

УДК 628.14.001.57

В.М. ИВАНОВ
Д.А. БЫЧКОВ
Т.Ю. ИВАНОВА
И.А. БАХТИНА

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВОДОСНАБЖАЮЩИХ ОРГАНИЗАЦИЙ

USE OF INFORMATION SYSTEMS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF WATER SUPPLY COMPANIES
(THROUGH THE EXAMPLE OF TUMEN VODOKANAL)

Описаны этапы создания детализированной гидравлической модели сети водопровода г. Тюмени с использованием геоинформационной системы (ГИС) «Zulu». Показана эффективность применения расчетной схемы для решения ряда прикладных задач водоканала: оптимизации сетей, реализации программы по снижению давления, составления планов на случай чрезвычайной ситуации. Представлен практический опыт использования ГИС для анализа аварийности, паспортизации, введения единого классификатора объектов водопровода. Показаны перспективные пути развития информационной системы.

Ключевые слова: геоинформационная система, ГИС, гидравлическая модель, гидравлическое моделирование, мнемосхема.

Начиная с 2001 г. в России увеличиваются объемы жилищного строительства. В 2014 г. был поставлен строительный рекорд - ввод жилья стал самым значительным в истории нашей страны (81 млн м²), впервые за 25 лет удалось превзойти СССР. Кроме того, наша страна вышла на первое место в Европе по возведению домов. Вместе с тем строительство трубопроводов водоснабжения и водоотведения осуществляется в меньших объемах. В 90-е гг. объемы вводов таких объектов существенно уменьшилось (за исключением газовых сетей). Сокращение составило более чем в 5 раз. Начиная с 2005 г., наблюдается некоторое увеличение объема ввода в действие водопроводных сетей. С 2006 г. также начинает возрастать объем ввода канализационных сетей. В результате средний возраст и степень износа трубопроводов систем подачи воды и отвода стоков ежегодно увеличиваются.

В такой ситуации качественное управление системой водоснабжения современного россий-

In the article the steps required to create a detailed hydraulic model of the water network Tumen with the use of geographic information systems (GIS) «Zulu» are described. The effectiveness of the design scheme for solving a number of applied problems of water utility network optimization, implementation of programs to reduce pressure and planning for a case of emergency are shown. Real-life experience of GIS using for accidents analyze, certification, introduction of the water supply objects single classifier are presented. Perspective ways of information system development are viewed.

Key words: geographic information system, GIS, hydraulic model, hydraulic simulation, mnemonic diagram.

ского 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 с увеличивающимся износом трубопроводов систем водоснабжения на первый план выходят вопросы выбора первоочередных объектов для капитального ремонта, оценки нагрузки на сооружения очистки и подачи воды [1].

Многие из вышеперечисленных задач успешно решаются при помощи использования современных информационных технологий. Для сбора, хранения и графической визуализации информации о системах подачи и распределения воды и отвода стоков используются географические информационные системы (ГИС) [2, 3]. Данные программные комплексы позволяют успешно решать задачи инвентаризации,

анализа, мониторинга, управления и планирования работ на объектах системы водоснабжения.

В ООО «Тюмень Водоканал» с 2006 г. ведется работа по созданию ГИС сетей водопровода с использованием программы «Zulu», разработчик ООО «Политерм» (Санкт-Петербург) [4, 5]. Целью создания являлось повышение качества, надежности и энергоэффективности системы подачи и распределения воды (СПРВ). Были сформированы 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 более качественной информацией о сетях;
- создание и поддержание в актуальном состоянии базы данных о состоянии запорной арматуры сетей водоснабжения;
- инвентаризация систем водоснабжения.

Первым шагом создания гидравлической модели стала оцифровка имеющихся на предприятии планшето М 1:2000. На данной топографической основе с использованием ГИС «Zulu» была подготовлена укрупненная схема магистральных водоводов г. Тюмени. Для уточнения фактического давления проводились работы по манометрической съемке водопроводной сети города при помощи регистраторов «SebalogP». В результате удалось достичь достаточной точности расчетов, максимальное расхождение между теоретическим и фактическим значением давления составило не более 1,0 атм.

Гидравлическая модель магистральных водоводов позволила запланировать и провести ряд мероприятий, которые обеспечили бы оптимизацию режима работы Тюменской водопроводной сети:

- зонирование, наладка и запуск в работу насосной станции 3-го подъема на Московском тракте;
- определение места расположения диктующих точек для контроля давления в водопроводной сети города. По этим адресам было смонтировано оборудование для замера и передачи информации о давлении. Данная информация в настоящее время транслируется в реальном времени в центральную диспетчерскую службу и используется для качественного регулирования работы насосных станций;
- строительство ряда кольцевых трубопроводов для оптимизации давления в системе водоснабжения г. Тюмени.

Укрупненная модель магистральных водоводов позволяла выполнять гидравлические расчеты системы водоснабжения для решения стратегических проблем в масштабах всего города. При этом из-за упрощенности схемы не было возможности делать прогнозы в случае производства работ во внутриквартальных сетях. В результате было принято решение вести работы по созданию более детализированной модели, с нанесением трубопроводов до каждого потребителя. Для этой цели в 2010 г. были приобретены электронные планшеты М 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 45 % водопроводной сети города. Для основных магистральных водоводов системы водоснабжения Тюмени в базу данных ГИС занесено более 90 % паспортов водопроводных колодцев и камер.

В результате в ООО «Тюмень Водоканал» базе ГИС «Zulu 7.0» создана детализированная гидравлическая система 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 стратегических управленческих решений, касающихся развития всей системы водоснабжения города. Вследствие этого решающим является вопрос оценки достоверности проводимых расчетов. Качество гидравлической модели возможно повысить только путем тщательной системной работы по занесению информации. Процесс паспортизации сетей позволяет обеспечить топологически правильную структуру водопроводной сети. Анализ показаний расходомеров на магистральных водоводах служит для корректировки расходов модели. Как правило, наиболее сложным является вопрос сравнения фактического свободного напора в разных точках водопроводной сети с расчетным. Для этого необходимо организовывать манометрические замеры выездными бригадами, и результат в

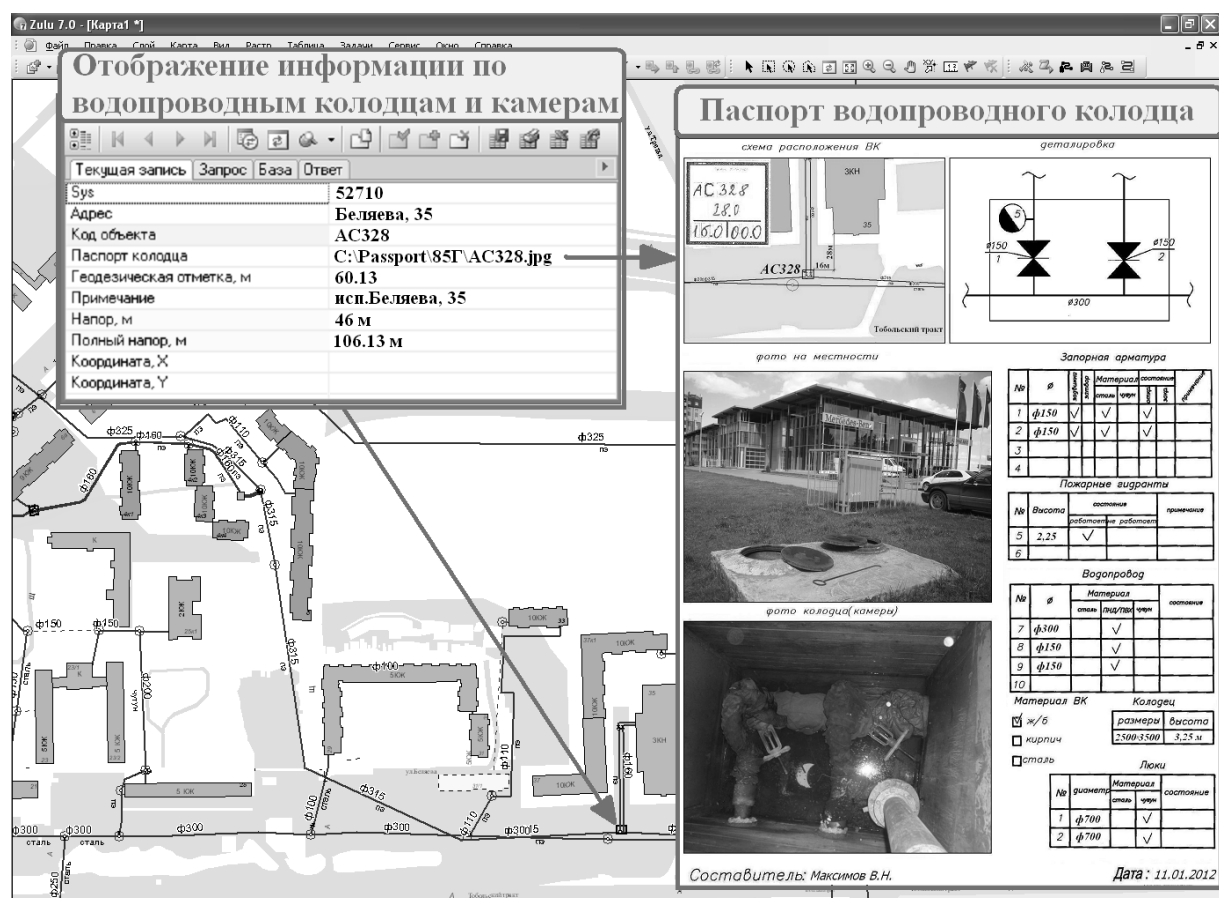


Рис. 1. Фрагмент детализированной гидравлической модели водопровода г. Тюмени с паспортом водопроводного колодца

большинстве случаев охватывает небольшие районы города в ограниченные периоды. В данной области ряд стратегически верных решений, принятых руководством ООО «Тюмень Водоканал», позволил обеспечить достаточный объем сведений о давлении в водопроводной сети города. В соответствии с ФЗ № 261 с 2013 г. вместе с расходомерами на вводах в многоквартирные жилые дома г. Тюмени устанавливаются датчики давления с передачей данных в ЦДС. К настоящему времени таким оборудованием оснащено 830 зданий (рис. 2). Информация о напоре служит исходным материалом для оценки правильности гидравлической модели водопровода Тюмени и ее калибровки.

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. За счет использования информации о давлении в 830 точках после ка-

либровки удалось достичь высокой точности гидравлической модели. В среднем расхождение между фактическим давлением и расчетными данными составляет 0,3 атм. Детализированная гидравлическая модель сетей водопровода г. Тюмени на основе ГИС «Zulu» применяется для контроля и управления режимом работы системы водоснабжения. Расчеты производятся при изменениях режима работы водозаборных узлов, плановых и аварийных отключениях магистральных водоводов, 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 сети водопровода г. Тюмени. В ходе работ совместно со специалистами ООО «РВК-консалтинг» было произведено обследование, выбор места расположения и диаметров регуляторов давления. Монтаж данного оборудования позволил снизить избыточный свободный напор в районах установки при обеспечении

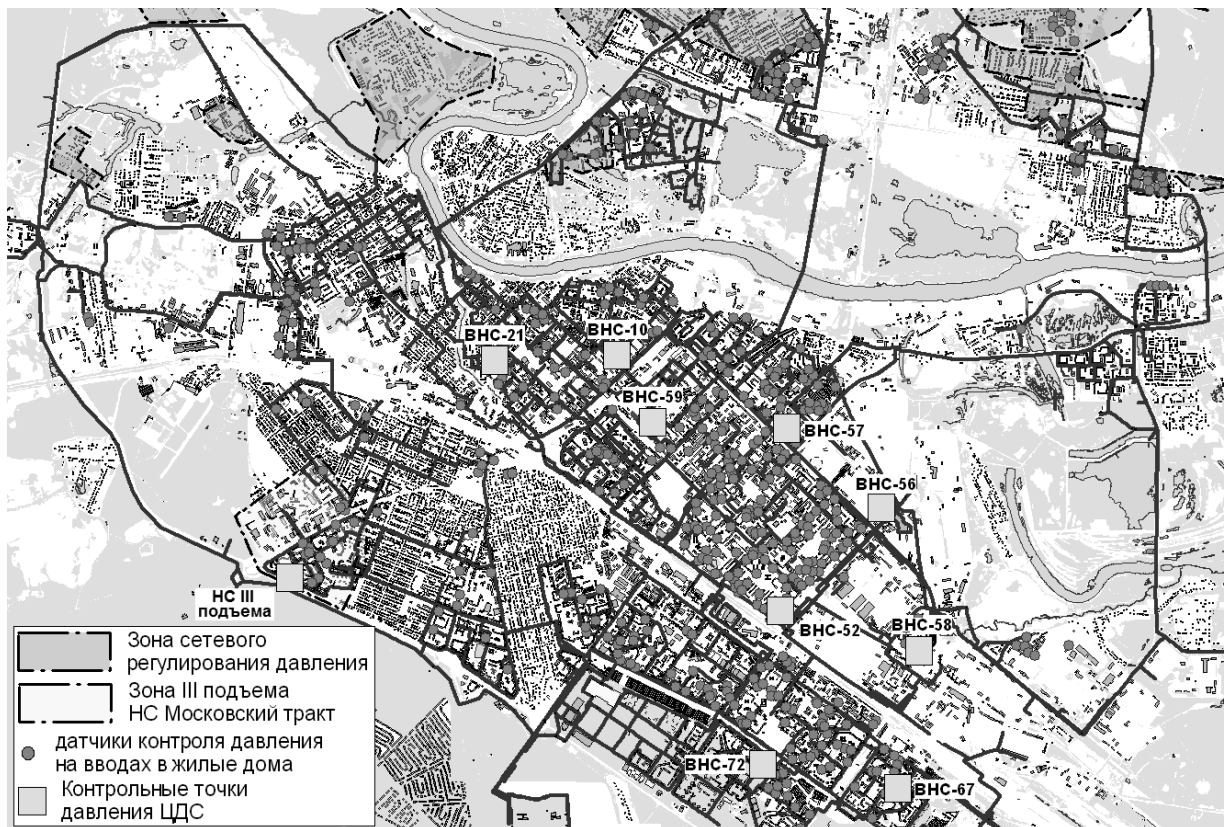


Рис. 2. Схема мониторинга и контроля давления в сети водопровода г. Тюмени

всех потребителей услугой в полном объеме. Контрольные замеры подтвердили стабилизацию напора в сети после регуляторов при неравномерной работе насосных станций II подъема. В результате было зафиксировано снижение общего количества возникновения новых повреждений на сетях водопровода в районах регулирования напора.

Для визуализации результатов гидравлического расчета и составления прогнозов одним из лучших способов является использование современных интернет-технологий [6-10]. Важным вопросом является поддержание в актуальном состоянии слоев ГИС, содержащих картографические материалы со зданиями и сооружениями города. Использование готовых цифровых карт местности, находящихся в общем доступе в сети Internet (tile-сервера), позволяет наглядно визуализировать результаты гидравлических расчетов с минимальными временными затратами. Одним из примеров является моделирование работы системы водоснабжения города при аварийном отключении одного из водозаборов. Расчеты позволяют определить зону пониженного давления в городе при данной чрезвычайной ситуации. Комбинация карты города tile-сервера и результатов ги-

дравлического моделирования позволяет дать представление о режиме работы сети (рис. 3). На основе данной информации возможно определение точек забора воды для пожарных автомобилей, необходимой схемы зонирования сетей, планирование мероприятий по обеспечению подвоза воды населению.

Еще одной областью использования ГИС в 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. 4).

Каждое повреждение на водопроводной сети оформляется в виде акта, а также производится фотосъемка места раскопки и выявленного дефекта трубопровода. Это позволяет точно идентифицировать участки при занесении в ГИС. Статистические данные позволяют оценивать состояние трубопроводов, составлять рейтинг наиболее аварийных трубопроводов. В дальнейшем эта информация является основой для составления плана капитального ремонта сетей.

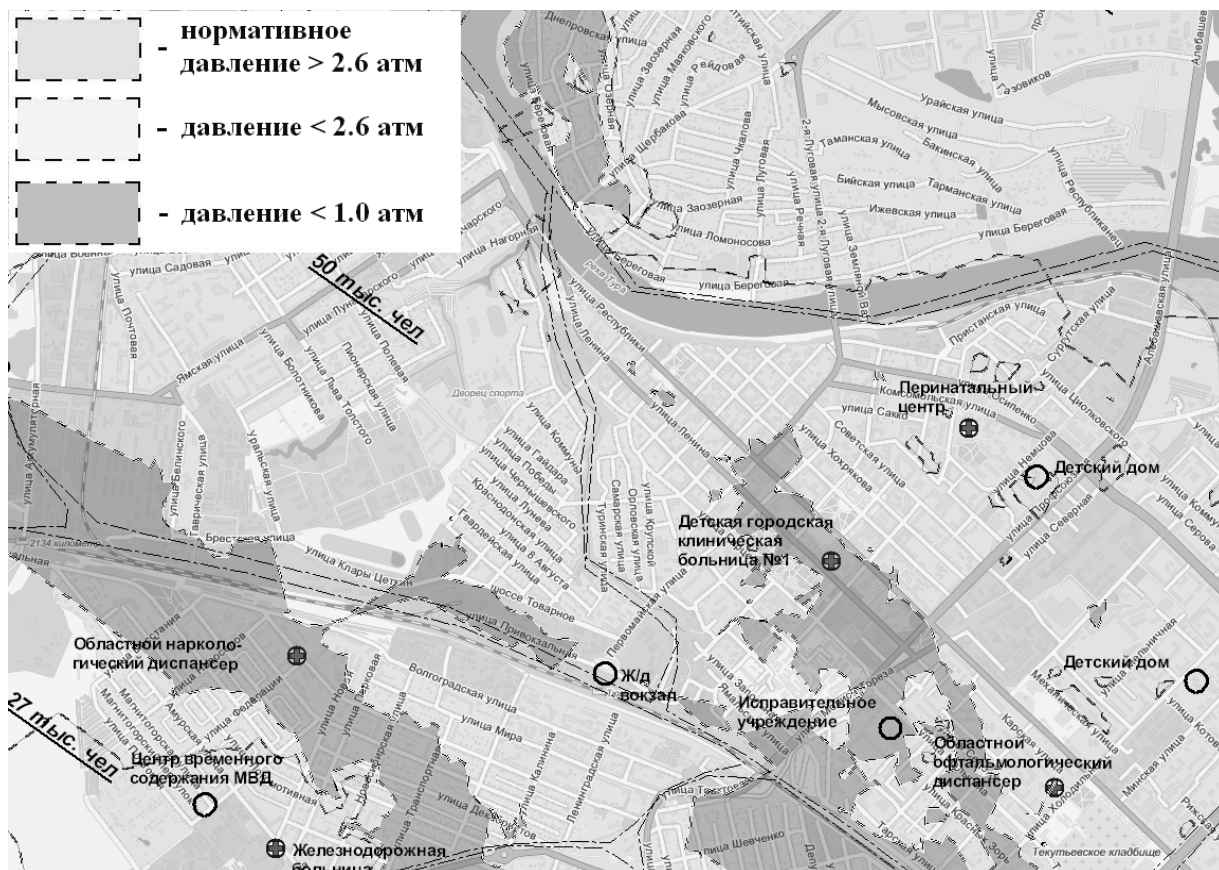


Рис. 3. Зоны пониженного давления на основе результатов гидравлического расчета, комбинированные с картографическим слоем tile-сервера

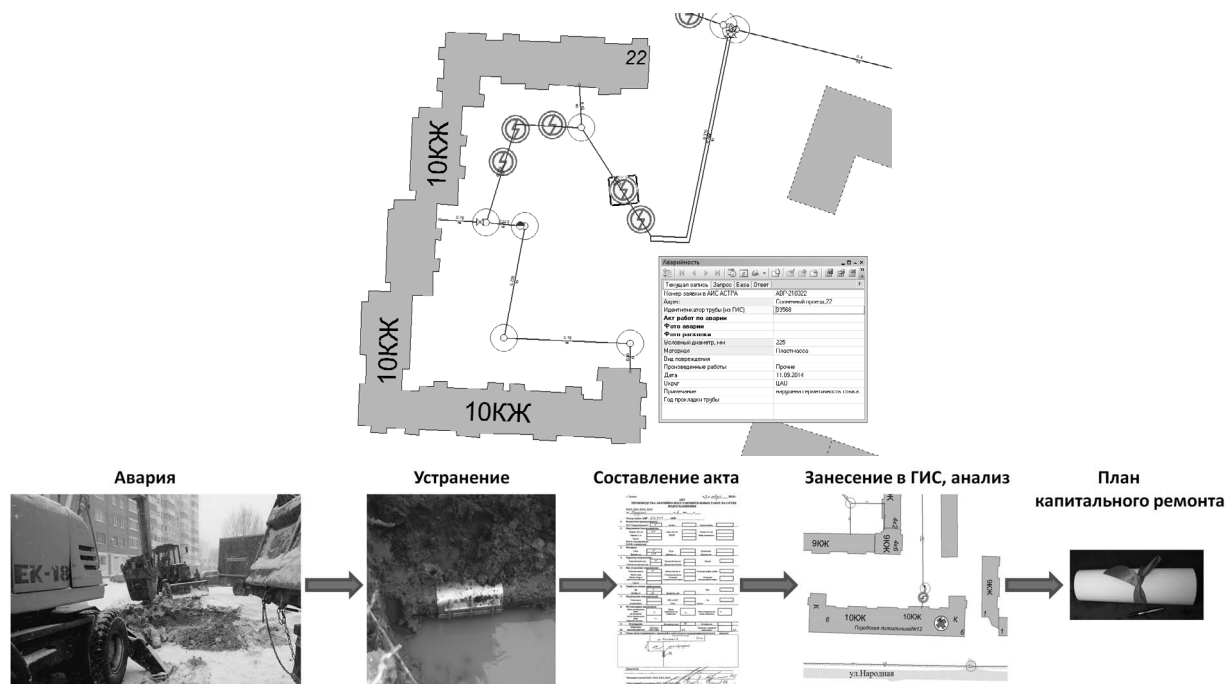


Рис. 4. Информация в слое «Аварийность» ГИС сетей водопровода. Схема учета аварийности трубопроводов в ООО «Тюмень Водоканал»

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. 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 Тюмени производится монтаж информационных координатных табличек, содержащих идентификатор и привязки колодцев. Косвенным эффектом данных мероприятий стало сокращение времени на поиск колодцев под снегом, льдом, асфальтобетонным покрытием.

Создание ГИС водопроводных сетей - длительный сложный процесс, связанный со значительными трудозатратами. Внедрение системы обеспечивает значительный рост эффективности функционирования предприятия в целом. 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» производит 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.

2. 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.

3. 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 ГОиЧС.

4. Обязательным условием эффективного использования гидравлической модели является ее вовлечение в производственную жизнь предприятия. Препятствием к этому являются требования защиты информации при работе со схемами водоснабжения крупных городов. В случае ООО «Тюмень Водоканал» данная проблема была частично решена за счет устройства сертифицированных компьютерных рабочих мест в цехе эксплуатации сетей водопровода.

5. Использование детализированной гидравлической модели в целом повышает устойчивость и эффективность работы системы водоснабжения г. Тюмени.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Храменков С.В. Стратегия модернизации водопроводной сети. М.: Стройиздат, 2005. 400 с.
2. Бальзанников М.И., Лукенюк Е.В. Использование геоинформационной системы оперативного экологического мониторинга для управления качеством окружающей среды // Экологические системы и приборы, 2008. №2. С. 3-5.
3. Патент на полезную модель №117688. Система сбора информации / М.И. Бальзанников, Е.Ф. Клейменова, В.Е. Тиранин. 2012. Бюл. №18.
4. Шишов С.Ю., Иванов В.М., Бычков Д.А., Незамаев Е.А. Гидравлическая модель для контроля и управления режимом работы системы водоснабжения г. Тюмени // Водоснабжение и санитарная техника. М., 2014. №6. С. 59-65.
5. <http://www.politerm.com.ru/> (дата обращения: 16.03.2014)
6. <http://demoscope.ru/weekly/2011/0449/barom03.php> (дата обращения: 12.05.2014)
7. <http://newsland.com/news/detail/id/1240200/> (дата обращения: 15.01.2014)
8. <http://ru.wikipedia.org/wiki/ГИС> (дата обращения: 12.02.2014)
9. <http://sdelanounas.ru/blogs/47592/> (дата обращения: 16.03.2014)
10. <http://argumenti.ru/economics/n473/387888> (дата обращения: 06.06.2014)
11. Сайридинов С.Ш. Течение прерывного волнового потока через оградительные сооружения различной конфигурации в открытых руслах // Вектор науки. Тольятти, 2004. №1. С. 58-65.
12. Сайридинов С.Ш. Исследование течения прерывного волнового потока в открытых руслах с местными боковыми преградами // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2014. Вып. №2 (15). С. 63-70.

13. Сайриддинов С.Ш. Течение гладкого (уединенного) волнового потока через оградительные сооружения различной конфигурации // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2014. Вып. №4 (17). С. 70-79.

© **Иванов В.М., Бычков Д.А., Иванова Т.Ю., Бахтина И.А., 2015**

Об авторах:

ИВАНОВ Владимир Михайлович

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теплотехники, гидравлики и водоснабжения, водоотведения
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
656099, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина, 46
E-mail: tgvv@mail.ru

БЫЧКОВ Дмитрий Александрович

Начальник отдела оптимизации режимов сетей и сооружений ООО «Тюмень Водоканал»
625007, г. Тюмень, 30 лет Победы, 31
E-mail: bda@vodokanal.info

ИВАНОВА Татьяна Юрьевна

кандидат технических наук, доцент кафедры теплотехники, гидравлики и водоснабжения, водоотведения
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
656099, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина, 46
E-mail: trodivilina@mail.ru

БАХТИНА Ирина Алексеевна

кандидат технических наук, доцент кафедры теплотехники, гидравлики и водоснабжения, водоотведения
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
656099, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина, 46
E-mail: bia-altai@mail.ru

IVANOV Vladimir M.

Doctor of Engineering, Professor, Head of the Thermotechnics, Hydraulics and Water supply, Wastewater Chair
Altai State Technical University n.a. I.I. Polzunov
656099, Russia, Barnaul, Lenin Avenue, 46
E-mail: tgvv@mail.ru

BYCHKOV Dmitry A.

Head of the Department of optimization of networks and facilities of LLC "Tumen Vodokanal"
625007, Tumen, 30 years of Victory, 31
E-mail: bda@vodokanal.info

IVANOVA Tatyana Yu.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of Thermotechnics, Hydraulics and Water supply, Wastewater Chair
Altai State Technical University n.a. I.I. Polzunov
656099, Russia, Barnaul, Lenin Avenue, 46
E-mail: trodivilina@mail.ru

BAKHTINA Irina A.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of Thermotechnics, Hydraulics and Water supply, Wastewater Chair
Altai State Technical University n.a. I.I. Polzunov
656099, Russia, Barnaul, Lenin Avenue, 46
E-mail: bia-altai@mail.ru

Для цитирования: *Иванов В.М., Бычков Д.А., Иванова Т.Ю., Бахтина И.А. Использование информационных систем для повышения эффективности работы водоснабжающих организаций // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2015. Вып. № 1(18). С. 54-60.*