

ИЗВЕЩАНИЕ

НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ



**Сброс сточных вод
на рельеф: проблема
и подход к ее решению**

Снижение себестоимости
питьевой воды путем
использования искусственного
интеллекта для реагентной
обработки поверхностной воды

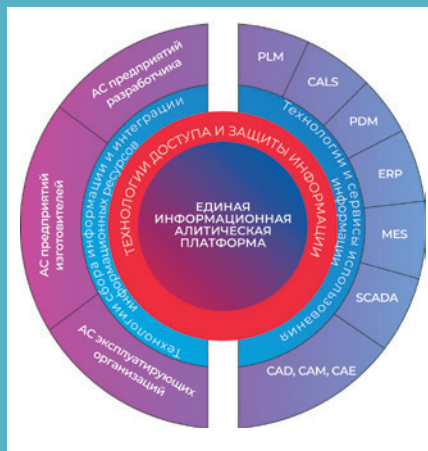


**Применение
ультрафильтрации
для очистки
поверхностных вод**



ГИС «Ливнёвка» –
цифровая
платформа создания
внебюджетных
источников
финансирования
ливневых систем

Технология дискового
обратного осмоса
для задач концент-
рирования высоко
минерализованных
сточных вод



**КОДА
NEW**
ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ГРУППА

• Живое общение • Эксклюзив • Ведущие эксперты

Интеллектуальная
информационно-аналитическая
платформа управления
организациями ВКХ



**СДЕЛАНО
В РОССИИ**

PIEZUS

РАСХОДОМЕРЫ
ДАТЧИКИ ДАВЛЕНИЯ
ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕЛЕ ДАВЛЕНИЯ
ПОГРУЖНЫЕ ДАТЧИКИ УРОВНЯ
ЭЛЕКТРОННЫЕ МАНОМЕТРЫ
ИНДИКАТОРЫ



Интеллектуальная информационно-аналитическая платформа управления организациями ВКХ

М.Ю. Охтилев,
Д-Р ТЕХ. НАУК, ПРОФ.,
ЗАВЕДУЮЩИЙ КАФЕДРОЙ
КОМПЬЮТЕРНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ
И ПРОГРАММНОЙ
ИНЖЕНЕРИИ САНКТ-
ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

В.Н. ШТЕПА,
Д-Р ТЕХ. НАУК, ДОЦ.,
ЗАВЕДУЮЩИЙ КАФЕДРОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ
ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ
БЕЛОРУССКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА

В.И. БАЖЕНОВ,
Д-Р ТЕХ. НАУК, ПРОФ.,
РУКОВОДИТЕЛЬ
СЕКЦИИ ЭКСПЕРТНО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
СОВЕТА РАВВ
«ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ
СООРУЖЕНИЙ И СИСТЕМ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ
И ВОДООТВЕДЕНИЯ.
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ»

РЕДАКЦИЯ ПРЕДСТАВЛЯЕТ АВТОРОВ

Охтилев Михаил Юрьевич – дважды лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, лауреат премии Правительства Санкт-Петербурга в области высшего и среднего профессионального образования. С 1980-х годов занимается решениями в области интеллектуальных информационных технологий интегрированного информационно-аналитического обеспечения жизненного цикла сложных организационно-технических объектов. Опыт практического освоения и внедрения цифровых и интеллектуальных информационных систем, с готовностью его трансформации в отрасль ВКХ.

Штепа Владимир Николаевич, инициатор создания научно-внедренческой лаборатории «Цифровой и технологический инжиниринг ВКХ» (Республика Беларусь). Научные интересы связаны с ресурсоэффективностью и экологической безопасностью водоснабжения и водоотведения коммунально-промышленных объектов. Эксперт Министерства связи и информатизации Республики Беларусь в сфере цифрового развития.

Баженов Виктор Иванович, известный отраслевой специалист технологического профиля и ресурсо- энергоэффективного оборудования систем ВКХ. Автор концепции «Цифровой водоканал», активный участник Национального центра цифрового развития водоснабжения и водоотведения.

Предлагаемые в данной статье новаторские, нестандартные решения нашли реализацию в ряде отраслевых организаций и промышленных предприятий, прежде всего, ракетно-космической и электроэнергетической отраслей. Обоснованы этапы создания и поэтапного внедрения сквозной «Интеллектуальной цифровой платформы управления производственными процессами» с использованием искусственного интеллекта (ИИ) и цифрового моделирования производственных процессов.

Авторы уверены в том, что для ускорения развития и внедрения ИИ в сфере ВКХ требуется как можно скорее ликвидировать разрыв между результатами академических исследований и практическими потребностями – ИИ должен ориентироваться на отраслевой спрос.

Алгоритмы машинного обучения, оптимизационные методы и другие интеллектуальные технологии (ИТ) становятся доступными. Они перспективны для качественных преобразований в управлении большими данными и планировании производственных и хозяйственных процессов в ВКХ. Прежде всего, речь идет о производственных информационно-аналитических платформах с поддержкой цифровых процессов адаптивным математическим аппаратом, включая подходы искусственного интеллекта (не обязательно на основе глубокого обучения нейросетей – это для не всегда эффективно и рационально!). Их цель в ВКХ – повышение эффективности мониторинга и прогнозирования, в том числе рисков, с принятием обоснованных и наиболее эффективных операционных и стратегических решений, прежде всего в условиях действия нештатных и чрезвычайных ситуаций (количество которых в ВКХ значительно).

Готовы ли российские водоканалы их использовать? В данной статье авторы представляют основания для разработки подобных решений, нашедших реализацию в ряде организаций ВКХ и промышленных предприятий, прежде всего, ракетно-космической и электроэнергетической отраслей (с конца 1980-х годов разрабатывается уже пятое поколение программно-математического обеспечения).

С чего начинать? С самого главного, с производственной SCADA-системы (или АСУТП) при знании онтологической модели (структуры) конкретного водоканала. Знание онтологии позволит планировать этапы внедрения множества информационных систем (претендующих на интеллектуальные, либо нет) и проводить обучение персонала передовым цифровым продуктам.

Термин «интеллектуальная платформа» не определен в базовых нормативных документах ГОСТ Р 59277–2020, ГОСТ Р ИСО/МЭК 22989–2022, ГОСТ Р ИСО/МЭК 20546–2021, ГОСТ Р ИСО/МЭК 24668–2022, ГОСТ Р 59895–2021. Вместе с тем, он успешно используется в различных областях деятельности, например:

- экологического мониторинга окружающей среды [1];
- проектной деятельности и мышления [2, 3];
- как основа инфраструктуры умных городов и регионов [4–6];
- в образовании [7, 8];
- промышленных технологий и техники [9, 10] и пр.

Президент Российской Федерации Владимир Путин:

«Технологии искусственного интеллекта призваны стать важнейшим ресурсом достижения национальных целей развития, обеспечить укрепление обороноспособности страны, качественное развитие экономики и социальных отраслей, госуправления, рост инноваций. И чтобы успешно решать эти задачи, Россия должна стать мировым лидером не только по созданию, но и по масштабу применения, проникновению искусственного интеллекта во все без исключения сферы нашей жизни».

«...Чтобы Россия была в авангарде масштабных, идущих во всем мире перемен, скорость которых набирает обороты... нам надо наращивать эти обороты, предлагать по-настоящему новаторские, нестандартные решения».

Пленарное заседание международной конференции «Путешествие в мир искусственного интеллекта» (11–13 декабря 2024 г.).



Ответ нейросети ChatGPT DALL-E:

Вот изображение интеллектуальной платформы водоканала, выполненное в стиле цифрового искусства. Оно подчеркивает современные технологии, управление ресурсами и автоматизацию процессов в городской среде.



Интеллектуальная платформа – это программно-аппаратное решение, которое объединяет технологии искусственного интеллекта (ИИ), автоматизации и анализа данных для обеспечения эффективной работы сложных систем. Такие платформы помогают обрабатывать большие объемы данных, извлекать из них полезную информацию и принимать решения на основе интеллектуального анализа. Основная цель интеллектуальных платформ – поддержка управления процессами, оптимизация ресурсов и повышение эффективности.

Признаки интеллектуальных платформ:

1) обработка данных и их интеграция; 2) использование ИИ и машинного обучения (МО); 3) адаптивность к пользователю и условиям; 4) автоматизация повторяющихся задач и рабочих процессов; 5) прозрачность и объяснимость для принятия обоснованных решений; 6) управление в реальном времени; 7) модульность и масштабируемость для расширения функциональности или числа подключаемых устройств; 8) облачные и гибридные решения при удаленном управлении; 9) взаимодействие с пользователем (веб-приложения, мобильные приложения, голосовые помощники); 10) кибербезопасность и защита данных (шифрование, мониторинг угроз и поддержка стандартов соответствия).

Особенности интеллектуальных платформ:

1) интероперабельность с существующими системами; 2) высокая вычислительная мощность; 3) ориентация на конечного пользователя (как для экспертов, так и для пользователей с минимальным техническим опытом); 4) при цифровой трансформации служат основой для внедрения инновационных технологий на производстве и в бизнесе.

Оценка современной ситуации предприятиями ВКХ с использованием программных средств

На данном этапе развития водопроводно-канализационного хозяйства объективно сформировался ряд технологических причин, вызывающих необходимость создания новых программных продуктов с интеллектуальной поддержкой. Практическими проблемами, сдерживающими развитие интеллектуальных систем ВКХ, являются [11]:

- сложность адаптивного управления объектами ВКХ в условиях неполной априорной информации об управляемом процессе;
- отсутствие системных решений в области оперативного измерения и прогноза показателей качества и объемов вод;
- недостаточность оперативного контроля состояния объектов и несвоевременное проведение их технического обслуживания и ремонта (ТОиР);
- ограниченность средств импактного (локального) интеллектуального мониторинга ключевых объектов-загрязнителей сточных вод с логическим прогнозом опасности их воздействия на канализационную сеть, очистные сооружения и окружающую природную среду;
- формирование неоднозначных технических заданий на строительство (реконструкцию, модернизацию) без учета онтологической структуры предприятия ВКХ¹;
- острая нехватка специалистов, необходимых для массового внедрения технологий больших данных и ИИ;
- дефицит инфраструктуры (центров обработки данных) для хранения данных на территории России.

В отрасли используются специализированные программные продукты, которые не решают указанных проблем вследствие того, что единые информационные системы предприятий ВКХ отсутствуют – внедрены фрагментарные элементы надстройки над SCADA (Supervisory Control And

¹ СП 517.1325800.2024 «Эксплуатация централизованных систем, сооружений водоснабжения и водоотведения» включает онтологическую структуру «Цифровой водоканал» (ЦВ): п. 8.1 – Общие требования; п. 8.2 – Объекты АСУ ТП; п. 8.6 – ЦВ и объекты управления ЦВ.

Data Acquisition) и(или) АСУ ТП в виде аналитических модулей оценки работы инженерных сетей, насосных групп, станций очистки питьевых и сточных вод.

SCADA-системы и(или) АСУТП:

- решают задачи технологической диспетчеризации (как правило, без прогноза развития рисков и ресурсоэффективности при отсутствии оценки технологической ситуации);
- не сопровождают решение смежных задач: ТОиР, управление ресурсами и персоналом, анализ экономической эффективности (базы данных, которые поддерживаются в рамках функционирования SCADA, имеют невысокую производственную ценность);
- характеризуются низкой оперативной связью технической системы с инженерно-технологическими специалистами.

Ситуация усугубляется тем, что пользователь, в силу ограниченности функциональности SCADA, не видит необходимости в поддержке значительного перечня измерительных средств в рабочем состоянии:

контрольно-измерительные приборы и другие инструментальные средства выходят из строя без обслуживания [12].

Соответственно, необходимо внедрение программных средств в целях:

- интеграции и каталогизации данных и знаний о ВКХ;
- защищенного оперативного доступа к актуальной, достоверной и полной информации о состоянии предприятия ВКХ, технологических процессах реализации их жизненного цикла;
- автоматизированного информационно-взаимодействия в едином информационном пространстве ВКХ;
- повышения степени осведомленности лиц, принимающих решения (ЛПР), по обеспечению требуемого уровня технического состояния и прогнозируемых показателей качества и надежности.

В целом, существует потребность реализовать полную и достаточную управленческую иерархию (рис. 1).



Рис. 1. Иерархическая архитектура построения информационно-управляющих систем промышленно-коммунальными объектами:

SCADA – диспетчерское управление; MES (Manufacturing Execution Systems) – производственное исполнение (или система управления технологией); ERP (Enterprise Resources Planning) – планирование ресурсов предприятия, обеспечивает финансово-хозяйственную деятельность, планирование и учет производства; OLAP (Online Analytical Processing) – аналитическая обработка информации в реальном времени; CALS-технологии (Continuous Acquisition and Life cycle Support) – информационные технологии, используемые в управлении процессами жизненного цикла системы

КАК СОЗДАВАЛОСЬ ПЛАТФОРМЕННОЕ РЕШЕНИЕ

Постоянно наращиваемый 40-летний опыт совместной работы разработчиков с предприятиями ракетно-космической отрасли (центры управления полетами космическими аппаратами, на космодромах «Плесецк» и «Восточный»), внедрение информационно-аналитических систем в других критических приложениях (Ленинградская, Смоленская Курская АЭС).

На основе данного платформенного решения созданы комплексы: оценки технического состояния и летно-технических характеристик ракет-носителей, разгонных блоков на активном участке траектории, космических аппаратов на этапе орбитального полета в реальном масштабе времени; построение АСУ верхнего уровня и систем поддержки принятия решений в гидроэнергетике и космической отрасли; поддержки и принятия решений при подготовке и проведении мероприятий в критических отраслях промышленности и оборонной сферах; управления и защиты атомных реакторов, обеспечение проведения испытаний и пуско-наладочных работ в атомной энергетике.

Для организаций ВКХ разработаны и внедрены: система сбора и анализа информации параметров водоотведения, база знаний экологических рисков водоотведения, система нейросетевого прогнозирования поступающих на очистку сточных вод (КУПП «Водоканал г. Барановичи»); технический паспорт и концепт мероприятия цифрового развития «Цифровая система контроля параметров водоотведения города Пинска»; система сбора информации и анализа параметров водоотведения предприятия ОАО «Белсолод».

В отличие от традиционно используемого *реактивного* управления сложными объектами (направлено на выявление потребностей в использовании актуальных знаний для решения текущих проблем в деятельности организации) необходимо ориентироваться на оперативное реагирование и последующее недопущение инцидентов. Такое *проактивное* управление предполагает предотвращение возникновения негативных ситуаций и аварий 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.

Сформировавшаяся к настоящему моменту консервативная парадигма корпоративного функционирования организаций и предприятий ВКХ не включает способов скоординированной оптимизации эксплуатации инфраструктуры, цифрового инжиниринга и управления в едином цифровом пространстве. Она характеризуется:

- *отсутствием унифицированной цифровой среды*, обеспечивающей преодоление фрагментарной автоматизации технологических процессов;
- *несогласованностью и низким уровнем эффективности* использования разнородных и разнотипных цифровых средств;
- *крайне слабым уровнем использования* накапливаемых массивов информации;
- *низкой квалификацией специалистов*, которые эксплуатируют внедренные программные продукты.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА – ПРОДУКТИВНЫЙ ВАРИАНТ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ ВКХ

При комплексной автоматизации водоснабжения и водоотведения обосновано рассмотреть возможность создания и поэтапного внедрения сквозной Интеллектуальной цифровой платформы управления производственными процессами (ИЦП УПП), базирующейся на системном многоуровневом анализе технологических процессов, с применением подходов искусственного интеллекта [13, 14] и цифрового моделирования производственных процессов.

Разработанная в рамках указанной платформы технология построения цифровых двойников предполагает отражение физических объектов (оборудование и технологический процесс) со всеми его параметрами и аспектами для охвата полного жизненного цикла.

Цифровой двойник (ЦД) способен имитировать любой промышленный объект (производственный агрегат) или технологический процесс (например, биологическую или физико-химическую очистку сточных вод), что позволит эффективно обслуживать сложные узлы, осуществлять операционный контроль, управлять эффективностью и повысить компетенции персонала при принятии решений, основываясь на единой ИЦП УПП. В целом ЦД – это виртуальная среда, поэтому проводить в ней риск-прогноз безопасно и дешево, по сравнению с затратами на реальные системы.

ИЦП УПП позволяет повысить качество производственной деятельности предприятиям ВКХ:

- снизить риски (минимизировать человеческий фактор в принятии решений) инцидентов и аварийных ситуаций;
- оптимизировать использование ресурсов;
- минимизировать удельные затраты на различных участках и стадиях;
- повысить конкурентоспособность предприятия;
- стать лидером в отрасли;
- внедрять и использовать перспективные рыночные тренды;
- улучшить экономическое/финансовое состояния организации.

БАЗОВЫЕ КОНЦЕПТЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИЦП УПП

УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ КАК ЕДИНЫМ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИМ ПРОСТРАНСТВОМ (OLAP, MES, SCADA)

Комплексные решения задач синхронизации, координации, анализа и оптимизации технологических процессов в рамках производства и группы производств для обеспечения целей:

- обеспечение устойчивого управления ресурсами (минимизация потерь воды в системах транспортировки и распределения, оптимизация использования природных ресурсов с учетом прогнозов водопотребления, реализация мер по рационализации потребления воды и энергозатрат);
- увеличение надежности (поддержание стабильного давления и качества воды, снижение числа аварийных ситуаций и их оперативное устранение);
- соблюдение экологических требований (снижение качества сбросов и выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, повышение эффективности очистных сооружений через оптимизацию процессов, мониторинг воздействия на экосистемы);
- экономическую эффективность (снижение эксплуатационных затрат за счет автоматизации процессов и оптимизации ресурсов, увеличение доходов через контроль несанкционированного водоразбора и утечек);
- повышение уровня управления (предоставление точных и своевременных данных для поддержки управленческих решений, повышение прозрачности работы через мониторинг ключевых показателей, создание открытого взаимодействия с населением и регуляторами).

ПРЕДИКТИВНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ (PdM, PREDICTIVE MAINTENANCE)

Помогает распознавать и оценивать изменения в состоянии оборудования, которые не выявляются при стандартной проверке/дефектовке и диагностике; позволяет выявлять условия, способные вызвать неисправность/отказ и вмешаться,

прежде чем они произойдут. Минимизирует потери от простоев производства, обеспечивает безопасную и безаварийную эксплуатацию дорогостоящего оборудования. Планирует инвестиции и ремонтные работы на основе данных.

АВТОМАТИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ (RPA, ROBOTIC PROCESS AUTOMATION)

Позволяет проводить обработку масштабных задач, для которых ранее требовался труд большого количества специалистов высокой квалификации различного профиля, формализуется и актуализируется документооборот, оптимизируется время работы персонала.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА (QA, QUALITY ASSURANCE)

Гарантированно обеспечивает постоянный уровень качества в соответствии с нормативами и требованиями, а также способствует повышению надежности, качества и минимизации затрат в процессе автоматизации мониторинга оборудования и процессов.

УПРАВЛЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ (LIMS, LABORATORY INFORMATION MANAGEMENT SYSTEM)

Оптимизирует сбор, анализ лабораторных и технологических данных, управленческую отчетность, применяют совместно с MES-системами. Производит контроль качества воды в режиме реального времени.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ (АП)

Точное прогнозирование производственной программы эксплуатации технологического оборудования и производственных процессов. АП снижает эксплуатационные риски, повышает общую эффективность технологических цепочек, оптимизирует расход ресурсов на каждой операции и снижает эксплуатационные затраты. Предназначена для контроля и обеспечения оптимального использования ресурсов.



План поэтапного внедрения ИЦП УПП

1. Разработка подсистемы оперативного сбора и анализа производственной информации и знаний экспертов, ориентируясь на используемые в предприятии SCADA и(или) АСУТП:

- системный анализ производственных и вспомогательных процессов с целью проектирования единой ИЦП УПП;
- создание и внедрение подсистемы оперативного сбора и анализа производственной информации и знаний, вспомогательных процессов при работе со смежными системами;
- согласование структуры и функционала системы единой ИЦП УПП, разработка ее детального ТЗ.

2. Базовый инжиниринг и создание цифрового двойника производства, включая поставку и монтаж дополнительных КИП (по результатам этапа 1).

3. Пуско-наладка ИЦП УПП.

4. Запуск в штатный режим ИЦП УПП:

- мониторинг и прогноз качества и рисков технологических процессов (включая ресурсоэффективность и экологическую безопасность);
- диагностика и прогноз состояния оборудования (функционал технического обслуживания и ремонта);
- технологический электронный документооборот и корпоративное информационное взаимодействие с обеспечением нормативных требований к безопасности;
- обучение персонала предприятий передовым цифровым решениям без отрыва от производства.

5. Гарантийное и сервисное обслуживание цифровой ИЦП УПП.

В результате организация ВКХ получит мультиагентную систему с рядом сервисов, которые сформируют единое информационное технологическое экосреду (рис. 2).

В рамках практической реализации таких информационно-аналитических решений внедрены:

- база знаний влияния параметров сточных вод предприятий-абонентов сети водоотведения на населенного пункта на коммунальные биологические очистные сооружения;
- информационно-аналитический модуль анализа взаимосвязей показателей качества сточных вод населенного пункта и залповых сбросов загрязнителей;
- блок предиктивного нейросетевого прогнозирования временных рядов показателей качества сточных вод, поступающих на очистные сооружения;
- информационно-аналитический модуль выбора эффективных режимов водоотведения промышленного предприятия.

ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА И ПРАКТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ТЕХНОЛОГИИ ИЦП УПП ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИЙ ВКХ

В рамках создания и внедрения в предприятиях ВКХ ИЦП УПП формируются отдельные сервисы, которые выполняют требуемые задачи и имеют возможность самостоятельно функционировать («коробочные решения»). Количество таких модулей зависит от потребностей конкретных объектов (рис. 3).

Срок разработки единой ИЦП УПП для организаций ВКХ варьируется от 6 до 24 месяцев в зависимости от сложности проекта и уровня цифровизации процессов на предприятии.

Стоимость работ первого этапа «Создание подсистемы оперативного сбора и анализа производственной информации и знаний экспертов» зависит от сложности технологических задач и исходного уровня автоматизации. Первично необходимо предоставить информацию:

1. Детальное описание задач, которые должна решать интеллектуальная цифровая платформа.
2. Номенклатуру и краткое описание SCADA и(или) АСУТП, которые на данный момент используются.



Рис. 3. Варианты отдельных сервисов «Интеллектуальной цифровой платформы управления производственными процессами» водоснабжения и водоотведения



ИНТЕРВЬЮ С АВТОРАМИ

С какими проблемами в сфере ВКХ может столкнуться внедрение предлагаемой интеллектуальной платформы?

Наблюдается тенденция чисто «механического» отбора рабочих цифровых продуктов (SCADA, ГИС и др.) организациями ВКХ в единый диспетчерский центр с отображением десятков-сотен графиков. Заказчик переводит свою систему из «распределенного информационного хаоса» в «централизованный информационный хаос», с ухудшением управляемости процессов внутри организации. Зачастую не продумываются желаемые результаты высокотратных действий по цифровизации, не анализируется структура предприятия для его перспективного развития. А главное – неосознанно происходит замена основной цели «УПРАВЛЕНИЕ» на «ИНФОРМАТИВНОСТЬ».

В чем уникальность предлагаемого решения?

Разработанная интеллектуальная платформа является, скорее, аналогом операционной системы, чем интегратором цифровых продуктов. Это каркас для всех эксплуатируемых и перспективных цифровых систем, что создаст возможность прогнозировать и моделировать направления и эффект от цифровой трансформации конкретных предприятий. Речь идет о тиражировании экспертных знаний – алгоритмы и модели ИИ являются исходными данными, они словно пазлы извлекаются из архива в качестве «строительных» блоков нужного бизнес-процесса. От заказчика совсем не требуется глубоких знаний в области программирования, хотя результат (в открытом коде) при желании он вполне будет способен проанализировать. С конца 1980-х годов разрабатывается уже пятое поколение названного программно-математического обеспечения.

Данное программно-математическое обеспечение не относится к отрасли ВКХ, как учесть специфику отрасли?

Вполне достаточно того, что оно достоверно и не раз проходило апробацию на реальных объектах повышенной сложности. Программные, математические границы и опции – предмет настройки, не более того. По нашему опыту, даже не обязательно разрабатывать глубокое и развернутое ТЗ на все случаи жизни. Гораздо плодотворнее объединиться с представителем(ями) заказчика и обсудить в живом диалоге готовые алгоритмы и модели из имеющегося резерва, пояснив основы. Понятно, что алгоритмы и модели поддерживаются показаниями датчиков, обоснованием протоколов передачи данных, их обработкой, архивированием, упреждающими прогнозами на ближайшую перспективу. Уверены, наглядность и диалог убедят заказчика, это случалось не раз в реализованных нами проектах.



Рис. 4. Информационная модель внедрения интеллектуальной платформы на предприятиях ВКХ

Технологический облик платформы сформирован на базе как фундаментальных методологических концепций и принципов, так и актуальных передовых технических решений, ориентированных на широкомасштабное внедрение отечественных технологий искусственного интеллекта [15] (рис. 4).

Ожидаемый технико-экономический эффект заключается в повышении эффективности информационно-аналитического обеспечения при оперативном обосновании принимаемых решений в организациях ВКХ в целом и сокращении издержек.

Отметим, что, следуя общемировым тенденциям, внедрение разрабатываемой технологии (на основе технологий информационной поддержки и управления жизненным циклом), по данным компании Gartner Inc., позволяет в современных условиях сократить потребность в материалах и финансовых средствах на 30 %, увеличить выручку на 5–10 %, сократить время обслуживания клиентов на 20 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение интеллектуальной информационной технологии и реализующей ее интеллектуальной платформы управления для решения задач интеграции и цифровизации процессов предприятия ВКХ считаем чрезвычайно актуальной задачей. Полагаем, что решение задачи выявит лидеров в отрасли в период революционного шествия ИИ. Аналогичные платформы разработаны, внедрены и прошли апробацию на сложных

технических объектах (системы коммунального и промышленного водоотведения, локальные очистные сооружения, биотехнологические производства) в ряде организаций ВКХ и промышленных предприятий. Рассматривается пилотный проект на базе организации ВКХ.

Интеллектуальные технологии, в том числе ИИ, ориентированы на отраслевой спрос и могут стать максимально адаптивными и масштабируемыми. Материалы статьи предлагаем рассматривать в качестве технического предложения. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Ужинский А. Интеллектуальная платформа экологического мониторинга // Открытые системы. СУБД. 2021. № 2. С. 21–23.
2. Мурашкин А.А., Татаринский А.А., Тюкачев А.В. Интеллектуальная платформа для сопровождения проектной деятельности // Регион искусственного интеллекта. Материалы Всероссийской студенческой научной конференции. Череповец, 2022. С. 86–90.
3. Куприянов М.С., Чирцов А.С., Алексеева О.С. Интеллектуальная платформа для формирования проектного мышления // Современное образование: содержание, технологии, качество. 2024. Т. 1. С. 27–29.
4. Кузовлева И.А., Филиппова Т.И., Михалев Д.И. Интеллектуальная платформа как инструмент эффективной организации деятельности управляющих компаний // Цифровой регион: опыт, компетенции, проекты. Сборник трудов V Юбилейной Международной научно-практической конференции. Брянск, 2023. С. 532–537.
5. Ефремова А.Д., Третьякова В.А. Интеллектуальная платформа Smart city как инструмент развития тепло- и электроэнергетических сетей // Устойчивое развитие и новая индустриализация: наука, экономика, образование. Материалы конференции. М., 2021. С. 205–207.
6. Shinde S.S., Tarchi D. Towards a novel air-ground intelligent platform for vehicular networks: Technologies, scenarios, and challenges // Smart Cities. 2021. Т. 4. № 4. Р. 1469–1495.
7. Михайлова Е.Г., Ламзин Р.М. Цифровая интеллектуальная платформа в экономическом образовании // Профессионально-технологическая и экономическая подготовка обучающихся в условиях модернизации и стандартизации образования. Сборник статей по итогам II Всероссийской конференции преподавателей, студентов, аспирантов и докторантов. Волгоград, 2021. С. 424–427.
8. Haiyan G. Construction of intelligent education platform // Proceedings of the 6th EAI International Conference on IoT in Urban Space, Urb-IoT 2021, 20–21 December 2021, Shenzhen, People's Republic of China. 2022.
9. Полупан К.Л., Корягин С.И., Клечек П.М. Цифровая интеллектуальная платформа «Промышленность будущего» // Тенденции развития экономики и промышленности в условиях цифровизации. Под ред. А.В. Бабкина. СПб., 2017. С. 247–267.
10. Wang Y. et al. IndustEdge: A time-sensitive networking enabled edge-cloud collaborative intelligent platform for smart industry // IEEE Transactions on Industrial Informatics. 2021. Т. 18. № 4. Р. 2386–2398.
11. 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. Материалы I международной научно-практической конференции. Минск, 2024. С. 83–84.
12. Штепа В.Н., Золотых Н.Ю., Киреев 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.
13. Крылов А.В., Охтилев М.Ю., Соболевский В.А., Соколов Б.В., Ушаков В.А. Методологические и методические основы создания и использования интегрированных систем поддержки принятия решений // Изв. вузов. Приборостроение. 2020. № 11. Т. 63. С. 963–974. DOI: 10.17586/0021-3454-2020-63-11-963-974 (БАК, РИНЦ, RSCI, Импакт-фактор 0,432).
14. Городецкий В.И. От инженерии знаний к науке о знаниях // Двадцать первая Национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием (КИИ-2023). Труды конференции. В 2-х томах. Смоленск, 2023. С. 14–29.
15. Sokolov B.V., Okhtilev M. Yu. et al. Methodology and Technology for Use and Development of Information-Analytic Platform for Complex Object Life Cycle Proactive Control // Cyber-Physical Systems and Control II. CPS&C2021. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 460. Springer, Cham. 2023. Vol. 460. P. 467–474. DOI: 10.1007/978-3-031-20875-1_43. (Web of Science, Q4).