

База знаний системы водоотведения населенного пункта

Штепа В. Н.¹, Охтилев М. Ю.², Бобрикович А. В.³, Бобрикович Ю. В.³

¹Белорусский государственный технологический университет,

³Минский радиотехнический колледж

Минск, Республика Беларусь

²Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

Санкт-Петербург, Россия

Проанализированы информационно-аналитические аспекты, сдерживающие цифровизацию технологических процессов организаций водопроводно-канализационных хозяйств. Оценены различные методы создания баз знаний, как средств систематизации и использования данных и накопленного опыта в рамках системы водоотведения населенного пункта. В виде программного обеспечения создана специализированная база знаний, позволяющая повысить наблюдаемость и управляемость операций транспортировки и очистки городских сточных вод.

На данный момент в сфере водоснабжения и водоотведения имеет место ситуация, когда интенсивное развитие отрасли значительно сдерживается в результате отсутствия действенных средств комплексной автоматизации технологических процессов. Такое состояние вызвано значительным количеством, как объективных, так и субъективных причин среди которых можно выделить [1–3]:

– технологический тупик в сегменте инструментальных средств измерения показателей качества водных растворов в режиме реального времени в агрессивных условиях внешней среды при невозможности проведения регламентного их обслуживания;

– многофакторности, нелинейности, нестационарности, непрогнозируемости одновременного протекания био-физико-химических взаимодействий в транспортируемой, подготавливаемой и очищаемой воде;

– фрагментарности, используемых организациями водопроводно-канализационных хозяйств (далее – ВКХ) информационных систем, и полным отсутствием решений, которые бы можно было классифицировать, как «интеллектуальные платформы», что критически сдерживает цифровую трансформацию отрасли в разрезе оптимизации технологических операций.

Вариантом систем, которые бы смогли улучшить управляемость процессов в ВКХ, являются базы знаний (далее – БЗ) – базы данных, включающую

правила вывода и информацию о человеческом опыте и знаниях в некоторой предметной области (ISO/IEC/IEEE 24765-2010, ISO/IEC 2382-1:1993). Существуют и практически используются несколько вариантов создания и практического применения БЗ.

К примеру фреймовый способ композиции знаний функционирует в рамках структуры, способной организовать данные об объекте или событии на основе каркаса или шаблона, содержащего «слоты» для хранения параметров о свойствах и характеристиках. Компоненты фрейма:

- иерархия: фреймы способны наследовать свойства друг от друга;
- динамическое заполнение: если какие-то слоты пусты, система может запросить дополнительные данные;
- использование связей: фреймы могут быть связаны друг с другом, например, через отношения типа «включение» или «причина-следствие».

Другой способ систематизации и использование ранее накопленных знаний – прецедентный подход. Он базируется на применении конкретных случаев из предыдущего опыта для оперативного решения текущих задач. Преимущества его внедрения: позволяет использовать накопленные знания; эффективен в случаях, где сложно создать жесткие правила (как производственные); учит систему лучше, по сравнению с фреймовым подходом, справляться с новыми задачами.

Достаточно интуитивно понятной для специалистов предметной области является производственная модель (основанная на правилах), которая формирует БЗ в виде конструктов «ЕСЛИ (условие), ТО (действие)». Здесь условие (антецедент) представляет собой формулировку, по которой реализован поиск в БЗ; действие (консеквент) – действия, осуществляемое на основе результатов поиска. Соответственно, реализованные на основе производственной модели базы знаний являются производственными системами и включают следующие элементы: базу правил типа «ЕСЛИ (условие) ТО (действие)»; рабочую память, где сохраняются условия и выводы, полученные в результате функционирования и синтеза; механизм логического вывода, применяющий ранее сформированные и проверенные правила в соответствии с состоянием имеющейся рабочей памяти (интерпретатор для получения логического вывода на основании знаний из БЗ).

Именно производственный формат БЗ и использовался для интеллектуального анализа процессов системы водоотведения населенного пункта. При этом, с учетом отсутствия на данный момент достаточно полного количества знаний об характеристиках операций отведения и очистки сточных вод (СВ), не будет иметь место необратимость дизъюнкций и правила не станут противоречить друг другу.

Источниками информации для формирования специализированной базы знаний выступили [4; 5]:

– дискретные измерения аккредитованной лаборатории анализа показателей качества сточных вод организации ВКХ в контрольных колодцах наиболее «опасных» абонентов (юридических лиц);

– дискретные измерения аккредитованной лаборатории анализа показателей качества сточных вод организации ВКХ на входе очистных сооружений канализации (ОСК);

– непрерывные измерения автоматическими инструментальными средствами расхода и показателей качества СВ (рН, окислительно-восстановительный потенциал (ОВП), электропроводность, температура) на входе ОСК;

– экспертные оценки и заключения;

– действующие нормативные документы.

На рис. 1 представлена методика создания БЗ водоотведения.

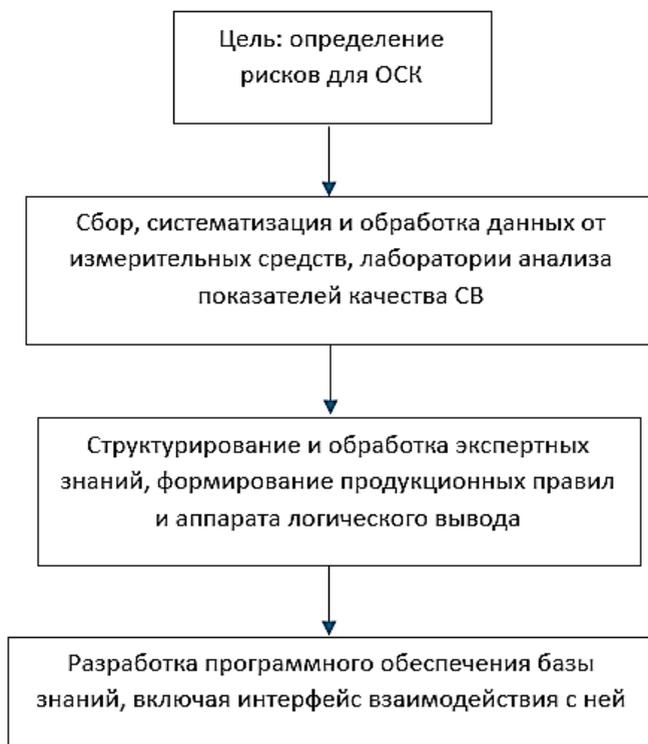


Рис. 1. Методика формирования продукционной базы знаний водоотведения населенного пункта

Полученные данные, перед включением их в БЗ, прошли математическую обработку, включая фильтрацию и аугментация, на основе подходов инженерии знаний. Логический вывод реализован на основе использования элементов нечеткой логики.

Общая конструкция правил пользовательского применения БЗ для оперативной оценки состояния водоотведения следующая:

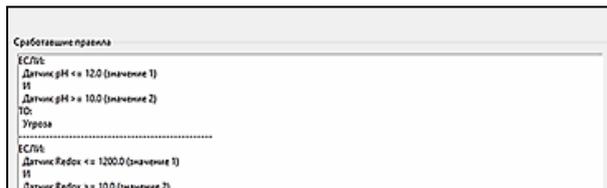
ЕСЛИ «Показания инструментальных средств измерения на входе ОСК» имеют «Значения» ТО «Абоненты водоотводящей сети сформировали СООТВЕТСТВУЮЩУЮ спецификацию загрязнителей СВ» И «Имеются СООТВЕТСТВУЮЩИЕ риски для ОСК».

При этом данные нормативных документов и знания экспертов используются при определении, на базе логического вывода, дальнейших действий (консеквентов).

Программное обеспечение было создано на языке Python с использованием кросс-платформенного фреймворка *Qt*. Такой подход позволяет подключать информационные решения различных научных и других модулей для анализа данных и функционировать на различных операционных системах, включая Linux. Фрагменты программного обеспечения базы знаний водоотведения населенных пунктов представлены на рис. 2.



a



б

Рис. 2. Фрагменты программного обеспечения базы знаний водоотведения населенных пунктов:
a – главное окно; *б* – продукционные правила

Такая база знаний позволяет поддерживать решение ряда крайне актуальных задач организаций ВКХ в сегменте водоотведения:

- автоматизированная оценка (прогноз) влияния параметров водоотведения на очистные сооружения и определение наиболее «опасных» для ОСК абонентов;

- создание рекомендаций по действиям персонала очистных сооружений;

- разработка регламента контроля абонентов сети водоотведения и формирование для них предложений по минимизации негативного влияния их сточных вод на ОСК;

- определение реальной картины параметров водоотведения с целью создания адекватных технических заданий на реконструкцию и модернизацию объектов ВКХ.

Литература

1. Практическое использование информационно-аналитической системы оценки экологической безопасности водоотведения / В. Н. Штепа, А. Б. Шикунец, А. В. Козырь [и др.] // Искусственный интеллект в Беларуси, Минск, 12–13 окт. 2023 г. / Объединенный институт проблем информатики. – Минск, 2023. – С. 251–256.

2. Системный анализ компьютерно-интегрированного комплекса мониторинга и прогнозирования рисков возникновения чрезвычайных ситуаций на объектах коммунально-промышленного водоотведения / В. Н. Штепа, А. В. Шикунец, С. В. Тыновец [и др.] // Инновационные технологии защиты от чрезвычайных ситуаций, Минск, 28 сентября 2023 года. – Минск, 2023. – С. 20–21.

3. Предобработка данных и обоснование подходов использования нейросетевого прогнозирования значений pH сточных вод / В. Н. Штепа, В. А. Кудинов, Р. К. Кузьмич [и др.] // Интеллектуальные информационные системы: теория и практика: сборник научных статей по материалам IV Всероссийской с международным участием конференции, Курск, 21–23 нояб. 2023 г. / Курский государственный университет ; редокл.: А. А. Халин. – Курск, 2023. – С. 166–173.

4. Предиктивное управление процессом биологической очистки сточных вод на основе нейросетевого прогнозирования pH / В. Н. Штепа, В. А. Кудинов, О. Н. Прокопюня [и др.] // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2024. – № 1. – С. 149–155.

5. Войтов, И. В. О задачах цифровизации систем водоотведения коммунально-промышленных объектов / И. В. Войтов, Е. В. Россоха, В. Н. Штепа // Нефтегазохимия – 2023 : материалы VI Международного научнотехнического форума по химическим технологиям и нефтегазопереработке, Минск, 1–3 нояб. 2023 г. / БГТУ ; редокл.: И. В. Войтов. – Минск, 2023. – С. 147–151.