# **Приветствие**

Добрый день уважаемая комиссия, меня зовут Костюк Станислав выпускник группы БПЦ 21-01 и сейчас вам будет представлена моя выпускная квалификационная работа на тему «**Разработка универсального комплекта IoT устройств для автоматизированного управления водоснабжением в многоквартирных домах**».

# **Актуальность**

1. **МКД** — основа городского жилфонда, **требуют модернизации**
2. **Цифровизация** ЖКХ — **ключевой тренд**
3. **IoT-системы повышают прозрачность**, автоматизируют учёт и управление ресурсами
4. **Решение отвечает запросам жителей**, задачам энергоэффективности и стратегии умного города

**Стейкхолдеры:** жильцы, УК, ресурсоснабжающие организации, муниципалитеты, производители IoT, госструктуры.

# **Проблемы**

1. Устаревшая инженерная инфраструктура
2. Слабый контроль и отсутствие автоматизации
3. Ограниченные ресурсы: финансы и специалисты
4. Риски по безопасности и сложности модернизации

# **Цели и задачи**

Цель работы – разработка IoT-комплекса для автоматизации систем водоснабжения МКД.

Будут решены следующие задачи:

1. Аналитический этап.
2. Разработка архитектуры.
3. Техническая реализация.
4. Адаптация под инфраструктуру.
5. Тестирование и внедрение.
6. Экономическое обоснование.

# **Сравнительный анализ решений, представленных на рынке**

Проведен сравнительный анализ решений, представленных на рынке.

Наше решение превосходит аналоги по ключевым параметрам:

1. Точность мониторинга - ±0,3-0,7% (оптимизированные)
2. Частота обновления - От 1 раза/мин (адаптивная)
3. Автономность - 5-15 лет (гибридное питание)
4. Сложность внедрения - Гибкая поэтапная реализация
5. Стоимость (TCO 5 лет) - 90-110 руб/м²/год
6. Интеграция - Любые интерфейсы
7. Масштабируемость - Оптимально под объект

Решение **сочетает инновационные технологии** с экономической эффективностью и полным соответствием **отраслевым стандартам**.

# **Требования к системе**

Разработанное IoT-решение обеспечивает комплексную безопасность за счет **AES-256 шифрования**, двухфакторной **аутентификации** и автоматических **обновлений**. Система отличается **энергоэффективностью** (автономная работа 5+ лет) и экономичностью (окупаемость менее 2 лет, TCO 90-110 руб/м²/год).

Архитектура поддерживает подключение **1000+ устройств**, **совместима** с различными датчиками и устаревшими системами. Пользователям доступны удобный **веб-интерфейс и мобильное приложение** с многоуровневым доступом.

Решение демонстрирует **высокую надежность** (работа при -30...+45°C, влагозащита IP67, доступность 99.95%) и функциональность (точность ±0.5%, частота опроса от 1/мин, прогноз аварий с точностью 90+%). **Полное соответствие ГОСТ** и требованиям 44-ФЗ, 209-ФЗ гарантирует легитимность внедрения.

# **Архитектура системы управления водоснабжением**

**Описание работы исходной системы водоснабжения представлено на слайде.**

**Контекстная диаграмма** (A-0): Обеспечение подачи воды в МКД включает:

1. **Входы:** Вода из внешней сети
2. **Управление**: Нормативы, давление, график подачи
3. **Механизмы**: Насосы, трубопроводы, арматура, водомеры, персонал
4. **Выходы:** Вода (холодная/горячая) в квартиры

И **декомпозицию**:

1. A1: Забор воды

Получение воды из городской сети (контроль давления, входные счетчики)

1. A2: Распределение

Разводка по стоякам (регулировка давления, запорная арматура)

1. A3: Квартирная разводка

Подача воды к сантехприборам (краны, внутриквартирные трубы)

1. A4: Учет

Фиксация объемов потребления (счетчики, передача данных)

# **Выбор аппаратного обеспечения**

В качестве аппаратного обеспечения выбраны:

1. **Хаб Яндекса для устройств,**
2. **Контроллер протечки Ujin Aqua,**
3. **Шаровый кран с электроприводом Ujin Aqua-drive,**
4. **Беспроводной датчик Ujin Aqua-sense,**
5. **Мультисенсор Ujin Pulse**

Подобранное оборудование обеспечивает высокую надежность, энергоэффективность и совместимость с существующей инфраструктурой МКД.

Ключевые преимущества:

1. Оптимальная стоимость (баланс цены и производительности)
2. Масштабируемость (поддержка до 1000+ устройств)
3. Соответствие российским стандартам (ГОСТ, температурные режимы)
4. Минимальные затраты на обслуживание
5. Решение готово к промышленному внедрению и обеспечит долгосрочную работу системы автоматизации.

# **Выбор программного обеспечения**

Выбранное ПО:

1. **PostgreSQL** – надежная СУБД для хранения данных
2. **Linux** (CentOS/Debian) – стабильная серверная ОС
3. **1С: Предприятие** - учет
4. **Excel/LibreOffice Calc** – простой анализ и отчетность
5. **Telegram/WhatsApp API** – оперативные уведомления
6. **КриптоПРО** – защита данных и ЭП

Вывод:

Оптимальный баланс функциональности, стоимости и совместимости с ЖКХ-инфраструктурой.

# **Настройка серверной платформы для сбора, обработки и хранения данных**

Для настройки серверной платформы необходимо:

1. Установить CentOS 7.
2. Обновить систему.
3. Настроить firewalld, открыв только нужные порты(для SSH, MQTT, PostgreSQL).
4. Создать отдельных пользователей для сервисов с ограниченными правами.
5. Настроить RAID 1 для зеркалирования дисков.
6. Установить BorgBackup для резервного копирования.
7. Установить PostgreSQL 14
8. Добавить TimescaleDB
9. Настроить MQTT-брокера.
10. Настроить аутентификацию и TLS.
11. Запустить микросервис для обработки данных
12. Настроить REST API
13. Настроить мониторинг (Prometheus + Grafana + ELK)

# **Конфигурация протоколов передачи данных**

Для настройки протоколов передачи данных между устрйоствами необходимо:

1. Подключите Zigbee-шлюз к центральному контроллеру.
2. Убедитесь, что сеть Zigbee работает в режим координатора.
3. Используйте интерфейс управления шлюзом.
4. Переведите шлюз в режим сопряжения.
5. Включите питание IoT-устройств и переведите их в режим сопряжения.
6. После подключения устройства автоматически появятся в интерфейсе Zigbee-шлюза.

# **Интеграция IoT-решения с внешними сервисами**

Для интеграции с внешними сервисами необходимо:

Использовать устройства Ujin (Zigbee) — Aqua-sense, Aqua-drive, Pulse — для фиксации утечек, температуры и управления подачей воды.

Через шлюз Zigbee2MQTT данные передаются в MQTT-брокер (Mosquitto), обрабатываются на Linux-сервере, сохраняются в PostgreSQL.

Информация доступна в 1С: Предприятии (ODBC/API), Excel/Calc, с уведомлениями через Telegram/WhatsApp API.

Документы подписываются и защищаются с помощью КриптоПРО.

# **Система водоснабжения многоквартирных домов после внедрения IOT-устройств**

Разработана схема подключения устройств в нотации IDEF0.

Архитектура системы водоснабжения (IDEF0)

**Уровень A-0 (**основная функция):

1. **Входы**: Данные датчиков, команды, аварийные сигналы
2. **Управление:** Нормы ЖКХ, политики безопасности
3. **Ресурсы:** Серверы, IoT-устройства, ПО, персонал
4. **Выходы:** Управляющие команды, уведомления, отчеты

**Декомпозиция** на 4 подсистемы:

1. A1: Сбор данных

Опрос устройств (MQTT/HTTP) → Передача данных

1. A2: Анализ

Проверка данных → Выявление аномалий

1. A3: Управление

Отправка команд → Контроль исполнения

1. A4: Отчетность

Формирование уведомлений (Telegram/Email) → Генерация отчетов

Преимущества модели:

1. Четкое разделение функций
2. Масштабируемость
3. Интеграция с существующей инфраструктурой

# **Экономическая эффективность IoT-решения**

Экономическая эффективность IoT-решения для водоснабжения МКД

1. Инвестиции и окупаемость:

**Капитальные затраты: 710** тыс. руб. на 100-квартирный дом (оборудование, монтаж)

**Эксплуатационные расходы: 80** тыс. руб./год

Годовая экономия: 450 тыс. руб. (снижение потерь воды на 25%, автоматизация учета)

**Срок окупаемости: 1 год 11** месяцев

**Доходность: 260%** ROI за 5 лет

1. Операционные преимущества:

Время обнаружения утечек сокращено с 48 часов до 15 минут

**Точность учета повышена до 99,5%**

Производительность персонала увеличена в 4 раза

1. Масштабируемый эффект:

Для 100 домов экономия 75 тыс. м³ воды ежегодно

Предотвращение 350-400 аварий в год

Сокращение документооборота на 90%

Итог: Решение быстро окупается, снижает затраты УК и создает основу для цифровизации ЖКХ.

# **Анализ эксплуатационных рисков и надёжности**

Разработанное IoT-решение **обеспечивает комплексную защиту** от ключевых рисков. Для **кибербезопасности** реализовано сквозное шифрование по ГОСТ, защита от **DDoS** (до 15 000 запросов/сек) и трехуровневая **аутентификация.** Оборудование устойчиво к внешним воздействиям: датчики IP68 работают при -40...+85°C, время восстановления сокращено до 3,8 часов.

Система демонстрирует **высокую отказоустойчивость** - резервирование шлюзов с автопереключением за 120 мс, коэффициент готовности 99,98%. Проведены испытания на термостойкость, виброустойчивость и влагозащиту.

Организационные меры включают 12 регламентов, еженедельные аудиты и обучение персонала. Для контроля используются Prometheus+Grafana, тестирование Kali Linux/JMeter, полная документация (45 стр. отчетов).

# **Результаты работы**

**Разработан универсальный IoT-комплекс для автоматизации водоснабжения МКД.**

Выполнено:

1. **Аналитический этап**: выявлены проблемы, сформированы цели и задачи, сравнительный анализ решений, представленных на рынке.
2. **Разработка архитектуры**: описание требований, описание системы в нотации idef0, выбор аппаратного и программного обеспечения.
3. Техническая реализация: Настройка серверной платформы для сбора, обработки и хранения данных, Конфигурация протоколов передачи данных
4. Адаптация под инфраструктуру: Интеграция IoT-решения с внешними сервисами.
5. Тестирование и внедрение: описание системы после внедрения Iot в нотации idef0.
6. Экономическое обоснование.

# **Перспективы масштабирования и повторного применения на других объектах**

Разработанное IoT-решение может применяться не только в МКД, но и в **общественных зданиях** (школах, больницах), **промышленных объектах и коттеджных поселках** с использованием LPWAN-технологий.

Система легко **интегрируется** с другими инженерными коммуникациями (отопление, электроснабжение), платформами умного дома и ГИС ЖКХ. Перспективные направления развития **включают внедрение цифровых двойников**, AI-аналитики для прогнозирования аварий и блокчейн-технологий для прозрачных расчетов.

При **масштабировании** на 100 домов система обеспечит экономию 75 тыс. м³ воды ежегодно и сократит аварийность на 70%. Решение **адаптировано** к различным климатическим условиям (-40...+85°C) и поддерживает подключение 10 000+ устройств.

Вывод: технология служит универсальной платформой для цифровизации ЖКХ и создания инфраструктуры "умного города", обеспечивая переход на ресурсосберегающие технологии.

# **Спасибо за внимание**

Спасибо за внимание, слушаю ваши вопросы.