

## НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ВНЕДРЕНЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ ЦИФРОВИЗАЦИИ ВОДОПРОВОДНО-КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ХОЗЯЙСТВ

И.В. Войтов<sup>1</sup>, ректор, д.т.н., профессор,

И.А. Ровбо<sup>2</sup>, генеральный директор,

В.Н. Штепа<sup>1</sup>, заведующий кафедрой, д.т.н., доцент

<sup>1</sup> Учреждение образования «Белорусский государственный  
технологический университет», Минск, Беларусь

<sup>2</sup> Государственное производственное объединение «Белводоканал»,  
Минск, Беларусь

*Оценены обоснованность и актуальность используемых терминов «цифровизация» и «цифровая система». Предложено в качестве методологической основы функционирования научно-внедренческой структуры (лаборатории) применить концепты инжиниринга, представляющего собой синергетическую и междисциплинарную деятельность. Проанализированы основные производственные аспекты системного (нефрагментарного) внедрения на водопроводно-канализационных хозяйствах цифровых продуктов: ключевым современным недостатком выступают отсутствие единого информационно-аналитического пространства и нехватка профильных специалистов, что сдерживает использование технологий информационного моделирования и лабораторно-информационных менеджмент-систем. На примере лаборатории «Цифровой и технологический инжиниринг ВКХ» (организаторы: Белорусский государственный технологический университет и ГПО «Белводоканал») представлены функционал и задачи такой научно-внедренческой структуры.*

### Введение

На данный момент нет строгих нормативных определений терминам «цифровизация» и «цифровая система». ГОСТ 34.003-90 «Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения» и ГОСТ 33707-2016 «Информационные технологии. Словарь» не дают их, при этом включают родственные понятия «автоматизированная система» и «автоматизация». Таким образом, все определения являются частными случаями отдельных специалистов (команд специалистов).

Так Кудрявцевой Т.Ю. и Кожинной К.С. сделан вывод, что «цифровизация» – процесс, который предполагает использование цифровых

технологий и оцифрованных данных для трансформации бизнес-процессов, бизнес-моделей, бизнес-операций. Для цифровизации, например, используют [1–3] методологии, которые базируются на глубоких знаниях о предметной области (выходя за рамки только экономической теории): цифровое проектирование и моделирование (CAD); «умные модели»; цифровые двойники; технологии управления данными о продукте (PDM) и управления жизненным циклом изделий (PLM); робототехнику; информационные системы управления предприятием; Большие Данные, Интернет Вещей.

Указанные решения имеют междисциплинарную основу и находят на стыке различных наук и практик. Именно поэтому важным является внедрение при цифровизации производств подходов, которые объединяют бизнес-концепты и технологический базис – к ним относятся технологический инжиниринг. Согласно ГОСТ Р 57306 – 2016 «Инжиниринг. Терминология и основные понятия в области инжиниринга», он определяется, как инженерно-консультационная деятельность, содержанием которой является решение инженерных задач, связанных с созданием или совершенствованием продукции, систем и (или) процессов.

Вместе с тем предметом инжиниринга выступает не сам объект (производственный процесс, бизнес-процесс, техническая, организационная или социальная система, программный продукт или др.), а интеллектуальная деятельность по его созданию, организация взаимодействия сторон, участвующих в таком синтезе. Центр тяжести инжиниринговой деятельности находится не в сфере проектирования, конструирования, строительства, программирования, а в сфере организации проектирования, конструирования, строительства, программирования. При этом в содержание инжиниринга всегда входит и «проектирование», но не столько проектирование объектов, систем и процессов, а проектирование процессов и систем инжиниринга, необходимых для реализации требований заказчика. Тогда инжиниринг – это не отдельная особая сфера деятельности, а особое сочетание известных видов деятельности, позволяющих получить новый, синергетический, результат, недоступный для простой последовательности отдельных изолированных процессов исследования (изыскания), проектирования, организации и всестороннего обеспечения, собственно создания и промышленной реализации объекта (системы, процесса).

Соответственно, крайне актуальным является функционирование научно-практических структур, которые бы обеспечивали (поддерживали) внедрение на водопроводно-канализационных хозяйствах цифровых систем на основе инжиниринговых подходов.

## 1. Оценка актуальной ситуации с внедрением цифровых решений на предприятиях ВКХ

Ряд факторов, требующих более широкого и обоснованного внедрения специализированных цифровых решений в организациях ВКХ [4, 5]:

- сложность эффективного управления очистными сооружениями сточных вод (ОССВ);

- сложность оперативной диагностики и анализа состояния сетей водоотведения и водоснабжения;

- необходимость использования программного обеспечения для оптимизации технического обслуживания и ремонта (далее – ТОиР);

- отсутствие удалённых средств для мониторинга по месту (в колодцах) показателей сточных вод ключевых объектов-загрязнителей;

- сложность формирования адекватных технических заданий (далее – ТЗ) на строительство (реконструкцию, модернизацию) оросительных систем сточных вод (далее – ОССВ).

В тоже время в организациях ВКХ используются отдельные программные продукты, однако, комплексные автоматизированные системы управления технологическими процессами (далее – АСУ ТП) в сфере водопроводно-канализационных хозяйств отсутствуют – максимум созданы элементы надстроек (аналитические модули) над SCADA (для биологических очистных сооружений, станций очистки питьевой воды, насосных групп).

Достаточно широко представлены в технологическом сегменте выше указанные SCADA, однако они имеют типовые недостатки систем своего низкого иерархического уровня:

- решается только задача технологической диспетчеризации без прогноза развития ситуации и рисков, оценки ресурсоэффективности, экологической безопасности и других интегральных показателей;

- необходимость поддержания значительного перечня измерительных средств в рабочем состоянии – при этом, пользователь, в силу ограниченности функциональности SCADA, не видит в этом необходимости: контрольно-измерительные приборы и другие изделия выходят из строя без обслуживания;

- имеющиеся системы крайне реактивны – управленческие воздействия применяются после возникновения, обнаружения и идентификации нештатной ситуации обычным оператором или с крайне большим опозданием инженерно-технологическим персоналом;

- отсутствует решение смежных задач: ТОиР, управления ресурсами и персоналом, анализа экономической эффективности;

- пользователь, во многих случаях, не видит пользы от сохраняемых ретроспективных баз данных, которые собираются в рамках функционирования SCADA.

Итоговый (комплексный) недостаток применяемых фрагментарных на данный момент решений: нет единой информационной среды, которая бы позволила оптимизировать деятельность технических средств и кадровых ресурсов для гарантированного достижения нормативных требований к качеству воды (водоснабжение и водоотведение (канализация) при минимизации материальных и других затрат.

Схожие выводы получены и в результате анализа цифровой зрелости российских организаций ВКХ, сделанные Баженовым В.И., где среди прочего констатируется:

- отсутствуют инструменты технологий информационного моделирования (далее – ТИМ) в организациях ВКХ (в том числе ТЗ, средства просмотра моделей и их приемки);

- отсутствуют специалисты по ТИМ-моделированию, водоканалы кадрово не готовы к внедрению ТИМ;

- отсутствуют лабораторно-информационные менеджмент-системы (далее – ЛИМС) (цифровые лаборатории);

- крайне плохо внедрено управление основными фондами предприятия (далее – ЕАМ) – «цифровое» техническое обслуживание и ремонт.

Исходя из актуальной картины перспективными направлениями технологической деятельности научно-внедренческих структур (научно-практических лабораторий) является:

- контроль функционирования технологий ОССВ (информационно-аналитическая поддержка их реконструкции, модернизации);

- оперативная диагностики и прогноз технического состояния сетей и качества воды в них;

- моделирование аварийных ситуаций и прогноз экологических рисков.

## 2. Функционал и структура внедренческой лаборатории цифровизации водопроводно-канализационных хозяйств

Общей целью работы научно-практической лаборатории цифровизации ВКХ можно принять обеспечение выполнения научно-исследовательских и образовательных работ, научного сопровождения инновационных проектов, научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технических работ (далее – НИОКТР) в системе жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь ориентированных на:

1. соблюдение требований по обслуживанию населения в сфере ВКХ при поддержке экологической безопасности окружающей среды;

2. создание научно-методического аппарата и цифровых продуктов (прежде всего платформенного типа), которые бы способствовали повышению экономической эффективности функционирования организаций водопроводно-канализационных хозяйств на различных этапах их жизненных циклов, что позволило бы:

- уменьшить ресурсо- и энергозатраты;
- повысить оперативность принятия управленческих решений;
- оптимизировать технического обслуживания и ремонта;
- выполнить требования экологической безопасности;
- повысить оперативность и распределённый контроль качества водных ресурсов,

– снизить риски чрезвычайных ситуаций антропогенного характера в водных объектах за счёт прогнозирования и выявления времени и мест их потенциального возникновения.

3. обеспечение образовательных проектов, нацеленных на переподготовку и повышение квалификации сотрудников ВКХ;

4. популяризация среди молодёжи, прежде всего студенческой, профильных специальностей.

Тогда основные задачи лаборатории:

5. объединение интеллектуальных, финансовых и материально-технических ресурсов заинтересованных сторон при выполнении научных исследований в области цифровой и технологической трансформации организаций ВКХ;

6. выполнение научно-внедренческих работ с использованием методологии цифрового моделирования для создания научно-обоснованных условий цифровой и технологической трансформации организаций ВКХ;

7. разработка и сопровождение практических рекомендаций по обеспечению цифровой и технологической трансформации организаций ВКХ;

8. научное сопровождение технологической части реализации бизнес-планов внедрения цифровых технологий в организациях ВКХ;

9. разработка учебно-методического обеспечения для повышения квалификации и переподготовки специалистов в области цифровых технологий;

10. проведение научно-популярных мероприятий (включая курсы) для студенческой молодёжи.

**Структура такой лаборатории, на примере лаборатории «Цифровой и технологический инжиниринг ВКХ» (организаторы: Белорусский государственный технологический университет (БГТУ)**

**и ГПО «Белводоканал»), в рамках Республики Беларусь может быть следующей (рисунк 1):**



Рисунок 1 – Структура лаборатории «Цифровой и технологический инжиниринг ВКХ»

При этом имеет место разделённая локализация модулей цифрового и технологического инжиниринга (при постоянной удалённой онлайн связи между ними в рамках научного и образовательного контентов – фактически создаётся цифровой двойник лаборатории (рисунк 2):

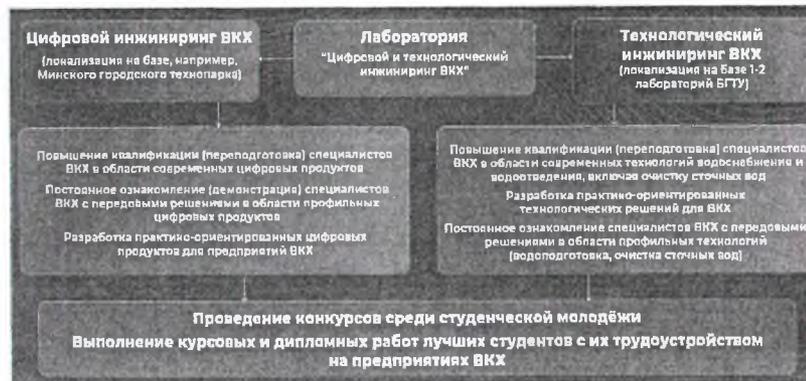


Рисунок 2 – Цифровой двойник лаборатории

Объединение цифровой и технологической составляющей лаборатории по средствам моделирования и интеллектуальных технологий позволит системно обеспечивать организации ВКХ актуальными

знаниями и программными продуктами для качественного управления процессами (технологическими, кадровыми, экономическими (рисунок 3):

- максимальное привлечение молодых специалистов;
- информационная безопасность.

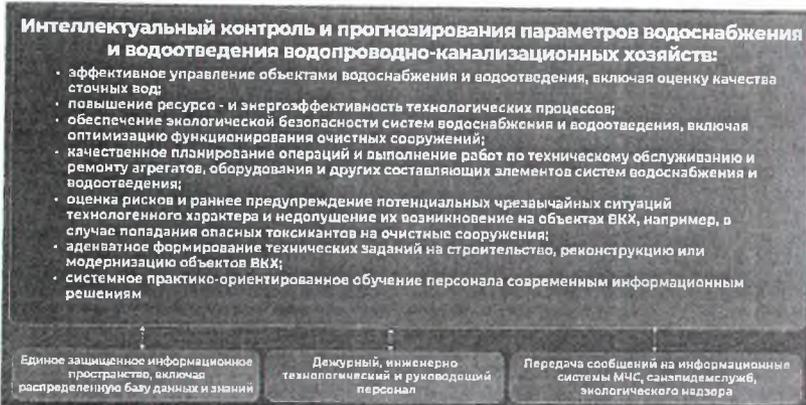


Рисунок 3 – Интеллектуальный контроль и прогнозирования параметров

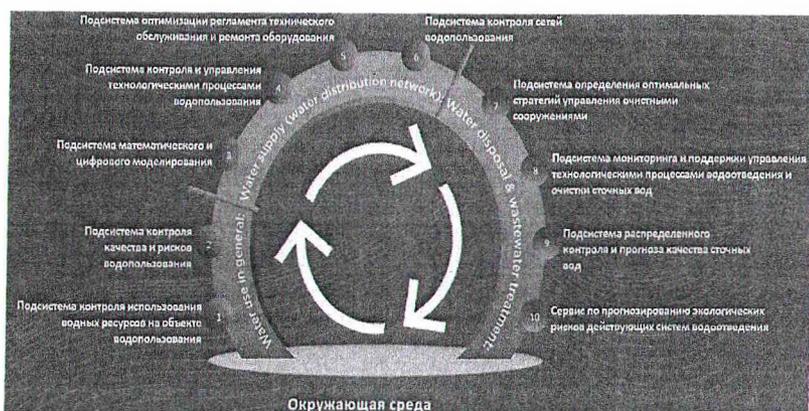


Рисунок 4 – Подсистемы лаборатории

При этом основные ориентиры деятельности лаборатории:

- импортозамещение;
- «полевая» работа с организациями ВКХ на всех этапах взаимодействия;
- постоянное привлечение к работе ключевых специалистов отрасли;
- системный обмен актуальной и новой информацией с организациями ВКХ;

## Включение

Создание и функционирование научно-внедренческой структуры (лаборатории), которая будет системно обосновывать и поддерживать цифровую трансформацию предприятий ВКХ (включая реализацию задач Указа № 136 «Об органе государственного управления в сфере цифрового развития и вопросах информатизации», Указа № 381 «О цифровом развитии», Указа № 604 «О мерах по повышению эффективности работы жилищно-коммунального хозяйства») позволит более оптимально использовать новые программные продукты на конкретных объектах.

При этом наличие учебной части лаборатории, на базе которой будут постоянно проходить переподготовку (получать дополнительное образование) профильные специалисты организаций ВКХ, нарабатывая навыки работы с новыми цифровыми продуктами и технологиями (водоподготовка, очистка сточных вод), позволит повысить цифровую грамотность сотрудников, а значит и создать предпосылки к более качественным апробациям и применению цифровых инструментов ими «по месту».

Также, наличие постоянного взаимодействия между студентами и производством позволит предметно вовлекать лучших из них в работу организаций ВКХ уже на этапе обучения с дальнейшим трудоустройством.

## Список литературы

1. Digitalization of construction organisations – a case for digital partnering / D. Aghimien [et al.] // International Journal of Construction Management. – 2020. – С. 1–10.
2. Technical, economic, and environmental assessment of flare gas recovery system: a case study / S.M. Mousavi [et al.] // Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects. – 2020. – С. 1–13.
3. О задачах цифровизации систем водоотведения коммунально-промышленных объектов / И.В. Войтов [и др.] // Нефтегазохимия – 2023: материалы VI Международного научно-технического форума по химическим технологиям и нефтегазопереработке, Минск, 1–3 нояб. 2023 г. – Минск: БГТУ, 2023. – С. 147–151.

4. Штепа, В.Н. Экспериментальное и объектно-информационное формирование адаптивного технологического паспорта водоотведения предприятия по производству солода / В.Н. Штепа, А.Б. Шикунец // Биотехнология: достижения и перспективы развития: сборник материалов VI международной научно-практ. конференции, Пинск, 30 нояб. – 1 декабря 2023 г. – Пинск: ПолесГУ, 2023. – С. 283–288.

5. Войтов, И.В. Использование цифровой платформы водоотведения для предупреждения технологических рисков биологической очистки сточных вод / И.В. Войтов, В.Н. Штепа // Инновационные биотехнологии для охраны окружающей среды: от теории к практике: материалы I международной научно-практической конференции, Минск, 23–25 апреля 2024 г. / Институт микробиологии НАН Беларуси. – Минск: ИнМи, 2024. – С. 83–84.