

3 Фрог, Б.Н. Водоподготовка / Б.Н. Фрог, А.П. Левченко. – М. : Издательство МГУ, 1996. – С. 59–106.

4 Композиционные реагенты для очистки воды / Д.Д. Гриншпан [и др.] // Свиридовские чтения : сб. ст. – 2017. – Вып. 13. – С. 60–82.

УДК 004.942

БОЙЦОВ В.

ОБЩИЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

ООО «ГеоЦентрГрупп»

г. Минск, Республика Беларусь, boytsov@geocentre.by

Мировой опыт показывает, что для решения задач, связанных с повышением надежности системы водоснабжения города, качеством оказываемых услуг, снижением удельных энергозатрат требуется создание системы мониторинга и анализа работы коммуникаций и оборудования. Эффективным инструментом контроля и управления работой системы является цифровой двойник [1].

Цифровой двойник водоснабжения города – это такая сложная комплексная вещь, которая должна внедряться этапами. Двойник начинает собирать информацию об объекте, накапливать эту информацию. Дальше к цифровому двойнику прибавляется интеллект, прибавляются различные сервисы, и он растет, развивается до целевой модели, когда уже полностью повторяет физический объект и на его основе уже можно производить анализ, мониторинг и управление. Обобщенная структура цифрового двойника представлена на рисунке 1.

Важное свойство цифрового двойника заключается в том, что он должен быть постоянно обновляемым представлением реального физического процесса. Цифровой двойник – это динамическая, а не статическая модель реального объекта. При его эксплуатации информация с датчиков (мобильные, стационарные контрольные точки мониторинга манометрического давления и расхода), отчеты от пользователей и другие данные непрерывно передаются цифровому двойнику. Ответом из виртуального пространства в реальное становятся различные прогнозы и оценки, которые могут использоваться для улучшения работы и обслуживания реального объекта [2].

Дополнительно к цифровому двойнику эффективным решением является создание контроля за утечками по зонам DMA (Demand Metering Area).

На рисунке 2 представлено графическое обоснование инвестиций ООО «ГеоЦентрГрупп» по делению системы водоснабжения г. Рогачева на 9 счетных зон DMA с помощью 29 автономных пунктов учета воды, на базе расходомеров Siemens MAG8000.



Рисунок 1 – Структура цифрового двойника системы водоснабжения города

Данная работа была выполнена в 2015 году в рамках субподряда РУП «Белкоммунпроект», по предложениям со стороны Всемирного Банка, по объекту «Реконструкция системы водоснабжения г. Рогачева». Данное проектное решение в настоящий момент не реализовано.

Успешную реализацию проектов зонирования по водопотреблению можно видеть в городах Мюнхен, Вена, Санкт-Петербург, Нижний Новгород.

Общий методологический подход к созданию цифрового двойника системы водоснабжения города предполагает:

- создание и внедрение геоинформационной системы инженерных коммуникаций;
- создание математической модели водопроводной сети привязанной по ГИС-идентификаторам к существующей геоинформационной системой предприятия
- скелетирование (упрощение) математической модели водопроводной сети с сохранением сведений о первоисточнике для возможности обратного экспорта данных результатов гидравлического расчета;
- интеграцию данных из существующих приборов КИПиА (контрольные точки по давлению, расходы на сетях) и исторических (архивных) данных в

программу по математическому моделированию. Для эффективного управления за состоянием сети необходимо иметь не менее 1 контрольной точки на 10 км водопроводной сети;

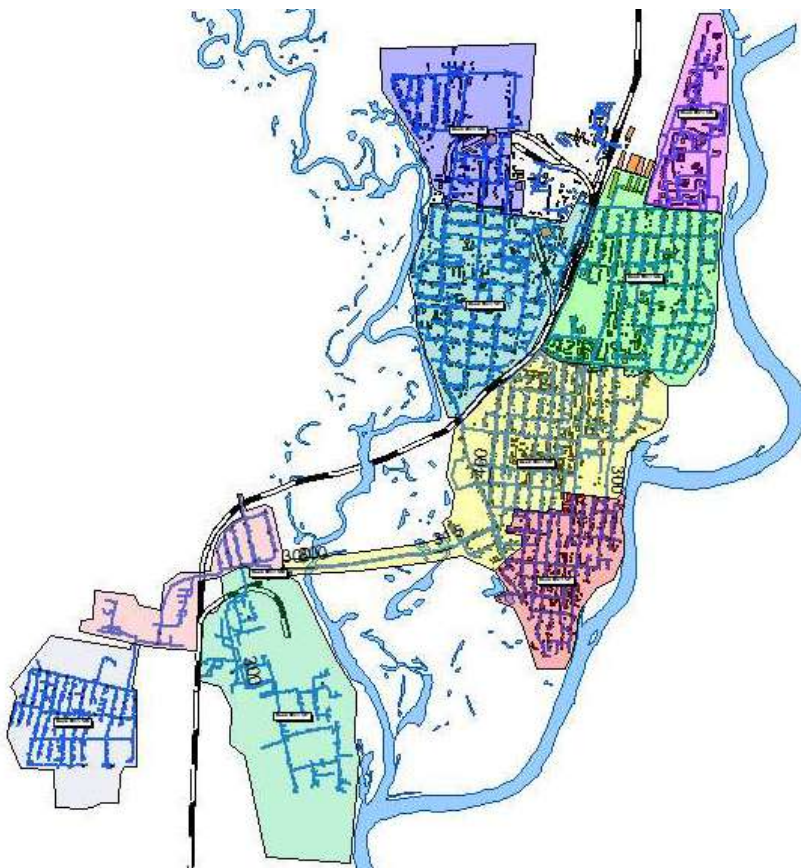


Рисунок 2 – Деление системы водоснабжения города Рогачева на счетные зоны (DMA)

- проведение идеализированного расчета (как сеть должна работать при паспортных характеристиках труб и запорной арматуры);
- калибровку математической модели по шероховатости труб и водопотреблению.

На этом этапе выявляются проблемные трубопроводы, закрытая запорная арматура, возможные места крупных утечек. Для калибровки математической модели делается не менее 20 временных срезов значений, полученных от приборов КИПиА, SCADA-систем.

На основании полученной модели разрабатываются мероприятия по энергосбережению, улучшению пропускной способности трубопроводов (многосценарный анализ), разрабатываются оптимизационные режимы работы водопроводных насосных станций 2-го подъема (на основе динамического расчета 24 часа в сутки)

На базе математической модели изучается потокораспределение в водопроводной сети города, предлагаются решения по промывке сетей, проведение мероприятий по хлорированию и дезинфекции.

Поддержание цифрового двойника в актуальном состоянии путем калибровки сети на основании периодических манометрических съемок; создания автоматического сбора исходных данных по водопотреблению и данных с систем АСУ ТП.

Выводы. Цифровые двойники систем водоснабжения городов способны значительно усилить способность предприятий принимать оптимальные решения на базе данных, повысить эффективность их деятельности и избавиться от потенциальных проблем.

Список литературы

1 **Казначеева, О.Н.** Цифровые двойники / О.Н. Казначеева. – CADMASTER. – 2019. – № 3. – С.4–6.

2 Концепция построения цифрового двойника города. / С.А. Иванов [и др.] // Вестник Южно-Уральского гос. ун-та. Сер.: Вычислительная матем. и информ. – 2020. – № 9 (4). – С. 5–23.

3 **Борисов, Д.А.** Bentley Systems. Моделирование и эксплуатация наружных сетей водоснабжения и канализации [Bentley Systems – Modeling and Operation of Exterior Water Supply and Sewage Networks]. / Д.А. Борисов. – САПР и ГРАФИКА [CAD and Graphics]. – 2009. – № 5. С. 64–68.

УДК 628.16.081.3

БРЕХОВА А.С.¹, МАСЛЮКОВ А.П.²

КАРБОНЬЛОКИ – НОВЫЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

*ФГБУН «Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова
Российской Академии наук», г. Москва
maslennikova@bwf.ru¹, alpet@bk.ru²*