

**И. В. Войтов\***

доктор технических наук, профессор

**М. Ю. Охмилев\*\***

доктор технических наук, профессор

**В. Н. Шмена\***

доктор технических наук, доцент

\*Белорусский государственный технологический университет, Минск, Республика Беларусь

\*\*Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

## АКТУАЛЬНОСТЬ СОЗДАНИЯ И ВНЕДРЕНИЯ НА ВОДОПРОВОДНО-КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ХОЗЯЙСТВАХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКИХ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ

Рассматривается актуальность разработки и внедрения интеллектуально-аналитических программных продуктов в водопроводно-канализационных хозяйствах. Выделены технологические проблемы, затрудняющие управление очистными сооружениями и системами водоотведения. Введение описанных в работе программных продуктов направлено на создание единой информационной платформы, способной интегрировать данные и знания о водоснабжении и водоотведении, обеспечивать доступ к актуальной информации и автоматизировать процессы управления.

**Ключевые слова:** интеллектуально-аналитические программные продукты, управление очистными сооружениями, автоматизация процессов, превентивное управление, экологическая безопасность, цифровая платформа, анализ данных.

**I. V. Voitov\***

Dr. Sc., Tech., Professor

**M. Yu. Okhtilev\*\***

Dr. Sc., Tech., Professor

**V. N. Shtepa\***

Dr. Sc., Tech., Associate Professor

\*Belarusian State Technological University, Minsk, Republic of Belarus

\*\*St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

## RELEVANCE OF CREATION AND IMPLEMENTATION IN WATER SUPPLY AND SEWERAGE SYSTEMS OF INTELLECTUAL-ANALYTICAL SOFTWARE PRODUCTS

The article considers the relevance of development and implementation of intellectual-analytical software products in water supply and sewage. Technological problems that hinder the management of sewage treatment plants and water systems are highlighted. The introduction of the software products described in this paper aims at creating a common information platform capable of integrating data and knowledge on water supply and water management, providing access to relevant information and automating management processes.

**Keywords:** intellectual-analytical software products, sewage treatment plant management, process automation, preventive management, environmental safety, digital platform, data analysis.

На данном этапе развития водопроводно-канализационных хозяйств (ВКХ) объективно сформировался ряд технологических причин, вызывающих необходимость создания новых программных продуктов [1]. На примере системы водоотведения населенных пунктов (предприятий), включая очистные сооружения, к таким негативным факторам относятся [2]:

- сложность адаптивного управления очистными сооружениями (ОС);
- отсутствие системных решений оперативного измерения и прогноза показателей качества и объемов сточных вод непосредственно в сетях водоотведения до их поступления на очистные сооружения;
- отсутствие оперативного контроля состояния сети водоотведения и несвоевременное проведение их технического обслуживания и ремонта (ТОиР);
- отсутствие средств импактного (по месту) интеллектуального мониторинга ключевых объектов-загрязнителей сточных вод с обоснованием превышения ими нормативных требований к водоотведению и логическим прогнозом опасности воздействия их отходов на сеть канализования и ОС;
- нерепрезентативное (неверное) формирование технических заданий (ТЗ) на строительство (реконструкцию, модернизацию) сетей водоотведения, включая ОС.

На предприятиях используется некоторое количество специализированных программных продуктов, однако они не решают указанных проблем вследствие того, что единые информационные системы предприятий ВКХ отсутствуют – внедрены только фрагментарные элементы надстройки над SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) в виде аналитических модулей оценки работы биологических очистных сооружений, станций очистки питьевой воды, насосных групп.

При этом имеются следующие недостатки SCADA:

- они решают только задачи технологической диспетчеризации без прогноза развития рисков и ресурсоэффективности – нет косвенной оценки технологической ситуации;
- отсутствует решение смежных задач: ТОиР, управления ресурсами и персоналом, анализа экономической эффективности; пользователь во многих случаях не видит производственной ценности от создаваемых и наполняемых баз данных, которые поддерживаются в рамках функционирования SCADA;
- отсутствует оперативная связь технической системы с инженерно-технологическими специалистами (как правило, только через мобильного оператора SCADA, когда последний считает, что ситуация угрожающая);

Ситуация усугубляется тем, что необходимо поддерживать значительный перечень измерительных средств в рабочем состоянии, при этом пользователь в силу ограниченности функциональности SCADA не видит в этом необходимости: контрольно-измерительные приборы и другие инструментальные средства выходят из строя без обслуживания [3].

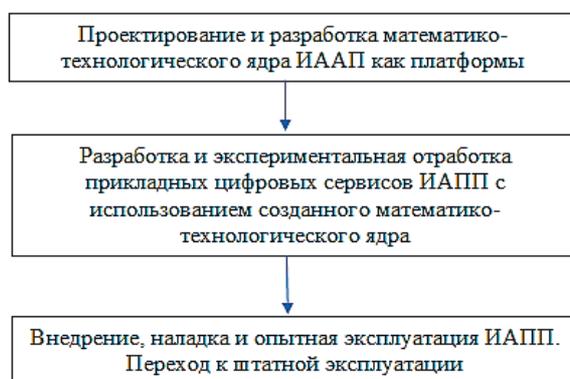
Программные продукты GPS-X, Sludge Expert, «Экосим» используются для математического моделирования (проектирования), симуляции техпроцессов, являются продуктовым решением для проектировщиков, но не предназначены для управления техпроцессами.

Соответственно, целями для перспективных программных средств обоснованно считать:

- обеспечение интеграции и каталогизации данных и знаний о ВКХ;
- обеспечение защищенного оперативного доступа к актуальной, достоверной и полной информации о состоянии ВКХ, технологических процессах реализации их жизненного цикла;
- обеспечение автоматизированного информационного взаимодействия в едином информационном пространстве ВКХ;
- обеспечение повышения степени осведомленности ЛПП (лиц, принимающих решения) для принятия обоснованных решений, организациях и предприятиях ВКХ по обеспечению заданного уровня технического состояния и прогнозируемых показателей качества и надежности.

При этом, в отличие от традиционно используемого реактивного управления сложными объектами, необходимо ориентироваться на оперативное реагирование и последующее недопущение инцидентов. Такое проактивное управление предполагает предотвращение возникновения негативных ситуаций за счет создания в соответствующей системе мониторинга и управления принципиально новых прогнозирующих и упреждающих возможностей при формировании и реализации управляющих воздействий, базирующихся на концепции системного (комплексного) моделирования.

Тогда технология создания новых интеллектуально-аналитических программных продуктов (ИАПП) может состоять из трех ключевых этапов (рисунки).



*Последовательность создания нового класса интеллектуально-аналитических программных продуктов для ВКХ*

На первом этапе на основе глубинного последовательного исследования (drill down) предметной области, технического проектирования и прототипирования строится интеллектуальная система унифицированных решений – «движок» для прикладных цифровых сервисов.

Аппаратно ИАПП ВКХ должна обеспечивать:

- поддержку периферийных устройств ввода-вывода, например на основе технологии OPC, а также имеющих в системе множества встроенных драйверов популярных приборов и устройств или API: простое подключение Plug&Play разнообразных устройств по шаблонам; широкий перечень поддерживаемых PLC, приборов учета; подключение любых устройств через Modbus RTU/ASCII/TCP; использование разнообразных каналов коммуникации: GSM/Lan/Radio, Online-визуализация на всех платформах: Windows, Linux, Mac OS, мобильные приложения;
- сохранение работоспособности уже существующих и используемых систем;
- объединение разнотипных технических платформ;
- множественное подключение и одновременное использование сервисов;

- загрузку базы объектов из ГИС и других хранилищ данных;
- быстрое разворачивание системы;
- невысокие финансовые, временные и кадровые вложения;
- неограниченное количество рабочих мест, в том числе виртуальных (VR и/или AR).

Обоснованно, что системное внедрение ИАПП ВКХ с точки зрения технологических процессов потенциально позволит [4]:

- достичь эффективного управления объектами водоснабжения и водоотведения;
- повысить ресурсо- и энергоэффективность технологических процессов ВКХ;
- обеспечить санитарно-гигиеническую и экологическую безопасность систем водоснабжения и водоотведения, включая оптимизацию функционирования очистных сооружений;
- достичь качественного планирования операций и выполнение работ по техническому обслуживанию и ремонту агрегатов, оборудования и других составляющих элементов систем водоснабжения и водоотведения;
- обеспечить адекватную оценку рисков и раннее предупреждение потенциальных чрезвычайных ситуаций техногенного характера, недопущение их возникновения на объектах ВКХ, например в случае попадания опасных токсикантов на биологические ОС;
- формировать качественные технические задания на строительство, реконструкцию или модернизацию объектов ВКХ согласно критерию «минимизация затрат»;
- проводить системное практико-ориентированное обучение персонала современным информационным решениям.

### Заключение

Перспективные интеллектуально-аналитические программные продукты ВКХ, прежде всего их математико-технологическое ядро, должны строиться как предметно-ориентированная цифровая платформа, обеспечивающая возможности построения и исполнения многофункциональных прикладных решений цифрового информационно-аналитического обеспечения водопроводно-канализационных хозяйств на основе извлечения, комплексирования, цифровизации и интеграции разнородных информационных ресурсов и разноаспектных экспертных знаний, манипулирования ими, а также генерации на их основе цифровых сервисов обработки и анализа данных с использованием передовых технологий онтологического проектирования, интеллектуального анализа данных, больших данных (Big Data), машинного обучения, low-code проектирования, когнитивной 2D- и 3D-графики, высоконагруженных приложений, оперативных аналитических вычислений (OLAP), информационной поддержки изделий (CALS), цифровых двойников.

### Библиографический список

1. *Войтов И. В., Штепа В. Н.* Использование цифровой платформы водоотведения для предупреждения технологических рисков биологической очистки сточных вод // Инновационные биотехнологии для охраны окружающей среды: от теории к практике: матер. I Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 23–25 апр. 2024 г. / Институт микробиологии НАН Беларуси; орг. комитет конф.: А. А. Шепшелев (пред.) [и др.]. Минск: ИнМи, 2024. С. 83–84.
2. О задачах цифровизации систем водоотведения коммунально-промышленных объектов / И. В. Войтов, В. В. Смелов, А. В. Дернович, В. Н. Штепа // Нефтегазохимия-2023: матер. VI Междунар. науч.-техн. форума по хим. технологиям и нефтегазопереработке, Минск, 1–3 нояб. 2023 г. / УО «Белорусский государственный технологический университет»; отв. за выпуск К. В. Вишневский. Минск: БГТУ, 2023. С. 147–151.
3. *Штепа В. Н., Золотых Н. Ю., Куреев С. Ю.* Обоснование и схемы использования ранжирующих измерительных систем экологического мониторинга и интеллектуального анализа режимов водоотведения // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. 2023. № 1. С. 94–103.
4. Практическое использование информационно-аналитической системы оценки экологической безопасности водоотведения / В. Н. Штепа, А. Б. Шикунец, А. В. Козырь, Н. Ю. Золотых // II Форум IT-Академграда «Искусственный интеллект в Беларуси»: доклады, Минск, 12–13 окт. 2012 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Объединен. ин-т проблем информатики; науч. ред.: С. В. Кругликов, С. Н. Касанин. Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2023. С. 251–256.