Водоканал» является анализ повреждений на водопроводных сетях для эффективного планирования планово-предупредительного ремонта. Основой является слой программы, в который заносится информация о виде и месте повреждения, диаметре и материале трубопровода, а также способе устранения утечки (рис. 5). Статистические данные позволяют оценивать состояние трубопроводов, выявлять аварийные участки, осуществлять сортировку по материалу трубопровода и виду повреждений.

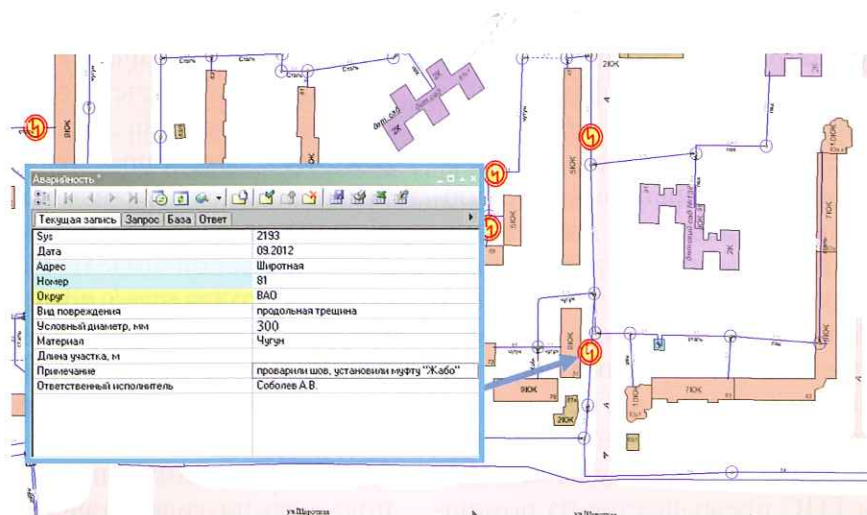


Рис. 5. Информация в слое «Аварийность» ГИС сетей водопровода



Рис. 6. Внешний вид информационной координатной таблички

Для учета и контроля выполняемых работ на водопроводной сети в ООО «Тюмень Водоканал» с 2011 г. функционирует автоматизированная информационная система «АСТРА», разработанная службой информационных технологий. Параллельно для эффективного использования оборудования и составления планов капитального и текущего ремонтов на предприятии внедряется программный комплекс «1С: ТОИР». Необходимым условием взаимной интеграции данных программ является принятие единого классификатора для объектов системы водопровода и канализации. Данные работы начаты в 2012 г. Каждому колодцу и задвижке присвоен уникальный буквенно-цифровой код, который хранится в ГИС. На стенах зданий и сооружений г. Тюмени монтируются информационные координатные таблички, содержащие идентификатор и привязки колодцев. Косвенным эффектом данных мероприятий стало сокращение времени на поиск колодцев под снегом, льдом, асфальтобетонным покрытием. Общий вид информационной таблички представлен на рис. 6.

Создание ГИС водопроводных сетей — длительный и сложный процесс, связанный со значительными трудозатратами. Внедрение системы обеспечивает повышение эффективности функционирования предприятия в целом, но в настоящее время существует ряд серьезных проблем, препятствующих полноценному использованию ГИС. Основной проблемой является наличие ограничений, связанных с требованиями обеспечения режима секретности при работе со схемами водоснабжения крупных городов.

Выполнение требований по защите информации является финансово затратным мероприятием. В результате сокращается до минимума число пользователей системы. В таком случае вероятен сценарий, когда ГИС превращается из помощника, обеспечивающего удобное хранение и пре-

доставление информации для принятия управленческих решений, в подобие «черного ящика», установленного на одном-двух компьютерах в организации. Тем самым снижается эффект от применения ГИС, так как она может находиться в стороне от реальной производственной жизни водоканала. Следствием является недостаточная достоверность информации, обусловленная отсутствием обратной связи от производственных подразделений, увеличение времени устранения аварий, принятие неоптимальных решений при управлении системами водоснабжения.

Для устранения подобных проблем в ООО «Тюмень Водоканал» сертифицированные рабочие места пользователей ГИС водопроводных сетей были максимально приближены к сотрудникам цеха транспортировки воды. В настоящее время информация детализированной гидравлической модели активно используется мастерами и начальниками участков водопроводных сетей для определения перечня запорной арматуры, выдачи задания бригадам. С помощью ГИС водопроводных сетей ежедневно составляются списки отключаемых абонентов при производстве аварийных и плановых работ. На основании этой информации Call-центр ООО «Тюмень Водоканал» проводит оповещение населения об отсутствии услуги. Важно отметить, что наличие обратной связи от линейных бригад цеха транспортировки воды и информационного центра позволяет поддерживать базу данных в актуальном состоянии и проводить работы по корректировке модели.

Выводы

1. Моделирование является эффективным инструментом для анализа состояния водопроводной сети и реализации мероприятий по оптимизации режимов работы сетей и сооружений. В ООО «Тюмень Водоканал» создана детализированная гидравлическая модель системы водоснабжения. За счет использования для калибровки комбинации данных о давлении с приборов учета, диктующих точек и манометрических замеров удалось достичь высокой точности расчетной схемы. С помощью детализированной гидравлической модели в ГИС «Zulu» решено большое количество прикладных задач: оптимизация схемы сетей, реализация программы по снижению давления, анализ аварийности, составление планов по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям.

2. Обязательным условием эффективного использования гидравлической модели является ее вовлечение в производственную деятельность

предприятия. Препятствием к этому являются требования защиты информации при работе со схемами водоснабжения крупных городов. В ООО «Тюмень Водоканал» данная проблема была частично решена за счет устройства сертифицированных компьютерных рабочих мест в цехе эксплуатации сетей водопровода. Использование детализированной гидравлической модели в

целом повышает устойчивость и эффективность работы системы водоснабжения г. Тюмени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Храменков С. В. Стратегия модернизации водопроводной сети. – М.: Стройиздат, 2005. 400 с.
2. <http://www.politerm.com.ru/> (дата обращения 5 мая 2014 г.).

Hydraulic model for monitoring and control of the Tumen public water supply operation

S. Iu. SHISHOV¹, V. M. IVANOV², D. A. BYCHKOV³, E. A. NEZAMAIEV⁴

¹ Shishov Sergei Iur'evich (in 2009–2014 General Director of «Tumen Vodokanal» LLC)
E-mail: shishov@mail.ru

² Ivanov Vladimir Mikhailovich, Doctor of Engineering, Chair of Water Supply and Wastewater Disposal Department, Altai State Technical University
46 Lenina Ave., 656038 Barnaul, Altai Territory, Russian Federation, tel.: +7 (3852) 29-07-84, e-mail: tgvv@mail.ru

³ Bychkov Dmitrii Aleksandrovich, Chief of Department of Networks and Facilities Operation Optimization, «Tumen Vodokanal» LLC
31, 30 Let Pobedy str., 625007 Tumen, Russian Federation, tel.: +7 (3452) 54-09-25, e-mail: bda@vodokanal.info

⁴ Nezamaev Evgenii Aleksandrovich, Chief of Central Control Service, «Tumen Vodokanal» LLC
31, 30 Let Pobedy str., 625007 Tumen, Russian Federation, tel.: +7 (3452) 54-09-35, e-mail: nea@vodokanal.info

Geographic information technologies allow facilitating significantly the task of operating the public water supply of an urban. In Tumen designing a hydraulic model of the water distribution network operation on the basis of «Zulu» program-design package has been carried out since 2006. The system is aiming at improving the quality, reliability and energy efficiency of the water supply and distribution operation. At the initial stage an integrated design scheme of the major water mains was developed. This hydraulic model provided for developing and implementing a number of important measures for the optimization of the water distribution network operation mode in Tumen. To improve the accuracy the model was further detailed by adding pipelines to every customer into the design scheme. At the same time pipeline certification started with recording results in the geographic information system. Calibration of the detailed hydraulic model was carried out on the basis of the information obtained from 530 pressure gauges installed at the residential service connections. The carried out calculations were noted for high accuracy (to 0.3 atm deviation). With the help of the detailed hydraulic model the following tasks are being accomplished in «Tumen Vodokanal» LLC: changing the operation modes of the pumping stations, planning water mains outage, determining technical possibility of connecting new objects. Basing on the calculations in 2011 a project of installing 24 pressure control valves in the water distribution network was implemented. The geographic information system is noted for the function of using map layers of tile-servers in Internet, as well as for possible data storage and failure analysis. The information obtained in the process of using the detailed hydraulic model is widely used by the distribution network operating service of «Tumen Vodokanal» LLC for the team task description and determining gate valve closure pattern.

Key words: geographic information system, hydraulic model, certification, pipeline, pressure control valve, pump, network critical control point.

REFERENCES

1. Khramenkov S. V. *Strategiia modernizatsii vodoprovodnoi seti* [The strategy of water distribution network upgrading. Moscow, Stroizdat Publ., 2005, 400 p.].
2. <http://www.politerm.com.ru/> (accessed May 5, 2014).