

ISSN 2409-0530

ВЗГЛЯД

НАИЛУЧШИЕ
ДОСТУПНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ

ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

СПЕЦВЫПУСК #4'2026 | ЭЛЕКТРОННОЕ ИЗДАНИЕ

Цифровая трансформация
предприятий
водоснабжения и водоотведения
ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА



Документ разработан секцией Экспертно-технологического совета Российской ассоциации водоснабжения и водоотведения «Энергоэффективность сооружений и систем водоснабжения и водоотведения. Системы управления», АО «Водоснабжение и водоотведение».

Баженов В.И., д-р техн. наук, профессор, советник РААСН, исполнительный директор АО «Водоснабжение и водоотведение», руководитель секции ЭТС РАВВ «Энергоэффективность сооружений и систем водоснабжения и водоотведения. Системы управления», исполнительный директор АО «Водоснабжение и водоотведение»

Примин О.Г., д-р техн. наук, профессор, лауреат премии Правительства РФ, советник РААСН, главный научный сотрудник Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН, профессор НИУ МГСУ

Моисеев А.В., канд. техн. наук, чл.-корр. АЖКХ, руководитель управления технологического развития производственной деятельности ООО «РКС-Холдинг»

Перфилов А.В., генеральный директор «РВК Цифровые решения»

Глинко Д.А., начальник Управления АСУ технологическими процессами и связи АО «Мосводоканал»

Документ подготовлен в рамках формирования Технической политики цифровой трансформации организаций водоснабжения и водоотведения и подлежит актуализации по мере изменения нормативных требований и развития технологий автоматизации процессов водоснабжения и водоотведения (ВиВ). Анонс документа состоялся в 2026 г. на X Всероссийском водном конгрессе.

Документ состоит из трех независимых параграфов, базирующихся на единой структуре-классификаторе автоматизированных и информационных систем водоснабжения и водоотведения:

- § 1. Цифровая трансформация предприятий водоснабжения и водоотведения. Техническая политика.
- § 2. Цифровая практика организаций ВиВ: обзор.
- § 3. Цифровая эволюция систем ВиВ: от реактивности к прозрачности.

Данный специальный выпуск журнала «НДТ» содержит релиз документа, подготовленного для практического использования на основе общего классификатора, перечня требований, стратегических принципов, уровня зрелости организаций ВКХ.

Разработчики документа приглашают к его обсуждению отраслевым сообществом. В последующем возможна переработка материалов в формате «стандарта организации» (СТО).

Иллюстрации созданы В.И. Баженовым с использованием GhatGPT.





§ 1

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА



АННОТАЦИЯ

Предмет исследования. Настоящий документ (далее – Политика) разработан с целью управления цифровой трансформацией предприятий водоснабжения и водоотведения. Политика формирует единый отраслевой подход: определяет уровни цифровой зрелости, требования к архитектуре и интеграции систем, принципы перехода от реактивного управления к проактивному, а также методическую основу для оценки эффективности. Исследование охватывает четыре уровня цифровой трансформации: диспетчеризацию и АСУ ТП (системы реального времени), управление производственными активами и инфраструктурой, управление предприятием (ERP, CRM, СЭД, BI), а также обеспечивающие сквозные системы (информационная безопасность, интеграционные платформы, инженерная инфраструктура).

Проблематика. Отсутствие единого отраслевого документа приводит к разрозненности ИТ-архитектур, сложности оценки эффективности цифровизации и затрудняет импортозамещение. Действующие нормативные акты и корпоративные политики не образуют целостной классификации.

Результаты. На основе анализа технической политики АО «Мосводоканал», РКС-Холдинг, ГК Росводоканал и стандарта РСО Московской области¹ разработана Политика, включающая: трехуровневую архитектуру АСУ ТП с конкретными техническими параметрами, требования к гидравлической модели в составе ГИС, методику оценки стоимости жизненного цикла активов по ГОСТ Р 58785-2019, систему маркеров для адаптации документа, рекомендации по интеграционной шине и переходу к цифровым двойникам. В приложениях приведены KPI, дорожная карта внедрения, требования к надежности и экономические эффекты.

Выводы и рекомендации. Политика рекомендована для использования предприятиями всех форм собственности при разработке локальной технической политики, технических заданий на проектирование и экспертной оценке проектов цифровой трансформации. Перспективные направления – детализация требований к лабораторным информационным системам, углубление предиктивной аналитики на основе ИИ и гармонизация с будущими изменениями законодательства.

¹ <https://mosreg.ru/dokumenty/normotvorchestvo/prinyato-pravitelstvom/rasporyazheniya-pmo/rasporiazhenie-pravitelstva-moskovskoi-oblasti-ot-24112025-922-rp-ob-utverzdenii-standarta-resursosnabzaiushhei-organizacii-osushhestvliaiushhei-vodosnabzhenie-vodootvedenie-i-ili-teplosnabzhenie>



ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	4
Общие термины и определения	5
Показатели надежности систем водоснабжения и водоотведения	7
Введение	9
Глава 1. Уровень диспетчеризации и АСУ ТП	10
1.1. Системы управления технологическими процессами (АСУ ТП)	10
1.2. Системы диспетчерского контроля и управления (SCADA)	15
1.3. Системы коммерческого и технического учёта	17
1.4. Лабораторные информационные системы (ЛИМС)	19
Глава 2. Уровень управления производственными активами и инфраструктурой	21
2.1. Геоинформационные системы (ГИС)	21
2.2. Системы управления надёжностью и техническим обслуживанием и ремонтом (ТОиР/EAM)	23
2.3. Системы управления аварийно-диспетчерскими службами	24
2.4. Системы управления транспортом и логистикой (TMS)	26
2.5. Системы автоматизированного проектирования и информационного моделирования (САПР/ТИМ/ВІМ)	27
Глава 3. Уровень управления предприятием (АСУП)	29
3.1. Системы управления ресурсами предприятия (ERP)	29
3.2. Системы электронного документооборота (СЭД)	31
3.3. Системы управления взаимоотношениями с клиентами (CRM) и клиентские сервисы. . .	32
3.4. Системы бизнес-аналитики (BI) и управления эффективностью	34
Глава 4. Обеспечивающие сквозные системы	36
4.1. Системы информационной безопасности (ИБ)	36
4.2. Интеграционные и платформенные системы	39
4.3. Инженерные системы обеспечения	41
Выводы	43
Приложение А. Технические протоколы, API, параметры оборудования и требования к интеграции и ИБ	44
Приложение Б. KPI, дорожная карта, экономические эффекты и приоритеты внедрения	47
Приложение В. Типовые принципы разграничения зон ответственности между ИТ и АСУ ТП.	52
Список литературы	55



Предисловие

Целями настоящей Политики являются:

- унификация требований к автоматизированным и информационным системам организаций водоснабжения и водоотведения (ВиВ);
- обеспечение интеграционной зрелости и импортонезависимости;
- создание основы для оценки стоимости жизненного цикла активов (СЖЦ);
- содействие цифровой трансформации отрасли на основе лучших практик.

Требования настоящей Политики носят рекомендательный характер для предприятий ВиВ, осуществляющих деятельность на территории РФ, независимо от их организационно-правовой формы.

Минстрой России в целях импортозамещения программного обеспечения регулярно актуализирует его перечень (<https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/143878/>) в соответствии с данными единого реестра российского ПО для ЭВМ. При выборе SCADA, ERP, СУБД и иных систем рекомендуется руководствоваться указанным реестром.

Выражаем благодарность всем экспертам, принявшим участие в анализе документа. Персонально благодарим А.В. Моисеева (РКС-Холдинг) за профессиональную экспертизу разработки и М.М. Пукемо (Альта Групп) за обоснование ряда ценных перспективных требований к ИТ-архитектуре предприятия: отделить оперативное управление от аналитики, использовать событийно-ориентированный обмен данными, обеспечить защищённую передачу телеметрии через промежуточные узлы и создать многоуровневую систему хранения для поддержки прогнозной аналитики и машинного обучения.



ОБЩИЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Термин / Аббревиатура	Определение	Источник / Примечание
Политика	Цифровая трансформация предприятий водоснабжения и водоотведения. Техническая политика	Принятый термин настоящего документа
Предприятие/я ВиВ	Предприятие/я водоснабжение и водоотведения (водоканал/ы независимо от организационно-правовой формы)	Принятый термин настоящего документа
Система/ы ВиВ	Система/ы водоснабжения и водоотведения	Принятый термин настоящего документа
АС	Автоматизированная система – система, состоящая из комплекса средств автоматизации, реализующего информационную технологию выполнения установленных функций, и персонала, обеспечивающего его функционирование	ГОСТ Р 59853-2021
АСУ ТП	Автоматизированная система управления технологическим процессом – АС, реализующая управление технологическими объектами в реальном времени	ГОСТ Р 59853-2021
АСУП	Автоматизированная система управления предприятием	ГОСТ Р 59853-2021
SCADA	Программно-технический комплекс верхнего уровня АСУ ТП для диспетчерского контроля, сбора данных и телеуправления (Supervisory Control And Data Acquisition)	ГОСТ Р 56205-2014 (точное определение)
ГИС	Геоинформационная система – платформа сбора, хранения, анализа и визуализации пространственных данных об объектах ВиВ	ГОСТ Р 70846.2-2023 (точное определение)
ТОиР (EAM)	Техническое обслуживание и ремонт – система управления жизненным циклом основных средств, планирования ремонтов и учёта активов (Enterprise Asset Management)	ГОСТ 18322-2016 (точное определение)
ERP	Интегрированная система управления ресурсами предприятия: финансы, закупки, персонал, склады (Enterprise Resource Planning)	ГОСТ Р 71721-2024 (точное определение)
CRM	Система управления взаимоотношениями с клиентами и обработки обращений абонентов (Customer Relationship Management)	ГОСТ Р 53894-2016 (точное определение)
СЭД	Система электронного документооборота – платформа автоматизации создания, согласования, хранения и обмена документами	ГОСТ Р 7.0.8-2025 (точное определение)
BI	Система бизнес-аналитики, формирования витрин данных, KPI и управленческой отчётности (Business Intelligence)	ГОСТ Р 53894-2016 (точное определение)



Термин / Аббревиатура	Определение	Источник / Примечание
ЛИМС (LIMS)	Лабораторная информационная менеджмент-система (Laboratory Information Management System)	Федеральный закон от 26.07.2017 № 187-ФЗ
TMS	Transport Management System – система управления транспортом и логистикой	Федеральный закон от 26.07.2017 № 187-ФЗ
ИБ	Информационная безопасность – совокупность организационных и технических мер защиты информации и объектов КИИ	ГОСТ Р 53798-2010 (точное определение)
КИИ	Критическая информационная инфраструктура – объекты критической информационной инфраструктуры, а также сети электросвязи, используемые для организации взаимодействия таких объектов. Объекты КИИ – это информационные системы, информационно-телекоммуникационные сети, автоматизированные системы управления субъектов критической информационной инфраструктуры	Федеральный закон от 26.07.2017 № 187-ФЗ
{СТ}	Специфическое требование	Принятый термин настоящего документа. Требование, присутствующее менее чем в 2-х из 4-х исходных документов, и не являющееся общепромышленным. Маркируется в начале формулировки
{ПТ}	Перспективное требование	Принятый термин настоящего документа. Требование, не закреплённое в действующих НПА, рекомендованное к реализации в будущем. Маркируется в начале формулировки



ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Термины и определения

Термин / Аббревиатура	Определение	Источник / Примечание
Надежность системы водоснабжения	Свойство системы сохранять во времени в установленных пределах значения параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования* <i>Примечание. Надежность является комплексным свойством системы (элемента системы), которое может включать безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость или определенные сочетания этих свойств</i>	ГОСТ 25151-2024
Надежность централизованных систем и сооружений водоснабжения и водоотведения	Свойство объектов сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования воды	СП 517.1325800.2022 (с Изменением № 1)
Показатель надежности	Количественная характеристика одного или нескольких свойств, составляющих надежность объекта	СП 517.1325800.2022 (с Изменением № 1)
Авария на объекте централизованной системы холодного водоснабжения	Опасное техногенное происшествие, приводящее к прекращению или ограничению оказания услуг по холодному водоснабжению одному или нескольким абонентам продолжительностью 8 ч и более одновременно либо к существенному ухудшению качества питьевой воды или создающее на объектах централизованной системы холодного водоснабжения угрозу жизни и здоровью людей, или приводящее к нанесению ущерба окружающей среде, а также событие, которое признается аварией на опасном производственном объекте (если объект системы холодного водоснабжения является опасным производственным объектом)	Изменение № 1 к СП 517.1325800.2022
Авария на объекте централизованной системы водоотведения	Опасное техногенное происшествие, приводящее к прекращению или ограничению оказания услуг по водоотведению одному или нескольким абонентам продолжительностью 4 ч и более одновременно либо к изливу неочищенных сточных вод на рельеф или их сбросу в водный объект или создающее на объектах централизованной системы водоотведения угрозу жизни и здоровью людей, или приводящее к нанесению ущерба окружающей среде, а также событие, которое признается аварией на опасном производственном объекте (если объект системы водоотведения является опасным производственным объектом)	Изменение № 1 к СП 517.1325800.2022



Термин / Аббревиатура	Определение	Источник / Примечание
Интенсивность отказов участка трубопровода	Количество отказов (аварий) участка трубопровода, отнесённое к его длине и рассматриваемому интервалу времени; показатель, используемый для оценки надежности трубопроводов водопроводной и водоотводящей сетей	СП 517.1325800.2022
Показатель надежности и бесперебойности водоснабжения	Количество перерывов в подаче воды, зафиксированных в местах исполнения обязательств организацией, осуществляющей горячее водоснабжение, холодное водоснабжение, возникших в результате аварий, повреждений и иных технологических нарушений на объектах централизованной системы холодного водоснабжения, принадлежащих такой организации, в расчете на протяженность водопроводной сети в год (ед./км)	Приказ Минстроя России от 04.04.2014 № 162/пр (ред. от 28.10.2022)
Показатель надежности и бесперебойности водоотведения	Удельное количество аварий и засоров в расчете на протяженность канализационной сети в год (ед./км)	Приказ Минстроя России от 04.04.2014 № 162/пр (ред. от 28.10.2022)



ВВЕДЕНИЕ

Разрозненные отраслевые практики цифровой трансформации организаций ВиВ, корпоративные стандарты ведущих компаний, а также требования федеральных законов и сводов правил не дают целостной классификации отраслевых информационных систем, что затрудняет:

- формирование единой ИТ-архитектуры предприятия;
- проведение конкурсных процедур на создание и модернизацию систем;
- оценку эффективности цифровой трансформации.

Проблема, решаемая настоящей Политикой – отсутствие отраслевой технической стратегии, которая могла бы служить ориентиром для предприятий ВиВ разного масштаба и формы собственности. Существующие нормативные документы (Федеральный закон № 416-ФЗ, СП 517, приказ ФСТЭК № 31) устанавливают лишь отдельные требования, но не дают целостного представления о взаимосвязи всех уровней – от полевых датчиков до бизнес-аналитики.

Главная идея Политики – предложить многоуровневую классификацию информационных систем, основанную на опыте лидеров цифровой трансформации (РКС-Холдинг, Росводоканал, Мосводоканал, Московская область), и дополнить её методологическими принципами, учитывающими современные вызовы: интеграцию ОТ/ИТ, импортозамещение, предиктивную аналитику и кибербезопасность КИИ.

Цель – разработка единой технической Политики на основе обобщения лучших отраслевых практик с унификацией требований к автоматизированным и информационным системам, обеспечением интеграционной зрелости и созданием основы для оценки стоимости жизненного цикла активов.

Рекомендации, вводимые Политикой:

- трехуровневая архитектура АСУ ТП с конкретными техническими параметрами (быстродействие, степень защиты, протоколы);
- обязательность гидравлической модели в составе ГИС с калибровкой при изменении режимов работы системы подачи и распределения воды (СПРВ), но не реже 1 раза в год;
- маркировка специфических {СТ} и перспективных {ПТ} требований для возможности адаптации документа;
- методика оценки стоимости жизненного цикла (СЖЦ) по ГОСТ Р 58785-2019 и СП 517.1325800.2022;
- требования к интеграционной шине и цифровым двойникам.

Результаты – первые на отраслевом уровне сформирован документ, объединяющий технологические, управленческие и инфраструктурные аспекты цифровой трансформации предприятий ВиВ. Он может быть использован как основа для разработки локальных документов, технических заданий на проектирование, а также для обучения персонала и экспертной оценки проектов.





УРОВЕНЬ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ И АСУ ТП

Охватывает автоматизацию производственных процессов в реальном времени.



1.1. Системы управления технологическими процессами (АСУ ТП)

Характеристика:

Автоматизированные системы, реализующие сбор технологических параметров, управление оборудованием (насосные агрегаты, задвижки, дозаторы реагентов, фильтры, установки обеззараживания) в автоматическом и автоматизированном режимах на базе программируемых логических контроллеров (ПЛК). Обеспечивают регулирование давления, уровня, расхода, поддержание заданных технологических режимов, противоаварийную защиту, сигнализацию и локальную оптимизацию процессов.



В составе АСУ ТП предприятий ВиВ выделяются уровни, рис. 1:

- **Нижний уровень** – контрольно-измерительные приборы и автоматика (КИПиА), исполнительные устройства, датчики давления, уровня, расхода, качества.
- **Средний уровень** – программируемые логические контроллеры (ПЛК) с модульной структурой, обеспечивающие локальное управление, обработку сигналов и взаимодействие с верхним уровнем.
- **Верхний уровень** – серверное оборудование, автоматизированные рабочие места операторов, системы архивации и визуализации.

АСУ ТП охватывает следующие объекты (согласно СП 517.1325800.2022 с Изменением № 1): водозаборные сооружения, водопроводные и канализационные очистные сооружения, насосные станции всех типов, резервуары чистой воды, водопроводные и канализационные сети, сооружения для обеззараживания воды и обработки осадка.

Требования к реализации:

1. Структура и уровни управления

2. АСУ ТП должна строиться по трёхуровневой архитектуре: нижний уровень (датчики, исполнительные механизмы, преобразователи частоты), средний уровень (ПЛК с модульной структурой, поддержкой открытых протоколов: Modbus TCP/RTU, Profibus DP/PA, IEC60870-5-104, OPC UA), верхний уровень (серверы SCADA, АРМ операторов, единая система хранения и архивации данных).

3. Требования к контроллерному оборудованию (ПЛК)

- ПЛК должен иметь модульную структуру, обеспечивающую гибкое наращивание дискретных и аналоговых входов/выходов.
- Процессорный модуль должен обеспечивать быстродействие не менее 0,065 мкс на логическую операцию, объём памяти для программы – не менее 64 000 шагов.
- Поддержка языков программирования по ГОСТ Р МЭК 61131-3-2016 (LD, FBD, ST, IL, SFC).
- Наличие встроенных средств самодиагностики с индикацией неисправных модулей.
- Возможность программирования и изменения параметров без остановки технологического процесса («горячий режим»).
- Энергонезависимая память для сохранения конфигурации и рабочих параметров без использования сменных элементов питания.
- Степень защиты не ниже IP20 для помещений, для наружного исполнения – IP67.
- {СТ} Применяемые контроллеры должны иметь сертификацию по электромагнитной совместимости (ТР ТС 020/2011), для опасных производственных объектов – соответствие требованиям функциональной безопасности (SIL 1, SIL 2) (согласно Техническим требованиям АО «Мосводоканал» и ООО «РКС-Холдинг»).
- {СТ} В зависимости от масштаба объекта могут применяться контроллеры трёх категорий производительности: малый (до 100 сигналов), средний (100–1000 сигналов), большой (1000–5000 сигналов) с поддержкой горячего резервирования Hot Standby (согласно Техническим требованиям АО «Мосводоканал»).

4. Требования к преобразователям частоты (ПЧ)

- ПЧ должны обеспечивать регулирование производительности насосных агрегатов с возможностью каскадного управления и автоматической ротации насосов.
- Наличие защиты от короткого замыкания, перегрузки, обрыва фаз, перенапряжения.
- Срок службы не менее 10 лет, наработка на отказ – не менее 80 000 часов.
- Интерфейсы связи – RS-232, RS-485, Ethernet (Modbus TCP).



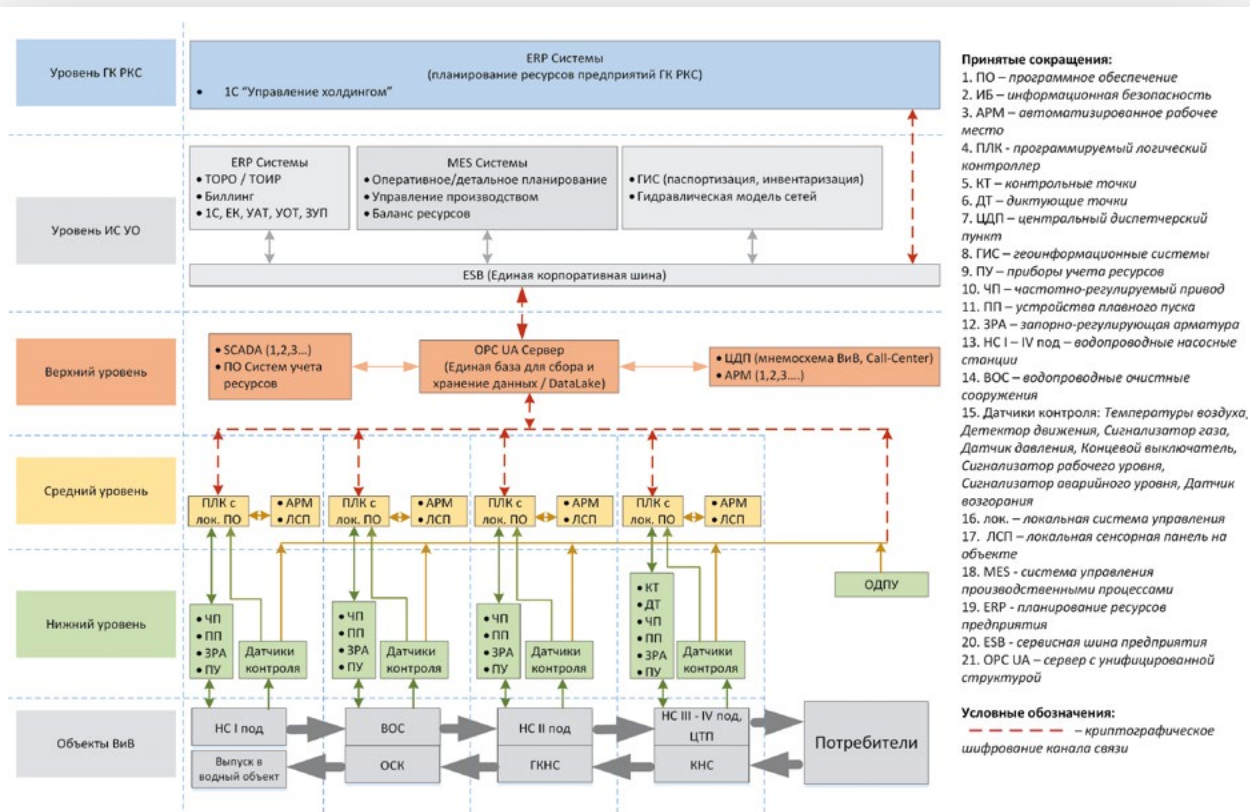


Рис. 1. Принципиальная структурно-функциональная и программная модель АСУ и диспетчеризации системы ВиВ (пример для формирования аналоговых моделей)

Модель предоставлена ООО «РКС-Холдинг»

(А.В. Моисеев, руководитель управления технологического развития производственной деятельности)



5. Функциональные возможности

- Автоматическое поддержание заданного давления на выходе насосной станции (для ВНС) или уровня сточных вод в приёмном резервуаре (для КНС).
- Управление по диктующим точкам с коррекцией режимов работы насосных агрегатов.
- Контроль технического состояния оборудования: наработка (моточасы), количество включений, вибрация, температура подшипников, токи и напряжение.
- Автоматическая ротация насосов по наработке или по времени для выравнивания ресурса.
- Фиксация аварийных и предупредительных событий с записью в журнал и выдачей звукового/светового сигнала.
- Наличие резервного канала связи с верхним уровнем и буферизация данных на срок не менее 24 часов при потере связи.

6. Автоматизация канализационных насосных станций (КНС)

- Для КНС предусматривается три стадии автоматизации: первичная (ручное управление), локальная (полуавтоматический режим) и полная комплексная (автоматическое управление по уровню с использованием ПЧ).
- Насосные агрегаты погружного типа должны оснащаться датчиками сухого хода, температуры, влажности, вибрации, степень защиты электродвигателя – IP68 и не менее IP54 для насосов сухого исполнения.
- Управление дренажными насосами должно обеспечиваться в ручном, автоматическом (местном) и дистанционном режимах.

7. Автоматизация водопроводных насосных станций (ВНС)

- Для ВНС предусматривается две стадии автоматизации: локальная (ручное управление с пульта шкафа управления и полуавтоматический режим по циклограмме) и полная комплексная (автоматическое управление с поддержанием заданного давления на выходе с использованием преобразователей частоты).
- Автоматическое поддержание давления на выходе ВНС должно осуществляться по диктующей точке (наиболее удалённой или высокорасположенной точке сети) с коррекцией режимов работы насосных агрегатов.
- При работе нескольких насосных агрегатов должна обеспечиваться автоматическая ротация по наработке (моточасам) или по времени для выравнивания ресурса.
- Должна быть предусмотрена защита от гидравлических ударов (плавное открытие/закрытие задвижек, управление частотой вращения).
- Контроль технологических параметров: давление на входе и выходе станции, температура подшипников насосов и электродвигателей, вибрация, токовые нагрузки, уровень воды в резервуарах чистой воды (при наличии).
- При наличии резервуаров чистой воды (РЧВ) должна быть реализована автоматическая поддержка заданного уровня с приоритетом работы насосов по энергоэффективному режиму.

8. Автоматизация воздуходувных станций (компрессорных станций аэрации) КОС

Обязательные требования (по СП 517.1325800.2022, Изменение № 1):

- Наличие АСУ ТП, обеспечивающей сбор технологических параметров (давление, расход воздуха, температура, вибрация, токовые нагрузки), сигнализацию аварийных режимов и диспетчерское управление с передачей данных в SCADA.
- Контроль состояния оборудования (вкл/выкл, авария, готовность, работа/резерв/ремонт).
- Регистрация наработки (моточасов) воздуходувок для планирования технического обслуживания.



{ПТ} Перспективные требования (рекомендуемые для повышения энергоэффективности и качества очистки):

- Автоматическое поддержание заданной концентрации растворённого кислорода в аэротенках (по сигналам датчиков кислорода) или заданного расхода воздуха. При использовании управляемых компрессоров (воздуходувок):
 - 1 – с использованием компрессоров, оборудованных преобразователями частоты;
 - 2 – с использованием компрессоров, оборудованных поворотными лопастными механическими устройствами (лопатками) управления. Традиционно двухконтурное управление: блок управления задвижками, блок управления компрессорами (воздуходулками).
- Автоматическая ротация воздуходувок (компрессоров) по наработке для выравнивания ресурса.
- Защита от превышения давления, перегрева, перегрузки по току, помпажа (для центробежных компрессоров), отсутствия потока воздуха.
- При выходе параметров за пределы уставок – автоматическое переключение на резервную воздуходувку, сигнализация и запись аварии в журнал.
- Интеграция с SCADA для отображения режимов аэрации, расхода электроэнергии, удельного расхода воздуха на единицу очищаемой воды.

9. Автоматизация сооружений и установок для обеззараживания воды для питьевых нужд и сточных вод

Обязательные требования (по СП 517.1325800.2022, Изменение № 1):

- Наличие АСУ ТП, обеспечивающей сбор технологических параметров (интенсивность УФ-излучения, расход хлора/озона, остаточный активный хлор, уровень реагентов), сигнализацию аварийных режимов и диспетчерское управление с передачей данных в SCADA.
- Контроль состояния оборудования (вкл/выкл, авария, готовность).
- Для установок с опасными реагентами (хлор, озон) – автоматическая сигнализация утечек с выводом на АРМ диспетчера и включение аварийной вентиляции (в соответствии с требованиями промышленной безопасности).

{ПТ} Перспективные требования (рекомендуемые для повышения эффективности обеззараживания):

- Автоматическое поддержание заданной дозы обеззараживающего агента (УФ-облучения, концентрации активного хлора, остаточного озона) в зависимости от расхода обрабатываемой воды и показателей её качества (мутность, температура, pH).
- Детальный контроль параметров:
- Для УФ-установок: интенсивность УФ-излучения, время работы ламп, температура кварцевых чехлов, мощность дозы;
- Для хлораторных: расход хлора (газового или раствора), остаточный активный хлор, герметичность системы;
- для озонаторных: концентрация озона в газовой смеси и в воде, напряжение на озонаторах.
- Автоматические защиты: при снижении дозы ниже уставки – переключение на резервную линию или остановка подачи воды на обеззараживание с сигнализацией.
- Ведение журнала событий (включение/выключение установок, смена ламп/электродов, аварии, результаты контроля).

10. Автоматизация сооружений (узлов) дозирования реагентов

Обязательные требования (по СП 517.1325800.2022, Изменение № 1):

- Наличие АСУ ТП, обеспечивающей контроль уровня реагентов в расходных баках, контроль состояния насосов-дозаторов (работа/авария), сигнализацию минимального уровня и аварийных остановок с передачей данных в SCADA.



{ПТ} Перспективные требования (рекомендуемые для точного дозирования и экономии реагентов):

- Автоматическое приготовление рабочих растворов заданной концентрации (управление процессом растворения, перемешивания, отстаивания).
- Дозирование реагентов в зависимости от расхода обрабатываемой воды и показателей её качества (мутность, цветность, pH, щелочность, температура) с использованием частотно-регулируемых насосов-дозаторов.
- Поддержание заданного уровня реагентов в расходных баках с автоматическим пополнением из складских ёмкостей.
- Контроль параметров: расход реагента (л/ч, кг/ч), концентрация рабочего раствора (при наличии датчиков), давление в нагнетательной линии, целостность дозирующих рукавов (контроль протечек).
- Защиты: при снижении уровня ниже минимального – остановка дозирования и сигнализация; при забивании дозирующей линии – отключение насоса-дозатора.
- Плавный пуск и останов дозаторов, синхронизация с режимами работы насосных станций и очистных сооружений.
- Интеграция с SCADA: отображение текущих расходов реагентов, удельных расходов на единицу продукции, формирование отчётов.

11. Режимы работы АСУ ТП

- **Ручной** – управление с пульта в обход ПЛК (только для аварийных ситуаций).
- **Полуавтоматический** – управление по циклограмме с панели оператора.
- **Автоматический** – поддержание параметров по заданным уставкам и алгоритмам с возможностью вмешательства диспетчера.

Переключение режимов должно осуществляться только авторизованными пользователями с регистрацией в журнале событий.

12. Интеграция и информационная безопасность

- Интеграция с верхним уровнем (ЦДП) по открытым протоколам (МЭК 60870-5-104, OPC, Modbus TCP) с обязательным применением VPN и криптографической защиты каналов связи.
- Разграничение прав доступа пользователей в соответствии с ролями (диспетчер, инженер, администратор).
- Ведение единого времени (синхронизация по NTP) с погрешностью не более 10 мс/сутки.
- {ПТ} В перспективе должна обеспечиваться автоматическая передача данных о наработке оборудования, вибрации, параметрах работы из АСУ ТП (SCADA) в системы ТОиР/EAM (см. п. 2.2) для реализации предиктивной аналитики и автоматического планирования ремонтов. Конкретные интеграционные интерфейсы и протоколы определяются на уровне проектных решений.
- Типовые границы ответственности за каналы связи, серверное оборудование и программное обеспечение между ИТ и АСУ ТП определяются в соответствии с Приложением В.

Обоснование

СП 517.1325800.2022 (Изменение № 1); Приказ ФСТЭК России от 14.03.2014 № 31; ГОСТ Р МЭК 61131-3-2016; ГОСТ 34.601-90; ГОСТ 34.602-2020; ГОСТ 24.104-2023; согласно Техническим требованиям к контроллерам АСУ ТП АО «Мосводоканал» и Единой технической политике ООО «РКС-Холдинг».





1.2. Системы диспетчерского контроля и управления (SCADA)

Характеристика:

Централизованные программно-технические комплексы верхнего уровня АСУ ТП, обеспечивающие сбор данных со всех удалённых и локальных объектов предприятий ВиВ в режиме, приближенном к реальному времени. Реализуют визуализацию технологических процессов (мнемосхемы), архивирование трендов и событий, формирование тревожных оповещений, удалённое управление оборудованием с центрального диспетчерского пункта (ЦДП).

SCADA-система обеспечивает:

- отображение технологических процессов на мнемосхемах в реальном времени;
- архивирование трендов параметров и событий с глубиной хранения не менее 36 месяцев;
- формирование аварийных и предупредительных сообщений с приоритизацией и звуковой сигнализацией;
- удалённое управление оборудованием (пуск/останов насосов, изменение уставок, открытие/закрытие задвижек);
- ведение диспетчерского журнала и формирование отчётности;
- интеграцию с геоинформационными системами и системами моделирования.

Требования к реализации:

1. Архитектура и резервирование

- SCADA должна строиться по клиент-серверной технологии с полным резервированием серверов (основной и резервный).
- Серверная часть должна включать: сервер SCADA, сервер архивов, сервер гидравлического моделирования.
- На верхнем уровне предусматриваются АРМ диспетчеров, АРМ начальника смены, инженерные станции, а также экран коллективного доступа (видеостена).
- {СТ} Для критичных систем SCADA требуется обеспечить отказоустойчивость и доступность не ниже 99,5 % в год.

2. Функциональные требования

- Поддержка протоколов сбора данных: OPC, Modbus RTU/TCP, МЭК 60870-5-104, SNMP, Profibus.
- Возможность работы с различными каналами связи: Ethernet, GSM/LTE, LoRaWAN, NB-IoT, радиорелейные линии.
- Автоматическое буферирование данных при потере связи с последующей передачей архивов.
- Наличие редактора мнемосхем для создания и модификации экранных форм без остановки системы.



- Поддержка математического редактора для расчёта составных параметров (КПД, удельный расход, прогнозные показатели).
 - Формирование отчётов по шаблонам с возможностью экспорта в форматы Microsoft Excel, Word, Open Document.
- 3. Визуализация**
- Обзорные мнемосхемы системы ВиВ с отображением основных объектов (насосные станции, диктующие точки, резервуары).
 - Детальные мнемосхемы по каждому объекту с индикацией состояния оборудования, параметров и элементов управления.
 - Отображение трендов текущих и архивных значений, возможность наложения графиков.
 - Цветовая и звуковая сигнализация аварийных и предупредительных событий.
- 4. Интеграция с внешними системами**
- Двусторонняя интеграция с геоинформационной системой (ZuluGIS или аналогичной в соответствии с данными единого реестра российского программного обеспечения для ЭВМ) для отображения объектов на карте и передачи данных для калибровки гидравлической модели.
 - Интеграция с системами управления активами (EAM) для передачи данных о наработке оборудования и аварийных событиях.
 - Интеграция с биллинговыми системами и ГИС ЖКХ для предоставления данных о потреблении ресурсов.
- 5. Безопасность и надёжность**
- Разграничение прав доступа на основе ролей (просмотр, оператор, инженер, администратор).
 - Двухфакторная аутентификация при доступе к критическим функциям управления.
 - Резервное копирование конфигурации и архивов с периодичностью: полное – 1 раз в неделю, разностное – ежесуточно.
 - Обеспечение бесперебойного питания серверного и коммуникационного оборудования (ИБП) с временем автономной работы не менее 1 часа.
 - {ПТ} Интеллектуальные функции мониторинга сетей (акустические датчики утечек, датчики качества в сети), предиктивная аналитика на основе машинного обучения и автоматизированное гидравлическое моделирование в реальном времени рассматриваются как функциональные модули SCADA или ГИС, внедряемые по мере готовности данных и инфраструктуры.
 - {ПТ} Для распределённых объектов допускается использование архитектуры с выделенным контуром данных: SCADA сохраняется как оперативная система управления в реальном времени, а долговременное хранение, потоковая обработка, аналитика, машинное обучение и формирование отчётности выносятся на отдельную платформу данных (промышленный архиватор, DWH, озеро данных, BI/ML).

Обоснование

СП 517.1325800.2022 (Изменение № 1); Приказ ФСТЭК России от 14.03.2014 № 31; МДК 3–02.2001; Распоряжение Правительства Московской области от 24.11.2025 № 922-РП; согласно Техническому заданию на организацию ЦДП ООО «РКС-Холдинг» и Правилам разработки АСДКУ АО «Мосводоканал».





1.3. Системы коммерческого и технического учёта

Характеристика:

Комплекс систем, обеспечивающих достоверный учёт объёмов воды, сточных вод и электроэнергии в целях коммерческих расчётов, технологического управления и отчётности. Включает:

- **АСКУЭ** – автоматизированная система коммерческого учёта электроэнергии, обеспечивающая пообъектный и поагрегатный учёт потребления электроэнергии с передачей данных в АИИС КУЭ.
- **Автоматизированный учёт воды (АСУВ)** – сбор данных с приборов учёта на водозаборах, насосных станциях, в резервуарах, а также с индивидуальных и общедомовых приборов учёта абонентов.
- **Биллинговые системы** – расчёт платы за водоснабжение и водоотведение, ведение договоров, начислений, обработка платежей, управление задолженностью.

Требования к реализации:

1. Приборный учёт воды

- На всех водозаборных узлах, насосных станциях, на входах в очистные сооружения, на границах эксплуатационной ответственности, а также на выходах в сети должны быть установлены приборы учёта, соответствующие требованиям законодательства.
- Для коммерческого учёта воды и сточных вод применяются расходомеры (ультразвуковые, электромагнитные) с возможностью передачи данных по цифровым интерфейсам (RS-485, Modbus).
- На КНС допускается учёт перекачиваемых сточных вод расчётным способом по наработке моточасов насосных агрегатов с использованием паспортных характеристик, если установка расходомеров технически невозможна.
- {СТ} Для диаметров 15–40 мм рекомендуется применение крыльчатых водосчётчиков с импульсным выходом (цена импульса 10 л); для диаметров 50–200 мм – турбинных водосчётчиков (импульсный выход 100 л или 1000 л). Потеря давления – не более 0,1 МПа, погрешность $\pm 5\%$ в диапазоне от Q_{min} до Q_t , $\pm 2\%$ от Q_t до Q_{max} (согласно Техническим требованиям АО «Мосводоканал»).

2. Учёт электроэнергии

- На вводах электроснабжения объектов устанавливаются счётчики электроэнергии с возможностью интеграции в АИИС КУЭ.
- На насосных агрегатах предусматривается технический учёт потребляемой электроэнергии (ток, напряжение, активная мощность) с передачей данных в систему диспетчеризации.
- Для измерения электрических параметров используются анализаторы качества электроэнергии, обеспечивающие контроль токов, напряжений, мощности, частоты, углов сдвига фаз.



3. Устройства сбора и передачи данных (УСПД)

- УСПД должны обеспечивать сбор данных с приборов учёта по интерфейсам RS-485, импульсным входам, по протоколам Modbus, МЭК 60870-5-104.
- Передача данных на верхний уровень осуществляется по радиоканалам (GSM, NB-IoT, LoRaWAN) или проводным сетям с использованием VPN и криптографической защиты.
- УСПД должны иметь энергонезависимую память для хранения данных при потере связи (не менее 15 суток).
- Для диктующих точек давления предусматриваются автономные устройства с питанием от батарей и передачей данных по GSM, степень защиты IP67.

4. Биллинговая система

- Биллинговая система должна обеспечивать автоматизированный расчёт платы за холодное водоснабжение и водоотведение на основе показаний приборов учёта или нормативов потребления.
- Интеграция с ГИС ЖКХ для передачи сведений о начислениях, оплатах, показаниях приборов учёта в соответствии с Приказом Минстроя России от 28.04.2025 № 258/пр.
- Ведение единой базы лицевого учёта, договоров, актов сверки, претензионной работы.
- Автоматизация процесса выявления безучётного потребления путём сопоставления данных коммерческого и технического учёта (интеграция с CRM, п. 3.3, и ERP, п. 3.1).

5. Требования к метрологическому обеспечению

- Все средства измерений, используемые в коммерческом учёте, должны быть внесены в Государственный реестр средств измерений и иметь действующие свидетельства о поверке.
- Периодичность поверки устанавливается в соответствии с технической документацией и законодательством.
- {СТ} На КНС малой производительности допускается учёт перекачиваемых сточных вод расчётным способом по наработке моточасов насосных агрегатов с использованием паспортных Q-H характеристик, если установка расходомеров технически невозможна или экономически нецелесообразна.
- {ПТ} Технологии «умного» водоснабжения (интеллектуальные счётчики с дистанционным съёмом показаний по NB-IoT/LoRaWAN/GSM, автоматическое выявление аномалий потребления и безучётного водопользования) рассматриваются как функциональные модули системы учёта и биллинга.

Обоснование

Федеральный закон от 07.12.2011 № 416-ФЗ; Постановление Правительства РФ от 04.09.2013 № 776; Приказ Минстроя России от 28.04.2025 № 258/пр; Постановление Правительства РФ от 06.05.2011 № 354; Распоряжение Правительства Московской области от 24.11.2025 № 922-РП; согласно Техническим требованиям к средствам измерений АО «Мосводоканал» и Единой технической политике ООО «РКС-Холдинг».





1.4. Лабораторные информационные системы (ЛИМС)

Характеристика:

Системы автоматизации процессов пробоотбора, регистрации, анализа и хранения данных о качестве природных, питьевых и сточных вод. Обеспечивают цифровую прослеживаемость проб от отбора до выдачи результата, интеграцию с аналитическим оборудованием, формирование протоколов испытаний и регламентной отчетности для контролирующих органов. ЛИМС обрабатывает пробы и выдаёт результаты с задержкой (минуты-часы), не участвуя в непрерывном управлении технологическими режимами (это система учёта и аналитики, но при обосновании может быть задействована в процессах «он-лайн» управления).

В предоставленных материалах информация о лабораторных информационных системах отсутствует. Рекомендуется руководствоваться следующими нормативными документами.

Требования к реализации:

- ЛИМС должна обеспечивать централизованный учёт заявок на анализы, регистрацию проб, контроль сроков выполнения исследований, хранение результатов измерений и формирование электронных протоколов испытаний.
- Система должна поддерживать интеграцию с автоматическими пробоотборниками и лабораторными анализаторами (мутномеры, хлорометры, pH-метры, спектрофотометры) по цифровым интерфейсам (RS-485, Modbus, LIMS-шлюзы) для исключения ручного ввода данных.
- {СТ} Анализаторы качества воды должны иметь диапазоны измерений: мутность 0–150 мг/л (исходная) и 0–2 мг/л (питьевая), остаточный хлор 0–10 мг/л (исходная) и 0–2 мг/л (питьевая), погрешность – по ГОСТ 27384-2002, выходной сигнал 4–20 мА и RS-485 (согласно Техническим требованиям АО «Мосводоканал»).
- Результаты лабораторного контроля должны автоматически передаваться в ERP и системы электронного документооборота для формирования регламентной отчетности (Роспотребнадзор, Минстрой России, региональные органы).
- {ПТ} В перспективе ЛИМС должна быть интегрирована с АСУ ТП и SCADA для оперативного контроля качества воды в технологическом процессе.
- {СТ} В переходный период допускается ведение журналов лабораторного контроля в электронном виде (табличные формы с контролем версий и электронной подписью ответственного лица) при условии обеспечения прослеживаемости и защиты от несанкционированного изменения данных.

Обоснование

СП 517.1325800.2022 (Изменение № 1); СанПиН 1.2.3685–21; СанПиН 2.1.3684–21; согласно Техническим требованиям к анализаторам качества воды АО «Мосводоканал».





УРОВЕНЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ АКТИВАМИ И ИНФРАСТРУКТУРОЙ

Обеспечивает эффективность, надёжность и жизненный цикл основных фондов.



2.1. Геоинформационные системы (ГИС)

Характеристика:

Цифровая платформа для сбора, хранения, анализа и визуализации пространственных данных об объектах ВиВ. Включает цифровую модель сетей (паспортизацию), электронную гидравлическую и топологическую модель системы ВиВ, визуализацию мест аварий и ремонтных работ на карте, а также инструменты гидравлического моделирования и анализа зон обслуживания.



Согласно Постановлению Правительства РФ от 05.09.2013 № 782 «О схемах водоснабжения и водоотведения» (с изменениями от 24.04.2025), ведение электронных моделей систем водоснабжения и водоотведения является обязательным требованием для ресурсоснабжающих организаций.

Требования к реализации:

1. Цифровая модель сетей

- Все элементы сетей водоснабжения и водоотведения должны быть нанесены на электронную карту в единой системе координат с привязкой к топографической основе масштаба не менее 1:500.
- Атрибутивная база данных должна содержать: тип объекта, диаметр, материал, год ввода в эксплуатацию, протяжённость, глубину заложения, принадлежность к зонам обслуживания, данные о последних ремонтах, привязку камер и колодцев к системам координат.
- {СТ} Ведение цифрового реестра объектов сетевого хозяйства в составе ГИС осуществляется в соответствии с требованиями стандарта PCO Московской области.

2. Электронная гидравлическая модель

- Электронная модель систем водоснабжения и водоотведения должна быть построена на основе цифровой карты и атрибутивных данных и проходить регулярную калибровку по данным натурных измерений (давление, расход).
- Модель должна использоваться для: расчёта фактических и перспективных гидравлических режимов; определения зон обслуживания и диктующих точек; выбора оптимальных режимов работы насосных станций; прогнозирования последствий отключений и переключений.
- Периодичность калибровки модели – не реже одного раза в год или после значительных изменений в конфигурации сетей.
- Интеграция с SCADA-системой для автоматической загрузки текущих данных о давлениях и расходах в узлах сети.
- {СТ} Ответственность за актуализацию модели возлагается на производственно-техническое подразделение или службу главного инженера.

3. Интеграция и функциональность

- ГИС должна обеспечивать двустороннюю интеграцию с системами диспетчеризации (SCADA, ЦДС) для отображения на карте текущего состояния объектов (работа/авария, значения параметров).
- Интеграция с системой управления аварийно-диспетчерской службой для визуализации местоположения аварий и ремонтных бригад, построения оптимальных маршрутов.
- Интеграция с системой управления активами (EAM) для привязки данных о ремонтах и техническом обслуживании к объектам на карте.
- Поддержка инструментов гидравлического моделирования (например, ZuluGIS, ZuluHydro, ZuluDrain) или аналогов. Должна быть обеспечена возможность импорта/экспорта данных в форматах, совместимых с используемыми расчётными комплексами.

4. Актуализация данных

- Внесение изменений в ГИС при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов должно осуществляться на основе исполнительной документации в срок не более 30 дней после завершения работ.
- Для объектов капитального строительства при приёмке работ должна передаваться исполнительная документация в электронном виде, пригодная для загрузки в ГИС.



- {ПТ} Функции автоматического выявления утечек с помощью акустических датчиков, моделирования в реальном времени и предиктивной аналитики реализуются как дополнительные модули ГИС (не выделяются в отдельную систему).

Обоснование

Постановление Правительства РФ от 05.09.2013 № 782 (с изменениями от 24.04.2025); СП 517.1325800.2022 (Изменение № 1); Распоряжение Правительства Московской области от 24.11.2025 № 922-РП; согласно Техническим требованиям к проектированию объектов АО «Мосводоканал» и Единой технической политике ООО «РКС-Холдинг».



2.2. Системы управления надёжностью и техническим обслуживанием и ремонтом (ТОиР/EAM)

Характеристика:

Интегрированные системы, обеспечивающие управление жизненным циклом основных средств предприятия. Реализуют функции планирования технического обслуживания и ремонтов (ТОиР/ППР), учёта оборудования и запасных частей, мониторинга технического состояния (вибродиагностика, контроль наработки), формирования заказ-нарядов, учёта трудозатрат и материалов, а также интеграцию с ГИС и технологическим контуром.

Требования к реализации:

1. Управление ремонтными работами

- Внедрение единой системы управления активами (например, «ПромАктив» или аналоги) для планирования, учёта и контроля ремонтов на всех объектах предприятий ВиВ.
- Формирование годовых, квартальных, месячных планов ремонтов на основе нормативной периодичности и фактического состояния оборудования.
- Автоматизированное создание заказ-нарядов на выполнение ремонтных работ с указанием объёмов, материалов, трудозатрат, ответственных лиц.
- Учёт фактически выполненных работ, расхода материалов, времени простоя оборудования.

2. Интеграция с технологическими системами

- {ПТ} В перспективе должна обеспечиваться автоматическая передача данных о наработке оборудования (моточасы, количество включений), параметрах работы (ток, вибрация, температура) из SCADA в EAM-систему для автоматического планирования ремонтов и формирования рекомендаций по обслуживанию.
- Интеграция с ГИС для привязки ремонтных работ к конкретным объектам на карте, визуализации местоположения аварий и плановых ремонтов.
- Интеграция с ERP-системой (п. 3.1) для передачи данных о затратах на ремонты (материалы, оплата труда) в бухгалтерский и управленческий учёт.



3. Учёт и анализ надёжности

- Ведение электронных паспортов оборудования с полной историей ремонтов, замен, наработки.
- Расчёт ключевых показателей надёжности (Приложение Б.1): среднее время ликвидации аварии (ч); количество перерывов в подаче воды для водоснабжения (ед./км в год); удельное количество аварий и засоров на сетях водоотведения (ед./км в год); доля участков трубопроводов, охваченных предиктивной оценкой надёжности (%).
- Формирование технических заданий на создание или модернизацию информационных систем управления производственными активами (Приложение Б.3): Требования к автоматизированной системе сбора и обработки информации о надёжности элементов систем ВиВ и ее использования для планирования восстановления трубопроводов.
- Оценка стоимости жизненного цикла (СЖЦ) активов в соответствии с методикой, приведённой в ГОСТ Р 58785-2019 и/или СП 517.1325800.2022 (Приложение А).
- Формирование отчётов по аварийности, простоям, эффективности ремонтных подразделений.

4. Управление запасными частями и материалами

- Ведение складского учёта товарно-материальных ценностей (ТМЦ) с автоматическим списанием при оформлении заказ-нарядов.
- Нормирование запасов ЗИП на основе расчёта надёжности и периодичности ремонтов.
- Создание ремонтно-оборотного фонда (РОФ) для критического оборудования (насосные агрегаты, электродвигатели, задвижки) в объёме не менее 10 % от потребности по каждому типу.
- {СТ} Для критического оборудования (крупные насосные агрегаты, трансформаторы, частотные преобразователи) рекомендуется установка датчиков непрерывного мониторинга состояния с передачей данных в контур ЕАМ.

Обоснование

ГОСТ Р 58785–2019; СП 517.1325800.2022 (Изменение № 1, Приложение А); Распоряжение Правительства Московской области от 24.11.2025 № 922-РП; ГОСТ Р 59853–2021; Федеральный закон от 07.12.2011 № 416-ФЗ; согласно Единой технической политике ООО «РКС-Холдинг» и материалам АО «Мосводоканал».



2.3. Системы управления аварийно-диспетчерскими службами

Характеристика:

Системы, обеспечивающие автоматизированный сбор и регистрацию заявок об авариях и инцидентах на объектах ВиВ (исключая «ручные» методы регистрации), диспетчеризацию ремонтных бригад, контроль исполнения работ, фотофиксацию результатов и формирование аналитической отчётности по аварийности.



Требования к реализации:

1. Автоматизированный приём заявок

- Интеграция с телефонной станцией (IP-телефония) для автоматической регистрации входящих звонков, записи разговоров, определения номера.
- Интеграция с порталом ГИС ЖКХ и «Личным кабинетом» абонента для приёма заявок в электронном виде.
- Возможность приёма заявок через e-mail и мессенджеры (например, МАХ и проч.) с автоматическим созданием карточки заявки.
- Присвоение заявке категории (авария, инцидент, плановая заявка), определение сроков реагирования в соответствии с регламентами.

2. Диспетчеризация и контроль

- Визуализация на карте (интеграция с ГИС) местоположения аварий, задействованных бригад, свободных ресурсов.
- Передача заданий на мобильные устройства ремонтных бригад (планшеты, смартфоны) с возможностью подтверждения получения, фотофиксации результатов, отметки о завершении.
- Мониторинг времени прохождения заявки (время от приёма до прибытия, время устранения) с формированием отчётов о соблюдении нормативных сроков.
- Автоматическое уведомление заявителя о принятии заявки, назначении исполнителя, завершении работ (SMS, e-mail, push).
- Рекомендуемое нормативное время прибытия аварийной бригады на место инцидента составляет не более 1 часа.

3. Интеграция и хранение данных

- Интеграция с системой управления ремонтами (EAM), а также с CRM (п. 3.3) для синхронизации неаварийных заявок и передачи завершённых заявок в ремонтный фонд (учёт выполненных работ, материалов, трудозатрат).
- Хранение истории заявок с возможностью поиска по адресу, абоненту, виду работ, исполнителю.
- Фотофиксация до и после выполнения работ с привязкой к заявке и координатам места выполнения.

4. Отчётность и анализ

- Формирование оперативных и периодических отчётов: количество заявок, время реагирования, время устранения, распределение по типам инцидентов, эффективность работы бригад.
- Анализ причин аварийности для корректировки планов ремонтов и инвестиционных программ.
- {СТ} Должен быть внедрён классификатор аварийных заявок по приоритетам, регламент взаимодействия со смежными службами и органами местного самоуправления, а также механизм автоматического оповещения потребителей об ограничениях через официальные каналы связи (сайт, SMS, push-уведомления).

Обоснование

СП 517.1325800.2022 (Изменение № 1); Постановление Правительства РФ от 06.05.2011 № 354; Распоряжение Правительства Московской области от 24.11.2025 № 922-РП; согласно Техническому заданию на организацию ЦДП ООО «РКС-Холдинг» и Правилам разработки АСДКУ АО «Мосводоканал».





2.4. Системы управления транспортом и логистикой (TMS)

Характеристика:

Системы мониторинга и управления автотранспортом предприятия и мобильными бригадами. Включают мониторинг местоположения (GPS/ГЛОНАСС), контроль расхода топлива (тахографы, датчики уровня), управление перевозками (иловый осадок, реагенты, вывоз стоков), планирование маршрутов, выдачу заданий и контроль норм времени выполнения работ.

Требования к реализации:

1. Мониторинг и учёт автотранспорта

- Все транспортные средства, используемые для производственных нужд, должны быть оснащены бортовыми терминалами GPS/ГЛОНАСС с передачей данных в единую диспетчерскую систему.
- Обеспечивается контроль: местоположения, скорости, пробега, расхода топлива (через CAN-шину или датчики уровня), времени работы двигателя.
- Интеграция с системой управления ремонтами для планирования ТО и ремонта автомобилей на основе фактической наработки (пробег, моточасы).

2. Управление мобильными бригадами

- Формирование заданий для выездных бригад (аварийно-восстановительные работы, плановое обслуживание, снятие показаний приборов учёта) с указанием адресов, маршрутов, нормативного времени выполнения.
- Передача заданий на мобильные устройства (планшеты) с возможностью отметки о начале и окончании работ, фотофиксации результатов.
- Контроль соблюдения маршрутов и нормативов времени, учёт трудозатрат.

3. Управление перевозками

- Автоматизированный учёт вывоза илового осадка с канализационных очистных сооружений: контроль веса, объёма, количества рейсов, пунктов приёма.
- Учёт перевозок реагентов, материалов для ремонта, вывоза мусора и отходов.
- Формирование товарно-транспортных накладных в электронном виде, интеграция с ERP для списания ГСМ и материалов.
- {СТ} Для перевозок илового осадка, реагентов и жидких бытовых отходов должен быть реализован автоматизированный учёт объёмов, количества рейсов, пунктов приёма и выгрузки.

4. Оптимизация затрат

- Анализ эффективности использования автопарка: коэффициент использования парка (КИП), затраты на топливо на единицу пробега, на единицу объёма выполненных работ.
- Выбор экономически обоснованных моделей автотехники с учётом стоимости жизненного цикла.



- Переход на использование альтернативных видов топлива (газ, электромобили) при наличии технической и экономической целесообразности.
- {ПТ} Рекомендуется внедрение алгоритмов оптимизации маршрутов с учётом дорожной обстановки, ограничений по весу/высоте и приоритетности заявок.

Обоснование

Постановление Правительства РФ от 04.09.2013 № 776; Приказ Минтранса России от 13.02.2013 № 36; Распоряжение Правительства Московской области от 24.11.2025 № 922-РП; согласно Единой технической политике ООО «РКС-Холдинг».



2.5. Системы автоматизированного проектирования и информационного моделирования (САПР/ТИМ/BIM)

Характеристика:

Системы, используемые для проектирования, реконструкции и капитального строительства объектов ВиВ. Обеспечивают создание чертежей, конструкторской и технологической документации, формирование информационной модели (ТИМ-модели) объекта, которая может передаваться на этап эксплуатации для ведения цифрового двойника и интеграции с эксплуатационными контурами.

Требования к реализации:

1. Область применения

- На этапе проектирования и строительства объектов ВиВ применение технологий информационного моделирования (ТИМ/BIM) осуществляется в соответствии с требованиями действующего законодательства и заданиями на проектирование.
- Предприятие ВиВ как заказчик проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ включает в технические задания требования по формированию ТИМ-модели в случаях, установленных нормативными актами, а также при обоснованной технической и экономической целесообразности.

2. Передача модели на эксплуатацию

- {ПТ} В перспективе в технические задания на проектирование и строительство объектов, подлежащих дальнейшей эксплуатации предприятия ВиВ, включать условие о передаче заказчику ТИМ-модели в форматах, обеспечивающих её дальнейшее использование для ведения цифрового двойника, интеграции с ГИС и системами управления активами.
- Состав передаваемых данных определяется на этапе технического задания и должен включать: геометрическую модель, атрибутивные данные об оборудовании и материалах, исполнительную документацию в электронном виде, параметры для интеграции с эксплуатационными системами.



3. Интеграция с эксплуатационными системами

- Информация из ТИМ-модели (тип, диаметр, материал, марка оборудования, год ввода) должна использоваться для наполнения ГИС и ЕАМ-системы.
- При приёмке объектов капитального строительства в эксплуатацию исполнительная документация должна передаваться в форматах, пригодных для загрузки в ГИС (например, GIS-слои, координаты объектов).
- Требования к форматам обмена ТИМ-данными (IFC, отечественные форматы), структуре атрибутов и процедурам верификации моделей приведены в Приложении А.

4. Ответственность

- В период до законодательного закрепления обязательности передачи ТИМ-модели на эксплуатацию предприятия ВиВ обеспечивает приёмку и адаптацию полученных моделей для эксплуатационных нужд.
- В случае отсутствия ТИМ-модели первичное наполнение ГИС и ЕАМ осуществляется на основе исполнительной документации и натурных обследований.
- {СТ} Рекомендуется использовать САПР и платформы информационного моделирования, совместимые с отечественным программным обеспечением и включённые в реестр российского ПО.

Обоснование

Постановление Правительства РФ от 05.03.2021 № 331; ГОСТ Р 59853-2021; СП 517.1325800.2022 (Изменение № 1); Постановление Правительства РФ от 05.09.2013 № 782; согласно Техническим требованиям АО «Мосводоканал» и Единой технической политике ООО «РКС-Холдинг».





УРОВЕНЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ (АСУП)

Охватывает финансово-хозяйственную деятельность и управление ресурсами.



3.1. Системы управления ресурсами предприятия (ERP)

Характеристика:

Интегрированные программные комплексы, обеспечивающие автоматизацию финансово-хозяйственной деятельности предприятия ВиВ. Реализуют функции бухгалтерского и налогового учёта, управления персоналом и расчёта заработной платы (HRM), управления закупками и материально-техническим снабжением (МТС), управления складскими запасами (MRP), финансового планирования, бюджетирования и управления договорами с абонентами и подрядчиками.



Требования к реализации:

1. Интегрированность и централизация данных

- ERP-система должна представлять собой единую интегрированную платформу, объединяющую все функциональные блоки финансово-хозяйственной деятельности.
- Обеспечивается однократный ввод данных с их последующим многократным использованием в смежных модулях (например, закупка материалов → приход на склад → списание в ремонт → отражение в затратах).

2. Управление закупками и материально-техническим снабжением

- Автоматизация процессов планирования потребности в ТМЦ на основе планов ремонтов (интеграция с ЕАМ) и производственных программ.
- Проведение конкурсных процедур в соответствии с Федеральным законом от 18.07.2011 № 223-ФЗ или № 44-ФЗ для муниципальных унитарных предприятий.
- Учёт договоров с поставщиками, контроль исполнения обязательств, формирование заявок на оплату.

3. Складской учёт

- Ведение количественного и суммового учёта ТМЦ в разрезе складов, материально ответственных лиц, номенклатурных групп.
- Автоматическое списание материалов на основании заказ-нарядов из ЕАМ-системы с формированием бухгалтерских проводок.
- Поддержка штрихкодирования для ускорения приёмки, перемещения и инвентаризации.
- {ПТ} Рекомендуется внедрение технологий штрихкодирования или RFID-меток для автоматического контроля неснижаемых остатков.

4. Бюджетирование и план-фактный анализ

- Формирование бюджетов по центрам финансовой ответственности (ЦФО) в разрезе статей затрат, инвестиционных программ, производственных программ.
- Оперативный контроль исполнения бюджета с возможностью формирования отклонений и сигнализации о превышении лимитов.
- Формирование управленческой отчётности для руководства (отчёт о движении денежных средств, отчёт о прибылях и убытках, бюджетирование капитальных вложений).

5. Управление персоналом и расчёт заработной платы

- Автоматизированный расчёт заработной платы с учётом отраслевых особенностей (вредные условия труда, разъездной характер работ, сменный график).
- Интеграция с системами учёта рабочего времени (табели, пропускные системы) для автоматического формирования отработанного времени.
- Ведение штатного расписания, учёт кадровых перемещений, формирование регламентированной отчётности (СФР, ФНС).

6. Интеграция с иными системами

- Двусторонний обмен данными с ЕАМ-системой для учёта затрат на ремонты и техническое обслуживание.
- Интеграция с биллинговой системой и CRM для учёта начислений, поступлений, дебиторской задолженности.
- Интеграция с системой электронного документооборота (СЭД) для согласования договоров, счетов, актов выполненных работ.



- {ПТ} В рамках повышения аналитической зрелости рекомендуется внедрение модулей прогнозирования денежных потоков, оптимизации закупочных лотов и автоматического выявления аномалий в финансовых операциях с использованием алгоритмов машинного обучения.

Обоснование

Федеральный закон от 06.12.2011 № 402-ФЗ; Федеральный закон от 18.07.2011 № 223-ФЗ; Распоряжение Правительства Московской области от 24.11.2025 № 922-РП; согласно Единой технической политике ООО «РКС-Холдинг» и Техническим требованиям АО «Мосводоканал».



3.2. Системы электронного документооборота (СЭД)

Характеристика:

Системы автоматизации процессов создания, согласования, подписания, учёта, хранения и поиска документов предприятия. Обеспечивают переход к безбумажному взаимодействию, включают электронный архив технической документации, юридически значимый электронный документооборот (ЮЗЭДО) с контрагентами и государственными органами, а также управление внутренними регламентами и нормативной базой.

Требования к реализации:

1. Единое пространство документов

- Все виды документов (организационно-распорядительные, договорные, бухгалтерские, технические) ведутся в единой СЭД с централизованным хранением и единой системой поиска.
- Регистрация всех входящих и исходящих документов осуществляется в автоматизированном режиме с присвоением уникального номера и регистрационной карточки.

2. Маршрутизация и согласование

- Гибкая настройка маршрутов движения документов в соответствии с организационной структурой и бизнес-процессами.
- Контроль сроков согласования, автоматическое напоминание исполнителям, эскалация при нарушении сроков.
- Использование электронной подписи (усиленной квалифицированной или неквалифицированной) для внутренних документов и ЮЗЭДО.

3. Электронный архив технической документации

- Обеспечивается хранение проектной и рабочей документации на объекты капитального строительства, исполнительной документации, актов скрытых работ, паспортов оборудования.
- Привязка документов к объектам ГИС и реестрам оборудования (ЕАМ) для оперативного доступа эксплуатирующих служб.
- Версионирование документов с сохранением истории изменений.
- {СТ} Рекомендуется обеспечение версионирования документов с сохранением истории изменений и привязкой архивных материалов к объектам ГИС.



4. Юридически значимый документооборот

- Внедрение обмена электронными счетами-фактурами, договорами, актами с контрагентами через операторов ЮЗЭДО.
- Интеграция с ERP-системой для автоматического формирования электронных документов на основе первичных учётных данных (счёт на оплату, акт выполненных работ, товарная накладная).
- Обеспечение соответствия требованиям ФНС России к форматам и порядку передачи электронных документов.

5. Интеграция и безопасность

- Интеграция СЭД с ERP для синхронизации договоров и контрагентов, с ЕАМ для привязки ремонтной документации.
- Разграничение прав доступа к документам по ролям пользователей.
- Резервное копирование архива документов с периодичностью не реже 1 раза в сутки, срок хранения электронных документов – в соответствии с законодательством (не менее 5 лет для бухгалтерских и налоговых документов).
- {ПТ} Рекомендуется поэтапное внедрение технологий интеллектуальной обработки документов (IDP) для автоматической классификации входящей корреспонденции, извлечения ключевых атрибутов и предварительной маршрутизации.

Обоснование

Федеральный закон от 06.04.2011 № 63-ФЗ; Федеральный закон от 27.07.2006 № 149-ФЗ; Распоряжение Правительства Московской области от 24.11.2025 № 922-РП; согласно Техническим требованиям АО «Мосводоканал» и Единой технической политике ООО «РКС-Холдинг».



3.3. Системы управления взаимоотношениями с клиентами (CRM) и клиентские сервисы

Характеристика:

Системы управления взаимоотношениями с клиентами (CRM) и клиентские сервисы предназначены для автоматизации сбытовой деятельности предприятия ВиВ, взаимодействия с абонентами (физическими и юридическими лицами), учёта договоров, начислений, платежей, управления дебиторской задолженностью, а также предоставления современных клиентских сервисов: «Личный кабинет» абонента, омниканальные обращения (телефония, e-mail, портал ГИС ЖКХ, мессенджеры), автоматические уведомления (SMS, push, e-mail), работу с должниками. В отличие от аварийно-диспетчерской службы (АДС, Глава 2), которая фокусируется на оперативной регистрации и устранении аварийных инцидентов, CRM-система охватывает полный цикл взаимоотношений с клиентом: от заключения договора до расчётов и сервисной поддержки, интегрируясь с биллингом, ERP и системами документооборота.



Требования к реализации:

1. Автоматизация бытовой деятельности

- Ведение единой базы абонентов (физических и юридических лиц) с актуальной контактной информацией, договорными условиями, историей начислений и платежей.
- Интеграция с биллинговой системой (п. 1.3) для синхронизации данных о начислениях, оплатах и дебиторской задолженности.
- Автоматизация выявления аномалий в потреблении (сопоставление с данными технического учёта, сезонными нормами) для выявления безучётного потребления и незаконных подключений.

2. Система обработки заявок (неаварийных)

- Регистрация всех обращений абонентов (кроме аварийных, которые обрабатываются через АДС) в единой системе с присвоением уникального номера, категоризацией и контролем сроков исполнения.
- Автоматическое распределение заявок по исполнителям (абонентский отдел, планово-ремонтная служба, отдел по работе с юридическими лицами).
- Возможность прикрепления к заявке фото-, видеофиксации, скан-копий документов.
- Омниканальный приём обращений: телефония (с интеграцией IP-АТС и записью разговоров), e-mail, портал ГИС ЖКХ, личный кабинет, мессенджеры.
- {СТ} Для юридических лиц допускается передача показаний и загрузка реестров через стандартизированные Excel-шаблоны.

3. Клиентские сервисы

- «Личный кабинет» абонента (веб-портал и мобильное приложение) должен обеспечивать:
 - передачу показаний приборов учёта (с возможностью прикрепления фото);
 - просмотр и оплату счетов (в том числе через платёжные шлюзы);
 - подачу заявок на технические мероприятия (замена прибора, опломбировка, сверка расчётов);
 - получение актов сверки, реестров платежей и уведомлений о плановых/аварийных отключениях;
 - обратную связь с оператором.
- Предоставление информации в ГИС ЖКХ в соответствии с установленным порядком (Приказ Минстроя № 258/пр).
- Автоматическое информирование абонентов (SMS, push, e-mail) о задолженности, предстоящих отключениях, проведённых работах.
- {ПТ} Рекомендуется внедрение чат-ботов с использованием технологий искусственного интеллекта для первичной консультации, классификации обращений и маршрутизации.

4. Интеграция с корпоративными системами

- Двусторонняя интеграция с ERP (п. 3.1) для автоматического отражения начислений, поступлений и дебиторской задолженности в бухгалтерском учёте.
- Интеграция с системой электронного документооборота (СЭД, п. 3.2) для формирования и согласования договоров, актов, счетов.
- Интеграция с BI-системой (п. 3.4) для анализа клиентской базы, собираемости платежей, эффективности работы с должниками.
- Интеграция с аварийно-диспетчерской службой (АДС, п. 2.3) для обмена информацией об аварийных заявках (передача из CRM в АДС, получение статусов выполнения).



5. Безопасность и надёжность

- Защита персональных данных абонентов в соответствии с Федеральным законом от 27.07.2006 № 152-ФЗ.
- Разграничение доступа к данным абонентов по ролям (оператор колл-центра, специалист абонентского отдела, руководитель).
- Резервное копирование баз данных CRM не реже 1 раза в сутки.
- Обеспечение доступности клиентских сервисов (личный кабинет, портал) не менее 99,5 % в год.

Обоснование

Федеральный закон от 07.12.2011 № 416-ФЗ; Федеральный закон от 21.07.2014 № 209-ФЗ; Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ; Приказ Минстроя России от 28.04.2025 № 258/пр; Распоряжение Правительства Московской области от 24.11.2025 № 922-РП; Единая техническая политика ООО «РКС-Холдинг» (раздел 3.8 «Цифровой водоканал»); Инструкция пользователя сервисом «Мой MBK Портал» АО «Мосводоканал».



3.4. Системы бизнес-аналитики (BI) и управления эффективностью

Характеристика:

Системы аналитической обработки данных и поддержки принятия управленческих решений. Включают единое хранилище данных (DWH/CDP), тематические витрины данных, инструменты формирования интерактивной отчётности и ключевых показателей эффективности (KPI), модули оценки стоимости жизненного цикла активов (СЖЦ и аналогов LCC/ТСО), а также подсистемы автоматизированного формирования регламентной отчётности для органов государственной власти и регулирования.

Требования к реализации:

1. Единое хранилище данных (DWH)

- Использование данных из единого хранилища (описано в п. 4.2) для формирования витрин и аналитики.

2. Витрины данных и дашборды

- Формирование тематических витрин данных для различных направлений деятельности: производственные показатели, финансы, ремонты, абонентская служба, экология.
- Разработка интерактивных дашбордов для руководства и руководителей структурных подразделений с отображением KPI: объём поднятой и поданной воды; уровень потерь воды; удельный расход электроэнергии; количество аварий и время реагирования; собираемость платежей, дебиторская задолженность.



- Возможность детализации показателей (drill-down) до уровня отдельных объектов, бригад, периодов.
- Время отклика системы при стандартных аналитических запросах не должно превышать 5 секунд.

3. Аналитика эффективности

- Расчёт и анализ ключевых показателей эффективности (KPI) в соответствии с утверждённой в организации системой мотивации.
- Оценка стоимости жизненного цикла (СЖЦ) оборудования и объектов капитального строительства в соответствии с методикой ГОСТ Р 58785-2019 и/или СП 517.1325800.2022 (Приложение А).
- Сравнительный анализ (бенчмаркинг) показателей между структурными подразделениями, филиалами, а также с отраслевыми нормативами.
- Прогнозирование и сценарное моделирование для поддержки принятия решений при формировании инвестиционных и производственных программ.
- {ПТ} Для поддержки машинного обучения и цифровых двойников целесообразно выделить в платформе данных отдельные слои: озеро данных (сырые телеметрия, события, файлы), хранилище временных рядов (высокочастотные данные), DWH (структурированные витрины). Рекомендуется определить уровни зрелости ML (offline-модели → режим рекомендаций → автоматизированное управление только после согласования с безопасностью).

4. Регламентная отчётность

- Автоматизированное формирование отчётности для органов регулирования (ФАС, региональные энергетические комиссии, Росстат) в требуемых форматах.
- Подготовка данных для передачи в ГИС ЖКХ (показатели качества, объёмы, аварийность, начисления) в соответствии с Приказом Минстроя России от 28.04.2025 № 258/пр.
- Формирование отчётов по производственной программе и инвестиционной программе для утверждения и контроля исполнения.

5. Технические требования

- Система должна базироваться на промышленной платформе бизнес-аналитики (например, Power BI, Qlik, Tableau или отечественные аналоги, включённые в реестр российского ПО).
- Обеспечивается разграничение доступа к данным на уровне пользователей и ролей.
- {СТ} Детализированный перечень KPI, целевые ориентиры, формулы расчёта и методика оценки эффективности подразделений приведены в Приложении Б.
- {ПТ} Внедрение модулей прогнозной аналитики и сценарного моделирования на основе машинного обучения для оптимизации производственных программ, прогнозирования водопотребления, оценки рисков аварийности рассматривается как функциональное расширение BI-платформы.

Нормативное обоснование:

ГОСТ Р 58785-2019; СП 517.1325800.2022 (Изменение № 1, Приложение А); Федеральный закон от 21.07.2014 № 209-ФЗ; Приказ Минстроя России от 28.04.2025 № 258/пр; Распоряжение Правительства Московской области от 24.11.2025 № 922-РП; согласно Единой технической политике ООО «РКС-Холдинг» и материалам АО «Мосводоканал».





ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ СКВОЗНЫЕ СИСТЕМЫ

Инфраструктурные компоненты, обеспечивающие функционирование всех вышеперечисленных систем.



4.1. Системы информационной безопасности (ИБ)

Характеристика:

Совокупность организационных, программных и технических средств, обеспечивающих защиту информации, обрабатываемой в автоматизированных и информационных системах предприятия ВиВ, а также безопасность объектов критической информационной инфраструктуры (КИИ). Включает идентификацию и аутентификацию пользователей (в т. ч. с использованием ЕСИА), средства антивирусной защиты, межсетевые экраны (firewalls), системы обнаружения и предотвращения вторжений (IDS/IPS), криптографическую защиту каналов связи (VPN, СКЗИ), системы резервного копирования и восстановления, а также контроль физического доступа к объектам и помещениям (СКУД).

Примечание: Согласно № 187-ФЗ от 26.07.2017, объектами КИИ являются не предприятия водоснабжения и водоотведения в целом, а принадлежащие им информационные системы,



информационно-телекоммуникационные сети и автоматизированные системы управления технологическими процессами, обеспечивающие критически важные функции. Категорирование серверных помещений, систем охлаждения и электропитания как таковых не предусмотрено. Однако системы контроля доступа (СКУД), видеонаблюдения и охранной сигнализации могут рассматриваться как объекты КИИ, если они обрабатывают информацию, необходимую для обеспечения критических процессов.

Требования к реализации:

1. Категорирование и класс защищённости

- Все объекты предприятий ВиВ, подлежащие категорированию в соответствии с Федеральным законом от 26.07.2017 № 187-ФЗ, должны быть отнесены к категориям значимости КИИ в установленном порядке.
- Для АСУ ТП объектов КИИ устанавливается класс защищённости не ниже 3 (в соответствии с Приказом ФСТЭК России от 14.03.2014 № 31).

2. Комплексы средств защиты информации

- Встроенные механизмы безопасности – разграничение доступа, регистрация событий, контроль целостности.
- Мониторинг ИБ – централизованный сбор, хранение, корреляция событий безопасности (syslog, SNMP Trap). Срок хранения событий – не менее 60 суток.
- Криптографическая защита каналов связи – шифрование по ГОСТ 28147-89, VPN-туннели с уникальными ключами на каждый сеанс.
- {ПТ} При использовании MQTT и брокерных архитектур дополнительно рекомендуется применять взаимную аутентификацию (mTLS) с управлением сертификатами (PKI), списки управления доступом (ACL) по топикам, а также уникальную идентификацию каждого периферийного шлюза.
- Защита периметра – межсетевое экранирование между технологической сетью и корпоративной сетью, фильтрация трафика по IP-адресам, протоколам, портам, использование VLAN.
- Защита от вредоносного ПО – централизованная антивирусная защита, контроль запуска приложений (белые списки). Для контроллеров, где установка агентов невозможна, – компенсирующие меры (аппаратная защита, доверенная загрузка).
- Обеспечение непрерывности – резервное копирование системных и конфигурационных файлов, данных (разностное – ежедневно, полное – еженедельно). Хранение резервных копий на физически обособленных носителях.
- Управление процессами ИБ – автоматизация управления инцидентами, активами, интеграция с ГосСОПКА (при необходимости).

3. Разграничение доступа и управление учётными записями

- Все пользователи (операторы, диспетчеры, инженеры, администраторы) идентифицируются по индивидуальным учётным записям. Использование общих учётных записей запрещено.
- Парольная политика соответствует принятым в организации требованиям (длина, сложность, периодичность смены).
- Доступ к функциям управления (дистанционное включение/отключение оборудования, изменение уставок) осуществляется только после двухфакторной аутентификации.
- Роли пользователей: информационный уровень (просмотр), оператор (управление в пределах инструкции), инженер (изменение настроек), инженер-программист (изменение конфигурации и алгоритмов), администратор безопасности (полные права).



4. Защита технологического оборудования (ПЛК)

- ПЛК должны иметь встроенные средства защиты: списки доступа по IP-адресам, защиту паролем на дистанционные изменения, отключение неиспользуемых сервисов (FTP, HTTP, DHCP, Telnet), автоматическую проверку целостности встроенного ПО.
- Для контроллеров, применяемых в системах противоаварийной защиты (ПАЗ) и на опасных производственных объектах, требуется сертификация по функциональной безопасности (SIL 1, SIL 2) в соответствии с ГОСТ Р МЭК 61508.
- Приоритет при выборе контроллеров – производимые на территории РФ, при равных технических и ценовых характеристиках.
- {СТ} Контроллеры АСУ ТП и сетевое оборудование должны иметь списки контроля доступа по IP/MAC-адресам, защиту паролем на дистанционные изменения, отключение неиспользуемых сервисов.

5. Физическая безопасность

- Доступ в серверные помещения, диспетчерские пункты, шкафы управления технологическим оборудованием осуществляется по системе контроля и управления доступом (СКУД) с регистрацией событий.
- Сигнализация открытия дверей шкафов и помещений выводится на АРМ диспетчера с записью в журнал событий.
- Охранная сигнализация и видеонаблюдение с архивацией не менее 30 суток.

6. Организационные меры

- Разработаны и утверждены политики информационной безопасности: идентификации и аутентификации, управления доступом, антивирусной защиты, резервного копирования, реагирования на инциденты.
- Проводится обучение персонала правилам безопасной работы, а также регулярные проверки осведомлённости.
- Назначены лица, ответственные за администрирование средств защиты информации.
- {СТ} Срок хранения журналов событий безопасности и системных логов должен составлять не менее 90 суток (как более строгое требование, допустимо при наличии технической возможности). В соответствии с исходными документами минимальный срок – 60 суток.
- {ПТ} Рекомендуются внедрение модулей поведенческой аналитики и машинного обучения для автоматического выявления аномальной активности в промышленных сетях, прогнозирования киберинцидентов и автоматической изоляции скомпрометированных сегментов.
- Рекомендации по разграничению зон ответственности в области информационной безопасности между подразделениями ИТ и АСУ ТП, а также типовые принципы обеспечения безопасности технологических сетей приведены в Приложении В.

Обоснование

Приказ ФСТЭК России от 14.03.2014 № 31 (ред. от 15.03.2021); Федеральный закон от 26.07.2017 № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации»; Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных»; Указ Президента РФ от 30.03.2022 № 166; Указ Президента РФ от 01.05.2022 № 250; согласно стандарту организации «Информационная безопасность АСУ ТП» АО «Мосводоканал» и Единой технической политике ООО «РКС-Холдинг».





4.2. Интеграционные и платформенные системы

Характеристика:

Сквозные технологические компоненты, обеспечивающие взаимодействие всех систем предприятия ВиВ в едином информационном пространстве. Включают интеграционную шину (ESB/API-шлюз), единые хранилища данных (DWH) и витрины данных, системы управления мастер-данными (MDM), единые панели мониторинга (дашборды), а также платформы корпоративных коммуникаций (почтовый сервис, телефония с интеграцией в CRM и записью разговоров).

Требования к реализации:

1. Интеграционная шина

- Создание единой платформы для интеграции информационных систем предприятия, интегрирующей информацию из источников:
 - ERP-систем (финансы, закупки, персонал);
 - EAM-систем (ремонт, оборудование, наработка);
 - CRM-систем (начисления, платежи, обращения);
 - Систем SCADA, АСУ ТП, ГИС (технологические параметры, аварии);
 - биллинговых систем.
- Обеспечение стандартизованных способов обмена данными: REST API, веб-сервисы, очереди сообщений (MQTT, AMQP) для передачи событий в реальном времени.
- Обеспечение регулярной выгрузки данных (режим реального времени или периодическая синхронизация) с контролем целостности и качества данных.
- Поддержка версионирования и истории изменений для аналитических запросов.
- Реализация сквозных бизнес-процессов: передача данных о наработке оборудования из SCADA в EAM, передача заявок из CRM в АДС, синхронизация справочников (объекты, контрагенты) между системами.
- {СТ} Все межсистемные обмены должны сопровождаться сквозным журналированием с фиксацией времени запроса, статуса выполнения, кодов ошибок и идентификаторов транзакций. Журналы интеграционных событий хранятся не менее 12 месяцев.
- Практические аспекты разграничения полномочий, эксплуатационной ответственности и зон обслуживания между ИТ и АСУ ТП при организации интеграционного взаимодействия приведены в Приложении В.
- {ПТ} В качестве альтернативы или дополнения к ESB для высоконагруженных потоков телеметрии и событий может использоваться событийно-ориентированная архитектура с брокером сообщений (MQTT, Kafka, AMQP), обеспечивающая буферизацию с последующей доставкой, гарантированную доставку и десятки тысяч соединений. При этом MQTT/Sparkplug и OPC UA PubSub рекомендуется применять для безопасной публикации телеметрии с периферийных шлюзов, а корпоративные события направлять через Kafka/AMQP.

2. Единое хранилище данных (DWH)

- Создание хранилища, интегрирующего данные из технологических (SCADA, АСУ ТП) и управленческих систем (ERP, EAM, CRM, биллинг).



- Обеспечение периодической выгрузки данных (режим реального времени или регламентная синхронизация) с контролем целостности и качества.
 - Построение витрин данных для функциональных направлений: производственные показатели, финансы, ремонты, абонентская служба, экология.
 - Использование DWH для формирования регламентной отчётности (в т. ч. для ГИС ЖКХ) и аналитической отчётности в BI-системах (см. п. 3.4).
- 3. Управление мастер-данными (MDM)**
- Ведение единых справочников: объекты водоснабжения и водоотведения, оборудование, контрагенты, сотрудники.
 - Обеспечение синхронизации справочных данных между системами через интеграционную шину.
 - Назначение владельцев данных (data owners) для каждого типа мастер-данных, регламентирование процессов создания, изменения, архивирования.
- 4. Корпоративные коммуникации**
- Внедрение единой платформы телефонии (IP-телефония) с возможностью записи разговоров, интеграцией с CRM для автоматической регистрации обращений, отображения информации об абоненте.
 - Интеграция телефонии и системы приёма заявок (АДС) для автоматического создания карточки заявки по входящему звонку.
 - Обеспечение корпоративной электронной почты и мессенджеров с возможностью обмена сообщениями в защищённом режиме.
- 5. Технические требования к интеграции**
- Протоколы обмена: для технологических данных – OPC, Modbus TCP, МЭК 60870-5-104; для управленческих данных – REST API, SOAP, обмен файлами.
 - Обеспечение защиты каналов связи при интеграции с внешними системами (ГИС ЖКХ, системы ФНС, банки) с использованием средств криптографической защиты и VPN.
 - Реализация мониторинга состояния интеграционных интерфейсов, автоматическое уведомление об отказах.
- 6. Единые панели мониторинга (дашборды)**
- Создание на базе BI-платформы дашбордов для руководства, диспетчерских служб, производственных подразделений.
 - Отображение ключевых показателей: объёмы подачи и реализации воды, потери, удельные расходы, аварийность, финансовые показатели.
 - Возможность детализации (drill-down) до уровня объектов, смен, бригад.
 - {ПТ} В перспективе интеграционная архитектура должна обеспечивать переход к модели «цифрового двойника», объединяющей данные о технологических процессах, состоянии активов, финансово-хозяйственной деятельности и внешних факторах в единой семантической модели.

Обоснование

ГОСТ Р 59853-2021; ГОСТ 34.602-2020; Федеральный закон от 21.07.2014 № 209-ФЗ; Распоряжение Правительства Московской области от 24.11.2025 № 922-РП; согласно Техническому заданию на организацию ЦДП ООО «РКС-Холдинг» и Требованиям к проектированию АСУ АО «Мосводоканал».





4.3. Инженерные системы обеспечения

Характеристика:

Системы, обеспечивающие физическую работоспособность информационной и технологической инфраструктуры, включают: системы бесперебойного питания (ИБП) серверных и узлов связи, мониторинг микроклимата в серверных и диспетчерских пунктах, системы охлаждения серверного оборудования, а также заземление и молниезащиту.

Примечание: Следует учитывать, что согласно № 187-ФЗ от 26.07.2017, инженерные системы обеспечения (ИБП, кондиционирование, вентиляция, системы охлаждения) сами по себе не относятся к объектам КИИ. Объектами КИИ признаются информационные системы, информационно-телекоммуникационные сети и автоматизированные системы управления, для функционирования которых эти инженерные системы созданы. Однако системы контроля и управления доступом (СКУД), видеонаблюдения и охранной сигнализации могут подлежать категорированию как информационные системы, если они обрабатывают информацию, необходимую для обеспечения критических процессов.

Требования к реализации:

1. Бесперебойное электропитание

- Все серверы, активное сетевое оборудование, АРМ операторов и диспетчеров, контроллеры и шкафы управления должны быть подключены к источникам бесперебойного питания (ИБП).
- Время автономной работы от аккумуляторных батарей – не менее 1 часа при полной нагрузке. Для критических объектов (серверные ЦДП, узловые КНС, ВНС с непрерывным процессом) – не менее 2 часов или обеспечение резервного ввода (АВР) с дизельной электростанцией (ДЭС).
- ИБП должны обеспечивать стабилизацию выходного напряжения: $220\text{ В} \pm 5\%$, частота $50 \pm 0,2\text{ Гц}$, коэффициент несинусоидальности – не более 8 %.
- Для питания слаботочных цепей управления и ПЛК предусматриваются отдельные блоки питания 24 В постоянного тока с резервированием. Не допускается использование встроенных источников питания ПЛК для питания периферии.
- {СТ} Для объектов с потребляемой мощностью более 200 кВА или с непрерывным технологическим циклом должно предусматриваться резервирование электроснабжения по схеме АВР с автоматическим запуском дизель-генераторной установки (ДГУ). КПД ИБП при полной нагрузке должен быть не менее 94 %.

2. Электроснабжение объектов

- Насосные станции и другие объекты с непрерывным технологическим процессом должны иметь не менее двух независимых вводов электропитания с автоматическим вводом резерва (АВР).
- Категория надёжности электроснабжения определяется в соответствии с ПУЭ и технологическими требованиями. Для КНС большой производительности и узловых объектов – вторая категория и выше.
- Электроснабжение серверных помещений, диспетчерских пунктов, узлов связи и шкафов АСУ ТП должно осуществляться от выделенной помехозащищённой сети (ВЭПС) по пятипроводной схеме TN-S.



3. Климатическое обеспечение

- В серверных помещениях, помещениях ЦДП, в шкафах с активным оборудованием поддерживается температурный режим в пределах $+18...+24\text{ }^{\circ}\text{C}$, относительная влажность – 40–50 % (без конденсации).
- Для технологических помещений (машинные залы, помещения КИПиА) допускаются более широкие диапазоны, но в пределах, установленных производителями оборудования.
- Применяются системы кондиционирования (прецизионные для серверных, сплит-системы для помещений), системы вентиляции с автоматическим включением по температуре или загазованности (для КНС).
- На КНС с наземной частью и постоянным присутствием персонала предусматривается автоматическая система вентиляции, сопряжённая с газоанализаторами (CO , NH_3 , CH_4).
- Для помещений с тепловыделением более 10 кВт применяются прецизионные кондиционеры с функцией свободного охлаждения (free cooling) и резервированием не ниже N+1.

4. Кабельное хозяйство и заземление

- Кабели и провода выбираются с медными жилами. Для силовых цепей допускается применение кабелей с алюминиевыми жилами при условии надлежащего оконцевания.
- Цветовая маркировка изоляции: защитные проводники – зелёно-жёлтый, силовые цепи – чёрный, цепи управления переменного тока – красный, постоянного – синий.
- Для сигнальных цепей (4–20 мА, интерфейсы RS-485) применяются экранированные кабели с заземлением экрана на обоих концах.
- Система заземления выполняется в соответствии с ПУЭ и ГОСТ 12.1.030-81, обеспечивает объединение защитного, рабочего и молниезащитного заземления. Технологическое заземление АСУ ТП – отдельным контуром с сопротивлением не более 1 Ом.

5. Молниезащита и защита от перенапряжений

- Здания и сооружения, содержащие электронное оборудование, оснащаются внешней молниезащитой в соответствии с СО 153-34.21.122-2003 (II категория).
- На вводах электропитания, в щитах управления, в линиях связи устанавливаются устройства защиты от перенапряжения (УЗИП) соответствующих категорий.

6. Контроль инженерных систем

- Осуществляется мониторинг параметров работы ИБП (напряжение, ток, состояние батарей), температуры в серверных и технологических помещениях, работы систем вентиляции и кондиционирования.
- Аварийные события (отказ ИБП, превышение температуры) передаются в систему диспетчеризации (ЦДС) для оперативного реагирования.
- {СТ} При выходе параметров за допустимые пределы должно обеспечиваться автоматическое оповещение ответственных лиц по SMS и электронной почте, а также эскалация при отсутствии реакции в течение 15 минут.
- {ПТ} Рекомендуется внедрение систем предиктивного мониторинга состояния аккумуляторных батарей ИБП и компрессоров прецизионных кондиционеров с передачей данных о деградации ёмкости и вибрации в контур ТОиР для планирования замен до наступления отказа.

Обоснование

ГОСТ 34.601-90; ГОСТ 24.104-2023; СП 517.1325800.2022 (Изменение № 1); Правила устройства электроустановок (ПУЭ); СО 153-34.21.122-2003; согласно Требованиям к электротехническим устройствам АО «Мосводоканал» и Единой технической политике ООО «РКС-Холдинг».



Выводы

1. Систематизация отраслевого опыта. Впервые на уровне Политики организации обобщены и структурированы требования из четырёх действующих корпоративных технических политик цифровой трансформации, что позволило сформировать целостную четырёхуровневую классификацию автоматизированных и информационных систем предприятия ВиВ: уровень диспетчеризации и АСУ ТП (Глава 1), уровень управления производственными активами и инфраструктурой (Глава 2), уровень управления предприятием (Глава 3) и обеспечивающие сквозные системы (Глава 4). Документ восполняет отсутствовавший ранее отраслевой ориентир для разработки локальных технических политик, технических заданий на проектирование и экспертной оценки проектов цифровизации.

2. Интеграционная зрелость и импортозамещение. Установлены требования к интеграционной архитектуре, включая обязательное использование интеграционной шины (ESB/API-шлюз), единого хранилища данных (DWH) и системы управления мастер-данными (MDM), что обеспечивает переход к модели «цифрового двойника» и сквозную передачу данных между системами реального времени (SCADA, АСУ ТП) и управленческими системами (ERP, EAM, CRM). В рамках импортозамещения рекомендован поэтапный переход на программное обеспечение из реестра Минстроя России при сохранении работоспособности действующих решений.

3. Принцип маркировки требований. Впервые в отраслевой Политике применена система маркеров {СТ} (специфическое требование, присутствующее менее чем в 2 из 4 исходных документов), {ПТ} (перспективное требование, не закреплённое в действующих НПА). Это обеспечивает гибкость документа при сохранении его методологической целостности и позволяет проводить экспертизу и кастомизацию под конкретные масштабы и технологические особенности предприятий ВиВ.

4. Нормативная обоснованность и новизна. Документ базируется на актуальных нормативных правовых актах (Федеральные законы № 416-ФЗ, № 187-ФЗ, № 63-ФЗ, № 402-ФЗ, Постановление Правительства РФ № 782, № 776, № 354, Приказ ФСТЭК № 31, СП 517.1325800.2022 с Изменением № 1 и др.), а также вводит ссылки на новые методики оценки стоимости жизненного цикла активов (ГОСТ Р 58785-2019) и требования к интеграции с ГИС ЖКХ (Приказ Минстроя России № 258/пр). Достигнута полнота охвата технологических объектов, подлежащих автоматизации согласно СП 517 (водозаборы, очистные сооружения, насосные станции, сети, сооружения обеззараживания и дозирования реагентов).

5. Практическая значимость. Разработанная Политика может быть непосредственно использована предприятиями ВиВ всех форм собственности для: формирования единой ИТ-архитектуры; проведения конкурсных процедур на создание и модернизацию систем; оценки эффективности цифровой трансформации; обучения персонала; а также для актуализации и развития отраслевых нормативных документов (СП 517, Стандарты РСО). Предложенные в приложениях ключевые показатели эффективности (KPI), надежности систем ВиВ, дорожная карта внедрения и типовые экономические эффекты создают основу для мониторинга и управления цифровой трансформацией.

6. Направления дальнейших исследований. Перспективными направлениями развития Политики являются: детализация требований к лабораторным информационным системам (ЛИМС) на основе накопленной практики; углубление требований к предиктивной аналитике и машинному обучению в рамках функциональных модулей SCADA, EAM и BI (по мере роста интеграционной зрелости); разработка методик оценки экономической эффективности цифровой трансформации с учётом стоимости жизненного цикла; а также гармонизация документа с будущими изменениями федерального законодательства в области критической информационной инфраструктуры и импортозамещения промышленного ПО. Рекомендуется провести апробацию Политики в 3–5 пилотных предприятий ВиВ для верификации положений и уточнения KPI в зависимости от масштаба и региональных особенностей.



ПРИЛОЖЕНИЕ А

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОТОКОЛЫ, API, ПАРАМЕТРЫ ОБОРУДОВАНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ К ИНТЕГРАЦИИ И ИБ

(Предназначено для ИТ-специалистов, системных архитекторов и интеграторов)

А.1. Протоколы обмена и интерфейсы интеграции

Уровень / Система	Протоколы и интерфейсы	Требования к реализации
АСУ ТП (ПЛК ↔ SCADA)	Modbus TCP/RTU, Profibus DP/PA, IEC60870-5-104, OPC UA, DNP3	Поддержка открытых промышленных протоколов. При потере связи – буферизация на ПЛК не менее 24 ч с автоматической досылкой архивов.
Учётные приборы ↔ УСПД	RS-485, Modbus, импульсный выход, 4–20 мА, M-Bus, NB-IoT/LoRaWAN/GSM	Энергонезависимая память УСПД ≥15 суток. Шифрование каналов передачи данных (TLS1.2+/VPN).
SCADA ↔ EAM/ГИС/ERP	REST API (JSON/XML), SOAP, OPC UA, MQTT/AMQP (очереди событий)	Гарантированная доставка, повторная отправка при сбоях, сквозное журналирование транзакций.
Периферийный шлюз ↔ MQTT-брокер	OPC UA PubSub (профиль телеметрии)	{ПТ} Рекомендуемые профили: MQTT Basic (QoS1, TLS) для простых датчиков и УСПД; MQTT Sparkplug для промышленных устройств с управлением состоянием; OPC UA PubSub over MQTT для объектов с типизированной моделью данных. Допускается буферизация с последующей доставкой (store-and-forward) на шлюзе при потере связи. Прямое управление из облачного или корпоративного контура через MQTT запрещается – команды проходят только через SCADA/АСУ ТП.
Интеграционная шина (ESB)	REST, SOAP, JMS, AMQP, Kafka/RabbitMQ (опционально)	Сервис-ориентированная архитектура (SOA), трансформация сообщений, мониторинг потоков, SLA доступности ≥99,5 %.
DWH/BI ↔ Источники	ETL/ELT-процессы, ODBC/JDBC, нативные коннекторы к СУБД	Валидация, дедупликация, контроль качества данных на этапе загрузки. Обновление витрин: оперативные ≤15 мин, аналитические – по регламенту.



А.2. Технические требования к оборудованию АСУ ТП и SCADA

- **ПЛК:** быстродействие $\leq 0,065$ мкс/логическую операцию; память программы $\geq 64\,000$ шагов; поддержка IEC61131-3 (LD, FBD, ST, IL, SFC); горячая замена модулей (Hot Swap) для средних/крупных объектов; степень защиты IP20 (помещения), IP54–IP65 (наружные шкафы), IP67–IP68 (колодцы/камеры).
- **Преобразователи частоты (ПЧ):** каскадное управление, автоматическая ротация насосов, защита от КЗ/перегрузки/обрыва фаз, наработка на отказ $\geq 80\,000$ ч, интерфейсы RS-485/Ethernet.
- **SCADA-серверы:** клиент-серверная архитектура, полное резервирование (Active/Standby или Active/Active), сбор и отображение данных ≤ 30 с, синхронизация времени ≤ 1 с (NTP/SNTP, не реже 1 раза/сутки), глубина архива ≥ 36 месяцев.
- **Резервное копирование SCADA/БД:** полное – 1 раз/неделю, разностное – ежесуточно. Хранение на физически обособленных носителях или в изолированном контуре. Тестовое восстановление – не реже 1 раза/квартал.

А.3. Архитектура интеграционной шины и управление мастер-данными (MDM)

- **ESB/API-шлюз:** централизованная маршрутизация, трансформация форматов, контроль версий API, ограничение частоты запросов (rate limiting), мониторинг доступности и задержек.
- **MDM:** единые справочники (оборудование, объекты сетей, контрагенты, сотрудники, номенклатура ТМЦ). Назначение владельцев данных (data owners) для каждого справочника. Синхронизация через шину с контролем коллизий и версионированием изменений.
- **Журналирование интеграции:** фиксация времени запроса, статуса, кодов ошибок, идентификаторов транзакций. Срок хранения логов интеграционных событий – не менее 12 месяцев.

А.4. Требования к информационной безопасности (технический контур)

- **Сегментация сетей:** выделение технологического контура (ОТ), корпоративной сети (ИТ) и DMZ. Взаимодействие только через сертифицированные межсетевые экраны с инспекцией трафика (DPI) и фильтрацией по протоколам/портам/IP.
- **Аутентификация и доступ:** ролевая модель (RBAC), запрет общих учётных записей, двухфакторная аутентификация для телеуправления и изменения уставок. Парольная политика – в соответствии с внутренними стандартами ИБ.
- **Защита ПЛК и сетевого оборудования:** списки контроля доступа по IP/MAC, защита паролем на дистанционные изменения, отключение неиспользуемых сервисов (FTP, HTTP, DHCP, Telnet), автоматическая проверка целостности ПО. Для систем ПАЗ – соответствие SIL 1/SIL 2.
- **Криптография и каналы связи:** VPN-туннели с уникальными ключами на сеанс, шифрование не ниже TLS1.2 или IPsec. СКЗИ – сертифицированные ФСБ/ФСТЭК.



- **Мониторинг и SIEM:** централизованный сбор событий безопасности (syslog, SNMP Trap, активный опрос), корреляция инцидентов, хранение логов ≥ 60 суток (рекомендуется 90 суток), защита от несанкционированного изменения.

А.5. Инженерная инфраструктура и электропитание

- **Электроснабжение:** выделенная помехозащищённая сеть (ВЭПС) по схеме TN-S, УЗИП классов I/II/III с координацией срабатывания. Для объектов >200 кВА или с непрерывным циклом – АВР + ДГУ.
- **ИБП:** on-line тип, нулевое время переключения. Автономия: ЦОД/ЦДП – ≥ 120 мин; технологические объекты – 60–90 мин; АРМ/периферия – 15–30 мин. КПД при полной нагрузке ≥ 94 %. Отдельные блоки питания 24 В DC для слаботочных цепей ПЛК.
- **Микроклимат:** температура $+18...+24$ °С, влажность 40–50 % (без конденсации). Прецизионные кондиционеры с free cooling и резервированием N+1 для тепловыделения >10 кВт. Разделение холодных/горячих коридоров.
- **Заземление и молниезащита:** технологическое заземление отдельным контуром ≤ 1 Ом, соединение с защитным заземлением в одной точке. Шкафы заземляются проводником ≥ 16 мм². Экранированные кабели для сигнальных цепей с заземлением экрана на обоих концах. Молниезащита II категории, УЗИП на вводах питания и линий связи.
- **Пожарная безопасность серверных:** АУГП для помещений >24 м², дымовые извещатели (основное пространство, фальшпол, фальшпотолок), двери с пределом огнестойкости ≥ 60 мин, кабели нг-FRLS/нг-FRHF. Сигнал о пожаре – на пульт дежурства и в SCADA.



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

КРІ, ДОРОЖНАЯ КАРТА, ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ И ПРИОРИТЕТЫ ВНЕДРЕНИЯ

(Предназначено для руководства предприятий ВиВ и проектных офисов цифровой трансформации)

Б.1. Ключевые показатели эффективности (KPI)

Направление	Показатель	Ед. изм.	Целевой ориентир	Источник данных
Производство	Удельный расход электроэнергии	кВт·ч/м³	≤0,45–0,55 (зависит от рельефа и типа сооружений)	SCADA, АСКУЭ, ВІ
Производство	Уровень коммерческих и физических потерь	%	≤15–20 % (поэтапное снижение)	Биллинг, ГИС, учёт
Надёжность	Среднее время ликвидации аварии	ч	≤2–4 ч (в зависимости от категории сети)	АДС, ЕАМ
Надёжность	Количество перерывов в подаче воды (водоснабжение)	ед./км в год	снижение	АДС, ЕАМ, ГИС
Надёжность	Удельное количество аварий и засоров на сетях водоотведения	ед./км в год	снижение	АДС, ЕАМ, ГИС
Ремонты	Выполнение графика ППР	%	≥95 %	ЕАМ, ERP
Абоненты	Собираемость платежей	%	≥98 %	Биллинг, CRM, ERP
Клиентский сервис	Время ответа колл-центра	мин	≤5 мин	CRM, телефония
ИТ-инфраструктура	Доступность критичных систем (SCADA, биллинг, ERP)	%	≥99,5 % в год	Мониторинг, ИБ
Управление активами	Доля участков трубопроводов, охваченных предиктивной оценкой надёжности	%	рост ≥50 %	ЕАМ, ГИС, ВІ

Примечания:

1. Представлены примеры формирования ключевых показателей эффективности (KPI). Примеры следует анализировать в рамках конкретных предприятий ВиВ и формировать корпоративные требования.
2. Рекомендуемые KPI для мониторинга цифровой трансформации характеризуют цифровую трансформацию косвенно, в значительной степени они зависят от объемов инвестиционных программ (например, перекаладка сетей, реконструкция объектов) и бюджета предприятия ВиВ;
3. Целевой ориентир «снижение» означает ежегодное уменьшение значения относительно базового года в рамках реализации инвестиционной программы;
4. KPI «Доля участков трубопроводов, охваченных предиктивной оценкой надёжности» введён с учётом требований к системе сбора и обработки информации о надёжности и служит для мониторинга внедрения риск-ориентированного планирования восстановления.



Б.2. Дорожная карта внедрения (типовые этапы)

Этап	Срок	Основные мероприятия	Ожидаемый результат
1. Базовая цифровизация	0–12 мес	Инвентаризация активов, развёртывание ГИС, модернизация SCADA на критичных объектах, внедрение биллинга и CRM, аудит ИБ и категорирование КИИ	Прозрачность сетей, оперативный диспетчерский контроль, автоматизация сбыта, базовый контур ИБ
2. Интеграция и управление активами	12–24 мес	Внедрение EAM/ТОиР, развёртывание ERP и СЭД, запуск интеграционной шины (ESB) и MDM, формирование DWH, подключение TMS и АДС	Единое информационное пространство, планово-предупредительные ремонты, автоматизация финансов и документооборота
3. Аналитика и предиктивные технологии	24–36 мес	Развёртывание BI-дашбордов, внедрение ЛИМС, подключение предиктивной аналитики (вибрация, наработка, утечки), формирование цифровых двойников ключевых объектов	Управление по данным, снижение аварийности, оптимизация режимов, повышение энергоэффективности

Примечания:

1. Представлены примеры формирования Дорожной карты внедрения. Примеры следует анализировать в рамках конкретных предприятий ВиВ и формировать корпоративные требования;
2. Рекомендуемые мероприятия Дорожной карты внедрения в значительной степени зависят от объемов инвестиционных программ и бюджета предприятия ВиВ.

Б.3. Требования к автоматизированной системе сбора и обработки информации о надежности элементов систем водоснабжения и водоотведения и ее использования для планирования восстановления трубопроводов

(Предназначено для формирования технических заданий на создание или модернизацию информационных систем управления производственными активами)

1. Общие положения

- 1.1. Автоматизированная система сбора и обработки информации о надежности (далее – Система) предназначена для непрерывного или периодического сбора, накопления, обработки и анализа данных об отказах, повреждениях, авариях и иных технологических нарушениях на объектах централизованных систем ВиВ, а также для формирования обоснованных программ восстановления (ремонта, реконструкции) трубопроводов и оборудования на основе количественных оценок надежности и технико-экономического анализа.
- 1.2. Система должна функционировать как составная часть (подсистема) единой информационной среды предприятия ВиВ, интегрируясь со SCADA, АСУ ТП, ГИС, EAM/ТОиР, ERP и системами бизнес-аналитики (BI) в соответствии с принципами, изложенными в разделе 4.2 настоящего Стандарта.



2. Сбор и регистрация данных о надежности

2.1. Система должна обеспечивать автоматизированную регистрацию всех событий, связанных с отказами и нарушениями работоспособности элементов сетей и сооружений, включая:

- аварии, повреждения и инциденты на трубопроводах, арматуре, насосном оборудовании;
- засоры на канализационных сетях;
- перерывы в подаче воды, зафиксированные в местах исполнения обязательств (основание: Приказ Минстроя России № 162/пр, приложение № 1, пп. 5–6);
- данные о времени восстановления (продолжительности ремонтно-восстановительных работ) (основание: СП 517.1325800.2022, пп. 5.1.4.1, 5.1.4.2, 6.1.2.5).

2.2. По каждому событию должны фиксироваться как минимально необходимые атрибуты:

- дата и время возникновения (обнаружения) и окончания (устранения);
- точное местоположение с привязкой к инвентарному номеру участка сети или оборудования (основание: СП 517.1325800.2022, пп. 5.1.1.1, 9.2, 9.3);
- вид, причина, характер и последствия отказа (повреждения);
- материал, диаметр, год укладки трубопровода (для труб);
- состав выполненных работ, израсходованные материалы, привлеченные силы и средства.

2.3. Первичная регистрация событий может осуществляться:

- автоматически по сигналам от систем мониторинга, SCADA и АСУ ТП (основание: СП 517.1325800.2022, раздел 8, пп. 9.2, 9.3);
- диспетчерским персоналом в интерфейсе системы управления аварийно-диспетчерской службой (основание: раздел 2.3 Стандарта);
- с использованием мобильных устройств ремонтных бригад непосредственно на месте выполнения работ.

3. Обработка данных и формирование электронных журналов

3.1. Система должна обеспечивать централизованное хранение и обработку зарегистрированных событий в единой базе данных (журнале отказов и восстановлений) с разграничением прав доступа.

3.2. Электронный журнал должен обеспечивать:

- поиск и фильтрацию событий по любому из атрибутов;
- выгрузку данных в форматы, пригодные для статистической обработки;
- автоматическую проверку вводимых данных на полноту и непротиворечивость.

4. Расчет показателей надежности

4.1. На основе накопленной статистики Система должна автоматически рассчитывать следующие показатели надежности с заданной периодичностью (год, квартал) и по запросу:

- интенсивность отказов участка трубопровода $\lambda(t)$, 1/год·км (основание: СП 517.1325800.2022, п. 5.1.4.1, формула (1));
- вероятность безотказной работы участка трубопровода заданной протяженности за интервал времени (основание: СП 517.1325800.2022, п. 5.1.4.1);
- среднее время восстановления участков трубопроводов (основание: СП 517.1325800.2022, п. 5.1.4.1, формула (2));
- удельное количество аварий и засоров на канализационных сетях в расчете на протяженность сети, ед./км·год (основание: Приказ Минстроя России № 162/пр, приложение № 1, п. 6);
- количество перерывов в подаче воды в расчете на протяженность водопроводной сети, ед./км·год (основание: Приказ Минстроя России № 162/пр, приложение № 1, п. 5).

4.2. Расчет показателей должен выполняться в разрезе материала труб, диаметров, сроков эксплуатации, территориальных зон и балансовой принадлежности.



5. Анализ надежности и выявление критичных элементов

- 5.1. Система должна обеспечивать выполнение многомерного анализа надежности с визуализацией результатов на картографической основе (ГИС) и в виде аналитических панелей (BI), включая:
- ранжирование участков трубопроводов по уровню риска возникновения аварий на основе статистики отказов (основание: СП 517.1325800.2022, п. 5.1.4.3);
 - построение тепловых карт аварийности и прогнозирование динамики изменения показателей надежности;
 - выявление участков, на которых фактические показатели надежности наихудшие, и требующих приоритетного включения в программу капитального ремонта или реконструкции (основание: СП 517.1325800.2022, п. 5.1.1.5, п. 5.1.4.3; Изменение № 1 к СП 517, п. 5.1.1.5).

6. Планирование восстановления трубопроводов

- 6.1. На основе оценок надежности и технического состояния Система должна формировать предложения для включения участков в проекты планов капитального ремонта и реконструкции, руководствуясь следующими критериями:
- превышение установленных пороговых значений интенсивности отказов;
 - высокая вероятность отказа в прогнозируемый период;
 - результаты сопоставления фактических сроков службы с нормативными и оценки физического износа (основание: Приказ Минстроя России № 437/пр, приложение № 2, п. 8);
 - экономическая целесообразность восстановления, определяемая на основе сравнения стоимости жизненного цикла (СЖЦ) альтернативных вариантов (ремонт, санация, замена) (основание: Изменение № 1 к СП 517, приложение А).
- 6.2. Система должна обеспечивать возможность моделирования сценариев восстановления с оценкой ожидаемого изменения показателей надежности и затрат на весь расчетный период.

7. Взаимодействие с ЕАМ/ТОиР и инвестиционными программами

- 7.1. Сформированные перечни участков, подлежащих капитальному ремонту/реконструкции, должны автоматически передаваться в ЕАМ-систему для включения в годовые и перспективные графики ППР и формирования заказ-нарядов (основание: раздел 2.2 Стандарта).
- 7.2. Информация о плановых и фактических затратах на восстановление должна консолидироваться в ERP-системе и использоваться для контроля исполнения инвестиционных и производственных программ, а также для актуализации схем ВиВ (основание: Приказ Минстроя России № 162/пр, приложение № 2, п. 14).

8. Требования к достоверности, защите и хранению информации

- 8.1. Система должна гарантировать целостность и неизменность зарегистрированных данных о событиях; любые корректировки должны протоколироваться.
- 8.2. Срок хранения первичных данных о надежности и результатов их анализа – не менее 15 лет. Должна быть предусмотрена возможность архивирования и восстановления данных.
- 8.3. Доступ к данным и функциям Системы регламентируется ролевой моделью в соответствии с общей политикой информационной безопасности предприятия (основание: глава 4.1 Стандарта).

9. Контроль и актуализация показателей

- 9.1. Система должна обеспечивать регулярное (ежегодное) сопоставление фактических значений показателей надежности с плановыми, установленными инвестиционной и производственной программами, и сигнализировать об отклонениях (основание: Приказ Минстроя России № 162/пр, приложение № 2, пп. 14–20).
- 9.2. Результаты анализа надежности должны использоваться при проведении обязательного технического обследования централизованных систем (не реже одного раза в пять лет) и включаться в акт технического обследования (основание: Приказ Минстроя России № 437/пр, пп. 4, 10, 30).



Б.4. Экономические эффекты и приоритеты инвестиций

- **Снижение потерь воды:** за счёт точного учёта, выявления утечек и оптимизации давлений – сокращение на 10–15 % в течение 3 лет.
- **Энергоэффективность:** частотное регулирование, оптимизация режимов насосных станций на основе гидравлического моделирования – снижение удельного энергопотребления на 8–12 %.
- **Оптимизация ремонтов:** переход от реактивного к планово-предупредительному и предиктивному обслуживанию – сокращение затрат на ТОиР на 15–20 %, увеличение межремонтного ресурса оборудования.
- **Управление запасами:** интеграция EAM и ERP, нормирование ЗИП, контроль неснижаемых остатков – снижение складских запасов на 15–25 % без риска дефицита.
- **Рост собираемости платежей:** автоматизация биллинга, личные кабинеты, работа с задолженностью, интеграция с ГИС ЖКХ – повышение собираемости до 98 %+.
- **Приоритеты финансирования:** 1) объекты КИИ и ИБ; 2) узлы коммерческого учёта и SCADA; 3) ГИС и EAM; 4) ERP/СЭД/BI; 5) предиктивные модули и ЛИМС.

Б.5. Организационная модель управления цифровой трансформацией

- Создание **Центра цифровой трансформации** (или проектного офиса) с прямым подчинением техническому директору/главному инженеру.
- Назначение **владельцев данных** (data owners) по каждому функциональному контуру (технология, активы, финансы, абоненты, ИБ).
- Внедрение **регулярного мониторинга KPI** на уровне руководства (ежемесячные дашборды, квартальные стратегические сессии).
- Обязательное **обучение персонала** (операторы SCADA, инженеры ТОиР, диспетчеры АДС, ИТ-администраторы) и формирование внутренних компетенций по поддержке внедрённых систем.
- Поэтапное **импортозамещение** с сохранением работоспособности действующих контуров, приоритет решениям из реестра отечественного ПО при новом внедрении или модернизации.



ПРИЛОЖЕНИЕ В

ТИПОВЫЕ ПРИНЦИПЫ РАЗГРАНИЧЕНИЯ ЗОН ОТВЕТСТВЕННОСТИ МЕЖДУ ИТ И АСУ ТП

(Для организации взаимодействия подразделений ИТ и АСУ ТП на предприятиях ВиВ)

Настоящее приложение носит рекомендательный характер и предназначено для практической эксплуатации, проектирования и организации взаимодействия подразделений информационных технологий (ИТ) и автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) на предприятиях ВиВ. Разграничение построено на основе анализа реальных практик крупнейших предприятий ВиВ и учитывает требования Федерального закона от 26.07.2017 № 187-ФЗ (безопасность КИИ).

В.0. Примечание о категорировании объектов КИИ

Согласно № 187-ФЗ от 26.07.2017, объектами критической информационной инфраструктуры (КИИ) являются не предприятия в целом, а принадлежащие субъектам КИИ информационные системы (ИС), информационно-телекоммуникационные сети (ИТКС) и автоматизированные системы управления (АСУ), к которым относятся и АСУ ТП. Категорирование серверных (коммутационных) комнат, систем бесперебойного питания, кондиционирования, вентиляции и противопожарной охраны как самостоятельных объектов КИИ не предусмотрено. При этом системы контроля доступа (СКУД), видеонаблюдения и охранной сигнализации могут рассматриваться как информационные системы и подлежать категорированию в установленном порядке.

В.1 Матрица разграничения ответственности

№	Описание критерия разграничения	Зона ответственности
1	Серверная инфраструктура	
1.1	Серверные (коммутационные) комнаты, находящиеся в ведении ИТ (включая ИБП, кондиционирование, вентиляцию, противопожарную охрану, СКУД, видеонаблюдение)	ИТ
1.2	Серверные (коммутационные) комнаты, находящиеся в ведении АСУ ТП (включая ИБП, кондиционирование, вентиляцию, противопожарную охрану, СКУД, видеонаблюдение) – по закреплённому персоналу	АСУ ТП
1.3	Сетевые шлюзы офисного блока	ИТ
1.4	Сетевые шлюзы и OPC-серверы блока АСУ ТП	АСУ ТП



№	Описание критерия разграничения	Зона ответственности
2	Цифровые сети и каналы связи	
2.1	Каналы связи офисной сети (в т. ч. используемые совместно с блоком АСУ ТП)	ИТ
2.2	Каналы связи технологической сети от верхнего уровня АСУ ТП до клемм ПЛК (средний уровень)	ИТ
2.3	Каналы связи от ПЛК до нижнего уровня АСУ ТП (КИПиА)	АСУ ТП
2.4	Цифровые сети офисного блока, используемые совместно с АСУ ТП	ИТ
2.5	Подключение к провайдеру интернет-услуг офисной сети и предоставление канала для АСУ ТП	ИТ
3	Программное обеспечение	
3.1	Системное ПО серверов и СХД офисной инфраструктуры ИТ	ИТ
3.2	Системное ПО серверов и СХД верхнего уровня АСУ ТП (ОС, СУБД, антивирусы) ¹	ИТ
3.3	Корпоративные информационные системы (MES, ERP – «ПромАктив», «РосЖКХ», «1С», и др.)	ИТ
3.4	SCADA-системы верхнего уровня АСУ ТП с прикладным ПО (включая САПР)	АСУ ТП
3.5	Геоинформационные системы (ГИС)	ИТ
3.6	ПО для гидравлического моделирования сетей (функциональный модуль ГИС) ²	ИТ
3.7	Прикладное ПО ПЛК на объектах технологической инфраструктуры (средний и нижний уровни АСУ ТП)	АСУ ТП
3.8	Прикладное ПО для разработки и поддержки инфраструктуры АСУ ТП (средний и нижний уровни)	АСУ ТП
4	Автоматизированные рабочие места (АРМ) операторов и ИТР	
4.1	АРМ на базе ПК, подключённые к сетям верхнего уровня АСУ ТП (до клемм ПЛК)	ИТ
4.2	АРМ операторов на базе ПК, подключённые к сетям среднего уровня (ПЛК – нижний уровень) ³	ИТ ⁴
4.3	Панели операторов в зоне АСУ ТП (средний и нижний уровни)	АСУ ТП
4.4	Видеостены, мультимониторные и проекционные интерфейсы визуализации, звуковые оповещения	ИТ
5	Информационная и аппаратная безопасность (в т. ч. 187-ФЗ)	
5.1	Информационная безопасность каналов связи, сетей и оборудования офисного блока и верхнего уровня АСУ ТП (шифрование, VPN)	ИТ
5.2	Информационная безопасность оборудования среднего и нижнего уровней АСУ ТП (ПЛК, КИПиА)	АСУ ТП

Примечания к таблице:

¹ Системное ПО серверов верхнего уровня АСУ ТП (операционные системы, СУБД, антивирусные средства) администрируется ИТ; прикладное ПО (SCADA, серверное ПО сбора данных) – АСУ ТП. {СТ} Системное ПО (ОС, СУБД, антивирусы) администрируется ИТ; прикладное ПО SCADA и SDK для ПЛК – АСУ ТП, т. е. аппаратная комната может оставаться за АСУ ТП, но системное ПО при необходимости настраивается ИТ.

² Гидравлическое моделирование (ZuluGIS, ZuluHydro и аналоги) является инструментом технического расчёта и обычно поддерживается ГИС-специалистами или производственно-техническим отделом, поэтому отнесено к ИТ. {СТ} Причина переноса зоны ответственности на ИТ – поскольку гидравлическое моделирование является функциональным расширением ГИС.

³ Границей разделения по каналам связи приняты **клеммники ПЛК**: всё выше (до клемм) – ИТ, ниже (полевые шины, датчики, исполнительные механизмы) – АСУ ТП.

⁴ По согласованию со службой АСУ ТП административные и технические функции по АРМ операторов могут передаваться специалистам АСУ ТП.



В.2 Порядок применения

1. Приведённая матрица является **типовой** и подлежит адаптации под конкретную организационную структуру предприятия ВиВ.
2. В договорах на создание (модернизацию) систем автоматизации и информационных систем рекомендуется включать ссылку на настоящие принципы разграничения.
3. Ежегодно рекомендуется проводить актуализацию зон ответственности с учётом изменений инфраструктуры и требований законодательства.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

(Включает только нормативные правовые акты и стандарты, на которые имеются прямые ссылки в основном тексте документа)

Федеральные законы

1. Федеральный закон от 07.12.2011 № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении» (ред. от 08.08.2024).
2. Федеральный закон от 21.07.2014 № 209-ФЗ «О государственной информационной системе жилищно-коммунального хозяйства» (ред. от 08.08.2024).
3. Федеральный закон от 26.07.2017 № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» (ред. от 08.08.2024).
4. Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных» (ред. от 14.07.2022).
5. Федеральный закон от 06.04.2011 № 63-ФЗ «Об электронной подписи» (ред. от 28.06.2022).
6. Федеральный закон от 06.12.2011 № 402-ФЗ «О бухгалтерском учёте» (ред. от 12.12.2023).
7. Федеральный закон от 18.07.2011 № 223-ФЗ «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц» (ред. от 28.12.2024).
8. Федеральный закон от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» (ред. от 08.08.2024).

Указы Президента Российской Федерации

9. Указ Президента РФ от 30.03.2022 № 166 «О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации».
10. Указ Президента РФ от 01.05.2022 № 250 «О дополнительных мерах по обеспечению информационной безопасности Российской Федерации».

Постановления Правительства Российской Федерации

11. Постановление Правительства РФ от 05.09.2013 № 782 «О схемах водоснабжения и водоотведения» (с изменениями от 24.04.2025).
12. Постановление Правительства РФ от 04.09.2013 № 776 «Об утверждении Правил организации коммерческого учёта воды, сточных вод» (ред. от 24.04.2025).
13. Постановление Правительства РФ от 06.05.2011 № 354 «О предоставлении коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов» (ред. от 24.12.2024).
14. Постановление Правительства РФ от 05.03.2021 № 331 «Об установлении случаев, при которых застройщиком... обеспечивается формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства» (ред. от 15.07.2023).

Приказы федеральных органов исполнительной власти

15. Приказ ФСТЭК России от 14.03.2014 № 31 «Об утверждении требований к обеспечению защиты информации в автоматизированных системах управления производственными и технологическими процессами на критически важных объектах...» (ред. от 15.03.2021).
16. Приказ Минстроя России от 28.04.2025 № 258/пр «Об установлении порядка хранения, обработки и предоставления информации, содержащейся в государственной информационной системе жилищно-коммунального хозяйства».



17. Приказ Минстроя России от 30.07.2025 № 455/пр «О внесении изменений в СП 517.1325800.2022».
18. Приказ Минстроя России от 04.04.2014 N162/пр (ред. от 28.10.2022) «Об утверждении перечня показателей надежности, качества, энергетической эффективности объектов централизованных систем горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения, порядка и правил определения плановых значений и фактических значений таких показателей»
19. Приказ Минтранса России от 13.02.2013 № 36 «Об утверждении требований к тахографам, устанавливаемым на транспортные средства» (ред. от 28.03.2023).

ГОСТы и национальные стандарты

20. ГОСТ 34.601-90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания. – М.: Стандартинформ, 2009.
21. ГОСТ 34.602-2020. Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы. – М.: Российский институт стандартизации, 2020.
22. ГОСТ 24.104-2023. Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Автоматизированные системы управления. Общие требования. – М.: Российский институт стандартизации, 2023.
23. ГОСТ Р 59853-2021. Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения. – М.: Российский институт стандартизации, 2021.
24. ГОСТ Р МЭК 61131-3-2016. Контроллеры программируемые. Часть 3. Языки программирования. – М.: Стандартинформ, 2016.
25. ГОСТ Р МЭК 61508-1-2012. Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 1. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2014.
26. ГОСТ 12.1.030-81. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
27. ГОСТ Р 58785-2019. Оценка стоимости жизненного цикла для эффективной работы систем и сооружений водоснабжения и водоотведения. – М.: Стандартинформ, 2019.
28. ГОСТ 27384-2002. Вода. Нормы погрешности измерений показателей состава и свойств. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002.

Своды правил

29. СП 517.1325800.2022. Эксплуатация централизованных систем, сооружений водоснабжения и водоотведения (с Изменением № 1, введенным Приказом Минстроя России от 30.07.2025 № 455/пр). – М.: Минстрой России, 2022.
30. СП 31.13330.2021. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Минстрой России, 2021.
31. СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения (с изменениями № 1–4). – М.: Минстрой России, 2018.

Санитарные правила и нормы

32. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. – М.: Роспотребнадзор, 2021.
33. СанПиН 2.1.3684-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению... – М.: Роспотребнадзор, 2021.



Отраслевые и корпоративные нормативные документы (обязательные ссылки)

34. Распоряжение Правительства Московской области от 24.11.2025 № 922-РП «Стандарт ресурсоснабжающей организации, осуществляющей водоснабжение, водоотведение и (или) теплоснабжение». – Официальный интернет-портал Правительства Московской области, 25.11.2025.

Иные нормативные документы

35. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). 7-е издание. – М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2022.
36. СО 153-34.21.122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. – М.: Издательство МЭИ, 2004.
37. ТР ТС 020/2011. Технический регламент Таможенного союза «Электромагнитная совместимость технических средств».

Список литературы (дополнительный)

(Включает все источники, использованные при формировании документа, в том числе корпоративные и отраслевые материалы. Корпоративные документы отмечены пометкой «упоминается в исходных материалах»)

38. МДК 3-02.2001. Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации. – М.: Госстрой России, 2001.
39. ГОСТ Р 53798-2010. Лабораторная информационная менеджмент-система. Основные требования. – М.: Стандартинформ, 2010.
40. Единая техническая политика ООО «РКС-Холдинг» и управляемых обществ. – Москва, 2025.
41. Технические требования к АСУ насосной станции (Приложение № 4 к Единой технической политике ООО «РКС-Холдинг»). – Москва, 2025.
42. Техническое задание на разработку и внедрение единой системы управления и оптимизации режимов работы городских объектов водоснабжения и водоотведения. Организация центрального диспетчерского пункта (Приложение № 19 к Единой технической политике ООО «РКС-Холдинг»). – Москва, 2023.
43. Техническая политика цифровой трансформации ГК «РОСВОДОКАНАЛ». – Москва, 2024.
44. Требования к оформлению технической документации АСУ ТП АО «Мосводоканал» (утв. распоряжением от 2024 г.). – Москва, 2024.
45. Требования к контроллерам автоматизированной системы управления технологическими процессами АО «Мосводоканал» (утв. распоряжением от 06.02.2020 № (01)01.04-590/20).
46. Требования к проектированию разделов автоматизации, диспетчеризации и слаботочных систем АО «Мосводоканал». – Москва, 2023.
47. Технические требования к средствам измерений и узлам учета холодной воды и сточных вод АО «Мосводоканал» (Приложение VI, ред. от 28.12.2023).
48. Требования к электротехническим устройствам, электроснабжению и заземлению средств автоматизации АО «Мосводоканал» (ред. 2025 г.).
49. Стандарт организации «Информационная безопасность автоматизированных систем управления технологических процессов» АО «Мосводоканал» (введён распоряжением от 17.06.2016 № (01)04-1606/16).



50. Общие требования к серверным помещениям АО «Мосводоканал» (введены распоряжением от 18.05.2022 № (01)01.04-2376/22).
51. Инструкция пользователя сервисом «Мой MBK Портал» (Личный кабинет) АО «Мосводоканал».
52. Правила разработки АСДКУ (баз данных, мнемосхем, аварийной и предупредительной сигнализации, организации управления) в АО «Мосводоканал» (введены распоряжением от 13.07.2021 № (01)01.04-3040/21).
53. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП) (утв. Приказом Минэнерго России от 12.08.2022 № 811).





§ 2

ЦИФРОВАЯ ПРАКТИКА ОРГАНИЗАЦИЙ ВИБ: ОБЗОР



АННОТАЦИЯ

Предметом исследования являются практические решения и проекты цифровой трансформации предприятий ВиВ Российской Федерации и Республики Беларусь, реализованные в период 2017–2026 гг. и описанные в 66 отраслевых публикациях и материалах. Актуальность работы обусловлена отсутствием систематизированного свода практических кейсов, который позволил бы объективно оценить уровень цифровой зрелости отрасли и выявить наиболее эффективные технологические направления.

Впервые выполнен сквозной анализ и классификация 66 практических цифровых решений в соответствии с иерархическим классификатором систем предприятия ВКХ, охватывающим все уровни – от полевых устройств и АСУ ТП до корпоративных ERP-систем, бизнес-аналитики и обеспечивающих подсистем информационной безопасности. Установлено, что наибольший уровень цифровой зрелости достигнут в сегментах, непосредственно влияющих на операционную эффективность и аварийность: автоматизированные системы управления технологическими процессами, диспетчерский контроль (SCADA), геоинформационные системы и системы управления аварийно-диспетчерскими службами. Средний уровень зрелости характерен для систем коммерческого учета, лабораторных информационных систем, ТОиР, ERP, CRM и BI-аналитики. В то же время такие направления, как транспортная логистика, инженерные системы обеспечения и полноценное информационное моделирование (ТИМ/ BIM), находятся на начальных стадиях внедрения.

Выявлены и количественно подтверждены значимые экономические эффекты цифровизации: снижение потребления электроэнергии при интеллектуальном управлении насосными станциями достигает 17–60 %, сокращение потерь воды за счет систем активного контроля утечек – 25–90 %, уменьшение расхода химических реагентов с применением ИИ – до 16 %, повышение производительности ремонтного персонала – в 2–3 раза. Доминирующим технологическим трендом является переход от реактивного к предиктивному управлению, основанному на применении искусственного интеллекта, машинного обучения и цифровых двойников. В мировой и отечественной практике идентифицировано использование не менее 18 алгоритмов машинного обучения для прогнозирования отказов трубопроводов, оптимизации режимов и контроля качества воды.

Практическая значимость полученных результатов заключается в создании верифицированной доказательной базы для обоснования инвестиционных программ цифровой трансформации предприятий ВиВ, формирования отраслевых стандартов и образовательных программ, а также в предоставлении инструмента бенчмаркинга, позволяющего предприятиям отрасли объективно позиционировать собственный уровень цифровой зрелости и выбирать апробированные решения, максимизирующие возврат на инвестиции. Рекомендуется использование материалов исследования органами государственного регулирования при актуализации методических рекомендаций по цифровому развитию ЖКХ, а также отраслевыми ассоциациями и образовательными учреждениями для развития центров компетенций.



ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	62
Глава 1. Уровень диспетчеризации и АСУ ТП	63
1.1. Системы управления технологическими процессами (АСУ ТП)	63
1.2. Системы диспетчерского контроля и управления (SCADA)	65
1.3. Системы коммерческого и технического учета	66
1.4. Лабораторные информационные системы (ЛИМС)	67
Глава 2. Уровень управления производственными активами и инфраструктурой	68
2.1. Геоинформационные системы (ГИС)	68
2.2. Системы управления надежностью и техническим обслуживанием и ремонтом (ТОиР/EAM)	70
2.3. Системы управления аварийно-диспетчерскими службами	70
2.4. Системы управления транспортом и логистикой (TMS)	71
2.5. Системы автоматизированного проектирования и информационного моделирования (САПР/ТИМ/ВІМ)	71
Глава 3. Уровень управления предприятием АСУП	74
3.1. Системы управления ресурсами предприятия (ERP)	74
3.2. Системы электронного документооборота (СЭД)	75
3.3. Системы управления взаимоотношениями с клиентами (CRM) и клиентские сервисы ..	75
3.4. Системы бизнес-аналитики (BI) и управления эффективностью	76
Глава 4. Обеспечивающие сквозные системы	78
4.1. Системы информационной безопасности (ИБ)	78
4.2. Интеграционные и платформенные системы	79
4.3. Инженерные системы обеспечения	80
Глава 5. Методологические и стратегические аспекты цифровой трансформации	81
Выводы	84
Список литературы	87



ВВЕДЕНИЕ

Цифровая трансформация предприятий водопроводно-канализационного хозяйства (ВКХ) перестала быть предметом теоретических дискуссий и стала насущной производственной необходимостью. Высокий износ сетей (по данным Росстата, более 44 % трубопроводов нуждаются в замене), достигающие 20–30 % потери воды при транспортировке, значительная доля энергозатрат в себестоимости услуг, ужесточение экологических требований и растущие ожидания потребителей к качеству и удобству сервисов – все эти факторы диктуют переход отрасли к новому технологическому укладу, ассоциируемому с концепцией «Индустрия 4.0». Киберфизические системы, промышленный интернет вещей, большие данные, искусственный интеллект и цифровые двойники становятся не просто инновациями, а инструментами выживания и устойчивого развития ресурсоснабжающих организаций.

Однако, несмотря на значительное количество успешных пилотных и промышленных внедрений, отрасль сталкивается с проблемой фрагментарности цифрового ландшафта. Множество информационных систем эксплуатируются разрозненно, без единой интеграционной платформы и сквозной аналитики. Отсутствует систематизированное обобщение практического опыта, которое позволило бы предприятиям ВКХ, независимо от их масштаба и финансовых возможностей, ориентироваться в многообразии предлагаемых решений и выстраивать собственную стратегию цифровизации на основе проверенных, измеримых результатов. Существующие академические публикации, как правило, фокусируются на отдельных технологиях или кейсах, не формируя целостной картины отраслевого уровня цифровой зрелости. Именно этот пробел призвано восполнить настоящее исследование.

Главная идея работы заключается в формировании структурированного, основанного на едином классификаторе цифровых систем свода отраслевых практик, позволяющего выполнить многофакторную сравнительную оценку достигнутого уровня цифровизации, выявить доминирующие технологические тренды и определить ключевые барьеры и перспективные направления развития.

Цель – систематизация и сравнительный анализ практических решений цифровой трансформации предприятий водопроводно-канализационного хозяйства Российской Федерации и Республики Беларусь, выполненных в период 2017–2026 гг. Задачи: собрать и проанализировать репрезентативный массив публикаций; классифицировать каждое решение; количественно и качественно оценить экономические и технологические эффекты; определить текущий уровень цифровой зрелости.





УРОВЕНЬ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ И АСУ ТП



1.1. Системы управления технологическими процессами (АСУ ТП)

Название системы: Цифровая система автоматического управления технологическими процессами водоснабжения и канализации (КСДУВ) [1].

Разработчик: МУП г. Новосибирска «ГОРВОДОКАНАЛ», ООО НПО «Орион-Аква».

Характеристика: Опыт эксплуатации более 25 лет. Система охватывает **29 280** цифровых контролируемых параметров, включая **11 651** на насосно-фильтровальных станциях, **10 718** на КНС и **1 755** в центральной диспетчерской.

Функциональность: Автономное автоматическое управление на базе интеллектуального анализа данных (оценка износа, предупреждение аварий). Обеспечивает диагностику газовой среды, управление промывкой фильтров с учетом гидродинамического сопротивления, автоматическое распределение баланса воды по зонам.



Достигнутые результаты: Оптимизация режимов работы КНС; сокращение затрат на собственные нужды НФС за счет перехода на 1 промывку в сутки. Срок окупаемости проектов автоматизации фильтровальных станций составил **2–4 года**.

Название системы: Комплекс энергоэффективных мероприятий по модернизации системы водоотведения [2].

Разработчик: ООО «Самарские коммунальные системы».

Характеристика: Реконструкция **30 КНС** г. о. Самара в период 2013–2019 гг. Установлены насосы Flygt с полуоткрытыми рабочими колесами типа «N», внедрены устройства плавного пуска и ПАК «Аквафор».

Функциональность: Автоматическое управление насосными агрегатами, контроль напора и уровня, передача данных в МДП и ЦДП, исключение ручного управления.

Достигнутые результаты: Снижение годового потребления электроэнергии более чем на **2,5 ГВт·ч**. Исключение гидроударов, продление ресурса насосного оборудования в **1,2–1,5 раза**.

Название системы: ПО «Цифровой подсказчик технолога» и «Водоканал PRO» [3].

Разработчик: ООО «Нижевартовские коммунальные системы», ООО «Аутомэйт-Бизнес».

Характеристика: Внедрено на ВОС-2 г. Нижневартовска производительностью **49 500 м³/сут**. Использует модели машинного обучения (CatBoost) и оптимизатор Hyperopt.

Функциональность: Расчет оптимальных доз **8 типов** химреагентов на основе данных о качестве поверхностной воды (мутность, цветность до **180 град**, pH, Fe до **9,6 мг/л**) и прогнозирование качества питьевой воды с учетом гистерезиса процесса **8–11 часов**.

Достигнутые результаты: Снижение расхода химических реагентов на **16 %** (экономия **1,4 млн руб.** в 2024 г. при общих затратах 39,7 млн руб.).

Название системы: АСУ ТП очистных сооружений Минской очистной станции [4].

Разработчик: УП «Минскводоканал».

Характеристика: Трехуровневая распределенная структура на базе контроллеров, Scada-системы AdAstra Trace Mode 6.08 и СУБД PostgreSQL. Объединяет **18 локальных АСУ ТП**.

Функциональность: Автоматизация процеживания на решётках, удаления и обработки песка, подачи и распределения воздуха по аэротенкам (двухконтурное регулирование по концентрации растворенного кислорода).

Достигнутые результаты: Повышение надёжности технологического процесса, снижение вероятности сбросов недостаточно очищенных сточных вод.

Название устройства: Специализированное комплектное электрооборудование для автоматизации насосных станций [5].

Разработчик: ООО «Сибирь-мехатроника».

Характеристика: Серии низковольтных (СЧ400: 11–355 кВт, 0,4 кВ) и высоковольтных (ВСЧ500-ДТС: 250–800 кВт, 6 и 10 кВ) станций частотного управления. Более **1000** оснащенных насосных станций.

Функциональность: Управление насосными агрегатами, телеметрия, диспетчеризация. Включает технологический контроллер СТК500 и систему диспетчерского контроля СДК2000 (на базе TraceMode 6.0).

Достигнутые результаты: Обеспечение энергосберегающих режимов работы насосных станций любого типа.



Название системы: Экспертная система поддержки принятия решений для выбора оптимального состава технологического оборудования водоочистки [6].

Разработчик: НИИ ВОДГЕО.

Функциональность: Интеллектуальный подбор технологических схем и оборудования для водо-подготовки в условиях ограниченного бюджетного финансирования.

Достигнутые результаты: Сокращение времени и повышение обоснованности проектных решений.

Название системы: Система управления канализационной насосной станцией на основе нечёткой логики и генетических алгоритмов [6].

Разработчик: Anglian Water, Университет Шеффилда.

Функциональность: Нечёткое управление переключением насосов, автоматическая настройка параметров генетическим алгоритмом для минимизации энергозатрат и количества переключений.

Достигнутые результаты: Решение на основе ГА превзошло традиционный вариант по экономии затрат на электроэнергию и снижению числа переключений насосов.

Название устройства: Универсальный цифровой трехосевой датчик вибрации ВД15 [7].

Разработчик: ООО «Научно-техническая фирма «Микроникс»».

Характеристика: Интегрирует в одном корпусе первичный преобразователь (МЭМС-акселерометр с диапазоном измерения виброускорения от 1 до 106 м/с²), цифровой сигнальный процессор и интерфейсы связи. Степень защиты IP68. Внесен в Госреестр средств измерений (Сертификат № 93396-24).

Функциональность: Непрерывный мониторинг вибрационного состояния насосов, электродвигателей и центрифуг мощностью 200–1250 кВт. Имеет уникальный режим вычисления модуля векторной суммы вибрации по трем осям и встроенный датчик температуры.

Достигнутые результаты: Позволяет выявлять рост вибраций на ранних стадиях развития дефектов, прогнозировать ресурс безаварийной работы и предотвращать разрушение оборудования при аварийных режимах. [7]



1.2. Системы диспетчерского контроля и управления (SCADA)

Название системы: SCADA-система на базе IntegritySCADA и переход на Linux-платформу [8].

Разработчик: АО «Мосводоканал».

Характеристика: Плановая миграция АСДКУ на кроссплатформенное отечественное ПО с открытым кодом. Требования к системе: масштаб не менее **1 млн параметров, 130 распределенных серверов, 10 тыс. мнемосхем**, скорость обновления **5 тыс. параметров в секунду**.

Функциональность: Обеспечение кибербезопасности объектов КИИ, отказ от проприетарных Windows-решений, безударная миграция данных.

Достигнутые результаты: Ожидаемое повышение отказоустойчивости и независимости от санкционных ограничений.



Название системы: Программно-аппаратный комплекс «Акватория» [9, 10].

Разработчик: Группа компаний «Техникон».

Характеристика: Внесен в Единый реестр ПО ЕАЭС. Реализован более чем на **25 крупных объектах** с 2015 г.

Функциональность: Микроуровень (диагностика износа насосов, расчет фактической рабочей точки и КПД без расходомера) и макроуровень (оптимизация распределения добычи воды между источниками). Использует генетические алгоритмы и нейронные сети.

Достигнутые результаты: Суммарный энергосберегающий эффект более **5 млн кВт·ч/год**. Среднее снижение затрат на электроэнергию **17,1 %**. Средний срок окупаемости **3,2 года**.

Название системы: Модуль «Анализ режимов» ИС «Цифровой водоканал» [11, 12].

Разработчик: АО «Русатом Инфраструктурные решения».

Характеристика: Внедрён на объектах в Глазове (ВНС-4) и Белгородской области.

Функциональность: Определение оптимального режима работы насосных станций, сравнение эффективности работы насосных агрегатов, автоматическая оценка износа, подбор оптимальной технологической схемы.

Достигнутые результаты: Выявлен потенциал экономии электроэнергии до **60 %** на модернизированной ВНС-4 (г. Глазов) за счёт перехода с двух насосов на один. Снижение удельного расхода электроэнергии с **0,279** до **0,166 кВт·ч/м³**.

Название системы: Прогнозирование подачи воды с использованием нейросети [6].

Разработчик: ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

Функциональность: Нейросетевое прогнозирование водопотребления для оптимизации режимов работы насосных станций.

Достигнутые результаты: Точность прогноза повышена до **98–99 %**.



1.3. Системы коммерческого и технического учета

Название устройства: Электромагнитные расходомеры-счетчики «РСЦ» [13].

Разработчик: ООО «ВТК Энерго».

Характеристика: Диаметры от Ду15 до Ду400. Исполнения: моноблочное и раздельное (до 200 м). Защита оболочки **IP68**. Архив на **27 000 записей** (до 3 лет при интервале 1 час).

Функциональность: Измерение расхода электропроводящих жидкостей (удельная проводимость не менее **200 мкСм/см**). Поддержка протоколов Modbus RTU и РСЦ. Настройка веса импульса и инверсия сигналов.

Название системы: Автоматическая система контроля и учета водопотребления (АСКУВ) и биллинг на базе 1С [14].

Разработчик: МУП «Водоканал» г. Подольска.

Характеристика: Переход на прямые договоры с собственниками МКД. Рост клиентской базы с 12 тыс. до **120 тыс. лицевого счетов**. Передача данных по протоколу NB-Fi (LPWAN) на дальности до **10 км** в городской застройке.



Функциональность: Автоматическое формирование платежных документов, интеграция с личным кабинетом WAVIoT, детализация потребления (почасовой расход).

Достигнутые результаты: Стабильный рост денежных поступлений, постепенное снижение коммерческих и физических потерь предприятия.



1.4. Лабораторные информационные системы (ЛИМС)

Название системы: ЛИС «Химик-Аналитик» [15].

Разработчик: ООО «Химсофт».

Характеристика: Более 20 лет на рынке. Внедрена в лабораториях предприятий ВиВ РФ.

Функциональность: Автоматизация ВЛК по ГОСТ ISO/IEC17025-2019. Содержит более **180 алгоритмов контроля**. Формирование протоколов (PDF, XLSX), интеграция с аналитическим оборудованием и бухгалтерскими системами. Поддержка ЭЦП, WEB-доступ к документам и градуировочным характеристикам.

Название устройства: Автоматические анализаторы серии «ШАХ» и «АФА» [16, 17].

Разработчик: Группа компаний «Люмэкс».

Характеристика: Поточные измерения без реагентов в свободно падающей струе (ШАХ) и фотометрические/потенциометрические анализаторы (АФА). Модификации: ШАХ-1 (взвешенные вещества), ШАХ-2 (цветность), ШАХ-3 (ХПК). Диапазон по мутности: **0,1–200 ЕМФ** (погрешность $\pm 25\%$ / $\pm 20\%$). ХПК: **5–800 мг/дм³** (погрешность $\pm 30\%$ / $\pm 25\%$).

Функциональность: Непрерывный контроль качества воды, отсутствие контакта пробы с оптикой, что исключает загрязнение.

Достигнутые результаты: Прототип САКС «Люмэкс» прошел опытно-промышленную эксплуатацию на очистных сооружениях ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

Название системы: Многоуровневая система контроля качества воды ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» [18].

Разработчик: ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

Характеристика: Более **350 онлайн-анализаторов** по 14 показателям (мутность, цветность, pH, остаточный хлор и др.). Сопоставление с лабораторными данными показало хорошую сходимость.

Функциональность: Онлайн-контроль на всех этапах от водозабора до распределительной сети. Использование риск-ориентированного подхода для выбора точек контроля.

Достигнутые результаты: Повышение оперативности управления качеством воды, сокращение времени реакции на отклонения.

Название системы: Автоматизированная система непрерывного контроля сбросов (АСНКС) [19].

Разработчик: ООО «СервисСофт», ПАО «Добринский сахарный завод».

Характеристика: Проектирование системы для источников I категории. Контроль расхода, температуры, pH, ХПК, взвешенных веществ, фосфатов и аммоний-иона.

Функциональность: Автоматический контроль состава и объема сбросов, передача данных в государственный реестр ОНВОС.

Достигнутые результаты: Соответствие требованиям законодательства РФ.





УРОВЕНЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ АКТИВАМИ И ИНФРАСТРУКТУРОЙ



2.1. Геоинформационные системы (ГИС)

Название системы: Электронная модель системы водоснабжения на базе ПК «ZuLu» [20].

Разработчик: АО «МосводоканалНИИпроект», МУП «Салаватводоканал».

Характеристика: Калибровка модели для сети г. Салавата протяженностью **321 км**. Расхождение по свободным напорам между моделью и замерами в 36 точках составило **4,03 %**.

Функциональность: Гидравлические расчеты, моделирование перспективных мероприятий, оценка шероховатости трубопроводов в зависимости от срока эксплуатации. Разработан алгоритм автоматической калибровки на VBA.

Достигнутые результаты: Создана адекватная цифровая модель, применимая для анализа и реконструкции сети.



Название системы: Программные модули выбора приоритетных участков для реновации водопроводных и водоотводящих сетей [21].

Разработчик: Орлов В.А. (монография [21]).

Функциональность: Ранжирование участков сетей по балльной системе на основе математического аппарата теории графов с учетом года укладки, материала и диаметра труб, глубины залегания, типа грунтов, наличия подземных вод, интенсивности транспортных потоков и показателей качества воды. Формирование итоговых диаграмм приоритетности реновации.

Достигнутые результаты: Создание эффективного инструмента поддержки принятия решений для проектировщиков (выступает в роли «советчика», а не окончательного арбитра). [21]

Название системы: Автоматизированные системы эксплуатации городской водопроводной сети [22].

Разработчик: НИУ МГСУ, АО «Водоснабжение и водоотведение».

Характеристика: Система контроля и управления давлением, прогнозирования аварий трубопроводов и их поиска.

Функциональность: Централизованный сбор данных с датчиков давления (периодичность 1 раз в 10 сек.), автоматическое оповещение об аварийных ситуациях, ранжирование участков трубопроводов по риску отказов для планирования восстановления.

Достигнутые результаты: Оперативное выявление мест повреждений, минимизация экологического и экономического ущерба от аварий.

Название системы: Цифровая система водоснабжения АО «Ростовводоканал» [23].

Разработчик: АО «Ростовводоканал».

Характеристика: Внедрение ГИС Zulu с 2011 г. Снижение аварийности на сетях водопровода с 2012 по 2019 гг. на **49,2 %**.

Функциональность: Гидравлическое моделирование, выявление зон с повышенной аварийностью, формирование перечня трубопроводов для производственных программ.

Достигнутые результаты: Уменьшение объема водозабора на **25,7 %**, сокращение потребления электроэнергии по предприятию на **20,8 %** (в комплексе с другими мероприятиями).

Название устройства: Лазерные сканеры, георадары и электромагнитные регистраторы для оцифровки сетей [24, 25].

Разработчик: Применяются в технологиях информационного моделирования инфраструктуры ВКХ.

Характеристика: Точность лазерных сканеров: дальность $\pm 1\text{--}1,2$ мм, среднеквадратичная погрешность координат в движении **10 ± 1 мм/км**, высотных **20 ± 1 мм/км**. Скорость измерений до **1 млн точек/сек**. Георадары (GPR) и электромагнитные локаторы – для обнаружения подземных коммуникаций.

Функциональность: Создание точных 3D-моделей подземных и наземных объектов, выявление незаконных врезок, формирование цифровых двойников, автоматизированное распознавание трубопроводов.

Достигнутые результаты: Повышение безопасности и скорости изыскательских работ, снижение рисков повреждения существующих сетей.

Название системы: Кластерный анализ участков водопроводной сети с использованием нейросети Кохонена [6].

Разработчик: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Функциональность: Оценка правильности проектирования и эксплуатации сетей методом кластеризации и обучения нейронной сети (слой Кохонена).

Достигнутые результаты: Выявление зон с неоптимальными параметрами для последующей корректировки.





2.2. Системы управления надежностью и техническим обслуживанием и ремонтом (ТОиР/ЕАМ)

Название системы: Цифровой регламент ТОиР на базе программного решения «ТОиР Управление ремонтами» [26].

Разработчик: МУП г. Новосибирска «ГОРВОДОКАНАЛ».

Характеристика: Пилотное внедрение в цехе КНС (более 100 станций, **5000 единиц оборудования**).

Функциональность: Разработано свыше **500 технологических операций** и **400 технологических карт**. Интеграция с АСУ ТП для формирования заявок на ремонт по фактическому состоянию. Планирование ППР с учетом территориального расположения и параллельных работ.

Достигнутые результаты: Сокращение общего объема ручных операций, ускорение обработки заявок через мобильное приложение, создание единой базы НСИ ТОиР.

Название системы: Концепция «Цифровой водоканал» в части ТОиР [27].

Разработчик: ООО «Геликон Консалтинг».

Характеристика: Методология внедрения ТОиР на предприятиях ВКХ.

Функциональность: Паспортизация объектов ремонта, создание технологических карт, планирование ППР на основе индекса технического состояния, контроль эффективности работы бригад через анализ отклонений от нормативов.

Достигнутые результаты: Повышение производительности труда ремонтного персонала, снижение аварийности за счет перехода к планово-предупредительным ремонтам.



2.3. Системы управления аварийно-диспетчерскими службами

Название системы: АИС «Бригады» [28].

Разработчик: ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», ООО «ТР-Софт».

Характеристика: Разработка на Java, внедрение в мае 2025 г. Архитектурно система задумана как интеграционная платформа (мастер-система), централизующая данные из клиентских, производственных и финансово-хозяйственных систем предприятия.



Функциональность: Централизованный контур управления заявками СОУ. Автоматическое создание заявок со всей сопутствующей информацией. Мобильное рабочее место мастера: электронные эскизы и схемы отключений, фотофиксация, формирование черновика наряд-задания. Мобильное рабочее место старшего мастера с полнофункциональным интерфейсом.

Достигнутые результаты: Сокращение времени обработки заявки диспетчером с **10 минут** в среднем в **3 раза**. Экономия времени мастера на формирование отчетности от **30 до 60 минут** ежедневно. Интеграция с системой ТОиР [28].

Название системы: Программный комплекс «Горячая линия» и мобильное приложение для аварийных бригад [29].

Разработчик: АО «Ростовводоканал», Datum Group.

Характеристика: Внедрено в 2017 г.

Функциональность: Круглосуточный прием обращений, автоматизированный учет и обработка заявок, GPS-мониторинг бригад, фотофиксация результатов работ.

Достигнутые результаты: Увеличение скорости устранения аварийной ситуации почти вдвое.

Название системы: Нейросетевое прогнозирование аварий в системе водоснабжения [6].

Разработчик: Пермский национальный исследовательский политехнический университет.

Функциональность: Прогнозирование возможных поломок оборудования и аварий на сетях с помощью искусственных нейронных сетей.

Достигнутые результаты: Повышение превентивной готовности ремонтных служб, снижение количества внезапных отказов.



2.4. Системы управления транспортом и логистикой (TMS)

Материалы по данному разделу в предоставленных источниках отсутствуют.



2.5. Системы автоматизированного проектирования и информационного моделирования (САПР/ТИМ/ВМ)

Название системы: Платформа математического моделирования almaGRID [30].

Разработчик: ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», ALMAGRID.

Характеристика: Разработка гибридной графовой модели **13 объектов** водоочистных сооружений.



Функциональность: Модель учитывает физико-химические параметры сырой воды (мутность до **15 мг/дм³**, цветность до **60 град**) и прогнозирует качество очищенной воды и дозы реагентов. Реализована в виде «Цифрового помощника принятия решений».

Достигнутые результаты: Предсказательная точность модели по прогнозу качества воды и дозировкам реагентов в среднем составила **82,4 %**.

Название системы: ПО «ПОТЕНЦИАЛ» для математического моделирования процессов очистки сточных вод в аэротенках [31, 32].

Разработчик: СамГТУ, ООО «Экосмарт».

Характеристика: Реализация «обратной задачи» технологического расчета – прогноз качества очищенной воды при заданных параметрах.

Функциональность: Моделирование процессов удаления азота и фосфора на основе методик ВОДГЕО/СамГТУ и ASM2d. Выдача количественных технологических рекомендаций персоналу КОС.

Достигнутые результаты: Снижение эксплуатационных затрат за счет оптимизации технологического режима в минимальные сроки.

Название системы: Комплексная автоматизированная система управления проектированием (КАСУП) [24].

Разработчик: АО «Мосводоканал».

Характеристика: Первая очередь внедрена в 2021 г., обеспечивает применение BIM-проектирования.

Функциональность: Сокращение трудозатрат на подготовку проектно-сметной документации, поддержка технологий информационного моделирования для сетей ВиВ.

Достигнутые результаты: Рост количества электронных цифровых подписей на **71,1 %**, переход к цифровому проектированию и сопровождению объектов.

Название системы: 3D-7D BIM-моделирование воздухоудвн станции [33].

Разработчик: АО «Водоснабжение и водоотведение» (АО «ВИВ»).

Характеристика: Проект реконструкции типовой ВДС с управляемыми компрессорами, включающий имитационное прогнозирование энергопотребления, календарный план ЭСК, сметные расчеты и оценку стоимости жизненного цикла.

Функциональность: Применение 3D-модели (Autodesk Revit), 4D-планирование поставок и внеплощадочного строительства (DfMA), 5D-сметные расчеты по методикам Главгосэкспертизы, 6D-эксплуатация с верификацией энергосберегающего эффекта, 7D-управление на основе ГОСТ Р 58785-2019.

Достигнутые результаты: Погрешность имитационной модели по сравнению с действующим объектом составила **1,27 %**, что подтверждает достоверность прогноза энергосбережения.

Название системы: Параметрическое BIM-проектирование с импортом 3D-поверхности из Google Earth [25].

Разработчик: АО «ВИВ».

Характеристика: Применено на Крымских объектах для прокладки канализационных сетей.

Функциональность: Быстрая привязка к географическим координатам до получения результатов инженерных изысканий, автоматическое формирование 2D-чертежей и спецификаций из BIM-модели, последующая корректировка по данным реальных изысканий.



Достигнутые результаты: Существенное сокращение времени на начальном этапе проектирования, повышение оперативности выпуска документации.

В развитие методов информационного моделирования В.А. Орлов в монографии [21] представляет следующие автоматизированные программные модули:

Название системы: Программный модуль определения остаточного ресурса стальных трубопроводов по толщине стенки и скорости коррозии [21].

Разработчик: Орлов В.А.

Функциональность: Расчет остаточного ресурса с учетом общей (фронтальной) и язвенной (питтинговой) коррозии, а также эрозионного износа. Выполнение прочностного расчета по предельным состояниям (растяжение в лотке, деформация в своде, устойчивость).

Достигнутые результаты: Позволяет классифицировать трубопроводы как требующие немедленной замены (нулевой ресурс) или потенциальные для реновации в отдаленной перспективе.

Название системы: Программный модуль прочностных расчетов двухслойных конструкций «материал трубопровода + полимерный рукав» [21].

Разработчик: Орлов В.А.

Функциональность: Расчет для напорных и безнапорных систем из стали, чугуна, асбестоцемента, железобетона, керамики и кирпича. Определение толщины стенки полимерного рукава из условий устойчивости, прочности и деформативности.

Достигнутые результаты: Позволяет подобрать толщину рукава, обеспечивающую несущую способность восстановленного трубопровода.

Название системы: Программный модуль определения потенциала энергосбережения при реновации полимерными трубами с предварительным сжатием (метод Swagelining) [21].

Разработчик: Орлов В.А.

Функциональность: Расчет затрат электроэнергии на транспортировку воды после реновации для различных значений SDR полимерной трубы и КПД насосного оборудования.

Достигнутые результаты: Выявлены рекомендованные значения SDR (не ниже 17 для диаметра 500 мм, не ниже 21 для диаметра 630 мм), при которых достигается положительный энергосберегающий эффект.





УРОВЕНЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ АСУП



3.1. Системы управления ресурсами предприятия (ERP)

Название системы: КИСУ на платформе 1С (переход с Oracle e-Business Suite) [34].

Разработчик: АО «Мосводоканал».

Характеристика: План перехода до 2024 г. в рамках импортозамещения. Объединяет **22 производственных подразделения**.

Функциональность: Управление финансами, договорами, казначейством, персоналом (ЗУП), складом. Интеграция с МДМ-системой (централизация НСИ «Контрагенты» и «Номенклатура»).

Достигнутые результаты: Создание единого информационного поля финансово-хозяйственной деятельности.



Название системы: 1С: Управление водоканалом 2 (подсистема НВОС) [35].

Разработчик: МУП г. Сочи «Водоканал», Кодерлайн Софт-портал.

Характеристика: Учёт более **5700 колодцев**, расчёт платы для **3000 абонентов**, ежемесячное формирование более **4000 счетов** на сумму около **20 млн руб.**

Функциональность: Автоматизированный расчёт платы за негативное воздействие на окружающую среду, учёт деклараций и протоколов, интеграция с бухгалтерией.

Достигнутые результаты: Повышение доходности предприятия за счёт полного и своевременного учёта платы за НВОС.



3.2. Системы электронного документооборота (СЭД)

Название системы: Концепция безбумажного ЭДО на базе 1С [36].

Разработчик: ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

Характеристика: Описано **137 бизнес-процессов** с полным реквизитным составом.

Функциональность: Формирование служебных записок и документов непосредственно из учетных систем без прикрепления скан-копий, обмен системными реквизитами, юридически значимый ЭДО.

Достигнутые результаты: Планируемое сокращение бумажного документооборота до **10 %**.



3.3. Системы управления взаимоотношениями с клиентами (CRM) и клиентские сервисы

Название системы: Гибридный IVR с голосовыми роботами [37].

Разработчик: ООО «РВК-Воронеж».

Характеристика: Обработка более **586 000 входящих звонков** за 9 месяцев. Robotами обработано **195 000 звонков**, из них только **18 000** потребовали перевода на оператора.

Функциональность: Маршрутизация звонков без сброса в рамках одного транка, интеграция с web-ЛКК. Сценарии по коммерческим вопросам, передаче показаний, аварийным заявкам.

Достигнутые результаты: Сокращение текучести персонала контакт-центра на **98 %**. Рост индекса NPS на **4 %** при одновременном увеличении базы на **120 000 ЛС**.



Название системы: Личный кабинет и Единый контакт-центр ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» [38, 39].

Разработчик: ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

Характеристика: Внедрение системы управления обращениями (УО) и модернизация сайта.

Функциональность: Интеллектуальное IVR-меню с приоритизацией VIP-звонков, функция «Обратный звонок», автоматизированный прием показаний ПУ и заявок на ввод в эксплуатацию.

Достигнутые результаты: Сокращение среднего времени ожидания ответа оператора с **5 минут до 57 секунд**. Снижение количества пропущенных звонков с **40 % до 8 %**.

Название системы: Платформа для урегулирования задолженности за услуги ЖКХ [40].

Разработчик: Агентство Р.О.С.ДОЛГ.

Характеристика: Работа в 40 субъектах РФ, портфель долгов 15 млрд руб.

Функциональность: Комплексное урегулирование задолженности на всех стадиях (досудебная, судебная, сопровождение ИП). Использование собственной базы контактов и коллекторской платформы.

Достигнутые результаты: Для МУП «Водоканал» г. Подольска за 6 месяцев взыскано **14,3 млн руб.**, количество должников снижено на **12 %**. Для МУП «Межрайонный Щелковский Водоканал» за 9 месяцев взыскано **192 млн руб.** (77 % портфеля).

Название системы: Клиентская экосистема ГК «Росводоканал» [41, 42].

Разработчик: ГК «Росводоканал».

Характеристика: Внедрение мобильного приложения «РВК.Услуги», маркетплейс ASKeDO, платформа «Domopult».

Функциональность: Единое окно для клиентов, омниканальность, нетарифные услуги, интеграция с сайтами («Кольцо сайтов»).

Достигнутые результаты: Переход от абонента к клиенту, увеличение доли нетарифной выручки до трети от общего объема.



3.4. Системы бизнес-аналитики (BI) и управления эффективностью

Название системы: Центр автоматизированного управления производством (ЦАУП) [43].

Разработчик: ООО «НОВОГОР-Прикамье», ООО «Бюро Информационных Технологий».

Характеристика: Пространственная аналитика на основе данных из ПромАктива (более **360 тыс. обращений, 1 млн работ**), телеметрии и ГИС.

Функциональность: Анализ инцидентов, расчет балансов водоснабжения и водоотведения по бассейнам канализования, кластеризация потребителей по профилям водопотребления, гидравлические расчеты самотечных и напорных сетей.

Достигнутые результаты: Повышение обоснованности производственных программ, выявление аномалий потребления и зон потерь.



Название системы: Информационно-аналитический комплекс «Водный баланс» [44].

Разработчик: МУП «Водоканал» г. Екатеринбург.

Характеристика: Цифровой двойник системы водоснабжения. Анализ данных АСКУЭ, биллинга, АСУТП, ГИС.

Функциональность: Визуализация на карте города зон с отклонениями баланса, автоматическое формирование заданий в СЭД, предиктивная аналитика аварийности («тепловая карта»).

Достигнутые результаты: Локализация участков с максимальными потерями воды, повышение скорости принятия управленческих решений.

Название системы: Модули «Анализ балансов» и «Центральная панель» ИС «Цифровой водоканал» [45].

Разработчик: АО «Русатом Инфраструктурные решения».

Характеристика: Внедрён в Глазове и на предприятиях ГК «Росатом».

Функциональность: Выявление и локализация утечек с помощью ИИ (аномалии показаний, анализ ночного потребления, симуляция гидравлической модели). Точность распознавания утечек превышает 90 %.

Достигнутые результаты: Сокращение потерь воды на конкретном участке в Глазове на 90 % (предотвращена потеря 4016 м³).





ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ СКВОЗНЫЕ СИСТЕМЫ



4.1. Системы информационной безопасности (ИБ)

Название системы: Система мониторинга и управления комплексной безопасностью с нейросетевой видеоаналитикой [46].

Разработчик: ЗАО «ТЕЛРОС», ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

Функциональность: Автоматический контроль проникновения через ограждение, обнаружение бесхозных предметов, контроль состояния дежурного персонала (обморочное состояние, оставление поста).

Достигнутые результаты: Исключение «человеческого фактора», повышение надежности охраны объектов ВКХ.





4.2. Интеграционные и платформенные системы

Название системы: Информационная система «ПромАктив» [47, 48].

Разработчик: ООО «НОВОГОР-Прикамье», ООО «Геликон Консалтинг».

Характеристика: Опыт эксплуатации с 2015 г. Интеграция с более чем **20 информационными потоками** холдинга ГК «РКС».

Функциональность: Сквозное управление производственными активами: от формирования заявки на основе технологических карт до учета затрат и формирования производственной программы. Включает мобильное приложение для ремонтных бригад и модуль работы с подрядчиками.

Достиженные результаты: Прямая экономия на транзакционных издержках (электронное подписание до **100 000 нарядов** в год) составила **42 000 человеко-часов**.

Название системы: Ситуационный центр «Росводоканал Тюмень» и цифровая платформа «РВК-Воронеж» [49, 50].

Разработчик: ГК «Росводоканал».

Характеристика: Интеграция разрозненных систем (АСТРА, Элдис, Глонас, ГИС) в единую платформу. Снижение потерь воды при транспортировке с **25,3 %** в 2016 г. до **11,2 %** в 2022 г.

Функциональность: Ситуационный центр, управление бригадами и техникой, контроль утечек, предиктивная аналитика.

Достиженные результаты: Сокращение времени устранения повреждений на **33 %**. Уменьшение числа заявок в call-центр на **23,76 %**.

Название системы: Компьютерно-интегрированный комплекс мониторинга и прогнозирования рисков ЧС (КИК МиПРЧСВ) [51, 52].

Разработчик: БГТУ, ООО «АТМ».

Характеристика: Построение полного поточного графа и матриц путей для выделения подсистем комплекса.

Функциональность: Дистанционный сбор данных с приборов учёта, архивирование, прогнозирование рисков ЧС, интеграция в концепт «Цифровой водоканал» и в единую государственную систему мониторинга водных объектов.

Достиженные результаты: Обоснование функциональных задач для превентивного выявления первой стадии ЧС на объектах водоотведения.

Название системы: Единое информационное пространство (ЕИП) МУП «Водоканал» г. Екатеринбурга [53].

Разработчик: МУП «Водоканал» г. Екатеринбург.

Характеристика: Создание с 2012 г., включает 7 направлений, корпоративный портал на базе MS SharePoint, единое ИТ-окно ко всем программным продуктам.



Функциональность: Интеграция АСУТП, ГИС, биллинга, лабораторных систем в единое информационное пространство с унификацией аппаратных средств и интерфейсов.

Достигнутые результаты: Повышение прозрачности и управляемости предприятия, обеспечение единой точки доступа к данным и сервисам для всех подразделений.

Название системы: Интеллектуальная цифровая платформа управления производственными процессами (ИЦП УПП) [54].

Разработчик: ГУАП, БГТУ, АО «ВИБ».

Характеристика: Создана на базе пятого поколения программно-математического обеспечения, апробирована в ракетно-космической отрасли и на объектах ВКХ. Срок разработки для предприятий ВКХ варьируется от **6 до 24 месяцев**.

Функциональность: Надстройка над SCADA и АСУТП, обеспечивающая: системный многоуровневый анализ, предиктивное обслуживание (PdM), RPA, контроль качества, LIMS, создание цифровых двойников.

Достигнутые результаты: Снижение потребности в материалах и финансах на **30 %**, увеличение выручки на **5–10 %**, сокращение времени обслуживания клиентов на **20 %**.

Название системы: Интеллектуальная система управления водоотведением (ИСУВ) как «технологическая операционная система» [55].

Разработчик: Штепа В.Н., Авдеенков П.П., Степанов С.В., Баженов В.И. (статья [55]).

Функциональность: Обеспечение бесшовного обмена данными между модулем предиктивной аналитики (ИМРА) и цифровой моделью очистных сооружений («ПОТЕНЦИАЛ»); управление физическими процессами (оптимизация работы насосного оборудования КНС); интеграция приложений (единая шина данных); работа в реальном времени; платформа для цифровых двойников.

Достигнутые результаты: Прогнозирование критических нештатных ситуаций за 2–6 часов; повышение эффективности управления объектами в штатном режиме на 5–20 %; создание адекватного технического задания на реконструкцию. [55]

Название системы: Интеллектуальный модуль ресурсной аналитики (ИМРА) [55].

Разработчик: Штепа В.Н., Авдеенков П.П., Степанов С.В., Баженов В.И. (статья [55]).

Функциональность: Поддержка принятия решений на основе мониторинга использования ресурсов (вода, энергия, реагенты); контроль KPI; «Цифровой технологический регламент»; последовательность: фильтрация сигналов → статистика → имитационное моделирование → поддержка решений (каузальное моделирование).

Достигнутые результаты: Динамическое определение ключевых факторов, оценка и прогнозирование последствий сценариев, выбор эффективных шагов реакции.

4.3. Инженерные системы обеспечения

Материалы по данному разделу в предоставленных источниках отсутствуют.





МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И СТРАТЕГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

В данном разделе представлены материалы, не являющиеся прямым описанием внедрённой системы или устройства, но формирующие концептуальную, экономическую и методологическую базу цифровой трансформации отрасли.

Название исследования: Экономическая парадигма цифрового реинжиниринга бизнес-процессов объектов водоснабжения и водоотведения [56].

Основные положения: Предложен подход к оценке эффектов при реинжиниринге БП на основе KPI и инвестиционных показателей (СЖЦ, окупаемость). Выделены типовые KPI для процессов ВКХ.

Название исследования: Процессная модель цифровой трансформации ресурсоснабжающей организации [57].

Основные положения: Разработана универсальная процессная модель ЦТ РСО из семи этапов с применением подхода МЕСЕ на подготовительном этапе.



Название исследования: Формирование эффективной институциональной среды управления цифровой трансформацией экономики [58].

Основные положения: Анализ развития цифровой инфраструктуры Республики Беларусь. Обоснование комплекса мер на уровне надгосударственного, национального и бизнес-регулирования.

Название исследования: Перспективы и возможности использования автоматического контроля для оценки качества в системе ЖКХ [59].

Основные положения: Анализ опыта ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга». Обоснованы подходы к использованию результатов онлайн-анализаторов. Показана сходимость данных автоматического и лабораторного контроля (коэффициент корреляции **0,80** для мутности).

Название исследования: Риски формирования экосистемы умного города в нестандартных условиях [60].

Основные положения: Компаративный анализ теорий формирования экосистем. Классификация рисков цифровизации городской инфраструктуры.

Название исследования: Экономика цифровизации: оптимизация затрат на цифровую трансформацию региона [61].

Основные положения: Предложены принципы и критерии оптимизации бюджетных затрат при формировании госзаказа на цифровизацию регионального управления и бюджетной сферы (в т. ч. ЖКХ). Акцент на оценку совокупной стоимости владения (ТСО) и импортозамещение.

Название исследования: Цифровая зрелость предприятий ВКХ: инструменты оценки [62].

Основные положения: Разработаны методические рекомендации по расчету показателя цифрового развития предприятий ЖКХ (протокол Минстроя России № 1270-ПРМ-КМ от 04.09.2023), включающие 166 показателей по направлениям.

Название исследования: Технологии информационного моделирования как новая парадигма градостроительной деятельности [63].

Основные положения: Анализ проблем и перспектив развития ТИМ в сфере ВКХ. Предложен типовой план внедрения ТИМ в структуру водоканала из семи этапов.

Название исследования: Роль искусственного интеллекта в предотвращении утечек воды из сетей водоснабжения [64].

Основные положения: Обзор 18 алгоритмов машинного обучения, применяемых для прогнозирования отказов трубопроводов. Отмечено начало использования нейросетевых алгоритмов Кохонена в России.

Название исследования: Искусственный интеллект в сфере ВКХ [6].

Основные положения: Анализ иерархии понятий ИИ, МО, ИНС. Обзор примеров решения задач с использованием экспертных систем, нечёткой логики, генетических алгоритмов, нейронных сетей. Интервью с нейросетью YandexGPT 2.

Название исследования: Цифровое развитие водоканалов (2019) [53].

Основные положения: Определение терминологии цифрового водоканала, имитационного моделирования, генетических алгоритмов. Анализ принципов совершенствования АСУТП.



Название исследования: Концепция «Цифровой водоканал» [65].

Основные положения: Формулирование целей и объектов цифровизации. Описание пятиуровневой иерархической структуры АСУ предприятия «Водоканал».

Название учебно-методического материала: Информационные технологии в проектировании и эксплуатации инженерных систем. Водоснабжение и водоотведение [66].

Разработчик (авторы): Гудков А.Г., Павлов М.В., Карпов Д.Ф. (учебное пособие [66]).

Содержание: Систематизированы основы применения CAD, BIM, ГИС, а также программных средств моделирования систем водоснабжения и водоотведения (ZuluHydro, EPANET, SWMM). Приведены практические задания по гидравлическим расчетам в среде Mathcad и Scilab, а также по моделированию сетей в PLUMBING.WEB и ZuluHydro.

Практическая значимость: Является важным инструментом для подготовки специалистов в области цифрового проектирования и эксплуатации систем ВКХ. [66]

Название исследования: Цифровое развитие водоснабжения и водоотведения (создание НЦЦР ВиВ) [67].

Основные положения: Обоснование создания Национального центра цифрового развития водоснабжения и водоотведения. Структура задач НЦЦР ВиВ и проект отраслевой дорожной карты цифрового развития до 2035 года.



Выводы

Сравнительная оценка цифровой зрелости отраслевых предприятий ВиВ

Анализ 67 источников, охватывающих практические внедрения на десятках предприятий отрасли, позволяет дать качественную оценку достигнутого уровня цифровой зрелости в разрезе направлений, предусмотренных классификатором. Оценка выполнена экспертным методом на основе количества и глубины проработки кейсов по каждому направлению.

Качественная оценка достигнутого уровня цифровой зрелости

Направление цифровизации	Уровень зрелости	Характеристика текущего состояния
1.1. АСУ ТП	Высокий	Массовое внедрение, переход к интеллектуальному управлению (ИИ, нейросети)
1.2. SCADA	Высокий	Активный переход на отечественные Linux-решения, интеграция с аналитическими модулями
1.3. Коммерческий и технический учет	Средний	Распространение «умных» счетчиков и биллинга, начало интеграции с ERP
1.4. ЛИМС	Средний	Внедрение цифровых лабораторий, онлайн-анализаторов; нормативная база в развитии
2.1. ГИС	Высокий	Повсеместное создание электронных моделей сетей, интеграция с гидравлическими расчетами
2.2. ТОиР / EAM	Средний	Переход от бумажных регламентов к цифровым системам управления активами
2.3. Аварийно-диспетчерские службы	Высокий	Цифровые платформы управления бригадами, мобильные приложения, GPS-мониторинг
2.4. TMS (транспорт и логистика)	Низкий	Материалы по данному направлению в проанализированных источниках практически отсутствуют
2.5. САПР / ТИМ / ВИМ	Низкий	Пилотные проекты 3D-7D моделирования; отрасль в начале пути, но с четким вектором развития
3.1. ERP	Средний	Активное импортозамещение, переход на 1С, централизация НСИ
3.2. СЗД	Средний	Концепции и пилотные проекты безбумажного документооборота
3.3. CRM и клиентские сервисы	Средний	Внедрение личных кабинетов, контакт-центров с ИИ, омниканальность
3.4. BI и управление эффективностью	Средний	Создание ситуационных центров, цифровых двойников для анализа балансов и потерь



Направление цифровизации	Уровень зрелости	Характеристика текущего состояния
4.1. Информационная безопасность	Средний	Внедрение нейросетевой видеоаналитики, защита КИИ; информация ограничена
4.2. Интеграционные платформы	Средний	Создание ЕИП, интеллектуальных платформ, интеграционных шин
4.3. Инженерные системы обеспечения	Низкий	Материалы по данному направлению в проанализированных источниках практически отсутствуют

Обобщенный анализ таблицы свидетельствует о том, что отрасль ВКХ находится на переходном этапе от фрагментарной автоматизации к комплексной цифровой трансформации. Наиболее высокий уровень зрелости достигнут в направлениях, непосредственно связанных с операционной эффективностью и снижением аварийности (АСУ ТП, SCADA, ГИС, управление аварийно-диспетчерскими службами). Эти направления окупаются в короткие сроки и имеют измеримый экономический эффект. Средний уровень зрелости характерен для систем корпоративного управления (ERP, CRM, BI), где цифровизация активно развивается, но сдерживается организационными и финансовыми факторами. Наименьший уровень зрелости наблюдается в направлениях, являющихся обеспечивающими или перспективными – транспортная логистика, инженерные системы обеспечения, полноценное ТИМ-моделирование.

Основные результаты и практическая значимость

1. Систематизированы и классифицированы 67 отраслевых кейса внедрения цифровых технологий на предприятиях ВКХ Российской Федерации и Республики Беларусь за период 2017–2026 гг. Сформирован документ «Цифровые практики организаций ВиВ», структурированный в соответствии с иерархическим классификатором систем цифровой трансформации.

2. Установлено, что доминирующим трендом цифровой трансформации отрасли является переход от реактивного управления к предиктивному, основанному на технологиях искусственного интеллекта, машинного обучения и цифровых двойников. Подтверждением этому служат: внедрение нейросетевого прогнозирования аварий и подачи воды (ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», Пермский ПНИПУ), применение генетических алгоритмов для оптимизации режимов насосных станций (ПАК «Акватория»), использование ИИ для расчета доз реагентов (ООО «Нижевартковские коммунальные системы») и локализации утечек (АО «Русатом Инфраструктурные решения» с точностью распознавания более **90 %**).

3. Выявлен экономический эффект от внедрения цифровых решений в различных сегментах деятельности предприятий ВиВ: снижение потребления электроэнергии на **15–60 %** при внедрении интеллектуального управления насосными станциями; сокращение потерь воды на **25–90 %** за счет систем активного контроля утечек; экономия химических реагентов до **16 %** при использовании ИИ-помощников технолога; повышение производительности труда ремонтного персонала и сокращение времени аварийно-восстановительных работ в **2–3 раза**.

4. Определено, что ключевым организационным механизмом координации цифрового развития отрасли является создание Национального центра цифрового развития водоснабжения и водоотведения (НЦЦР ВиВ) на базе РАВВ [67] и региональных центров цифровой трансформации городского хозяйства (Нижегородская область). Разработаны методические инструменты оценки цифровой зрелости предприятий ЖКХ, включающие **166 показателей** [62].



Оценка развития искусственного интеллекта и перспективы

Текущий период характеризуется экспоненциальным ростом интереса к технологиям искусственного интеллекта в отрасли ВКХ. ИИ перестает быть экспериментальной технологией и становится практическим инструментом решения производственных задач. Обзор, представленный в [64], выявил использование в мировой и отечественной практике не менее 18 алгоритмов машинного обучения для прогнозирования отказов трубопроводов, оптимизации режимов работы оборудования и управления качеством воды. В Российской Федерации наметился переход от единичных академических исследований к промышленному внедрению нейросетевых алгоритмов. Знаковым является начало использования алгоритмов ИИ для оценки надежности городской водопроводной сети при дефиците информации, а также развитие акустических и ультразвуковых методов мониторинга состояния трубопроводов с обработкой данных методами глубокого обучения.

Перспективы развития ИИ в отрасли связаны с несколькими ключевыми направлениями: создание полноценных интеллектуальных платформ управления производственными процессами (ИЦП УПП), объединяющих функции предиктивного обслуживания, автоматизации бизнес-процессов и поддержки принятия решений на основе цифровых двойников [54]; масштабирование применения генеративных нейросетей для обработки естественного языка в клиентских сервисах и системах документооборота; развитие мультимодальных ИИ-систем, способных анализировать как числовые данные телеметрии, так и визуальную информацию с камер видеонаблюдения и тепловизоров; интеграция технологий ИИ с нормативной базой технического регулирования для автоматизированного контроля соблюдения требований безопасности и экологических нормативов.

Целесообразно начать отраслевые исследования с пилотного внедрения проверенных классических методов ИИ в АСУ ТП и смежных системах. Это обеспечит быстрый результат с минимальными рисками. Глубокое обучение стоит рассматривать только там, где классические подходы не дают нужной точности, и есть достаточный объем качественных данных для обучения. Комплексные отраслевые ИИ решения для предприятий ВиВ пока не стандартизированы, хотя ряд адаптируемых технологий уже можно внедрять. При этом алгоритмы глубокого обучения – не универсальная парадигма: для многих задач, особенно в области АСУ ТП, более эффективными и достоверными могут оказаться классические алгоритмы ИИ – они требуют меньше данных, проще интерпретируются и быстрее обучаются. Примеры применимых решений по задачам следует анализировать по материалам перспективных публикаций.

Вместе с тем, дальнейшее развитие сдерживается рядом факторов: недостаток квалифицированных кадров, способных эксплуатировать и развивать ИИ-системы; фрагментарность данных и отсутствие единых отраслевых стандартов информационного обмена; высокая стоимость внедрения для малых и средних предприятий ВиВ; нерешенность вопросов информационной безопасности и юридической ответственности за решения, принимаемые ИИ-системами на объектах критической информационной инфраструктуры.

Преодоление этих барьеров возможно при условии: государственной поддержки через механизмы тарифного регулирования и целевого финансирования; развития отраслевых центров компетенций и образовательных программ; тиражирования апробированных типовых решений, адаптируемых под конкретные предприятия; формирования единой методологии оценки экономической эффективности внедрения ИИ-технологий в ЖКХ. При реализации данных условий отрасль ВКХ способна в горизонте 5–10 лет достичь уровня «цифрового предприятия», соответствующего концепции Индустрия 4.0, с существенным повышением надежности, экологической безопасности и экономической эффективности водоснабжения и водоотведения.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Похил Ю.Н., Андриянец П.И., Андриянец А.П. 25-летний опыт создания цифровой системы автоматического управления технологическими процессами водоснабжения и канализации // Водоснабжение и санитарная техника. 2024. № 4. С. 30–38.
2. Давыдов И.В., Шеплев Д.А., Поселеннов В.И., Нагорный С.Л. Комплекс энергоэффективных мероприятий по модернизации системы водоотведения г. о. Самара // Водоснабжение и санитарная техника. 2024. № 11. С. 46–50. DOI: 10.35776/VST.2024.11.06
3. Моисеев А.В., Варкентин А.С., Коротаев М.А., Лях С.А. и др. Снижение себестоимости питьевой воды путем использования искусственного интеллекта для реагентной обработки поверхностной воды // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2025. № 2. С. 36–44.
4. Иванович В.В., Гуранчик А.Г., Дубовик О.С., Ануфриев В.Н. Автоматизация технологических процессов очистки сточных вод на примере Минской очистной станции УП «Минскводоканал» // Водоснабжение и санитарная техника. 2024. № 2. С. 12–18. DOI: 10.35776/VST.2024.02.02
5. Усачев А.П. Специализированное комплектное электрооборудование для автоматизации насосных станций и энергосберегающих технологий // Водоснабжение и санитарная техника. 2021. № 1. С. 62–65. DOI: 10.35776/VST.2021.01.08
6. Баженов В.И. Искусственный интеллект в сфере ВКХ. Интервью с нейросетью YandexGPT 2 // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2024. Спецвыпуск № 1. С. 3–21.
7. Универсальный цифровой трехосевой датчик вибрации ВД15 // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2026. № 1. С. 52.
8. Глинко Д.А. SCADA-системы открытого программного кода: вопросы выбора // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2022. № 5. С. 10–15.
9. Синицын А.В., Клебанов Е.А., Гоцкая Н.А., Лившиц Ю.Е. Сокращение производственных затрат водоканала через инструмент цифровой трансформации «Акватория» // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2023. № 2. С. 28–29.
10. Синицын А.В., Клебанов Е.А., Гоцкая Н.А., Лившиц Ю.Е. Диагностика и управление насосными агрегатами // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2023. № 4. С. 34–35.
11. Цыплов А.В. Цифровой водоканал на практике // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2022. № 4. С. 32–35.
12. Цыплов А.В. Опыт снижения потерь воды с использованием искусственного интеллекта // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2022. № 5. С. 33–39.
13. Электромагнитные расходомеры РСЦ для водоснабжения и водоотведения // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2022. № 4. С. 22–23.
14. Семин М.М. Биллинг как способ сокращения коммерческих потерь предприятий ВКХ: опыт МУП «Водоканал» г. Подольска // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2021. № 6. С. 8–15.
15. Дмитриева Е.Ю., Терещенко В.А., Шляхтун А.С. Опыт и перспективы использования лабораторно-информационной системы в испытательных лабораториях городских водоканалов // Водоснабжение и санитарная техника. 2021. № 1. С. 12–20. DOI: 10.35776/VST.2021.01.02
16. Медведевских П.С., Умнова И.С. Опыт разработки и эксплуатации отечественных автоматических анализаторов воды // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2023. № 3. С. 21–26.
17. Грачев И.А., Умнова И.С., Медведевских П.С. Система автоматического контроля сбросов: разработка на базе отечественных анализаторов // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2022. № 5. С. 26–32.



18. Нефедова Е.Д., Галактионова О.Д. Многоуровневая система контроля качества воды в централизованной системе водоснабжения Санкт-Петербурга // Водоснабжение и санитарная техника. 2021. № 2. С. 10–16. DOI: 10.35776/VST.2021.02.01
19. Панарин М.В., Сергеечев В.В., Маслова А.А. Автоматизированная система непрерывного контроля сбросов сточных вод стационарным источником: требования к проектированию // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2021. № 2. С. 17–21.
20. Примин О.Г., Громов Г.Н., Степанов Д.Л., Козлова О.В. Калибровка электронной модели системы водоснабжения (на примере водопроводной сети г. Салавата) // Водоснабжение и санитарная техника. 2018. № 9. С. 5–11.
21. Орлов В.А. Инструменты цифровизации в практике проектирования трубопроводных систем: монография. М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2024. 128 с.
22. Примин О.Г., Баженов В.И. Автоматизированные системы эксплуатации городской водопроводной сети // Сб. докл. V Национальной научной конференции «Актуальные проблемы строительной отрасли и образования». М.: МИСИ-МГСУ, 2025. С. 635–642.
23. Тронь И.А. Внедрение цифровых технологий на предприятии АО «Ростовводоканал» // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2020. № 6. С. 35–42.
24. Баженов В.И. Технологии информационного моделирования для инфраструктурных объектов ВКХ // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2023. № 2. С. 11–24.
25. Баженов В.И. Анализ BIM-моделирования инженерных сетей водопроводно-канализационного хозяйства // Наука и бизнес: пути развития. 2023. № 7. С. 5–13.
26. Бикетов А.В., Показаньев Д.С., Трегубов А.В. Цифровой регламент на базе концепции технического обслуживания и ремонта оборудования // Водоснабжение и санитарная техника. 2024. № 4. С. 39–42. DOI: 10.35776/VST.2024.04.06
27. Уханов А.С. Водоканал: практический анализ стратегии цифровизации производственных процессов // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2024. № 4. С. 12–27.
28. Иванов Д.С., Черданцев Р.А. Повышение эффективности службы оперативного управления с помощью автоматизации // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2026. № 1. С. 32–37.
29. Тронь И.А. Внедрение цифровых технологий на предприятии АО «Ростовводоканал» // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2020. № 6. С. 35–42. (второе упоминание, но в списке один раз)
30. Гвоздев В.А., Портнова Т.М., Боброва И.Л., Витковская Р.Ф. и др. Оптимизация параметров водоподготовки с применением методов математического моделирования на платформе almaGRID // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2025. № 6. С. 14–21.
31. Степанов С.В., Харьковина О.В., Авдеенков П.П., Лазунин М.В., Пономаренко О.С. Математическое моделирование процессов очистки сточных вод в аэротенках // Водоснабжение и санитарная техника. 2024. № 9. С. 22–31. DOI: 10.35776/VST.2024.09.04
32. Штепа В.Н., Степанов С.В., Авдеенков П.П., Дубина А.В. Обоснование мониторинга системы водоотведения и оценка технологических рисков // Водоснабжение и санитарная техника. 2025. № 10. С. 38–47. DOI: 10.35776/VST.2025.10.05
33. Баженов В.И. Актуализация 3D-7D BIM-моделирования для отрасли водопроводно-канализационного хозяйства // Наука и бизнес: пути развития. 2023. № 1. С. 8–16.
34. Мосводоканал на российском ПО: перспективы и особенности // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2022. № 4. С. 16–19.
35. Гришин В.Е., Царьков И.Л. Расчёт платы за НВОС в программе 1С. Практика МУП г. Сочи «Водоканал» // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2021. № 1. С. 6–7.



36. Солохин А.А., Черданцев Р.А., Хорошильцева Т.А. Концепция развития информационных технологий ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2025. № 3. С. 42–51.
37. Турбанов Д.М. Повышение лояльности потребителей через цифровые технологии управления: опыт ООО «РВК-Воронеж» // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2025. № 5. С. 4–8.
38. Антонов А.А., Глущенко А.П., Мороз В.В., Хорошильцева Т.А. Цифровая трансформация ресурсоснабжающей организации для более качественного оказания услуг потребителю // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2024. № 3. С. 20–26.
39. Глущенко А.П., Черданцев Р.А. Дополнительные функции Контакт-центра ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2025. № 6. С. 34–37.
40. Соболевская Е.А. Как внедрение цифровых и технологических решений позволяет сократить дебиторскую задолженность за услуги организаций ВКХ // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2022. № 6. С. 34–40.
41. Путин С. Цифровизация – это современный план ГОЭЛРО (интервью с ИТ-директором ГК «Росводоканал») // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2021. № 2. С. 4–8.
42. Росводоканал: отчет об устойчивом развитии за 2022 год // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2023. № 5. С. 35–38.
43. Зверев Н.В., Уханов А.С., Прудский М.В. Цифровая трансформация ООО «НОВОГОР-Прикамье» // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2025. № 6. С. 24–33.
44. Крицкий А.В., Юсупов А.Р., Мартыанов А.Е. Цифровой двойник – новый инструмент в развитии водопроводно-канализационного предприятия крупного города // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2020. № 2. С. 24–31.
45. Рубежной В.А. Переводим РСО на цифровые рельсы: технологии и механизмы // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2022. № 4. С. 24–31.
46. Безбородова В.С., Лытин А.В. Система мониторинга и управления комплексной безопасностью объектов водопроводно-канализационного хозяйства // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2025. № 6. С. 38–41.
47. Ермольчев А.М. Управление ИТ проектами: опыт АО «Нижегородский водоканал» // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2023. № 1. С. 27–35.
48. Уханов А.С. Цифровизация производственных процессов: стратегия и практика // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2024. № 4. С. 42–57.
49. Ситуационный центр «Росводоканал Тюмень», Цифровая платформа ситуационного центра в «Росводоканал Воронеж» // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2023. № 4. С. 27–31.
50. Цифровая платформа Ситуационного центра в «Росводоканал Воронеж» // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2023. № 4. С. 32–33.
51. Штепа В.Н., Покорный С.Г., Муслимов Э.Н. Подходы к созданию и использованию компьютерно-интегрированного комплекса мониторинга и прогнозирования рисков чрезвычайных ситуаций на объектах коммунально-промышленного водоотведения // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. 2024. Т. 8, № 1. С. 32–42.
52. Штепа В.Н., Степанов С.В., Авдеенков П.П., Дубина А.В. Обоснование мониторинга системы водоотведения и оценка технологических рисков // Водоснабжение и санитарная техника. 2025. № 10. С. 38–47.



53. Баженов В.И., Гогина Е.С. Цифровое развитие водоканалов // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2019. № 3. С. 28–40.
54. Охтилев М.Ю., Штепа В.Н., Баженов В.И. Интеллектуальная информационно-аналитическая платформа управления организациями ВКХ // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2025. № 2. С. 20–26.
55. Штепа В.Н., Авдеенков П.П., Степанов С.В., Баженов В.И. Стратегия инженерного обеспечения интеллектуальным управлением водоотведения населенных пунктов: платформенные решения // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2026. № 2. С. 50–59.
56. Войтов И.В., Рассоха Я.В., Муслимов Э.Н., Штепа В.Н. Экономическая парадигма цифрового реинжиниринга бизнес-процессов объектов водоснабжения и водоотведения // Труды БГТУ. Сер. 5, Экономика и управление. 2025. № 1 (292). С. 5–12.
57. Устинов О.В. Процессная модель цифровой трансформации ресурсоснабжающей организации // Управленческие науки. 2026. Т. 16, № 1. С. 42–52. DOI: 10.26794/2304-022X-2026-16-1-42-52
58. Криштаносов В.Б. Формирование эффективной институциональной среды управления цифровой трансформацией экономики // Труды БГТУ. Сер. 5, Экономика и управление. 2025. № 1 (292). С. 13–25.
59. Новикова Ю.А., Кузьмичев А.А., Ракова В.В. Перспективы и возможности использования автоматического контроля для оценки качества в системе ЖКХ // Цифровая экономика и Индустрия 5.0: развитие в новой реальности. 2022. С. 290–315. DOI: 10.18720/IEP/2022.3/13
60. Давыдова Т.Е. Риски формирования экосистемы умного города в нестандартных условиях // Цифровая экономика и Индустрия. 2022. Т. 5. С. 315–338. DOI: 10.18720/IEP/2022.3/14
61. Миронова И.А., Тищенко Т.И., Фролова М.П. Оптимизация затрат на цифровую трансформацию региона // Информационные технологии и вычислительные системы. 2024. № 2. С. 100–110. DOI: 10.14357/20718632240210
62. Баженов В.И. Цифровая зрелость предприятий ВКХ: инструменты оценки // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2024. № 3. С. 24–30.
63. Баженов В.И., Самбурский Г.А. Проблемы и перспективы развития ТИМ в сфере ВКХ // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2025. № 2 (1086). С. 30–33.
64. Баженов В.И., Примин О.Г., Баженов В.В. Роль искусственного интеллекта в предотвращении утечек воды из сетей водоснабжения // Строительство: наука и образование. 2024. Т. 14. Вып. 4. Ст. 98–111.
65. Баженов В.И., Данилович Д.А., Самбурский Г.А., Баженов В.В. Цифровой водоканал – миф или реальность? // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2017. № 6. С. 38–48.
66. Гудков А.Г., Павлов М.В., Карпов Д.Ф. Информационные технологии в проектировании и эксплуатации инженерных систем. Водоснабжение и водоотведение: учебное пособие. Вологда: ВоГУ, 2022. 115 с.
67. Баженов В.И., Ермольчев А.М., Соболевская Е.А. Цифровое развитие водоснабжения и водоотведения // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2022. № 4. С. 10–17.





§ 3

ЦИФРОВАЯ ЭВОЛЮЦИЯ СИСТЕМ ВИБ: ОТ РЕАКТИВНОСТИ К ПРОЗРАЧНОСТИ



АННОТАЦИЯ

Вода больше не хочет быть невидимкой: этот манифест описывает целостную архитектуру киберфизического водоканала, где от рефлексов полевых контроллеров до стратегической бизнес-аналитики и иммунитета кибербезопасности каждый элемент обретает цифровой голос. Актуальность исследования обусловлена нарастающим дефицитом водных ресурсов, старением инфраструктуры и необходимостью радикального повышения операционной эффективности предприятий отрасли.

Проанализирован **международный опыт внедрения** интеллектуальных двойников, промышленного интернета вещей и искусственного интеллекта, чтобы сформулировать не разрозненные рекомендации, а единую техническую Политику. Четыре взаимосвязанных яруса – диспетчеризация, производственные активы, управление предприятием и сквозные системы – выстраиваются в «цифровую пирамиду», превращающую водоканал из реактивного «пожарного» в проактивного управленца, способного предвидеть и предотвращать.

В тексте нет абстрактных обещаний – только конкретные цифры, подтвержденные практикой: потери воды сокращаются до 7–15 %, энергопотребление падает на 10–30 %, время реакции на аварию сжимается до считанных минут. Особый акцент сделан на роли искусственного интеллекта, который прямо сейчас переходит от пилотных проектов к промышленной эксплуатации, и на вопросах кибербезопасности – ведь «умный» водоканал обязан быть ещё и неуязвимым.

Практическая ценность документа – в его универсальности: он служит и дорожной картой для технических специалистов, и обоснованием инвестиций для лиц, принимающих решения. Завершают работу направления дальнейшего поиска – от агентного ИИ, ведущего автономные переговоры на энергорынке, до квантово-устойчивой криптографии. Это не фантастика, а образ ближайшего будущего, которое уже наступает.



ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	94
Глава 1. Уровень диспетчеризации и АСУ ТП: нервная система города	95
1.1. Системы управления технологическими процессами (АСУ ТП)	96
1.2. Системы диспетчерского контроля и управления (SCADA)	97
1.3. Системы коммерческого и технического учета	98
1.4. Лабораторные информационные системы (ЛИМС)	99
Глава 2. Уровень управления производственными активами и инфраструктурой: цифровые двойники труб и машин	100
2.1. Геоинформационные системы (ГИС)	101
2.2. Системы управления надежностью и техническим обслуживанием и ремонтом (ТОиР/EAM)	102
2.3. Системы управления аварийно-диспетчерскими службами	103
2.4. Системы управления транспортом и логистикой (TMS)	104
2.5. Системы автоматизированного проектирования и информационного моделирования (САПР/ТИМ/ВИМ)	105
Глава 3. Уровень управления предприятием АСУП: где данные становятся стратегией	106
3.1. Системы управления ресурсами предприятия (ERP)	107
3.2. Системы электронного документооборота (СЭД)	108
3.3. Системы управления взаимоотношениями с клиентами (CRM) и клиентские сервисы. . .	108
3.4. Системы бизнес-аналитики (BI) и управления эффективностью	109
Глава 4. Обеспечивающие сквозные системы: фундамент невидимого города	110
4.1. Системы информационной безопасности (ИБ)	111
4.2. Интеграционные и платформенные системы	112
4.3. Инженерные системы обеспечения	113
Список литературы	114
Выводы	116
Послесловие: взгляд за горизонт	118



ВВЕДЕНИЕ

ВКХ является одной из наиболее капиталоемких и социально значимых отраслей городской инфраструктуры. На протяжении десятилетий системы ВиВ проектировались и эксплуатировались в парадигме «инженерной надёжности», предполагавшей значительные запасы по мощности и реактивный подход к устранению неисправностей. Однако совокупность глобальных вызовов XXI века – рост урбанизации, изменение климата, ужесточение экологических нормативов и хроническое недофинансирование реновации сетей – сделала традиционную модель управления несостоятельной. Потери воды в распределительных сетях многих городов мира достигают 30–50 %, энергоэффективность насосного и очистного оборудования остаётся низкой, а время реакции на аварийные инциденты измеряется часами, а не минутами.

Цифровая трансформация открывает перед отраслью принципиально иные возможности. Конвергенция информационных (IT) и операционных (OT) технологий, развитие промышленного интернета вещей (IIoT), облачных вычислений и искусственного интеллекта позволяют перейти от разрозненной автоматизации отдельных процессов к созданию единого киберфизического организма – «цифрового водоканала», в котором каждый насос, каждая задвижка и каждый метр трубы становятся частью интеллектуальной, самообучающейся системы.

Несмотря на значительный объём научных публикаций и успешных пилотных проектов в области «умного» водоснабжения, в настоящее время отсутствует общепризнанная архитектурная рамка, которая объединила бы все уровни управления – от локальной автоматики до корпоративной бизнес-аналитики – в единую, внутренне непротиворечивую Техническую политику. Предшествующие исследования, как правило, фокусируются на отдельных технологических аспектах (цифровые двойники, SCADA, системы учёта), не предлагая целостного подхода к их интеграции и не формулируя методологических принципов, которыми должны руководствоваться эксплуатанты при планировании инвестиций в цифровизацию.

Настоящая работа призвана восполнить этот пробел.

Главная идея заключается в том, что цифровая трансформация водоканала не сводится к замене устаревшего оборудования на «умные» аналоги, а представляет собой фундаментальную смену парадигмы управления, при которой данные, извлекаемые в реальном времени из всех элементов инфраструктуры, становятся основой для принятия решений на оперативном, тактическом и стратегическом уровнях.

Целью данной работы является систематизация и обобщение современных научно-технических достижений в области цифровой трансформации предприятий ВиВ для формирования целостной Технической политики, определяющей архитектурные принципы, технологические приоритеты и этапность перехода к проактивной, предиктивной и регенеративной модели управления водными ресурсами.





УРОВЕНЬ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ И АСУ ТП: НЕРВНАЯ СИСТЕМА ГОРОДА

Вода всегда была терпеливым архитектором цивилизации. Она текла по акведукам Древнего Рима, вращала колёса первых мануфактур и, наконец, скрылась в лабиринтах подземных труб, став невидимой артерией современных мегаполисов. Мы привыкли не замечать её работы, пока кран не издаст сиплый звук пустоты. Однако к середине XXI века профессиональное сообщество пришло к консенсусу: вода не может оставаться невидимкой – она должна стать измеряемой, прогнозируемой и управляемой.

Начало этому было положено на фундаментальном уровне – там, где вода встречается с металлом, электричеством и волей оператора – на уровне диспетчеризации и автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП). Сегодня это не просто набор контроллеров и датчиков, а нервная система города, способная фиксировать малейшие отклонения и предвидеть критические события задолго до их развития.





1.1. Системы управления технологическими процессами (АСУ ТП)

Долгое время АСУ ТП оставались консервативной областью, где доминировали ПИД-регуляторы, настроенные на стабильность, близкую к ригидности. Концепция Индустрии 4.0 трансформировала локальные шкафы автоматики в распределённый интеллект. Программируемые логические контроллеры (ПЛК) перестали быть просто исполнителями жёстких алгоритмов – они обрели способность к обучению и прогнозу.

Как показали исследования иранских учёных [1] (2025), агентный искусственный интеллект (Agentic AI) переводит управление с режима «Copilot» (помощник оператора) в режим «Autopilot». Это не просто автоматизация рутины, а смена парадигмы: система самостоятельно принимает решения в рамках заданных целей, например, минимизируя затраты на аэрацию при гарантированном качестве стоков. На станции Хенриксдаль (Швеция) внедрение обратной связи по аммонии в стандартный ПИД-контур, выполненное шведскими инженерами [2] (2015), позволило снизить энергопотребление на аэрацию на 7–19 % без ухудшения качества очистки; срок окупаемости составил от одного месяца до четырёх лет в зависимости от масштаба линии [2].

Ключевым трендом становится переход от реактивного обслуживания к предиктивному. Датчики вибрации на критически важных насосах и воздуходувках непрерывно анализируют механическое состояние агрегатов. Данные о наработке, спектральный анализ вибраций и температура подшипников не архивируются пассивно, а, в соответствии с концепцией, предложенной датскими специалистами [3] (2016), напрямую передаются в ЕАМ-системы, инициируя заказ наряда на ремонт до того, как оператор заметит отклонение. Для большинства водоканалов это пока уровень проектных решений, однако императив обязательной интеграционной зрелости уже зафиксирован в технических политиках лидеров отрасли. Цель – свести к нулю незапланированные простои оборудования, цена которых измеряется миллионами кубометров неочищенных стоков.

Особое место в архитектуре АСУ ТП занимает интеллектуальное управление насосными станциями. Вместо грубого включения/выключения по уровню в резервуаре системы будущего, опираясь на прогнозы потребления (см. раздел 1.3), плавно регулируют производительность насосов с помощью частотных преобразователей. Нидерландские исследователи [4] (2016) продемонстрировали, что прогностическое управление (Aquasuite®-OPIR) снижает колебания производственного потока на 80 % по сравнению с классическим регулированием по уровню, уменьшает удельное энергопотребление на 5,3 % и, что критически важно для качества воды, снижает среднюю мутность на 19 % [4].





1.2. Системы диспетчерского контроля и управления (SCADA)

Если АСУ ТП – это рефлексы и мышцы, то SCADA – органы чувств и кора головного мозга водоканала. Эра статичных мнемосхем уходит в прошлое; современный центр диспетчеризации напоминает Центр управления полётами NASA, с той разницей, что объект управления простирается под землёй на сотни километров.

Интеграция с Интернетом вещей (IoT) превратила SCADA в систему, работающую с большими данными в реальном времени. Согласно обзору южноафриканских учёных [5] (2024), будущее за гибридными архитектурами связи: критически важные данные передаются по оптоволокну и 5G, а удалённые датчики давления и уровня используют энергоэффективные сети LoRaWAN или NB-IoT с автономностью батарей до 10 лет [5]. Это позволило охватить мониторингом не только крупные узлы, но и тысячи распределённых точек: пожарные гидранты, колодцы на периферии сети, дождеприёмники.

Главный прорыв лежит в области аналитики. SCADA перестала быть просто сборщиком данных, превратившись в когнитивный интерфейс. Вместо лавины графиков и цифр оператор видит единый дашборд «здоровья системы». Машинное обучение, работающее в ядре SCADA, обучено распознавать норму. Австрийские разработчики [6] (2016) в проекте мониторинга реки Ганг во время Кумбха Мелы использовали многопараметрические зонды (фирмы S:: CAN Messtechnik GmbH) в сочетании с алгоритмами самообучения, что позволило обнаруживать загрязнения в реальном времени, сравнивая текущий спектр поглощения UV–Vis с архивной моделью. Аналогичные подходы на основе автоэнкодеров и анализа главных компонент успешно применяются для обнаружения скрытых утечек в сетях Сингапура и Калифорнии: британские исследователи [7] (2014) показали, что место аварии локализуется с точностью до 10 метров в течение 24 часов [7].

Безопасность распределённой нервной системы – первостепенная задача. Инцидент в Марручи Шир (Австралия) в 2000 году, когда бывший сотрудник через радиоканал вызвал массовый сброс неочищенных стоков, стал холодным душем для индустрии [3]. Сегодня, как подчёркивается в работах американских экспертов [8] (2020), архитектура SCADA предусматривает глубококшелонированную защиту: от шифрования каналов связи до систем обнаружения вторжений (IDS/IPS), адаптированных под протоколы промышленных сетей [8].





1.3. Системы коммерческого и технического учета

Водомерный узел долгое время оставался «чёрным ящиком», куда заглядывали лишь раз в месяц. Цифровая трансформация превратила его в высокоточный диагностический прибор.

Учёт электроэнергии (АСКУЭ). Взаимосвязь воды и энергии стала измеримой и управляемой. Австрийские исследователи [9] (2025) с помощью оценки жизненного цикла (LCA) показали, что до 80 % углеродного следа городского водного цикла приходится на нагрев воды в домохозяйствах, а не на её транспортировку или очистку [9]. Интеграция АСКУЭ с гидравлической моделью позволяет планировать работу насосных станций не только по тарифам на электроэнергию, смещая нагрузку на ночь, но и с учётом углеродоёмкости сети в конкретный момент. В ряде европейских предприятий это привело к сокращению расходов на электроэнергию на 7–12 %.

Учёт воды (АСУВ). Механические крыльчатки уступили место ультразвуковым и электромагнитным расходомерам, не имеющим подвижных частей и сохраняющим точность на всём сроке службы, что особенно важно на малых расходах при скрытых протечках. Австралийские учёные [10] (2026) на примере Квинсленда показали, что переход на интеллектуальный учёт (AMI) позволил снизить удельное потребление воды с 156 до 133 литров на человека в сутки (экономия 15 %), в первую очередь за счёт оперативного обнаружения утечек на стороне клиента [10]. В масштабах региона это эквивалентно отсрочке строительства нового водозабора на десятилетия.

Биллинг и «умные» тарифы. Прозрачность данных породила доверие. «Шок от счёта» уходит в прошлое. Мобильные приложения, интегрированные с CRM, позволяют потребителю видеть почасовой расход, сравнивать его с соседними домохозяйствами (бенчмаркинг) и получать персонализированные советы по экономии. Португальские и испанские разработчики [11] (2023) сообщают, что внедрение платформы GoAigua с детализацией данных для 400 000 клиентов сократило обращения в колл-центр на 30 % и снизило долю неучтённой воды (NRW) [11].

Данные умных счётчиков стали ключом к оценке инфильтрации в канализационные сети. Датские специалисты [12] (2021) на примере Эльсинора показали, что сопоставление поквартирного потребления (Smart Meter) с измерениями расхода в коллекторе позволяет выделить «чистую» сточную воду и количественно оценить объём грунтовых вод, незаконно проникающих в сеть [12]. Это превращает ремонт коллекторов из «тушения пожаров» в экономически обоснованную инвестиционную программу.





1.4. Лабораторные информационные системы (ЛИМС)

Традиционная лаборатория с колбами и титрованием, куда курьер раз в сутки привозил пробы, перестала быть единственным источником истины о качестве воде. ЛИМС будущего – это распределённая сеть онлайн-анализаторов, работающих в реальном времени непосредственно в трубе или на станции водоподготовки.

Спектрофотометрические зонды, измеряющие UV–Vis спектр, позволяют определять содержание органических веществ (ХПК, БПК), нитратов и мутности с частотой до одного измерения в минуту без использования химических реагентов. Индийские исследователи [13] (2022) отмечают, что точность прогноза ХПК с помощью нейросетей на основе оптических данных достигает 97 % по сравнению с лабораторными анализами [13]. Это даёт возможность перейти от эпизодического контроля к непрерывному управлению дозированием коагулянта или озона, экономя 20–30 % реагентов.

Отдельный вызов – микробиология. Здесь пока нет метода, способного мгновенно заменить чашки Петри, однако, как подчёркивают датские эксперты [3], появление проточных цитометров и биосенсоров на основе РНК-амплификации приближает момент, когда сигнал о фекальном загрязнении будет получен в течение 10 минут, а не 24 часов. В условиях прямого повторного использования воды (Direct Potable Reuse) это становится критическим барьером безопасности.

Все данные с онлайн-датчиков стекаются в облачное хранилище ЛИМС, где проходят автоматическую валидацию и верификацию. Алгоритмы машинного обучения, обученные на тысячах эталонных лабораторных проб, непрерывно отслеживают дрейф датчиков и предупреждают о необходимости калибровки, решая главную проблему прошлого – недоверие операторов к необслуживаемым приборам.





УРОВЕНЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ АКТИВАМИ И ИНФРАСТРУКТУРОЙ: ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ТРУБ И МАШИН

Если диспетчеризация и АСУ ТП – это нервная система и рефлексы водоканала, то управление производственными активами – его скелет, мышцы и кровеносные сосуды. Именно здесь, в лабиринтах трубопроводов, в гудящих насосных станциях и в бесшумной работе очистных сооружений, материализуется обоснование надёжности. На протяжении десятилетий управление этим хозяйством напоминало работу врача без рентгена и истории болезни: поломки случались внезапно, ремонты проводились реактивно, а замена труб планировалась лишь по возрасту.

Цифровая эпоха предложила иной подход. Она не просто снабдила инженера данными, а создала полноценного цифрового двойника (Digital Twin) всей инфраструктуры – живое, постоянно обновляемое отражение реальности, способное предсказывать будущее и симулировать последствия любых решений. Итальянские исследователи [15] (2023) отмечают, что парадигма сместилась от «цифрового двойника как инструмента» к «цифровым водным сервисам» (Digital Water Services), где каждый актив имеет виртуальный аватар, взаимодействующий с другими в единой экосистеме [15].





2.1. Геоинформационные системы (ГИС)

Геоинформационная система прошлого представляла собой статичный электронный атлас: здесь труба, там колодец, тут задвижка. Сегодняшняя ГИС – это динамическая 4D-платформа (три пространственных измерения плюс время), объединяющая топологию, гидравлику и данные реального времени.

Цифровая модель сетей начинается с паспортизации. На смену ручной сверке бумажных архивов приходят роботизированные комплексы и дроны. В рамках немецкого проекта KaSyTwin, описанного международной группой исследователей [16] (2025), многосенсорные роботы с LiDAR и камерами автономно инспектируют канализационные коллекторы, создавая облака точек и выявляя деформации сечения с точностью до миллиметра [16]. Эти данные автоматически обновляют геометрическую основу цифрового двойника, позволяя отслеживать деформацию трубы задолго до обрушения.

Истинная магия начинается с гидравлического моделирования в реальном времени – не раз в год, а ежедневно, а в критических точках – ежеминутно. Модель пересчитывает потоки и давления, опираясь на данные с тысяч умных счётчиков [10] и датчиков давления. Португальские и испанские разработчики [11] (2023) сообщают, что цифровой двойник сети Валенсии, построенный на платформе GoAigua, ежедневно симулирует поведение системы из более чем 20 000 узлов, позволяя оптимизировать работу 26 регуляторов давления (PRV) и сократить потери воды на 15 % [11]. Другой коллектив авторов [17] (2023) на примере Gaula WDN (остров Мадейра) показал, что применение цифрового двойника позволило снизить уровень неучтённой воды с катастрофических 79 % до целевых 42 %, а потенциальная годовая экономия оценивается в 165 тысяч евро только на одном этом участке [17].

Водоканалы будущего не ограничиваются моделированием «чистой» воды. Датские исследователи [12] (2021) продемонстрировали, что интеграция данных поквартирного учёта с гидравлической моделью канализационной сети позволяет с погрешностью не более 5–7 % предсказывать приток сточных вод в коллектор и, что важнее, вычленять аномалии – нелегальные врезки ливневой канализации или инфильтрацию грунтовых вод [12]. Это превращает борьбу с перегрузкой очистных сооружений во время дождей из лотереи в точную науку.





2.2. Системы управления надежностью и техническим обслуживанием и ремонтом (ТОиР/EAM)

Управление техническим обслуживанием и ремонтами долгое время финансировалось по остаточному принципу, а аварийные выезды занимали львиную долю времени бригад. Системы класса EAM (Enterprise Asset Management) меняют эту парадигму, ставя во главу угла надёжность и экономику жизненного цикла.

В основе современной EAM-системы лежит единый реестр оборудования, где у каждого насоса, задвижки или участка трубы есть не только паспорт, но и цифровая история: дата установки, наработка в часах, результаты вибродиагностики, данные о ремонтах и заменах. Как подчёркивают датские эксперты [3], ключ к эффективности – автоматизация сбора данных о наработке оборудования напрямую из SCADA. В зрелых цифровых водоканалах информация о том, что насос № 4 отработал 2000 часов с момента последнего ТО, не вводится вручную, а автоматически генерирует заказ-наряд в EAM-системе [15].

Подлинная революция связана с переходом от планово-предупредительных ремонтов (ППР) по календарю к предиктивному обслуживанию по состоянию. Датчики вибрации на критически важных агрегатах (центрифуги, воздухоподогреватели, насосы большой мощности) непрерывно анализируют спектр колебаний. Машинное обучение по едва заметному изменению в гармониках вибрации способно предсказать отказ подшипника за 2–4 недели до его фактического разрушения. Иранские учёные [1] (2025) показывают, что внедрение предиктивной аналитики на основе глубокого обучения снижает количество внеплановых остановок оборудования на 20–50 % и продлевает срок его службы на 15–25 % [1].

Управление запасами также обретает интеллект: система, зная график предстоящих ремонтов и прогнозируя отказы, автоматически формирует заявки на закупку запчастей, оптимизируя складские остатки. Интеграция EAM с ГИС и SCADA создаёт единое информационное пространство, где инженер видит не просто трубу, а её «цифровой паспорт»: материал, год укладки, историю аварий, текущее давление и прогнозируемую дату отказа. На этой основе строятся долгосрочные инвестиционные программы реновации сетей. Португальские специалисты [18] (2017) на примере EPAL (Лиссабон) демонстрируют, что целенаправленная замена лишь 1–2 % самых аварийных труб в год позволила за 8 лет сократить потери воды с 23,5 % до 7,8 % [18].





2.3. Системы управления аварийно-диспетчерскими службами

Если предотвратить аварию не удалось, на сцену выходит аварийно-диспетчерская служба (АДС). Цифровая трансформация превратила её в отлаженный механизм, где каждая секунда на счету.

Ключевое изменение – автоматизация регистрации и приоритизации инцидентов. Сегодня сигнал о проблеме может поступить не только от человека, но и от самой сети. Системы раннего предупреждения, анализирующие данные с датчиков давления и расхода, способны обнаружить крупную утечку или разрыв магистрали раньше, чем первый житель наберёт номер диспетчера. Британские исследователи [7] (2014) показали, что алгоритмы на основе байесовских сетей обнаруживают разрывы труб с точностью до 90 % и временем реакции менее 15 минут [7].

Второй элемент – интеллектуальная диспетчеризация бригад. Система, интегрированная с GPS/ГЛОНАСС-трекерами и данными о дорожной ситуации в реальном времени, автоматически назначает на заявку ближайшую бригаду с необходимыми компетенциями и оборудованием. Мобильное приложение бригадира получает полный цифровой контекст: карту подземных коммуникаций из ГИС с наложенной гидравлической моделью, показывающей, какие задвижки нужно перекрыть для локализации аварии с минимальным отключением потребителей.

Применение цифрового двойника в сочетании с оптимизационными процедурами, как показано в работе португальских и итальянских исследователей [19] (2022), позволяет не просто фиксировать отклонения, но и автоматически вырабатывать управляющие воздействия. На примере реального района водоснабжения в Лиссабоне (DMA 320) было продемонстрировано, что непрерывный мониторинг давления и мгновенный расчет оптимальных уставок для регуляторов давления (PRV) непосредственно в момент обнаружения аномалии сокращают суточный объем потерь воды на 15 %. При более широком внедрении таких решений потенциал экономии воды достигает 28 % [19].





2.4. Системы управления транспортом и логистикой (TMS)

Водоканал – это не только трубы и насосы, но и сотни единиц техники: от легковых автомобилей до тяжёлых илососов и экскаваторов. Управление этим парком традиционно велось «в тетрадке», что приводило к нецелевому расходу топлива, холостым пробегам и неоптимальным маршрутам. Системы управления транспортом (TMS) привносят логику, характерную для современных цифровых сервисов.

Мониторинг транспорта (GPS/ГЛОНАСС) сегодня стал стандартом, но в продвинутых хозяйствах он интегрирован с датчиками уровня топлива и тахографами, что позволяет анализировать стиль вождения, контролировать расход ГСМ и оптимизировать маршруты. По экспертным оценкам, внедрение комплексной TMS снижает затраты на топливо автопарка на 10–15 % и повышает коэффициент технической готовности техники за счёт своевременного ТО.

Отдельное направление – управление мобильными бригадами. Интеграция TMS с системой управления заявками (АДС) позволяет строить динамические маршруты: если бригада, завершившая аварию на одном конце города, освобождается, система может автоматически предложить ей попутную заявку на осмотр колодца или замену счётчика, минимизируя холостой пробег.

Логистика не ограничивается людьми. Управление перевозками грузов (иловый осадок с очистных сооружений на полигон, реагенты со склада на станции водоподготовки) также оптимизируется. Цифровые платформы позволяют отслеживать цепочку поставок в реальном времени, контролировать вес вывозимого осадка (интеграция с весовыми на полигоне) и автоматизировать формирование транспортных накладных в ERP-системе.





2.5. Системы автоматизированного проектирования и информационного моделирования (САПР/ТИМ/ВМ)

Исторически проектная документация по новым или реконструируемым объектам сдавалась в архив в виде рулонов бумаги и папок с PDF-файлами, что делало извлечение полезной информации для эксплуатации практически невозможным. Технологии информационного моделирования (ТИМ, или ВМ) призваны разрушить этот барьер.

ТИМ-модель – это не просто 3D-чертёж, а база данных, где каждый элемент (труба, задвижка, насос, датчик) имеет атрибуты: материал, производитель, серийный номер, дата установки, гарантийный срок, ссылка на руководство по эксплуатации. Сегодня ответственность за создание такой модели лежит на проектных и строительных организациях, но именно водоканал как будущий эксплуатант и заказчик должен формировать требования к её наполнению. В передовых проектах, например в Великобритании и Сингапуре, сдача объекта в эксплуатацию невозможна без валидированной цифровой модели, соответствующей стандартам COBie (Construction Operations Building Information Exchange) [20].

Передача такой модели в эксплуатацию означает, что в первый же день работы новой насосной станции у инженера есть полная цифровая копия объекта. Он может «кликнуть» на насос на экране и увидеть не только его текущие параметры (получаемые по OPC UA из SCADA), но и паспортные характеристики, историю ремонтов и даже 3D-схему разборки для проведения ТО. Это существенно ускоряет обучение персонала и повышает безопасность работ.

В перспективе, как отмечается в публикациях американских экспертов [8] (2020), ТИМ-модель становится ядром цифрового двойника всего жизненного цикла: на этапе проектирования она позволяет симулировать различные сценарии работы, на этапе строительства – контролировать сроки и объёмы, на этапе эксплуатации – служить интерфейсом для всех систем, описанных в предыдущих разделах. Это и есть воплощение принципа «единого источника правды» об активах.





УРОВЕНЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ АСУП: ГДЕ ДАННЫЕ СТАНОВЯТСЯ СТРАТЕГИЕЙ

Водоканал – это не только километры труб и мегаватты электроэнергии, но и сложная социально-экономическая система с многомиллионными бюджетами, значительным штатом сотрудников и обширной сетью контрагентов. На протяжении десятилетий «верхний этаж» управления, отвечающий за финансы, кадры и стратегию, существовал в информационном вакууме, отделённом от операционной реальности непроницаемой стеной ведомственных АСУ ТП. Решения о крупных инвестициях принимались на основе агрегированных отчётов, которые устаревали до того, как попадали на стол руководителя.

Цифровая трансформация третьего уровня – это история о том, как данные, рождённые в недрах SCADA и зафиксированные в EAM-системах, поднимаются вверх, чтобы стать основой для стратегического планирования, финансового моделирования и создания новой ценности для всех заинтересованных сторон. Это история о том, как водоканал перестаёт быть просто «поставщиком воды» и превращается в полноценную сервисную организацию будущего.





3.1. Системы управления ресурсами предприятия (ERP)

ERP-система (Enterprise Resource Planning) является центральным элементом корпоративного управления. В прошлом её внедрение в водоканалах часто оборачивалось болезненным процессом; примером служит громкий кейс National Grid US, где ошибки планирования и интеграции привели к многомиллионным убыткам [21]. Однако извлечённые уроки и эволюция облачных технологий кардинально изменили ландшафт. ERP будущего – это модульная, гибкая и, что критически важно, интегрированная с операционными системами (OT) платформа.

Бухгалтерский и налоговый учёт перестают быть «чёрным ящиком», куда данные вносятся вручную раз в месяц. Интеграция с системами коммерческого учёта (АСКУЭ, АСУВ) позволяет автоматически формировать счета-фактуры для десятков тысяч абонентов, а сопряжение с EAM – моментально списывать запчасти и материалы, использованные ремонтной бригадой, непосредственно из мобильного приложения. Время закрытия финансового периода сокращается с недель до нескольких дней, а достоверность отчётности повышается на порядок [21].

Управление персоналом и расчёт заработной платы (HRM) также обретают новое качество. Эпоха цифрового водоканала требует новых компетенций: data scientist, инженер по машинному обучению, специалист по кибербезопасности АСУ ТП. HRM-система должна не просто рассчитывать зарплату, но и управлять талантами, отслеживать прохождение обязательного обучения и сертификации, а также планировать карьерный рост ключевых сотрудников. Как отмечается в исследовании международной группы учёных [22] (2023), нехватка квалифицированных кадров, способных работать на стыке IT и OT, является одним из главных барьеров цифровой трансформации, и целенаправленная HR-стратегия становится конкурентным преимуществом [22].

Управление закупками и материально-техническим снабжением (МТС) трансформируется из процесса «поиска подешевле» в стратегию управления стоимостью жизненного цикла. Данные из EAM и систем предиктивной аналитики позволяют прогнозировать потребность в запчастях на месяцы вперёд. Интеграция с юридически значимым электронным документооборотом (ЮЗЭДО) позволяет полностью перевести взаимодействие с поставщиками в цифровой формат.

Финансовое планирование и бюджетирование становятся динамическим процессом, основанным на данных. Вместо ежегодного утверждения жёсткого бюджета ERP-система позволяет строить гибкие финансовые модели, привязанные к ключевым операционным драйверам: объёму поданной воды, стоимости электроэнергии на оптовом рынке, прогнозируемому количеству аварий на сетях в зависимости от температуры грунта. Это позволяет руководству видеть не статичную картину, а «финансовый прогноз погоды» и принимать упреждающие решения о перераспределении ресурсов.





3.2. Системы электронного документооборота (СЭД)

Водоканал традиционно генерирует колоссальный объём документации: проектную и исполнительную документацию на сети, договоры с абонентами, акты выполненных работ, наряды-допуски. В нецифровом виде это тонны бумаги, которые невозможно эффективно хранить, искать и использовать для принятия решений.

СЭД будущего – это не просто электронный архив, а система управления контентом и бизнес-процессами. Ключевые изменения касаются трёх аспектов. Во-первых, электронный архив технической документации становится неотъемлемой частью цифрового двойника. Проектная ТИМ-модель (см. раздел 2.5), исполнительные схемы, паспорта на оборудование – всё это хранится в СЭД и связывается с конкретным объектом на ГИС-карте. Инженер в один клик может «поднять» всю историю строительства и ремонтов. Опыт австралийских специалистов [14] (2018) по созданию Spatial Hub (пространственного центра) показывает сокращение времени поиска информации на 70 % и минимизацию рисков, связанных с неполнотой данных [14].

Во-вторых, юридически значимый электронный документооборот (ЮЗЭДО) с контрагентами и абонентами ускоряет бизнес-процессы в разы: подписание договора, которое раньше занимало недели из-за почтовых пересылок, теперь происходит за несколько часов. Акты выполненных работ подписываются на месте с планшета бригадира.

В-третьих, управление регламентами и нормативной документацией автоматизируется: СЭД отслеживает жизненный цикл внутренних стандартов и инструкций, автоматически рассылает уведомления о необходимости их актуализации и подтверждает ознакомление сотрудников. Это критически важно для соблюдения требований промышленной безопасности и экологического законодательства.



3.3. Системы управления взаимоотношениями с клиентами (CRM) и клиентские сервисы

Ранее единственным сообщением от водоканала была квитанция. Сегодня водоканал общается с клиентом на его языке и через привычные ему каналы. CRM-система, интегрированная с геоинформационной системой (ГИС) и SCADA, становится центром персонализированного сервиса.

При плановом отключении воды система автоматически формирует список абонентов, попадающих в зону отключения, и отправляет им SMS или Push-уведомление с точным временем начала и окончания работ. При аварии на магистрали клиент, позвонивший в диспетчерскую, слышит не «ваша заявка зарегистрирована», а «мы знаем о проблеме в вашем районе, аварийная бригада уже в пути, ориентировочное время восстановления – 2 часа». Такая проактивная позиция, реализованная австралийскими специалистами [14] (2018), позволила сократить количество обращений на 40 % и повысить индекс потребительской лояльности (NPS) на 15 пунктов [14].



Омниканальность становится стандартом: чат-боты на базе генеративного ИИ обрабатывают до 70 % типовых запросов (передать показания, узнать тариф, скачать квитанцию) в любое время суток, освобождая операторов для решения действительно сложных ситуаций, требующих эмпатии и глубокого знания инфраструктуры.



3.4. Системы бизнес-аналитики (BI) и управления эффективностью

Бизнес-аналитика (Business Intelligence, BI) – это вершина пирамиды управления, где сырые данные превращаются в мудрость, а отчёты – в предвидение. Долгое время BI в водоканалах сводилась к статичным отчётам в Excel, отражавшим картину месячной давности. Современные BI-платформы – это динамические когнитивные инструменты, работающие в реальном времени.

Фундаментом BI является единое хранилище данных (Data Warehouse / DWH). Сюда стекаются данные из всех систем: из SCADA и АСУВ, из EAM и TMS, из ERP и CRM. Специалисты по данным очищают, структурируют и обогащают эти потоки, создавая «единый источник правды». Витрины данных (Data Marts), настроенные под конкретные задачи, позволяют руководителям разного уровня получать именно ту информацию, которая им нужна.

Ключевые показатели эффективности (KPI) перестают быть абстрактными цифрами в годовом отчёте и визуализируются на интерактивных дашбордах, обновляемых ежедневно или даже ежечасно. Генеральный директор видит на своём планшете «пульс» предприятия: удельный расход электроэнергии на кубометр поданной воды (кВтч/м³), уровень потерь (%), индекс удовлетворённости клиентов (NPS), процент выполнения инвестиционной программы. Любое отклонение от целевого коридора подсвечивается, позволяя мгновенно найти первопричину.

Переход от дескриптивной аналитики (что произошло) к предиктивной (что произойдёт) и предскриптивной (что делать) открывает новые возможности. Например, система, анализируя многолетние данные о стоимости электроэнергии, прогнозе погоды и плановых ремонтах сетей, может предсказать пиковые финансовые нагрузки на бюджет и предложить оптимальные стратегии хеджирования. Или, сопоставляя данные о возрасте и материале труб с историей аварий, BI-система выдаёт ранжированный список участков сети, замена которых даст максимальный эффект с точки зрения снижения рисков на вложенный рубль.

Важным аспектом становится оценка совокупной стоимости владения активами (Total Cost of Ownership, TCO). BI-система позволяет сравнивать не только капитальные затраты (CAPEX) на строительство объекта, но и прогнозируемые операционные расходы (OPEX) на его 50-летнюю эксплуатацию. Австрийские исследователи [9] (2025) с помощью методологии оценки жизненного цикла (LCA) показывают, что подобный подход позволяет снизить совокупную стоимость владения инфраструктурой на 15–20 % [9].

Наконец, BI-система упрощает формирование регламентной отчётности для органов власти: специалист формирует отчёт нажатием одной кнопки, а данные при этом верифицированы и прослеживаемы до первичного источника, что исключает ошибки и манипуляции.





ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ СКВОЗНЫЕ СИСТЕМЫ: ФУНДАМЕНТ НЕВИДИМОГО ГОРОДА

Мы поднялись по ступеням цифровой пирамиды водоканала: от нервных окончаний датчиков и рефлексов АСУ ТП, через мускулатуру управления активами, к мозгу корпоративного разума. Но любая, даже самая совершенная иерархия рассыплется без прочного фундамента. В мире цифрового водоканала этот фундамент состоит из трёх несущих конструкций: систем информационной безопасности, интеграционных платформ и инженерной инфраструктуры. Они невидимы для потребителя, но именно они определяют, устоит ли водоканал перед кибератакой, сможет ли масштабировать свои сервисы и не погрузится ли в цифровую тьму при отключении электричества.





4.1. Системы информационной безопасности (ИБ)

Вода всегда была стратегическим ресурсом, а водоканал – объектом критической информационной инфраструктуры (КИИ). Если в прошлом веке главной угрозой был физический доступ злоумышленника к резервуару с хлором, то сегодня поле боя переместилось в киберпространство. Уроки инцидента в Марручи Шир (Австралия) в 2000 году [3] и попытки отравления воды на станции в Олд-смаре (Флорида) в 2021 году заставили отрасль пересмотреть подходы к безопасности. Цифровой водоканал будущего – это крепость, где каждый байт данных и каждая команда управления защищены многоуровневым периметром.

Идентификация и аутентификация начинаются с отказа от единого пароля. Доступ к SCADA, ERP или ГИС строго персонифицирован и требует многофакторной аутентификации (MFA). Интеграция с государственными системами, такими как ЕСИА, позволяет управлять доступом внешних подрядчиков, не создавая для них «вечных» учётных записей.

Средства антивирусной защиты эволюционировали от сигнатурного анализа к системам класса Endpoint Detection and Response (EDR), которые непрерывно анализируют поведение процессов на серверах и рабочих станциях, выявляя аномалии, характерные для целенаправленных атак. Межсетевые экраны нового поколения (NGFW) сегментируют сеть на изолированные зоны: корпоративная сеть, технологическая сеть АСУ ТП, сеть IoT-устройств. Любой межзональный трафик проходит глубокий анализ пакетов (DPI), чтобы исключить передачу вредоносного кода. Системы обнаружения и предотвращения вторжений (IDS/IPS), настроенные на протоколы промышленных сетей (Modbus TCP, OPC UA, Profinet), отслеживают попытки отправить некорректные команды на ПЛК.

Защита каналов связи с удалёнными объектами требует шифрования данных (AES-256) и использования виртуальных частных сетей (VPN). Исследования в области квантовой криптографии рассматриваются как перспективный метод защиты магистральных каналов.

Резервное копирование и восстановление – критически важный элемент: «золотые» образы виртуальных машин, ежедневные и еженедельные резервные копии баз данных, репликация данных в геораспределённый ЦОД гарантируют, что даже при полном выходе из строя основного центра обработки данных водоканал сможет восстановить управление в течение часов, а не дней.

Контроль доступа к объектам и помещениям (СКУД) интегрируется в общую систему безопасности. Доступ в серверную, на территорию водозабора или в диспетчерский пункт осуществляется по биометрии или смарт-картам. Система ведёт журнал событий, который коррелирует с событиями в IT-системах. Если инженер физически вошёл в машинный зал, а через минуту в SCADA была изменена уставка давления, система безопасности сгенерирует легитимное событие; если же изменение произошло удалённо без физического доступа – это повод для немедленного расследования.

Как подчёркивается в аналитическом обзоре международной группы учёных [22] (2023), обеспечение кибербезопасности становится не просто технической, а управленческой задачей, требующей постоянного обучения персонала и внедрения культуры «цифровой гигиены» на всех уровнях – от оператора до генерального директора [22].





4.2. Интеграционные и платформенные системы

В предыдущих главах описаны десятки специализированных систем: SCADA, ГИС, EAM, ERP, CRM, LIMS... Каждая из них – сложный программный продукт, часто от разных вендоров, со своей логикой, форматами данных и протоколами обмена. Без продуманной интеграционной стратегии этот «зоопарк» рискует превратиться в набор разрозненных «островов автоматизации», где данные дублируются, противоречат друг другу и не могут быть использованы для принятия комплексных решений. Интеграционная платформа – это клей, который связывает цифровой водоканал воедино.

Сердцем интеграции является интеграционная шина (Enterprise Service Bus, ESB) или более современный API-шлюз – программный слой, обеспечивающий маршрутизацию, трансформацию и оркестровку потоков данных между системами. Событие «закрыта заявка на ремонт насоса» в EAM-системе порождает несколько действий: обновить статус актива в ГИС, списать запчасти в ERP, уведомить диспетчера в SCADA. Интеграционная шина берёт на себя эту логику, обеспечивая гарантированную доставку сообщений и согласованность данных.

Единое хранилище данных (DWH) и витрины данных, описанные в разделе 3.4, также являются частью интеграционной платформы. Они служат приёмником для всех «сырых» и обработанных данных. Современные DWH строятся по принципу Data Lakehouse, позволяя хранить как структурированные данные из ERP, так и неструктурированные – например, записи с камер видеонаблюдения или спектры вибрации насосов.

Особую роль играют системы управления мастер-данными (MDM). В любой крупной организации возникает проблема «золотой записи»: один и тот же контрагент может быть заведён в ERP, CRM и EAM под разными названиями. MDM-система выявляет дубликаты, устанавливает связи и создаёт единый, непротиворечивый справочник контрагентов, номенклатуры материалов, объектов инфраструктуры. Именно чистота мастер-данных определяет достоверность любой аналитики. Как показывает практика, затраты на внедрение MDM окупаются за счёт повышения качества данных и снижения трудозатрат на их ручную сверку в 3–5 раз [22].

Единые панели мониторинга (дашборды) являются «лицом» интеграционной платформы для высшего руководства, агрегируя ключевые показатели из всех систем в реальном времени и позволяя видеть целостную картину.

Платформы корпоративных коммуникаций (почта, мессенджеры, IP-телефония) также глубоко интегрируются в цифровой ландшафт. Запись телефонного разговора с абонентом автоматически прикрепляется к его карточке в CRM. Чат-бот в корпоративном мессенджере позволяет сотруднику в поле запросить данные о давлении в ближайшей точке сети или создать заявку в EAM, не обращаясь в диспетчерскую.





4.3. Инженерные системы обеспечения

Программное обеспечение и данные существуют лишь благодаря физической инфраструктуре: серверам, коммутаторам, волоконно-оптическим линиям. Обеспечение их бесперебойной работы – задача инженерных систем, которые сами становятся объектом «умного» управления.

Ключевым элементом являются системы бесперебойного и гарантированного электропитания (ИБП / UPS). Для серверных и узлов связи это сложный комплекс, включающий мощные ИБП с двойным преобразованием напряжения, дизель-генераторные установки (ДГУ) с автоматическим запуском и системы мониторинга качества электроэнергии. Водоканал будущего рассматривает энергоснабжение ЦОД как такой же критический процесс, как и подачу воды. Датчики отслеживают уровень заряда батарей, остаток топлива в ДГУ, температуру в помещениях; вся эта информация стекается в общую SCADA, позволяя прогнозировать время автономной работы и планировать сервисное обслуживание.

Мониторинг микроклимата в серверных и диспетчерских пунктах автоматизирован: прецизионные кондиционеры поддерживают заданные температуру и влажность, предотвращая перегрев оборудования. Датчики протечки воды, установленные под фальшполом, мгновенно подают сигнал тревоги при малейшей аварии системы охлаждения.

Системы охлаждения становятся более эффективными за счёт технологий фрикулинга (использование холодного наружного воздуха в зимнее время), что позволяет на 30–40 % снизить энергопотребление систем кондиционирования ЦОД. Это вносит вклад в общую стратегию водоканала по снижению углеродного следа.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hosseini S. The role of agentic AI in shaping a smart future: A systematic review / S. Hosseini, H. Seilani // Array.– 2025. – Vol. 26. – P. 100399. DOI: 10.1016/j.array.2025.100399. URL: <https://doi.org/10.1016/j.array.2025.100399>
2. Amand L. Lessons Learned from Implementing Ammonium Controllers at Three Full-scale Plants / L. Amand; в составе кн.: Smart Water Utilities: Complexity Made Simple / P. Ingildsen, G. Olsson. – London: IWA Publishing, 2016. – Pp. 237–240. ISBN9781780407586. URL: <https://doi.org/10.2166/9781780407586>.
3. Ingildsen P. Smart Water Utilities: Complexity Made Simple / P. Ingildsen, G. Olsson. – London: IWA Publishing, 2016.– 304 p. ISBN9781780407586. URL: <https://doi.org/10.2166/9781780407586>
4. Bakker M. Predictive Control of a Drinking Water Supply System in the Netherlands / M. Bakker; в составе кн.: Smart Water Utilities: Complexity Made Simple / P. Ingildsen, G. Olsson. – London: IWA Publishing, 2016. – Pp. 246–249. ISBN9781780407586. URL: <https://doi.org/10.2166/9781780407586>
5. Okoli N.J. Building a Smart Water City: IoT Smart Water Technologies, Applications, and Future Directions / N.J. Okoli, B. Kabaso // Water.– 2024. – Vol. 16, № 4. – P. 557. DOI: 10.3390/w16040557. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4441/16/4/557>.
6. Raich-Montiu J. Real-time Monitoring of the Ganges River Basin During Kumbh Mela Ceremony / J. Raich-Montiu, F. Edthofer, R. Wurm, A. Weingartner; в составе кн.: Smart Water Utilities: Complexity Made Simple / P. Ingildsen, G. Olsson. – London: IWA Publishing, 2016. – Pp. 194–199. ISBN9781780407586. URL: <https://doi.org/10.2166/9781780407586>
7. Romano M. Automated Detection of Pipe Bursts and Other Events in Water Distribution Systems / M. Romano, Z. Kapelan, D.A. Savić // Journal of Water Resources Planning and Management.– 2014. – Vol. 140, № 4. – Pp. 457–467. DOI: 10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000339. URL: https://ore.exeter.ac.uk/articles/journal_contribution/Automated_Detection_of_Pipe_Bursts_and_other_Events_in_Water_Distribution_Systems/29697953/1/files/56706158.pdf
8. Daigger G.T. The Future of Water: A collection of essays on «disruptive» technologies that may transform the water sector in the next 10 years / G.T. Daigger, N. Voutchkov, U. Lall, W. Sarni // Solutions.– 2020. DOI: 10.18235/0001666. URL: <https://publications.iadb.org/en/future-water-collection-essays-disruptive-technologies-may-transform-water-sector-next-10-years?eloutlink=imf2adb>
9. Hajibabaei M. How sustainable is digitalization in urban water infrastructure? A life cycle assessment of the implementation of smart water meters / M. Hajibabaei [et al.] // AQUA – Water Infrastructure, Ecosystems and Society.– 2025. – Vol. 74, № 10. – Pp. 677–693. DOI: 10.2166/aqua.2025.032. – URL: <https://iwaponline.com/aqua/article-pdf/doi/10.2166/aqua.2025.032/1594557/jws2025032.pdf>
10. Koech R. Smart water meter adoption: drivers, barriers, and opportunities for enhanced water management / R. Koech, P. Langat, B. Taylor, S. Jinadasa, B. Makwana, S. Chepkuri // Australian Journal of Water Resources.– 2026. – Pp. 1–13. DOI: 10.1080/13241583.2026.2648884. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13241583.2026.2648884#d1e314>
11. Ramos H.M. Smart Water Grids and Digital Twin for the Management of System Efficiency in Water Distribution Networks / H.M. Ramos [et al.] // Water.– 2023. – Vol. 15, № 6. – P. 1129. DOI: 10.3390/w15061129. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/6/1129>



12. Lund N.S.V. Feasibility of using smart meter water consumption data and in-sewer flow observations for sewer system analysis: a case study / N. S.V. Lund [et al.] // Journal of Hydroinformatics – 2021. – Vol. 23, № 4. – Pp. 795–812. DOI: 10.2166/hydro.2021.237. URL: <https://iwaponline.com/jh/article-pdf/23/4/795/910089/jh0230795.pdf>
13. Krishnan S.R. Smart Water Resource Management Using Artificial Intelligence—A Review / S.R. Krishnan [et al.] // Sustainability.— 2022. – Vol. 14, № 20. – Pp. 13384. DOI: 10.3390/su142013384. URL: <https://doi.org/10.3390/su142013384>
14. The Digital Utility of the Future / Global Water Research Coalition. Water Services Association of Australia (WSAA): 2021. URL: <https://globalwaterresearchcoalition.net/wp-content/uploads/2023/05/Digital-Water-Utility-of-the-Future-Final.pdf>
15. Ciliberti F.G. From digital twin paradigm to digital water services / F.G. Ciliberti [et al.] // Journal of Hydroinformatics.— 2023. – Vol. 25, № 6. – Pp. 2444–2459. DOI: 10.2166/hydro.2023.237. URL: <https://iwaponline.com/jh/article-pdf/25/6/2444/1335723/jh0252444.pdf>
16. Hartmann S. Digital-twin-based management of sewer systems: Research strategy for the KaSyTwin project / S. Hartmann [et al.] // Water.— 2025. – Vol. 17, № 3. – P. 299. DOI: 10.3390/w17030299. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4441/17/3/299>
17. Ramos H.M. Are digital twins improving urban-water systems efficiency and sustainable development goals? / H.M. Ramos [et al.] // Urban Water Journal.— 2023. – Vol. 20, № 8. – Pp. 1–13. DOI: 10.1080/1573062X.2023.2180396. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1573062X.2023.2180396>
18. Sardinha J. et al. Active water loss control. 2nd edn. EPAL Technical Editions / J. Sardinha, F. Serranito, A. Donnelly, V. Marmelo, P. Saraiva, N. Dias, R. Guimaraes, D. Morais, V. Rocha. – Lisbon: EPAL, 2017. URL: <https://www.epal.pt/EPAL/docs/default-source/epal/technical-editions/active-water-loss-control.pdf?sfvrsn=6>
19. Ramos H.M. New challenges towards smart systems' efficiency by digital twin in water distribution networks / H.M. Ramos, M.C. Morani, A. Carravetta, O. Fecarotta, K. Adeyeye, P.A. Lopez-Jimenez, M. Perez-Sanchez // Water.— 2022. – Vol. 14, № 9. – P. 1304. DOI: 10.3390/w14091304. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4441/14/8/1304>
20. British Standards Institution. PAS1192–2:2013. Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling. – London: BSI, 2013.
21. Boyle C. Digital transformation in water organizations / C. Boyle [et al.] // Journal of Water Resources Planning and Management.— 2022. – Vol. 148, № 7. – Pp. 03122001. DOI: 10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001555. URL: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0001555](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001555)
22. Daniel I. A survey of water utilities' digital transformation: drivers, impacts, and enabling technologies / I. Daniel [et al.] // npj Clean Water.— 2023. – Vol. 6. – P. 51. DOI: 10.1038/s41545-023-00265-7. URL: <https://doi.org/10.1038/s41545-023-00265-7>



Выводы

Проведённое исследование, охватившее все уровни цифровой пирамиды водоканала – от полевых датчиков АСУ ТП до корпоративной бизнес-аналитики и кибербезопасности – позволяет сделать ряд принципиальных заключений, суммирующих достигнутые результаты и определяющих направления дальнейшего движения.

1. Цифровая трансформация водоканала перестала быть дискуссионной концепцией и превратилась в объективную технологическую реальность. Материалы, проанализированные в рамках настоящей работы, убедительно демонстрируют, что интеграция информационных (IT) и операционных (OT) технологий ведёт к радикальному повышению эффективности использования водных и энергетических ресурсов. Сокращение эксплуатационных затрат на 15–30 %, снижение потерь воды до целевых 5–10 % и кратное уменьшение времени реакции на аварийные инциденты – это не прогнозы, а документально подтверждённые результаты, достигнутые на реальных объектах как в развитых, так и в развивающихся регионах мира.
2. Центральным элементом архитектуры цифрового водоканала становится цифровой двойник (Digital Twin) – живая, непрерывно синхронизируемая с реальностью модель всей технологической цепочки. Именно цифровой двойник, объединяющий данные ГИС, SCADA, EAM-систем и интеллектуального учёта, позволяет перейти от планово-предупредительных ремонтов к предиктивному обслуживанию по фактическому состоянию, прогнозировать отказы оборудования за несколько недель до их наступления и моделировать последствия любых управленческих решений без риска для реальной инфраструктуры.
3. Искусственный интеллект сегодня выступает катализатором всех изменений, однако его роль в водной отрасли находится на этапе быстрого перехода от «пилота» к «промышленной эксплуатации». В настоящий момент машинное обучение и нейросетевые алгоритмы обеспечивают решение отдельных, хотя и критически важных, задач: предиктивная аналитика состояния насосов, автоматическое обнаружение утечек по спектральным характеристикам, оптимизация дозирования реагентов и прогнозирование качества воды. Перспектива ближайших 5–10 лет связана с развитием агентного искусственного интеллекта (Agentic AI), способного не только рекомендовать, но и самостоятельно принимать операционные решения в замкнутом контуре управления, балансируя множество противоречивых критериев – от минимизации углеродного следа до экономической эффективности.
4. Человеческий фактор остаётся одновременно главным драйвером и основным барьером цифровой трансформации. Дефицит кадров, владеющих междисциплинарными компетенциями на стыке гидравлики, IT и науки о данных, тормозит внедрение даже готовых технологических решений. В этой связи Техническая политика должна в обязательном порядке включать HR-стратегию, направленную на развитие цифровой культуры персонала, системное обучение операторов и инженеров, а также формирование новых профессиональных ролей – data scientist, специалист по кибербезопасности АСУ ТП, интеграционный архитектор.
5. Кибербезопасность из вспомогательной функции превратилась в фундаментальное условие существования цифрового водоканала. Уроки инцидентов на объектах критической информационной инфраструктуры показывают, что защита промышленных протоколов, сегментация сетей и постоянный мониторинг аномалий не могут быть «добавлены потом» – они должны быть встроены в архитектуру любой цифровой системы на этапе её проектирования.



6. Практическая значимость выполненной работы заключается в создании целостного, структурированного по уровням управления документа, который может служить основой для разработки корпоративных стратегий цифровизации водоканалов различного масштаба. Предложенная классификация систем, методологические принципы интеграции и обобщённые показатели эффективности (конкретные цифры снижения потерь, экономии энергии, повышения надёжности) позволяют лицам, принимающим решения, не только оценить текущий уровень цифровой зрелости своего предприятия, но и выстроить обоснованную инвестиционную программу с измеримыми KPI.
7. Направления дальнейших исследований должны быть сконцентрированы на нескольких прорывных областях. Во-первых, необходима апробация агентного ИИ в реальных контурах управления водоснабжением и водоотведением с оценкой его надёжности и безопасности. Во-вторых, актуальна разработка отраслевых стандартов интеграции цифровых двойников на базе открытых протоколов (OPC UA, FIWARE), исключающих вендорскую зависимость. В-третьих, требует углублённого изучения вопрос применения квантово-устойчивых криптографических алгоритмов для защиты магистральных каналов передачи данных. Наконец, разрозненные успешные кейсы «умных» зон должны быть масштабированы до уровня полноценного «умного города», где водоканал выступает не изолированным объектом, а органичной частью единой, регенеративной городской экосистемы.

Подводя итог, можно с уверенностью утверждать, что водная отрасль стоит на пороге самого значительного преобразования за последние сто лет. Инструменты для этого преобразования уже созданы и доказали свою эффективность; задача профессионального сообщества – объединить технологическую зрелость с организационной волей, чтобы обеспечить устойчивое, справедливое и безопасное водоснабжение для будущих поколений.



Послесловие: ВЗГЛЯД ЗА ГОРИЗОНТ

Мы прошли путь от подземных глубин, где датчики вибрации слушают биение механических сердец, до залов заседаний советов директоров, где на стеклянных панелях дашбордов пульсирует финансовая душа предприятия. Цифровой водоканал – это уже реальность, строящаяся на наших глазах.

Будущее водоканала – это не замена труб на «умные трубы», а фундаментальная смена парадигмы управления: переход от реактивного «тушения пожаров» к проактивному управлению здоровьем всей экосистемы. Четыре уровня – диспетчеризация, активы, предприятие и сквозные системы – пронизаны единой нервной тканью данных, и в их синергии рождается новая сущность: киберфизический водоканал.

Ключевые выводы:

1. Интеграция ОТ и IT стала неизбежностью. Данные о вибрации насоса напрямую влияют на бюджет закупок запчастей и график ремонтов.
2. Цифровой двойник – это главный инженерный инструмент, позволяющий предвидеть отказы, оптимизировать давление и минимизировать потери воды. Экономия от целенаправленной реновации 1–2 % самых проблемных участков в год многократно перекрывает затраты на создание и поддержание двойника.
3. Клиент перестал быть просто «абонентом», превратившись в полноправного участника процесса управления водопотреблением.
4. Безопасность стала ценой существования: защита промышленных протоколов и постоянный мониторинг аномалий должны быть встроены в ДНК любой цифровой инициативы.

За горизонтом уже брезжат контуры следующего эволюционного скачка: агентный искусственный интеллект начинает самостоятельно договариваться о поставках энергии на оптовом рынке [1]; данные о концентрации вирусов в сточных водах становятся частью системы раннего предупреждения об эпидемиях, опережая клиническую картину на 5–7 дней [6]; цифровой водоканал интегрируется в «умный город», обмениваясь данными с энергетиками, транспортниками и метеорологами.

Финальная цель – создание регенеративной водной системы, где вода циркулирует в замкнутом цикле, отдавая тепло, удобрения и энергию, а слова «дефицит воды» и «загрязнение стоками» останутся лишь в учебниках истории.

