

Pipeline Leak Detector

Система обнаружения и локализации
утечек в трубопроводах

NPW Analysis

AI / ML

LoRaWAN IoT

Decision Fusion

ISA-101

Почему утечки — это критично

Проблемы, с которыми сталкивается отрасль



Финансовые потери

До 30% потерь воды в городских сетях. Нефтяные компании теряют миллиарды рублей ежегодно из-за неучтённых утечек.



Экологические риски

Разливы нефти и загрязнение грунтовых вод. Штрафы за экологический ущерб достигают сотен миллионов рублей.



Безопасность персонала

Утечки газа создают угрозу взрыва. Разрушение трубопроводов — риск для жизни обслуживающего персонала.



Регуляторные требования

Ужесточение требований Ростехнадзора к мониторингу трубопроводов. Обязательные системы обнаружения утечек.

ROSSMA Pipeline Leak Detector

Комплексное решение для обнаружения и локализации утечек в трубопроводах

24/7

Непрерывный
мониторинг

±50 м

Точность
локализации

<60 сек

Время
обнаружения

4

Метода
анализа

Интеллектуальный мониторинг на базе LoRaWAN IoT-датчиков ROSSMA IIOT-AMS P-Meter, анализа негативных волн давления (NPW), машинного обучения и технологии Decision Fusion

ROSSMA IIOT-NETS • ChirpStack • FastAPI • TimescaleDB • React • Leaflet

Ключевые характеристики

Измеримые показатели эффективности системы

±50 м

Точность
локализации
утечки методом
NPW

<60

сек
Время
обнаружения
критической утечки

0.3

%
Минимальная
обнаруживаемая
утечка от потока

4

Независимых
метода
обнаружения

10

км
Максимальная
дальность
NPW на одном
участке

NPW-локализация

Negative Pressure Wave Analysis

Принцип работы

При разрыве трубопровода возникает негативная волна давления (NPW), распространяющаяся в обе стороны от точки утечки

Два датчика на краях участка фиксируют время прихода волны

По разнице времён определяется точное расстояние до утечки

Скорость волны рассчитывается с учётом свойств среды и трубопровода (формула Кортвега)

Характеристики NPW

Точность	±50 м
Дальность	До 10 км на участок
Время обнаружения	< 60 секунд
Тип утечек	Разрывы, крупные утечки
Скорость волны	800–1400 м/с (зависит от среды)

Возможности

Обнаружение медленных и микроутечек, невидимых для пороговых систем

Выявление аномальных паттернов давления и температуры

Детекция дрейфов давления, указывающих на развивающееся повреждение

Автоматическое самообучение на исторических данных каждого трубопровода

Адаптация к сезонным изменениям и режимам работы

Isolation Forest

Ансамблевый алгоритм для обнаружения аномалий

Не требует размеченных данных (unsupervised)

Работает в реальном времени с минимальной задержкой

Высокая устойчивость к шуму в данных

Переобучение по расписанию или по команде оператора

Гидравлический градиент

Hydraulic Gradient Analysis

Анализ профиля давления вдоль всей длины трубопровода

Учёт рельефа местности (`terrain_elevation_m` + `pipe_offset_m` для каждого узла)

Построение эталонного градиента для нормального режима

Обнаружение локальных аномалий градиента, указывающих на место утечки

Эффективен для медленно развивающихся повреждений и коррозии

Работает совместно с данными о проектном давлении трубопровода

Преимущества метода

Не требует высокой частоты опроса

Работает на стационарном режиме

Учитывает рельеф и высотные отметки

Совместим с любым типом среды

Материальный баланс

Material Balance / Mass Flow Analysis

Сравнение расходов на входе и выходе трубопровода в реальном времени

Разница потоков указывает на утечку и позволяет оценить её объём

Расчёт с учётом line-pack (объёма среды в трубопроводе)

Надёжный метод для стационарных режимов работы

Позволяет определить объём утекающего продукта (м³/ч)

Работает как дополнительное подтверждение для NPW и AI/ML

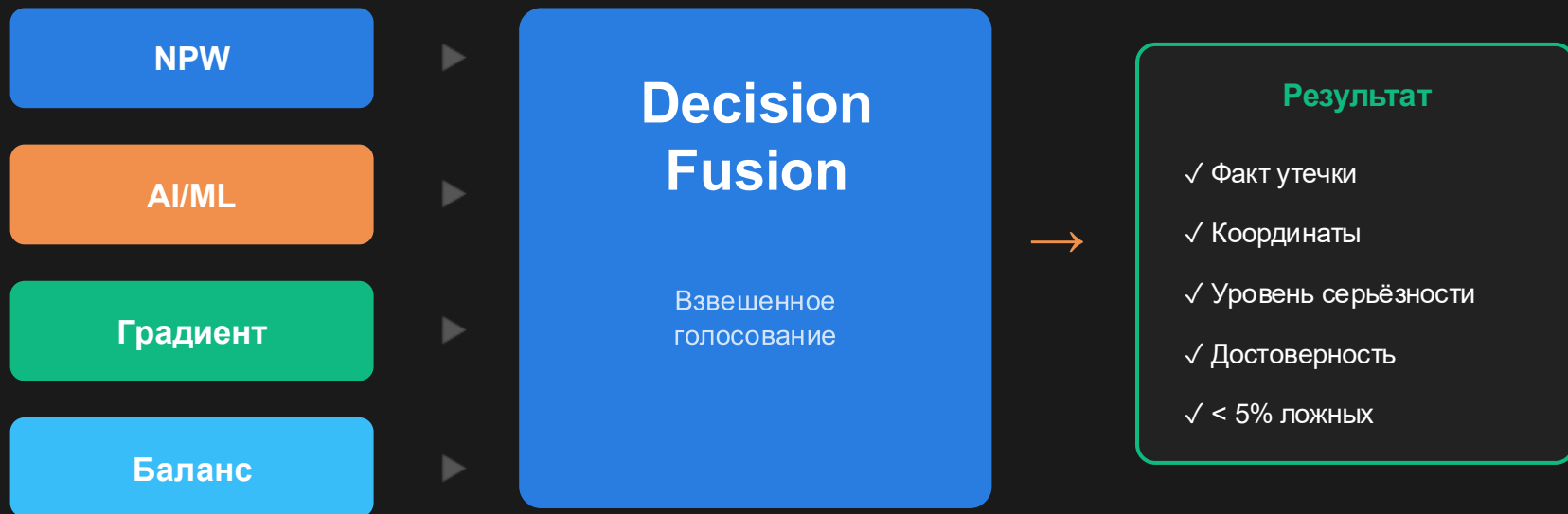
Формула

$$Q_{\text{leak}} = Q_{\text{in}} - Q_{\text{out}} - \Delta V_{\text{linepack}}$$

Где Q_{in} и Q_{out} — расходы на входе/выходе,
 ΔV — изменение объёма среды в трубе

Decision Fusion

Объединение четырёх методов в единое решение



Как это работает

От датчика до оповещения оператора — полный цикл за секунды

1

Сбор данных

Датчики ROSSMA IIOT-AMS P-Meter передают измерения по LoRaWAN через шлюзы в ROSSMA IIOT-NETS

LoRaWAN, ChirpStack



2

Обработка

FastAPI backend получает данные через MQTT, выполняет NPW-анализ, градиент и AI/ML-оценку

FastAPI, MQTT, TimescaleDB



3

Обнаружение

Decision Fusion объединяет 4 метода, определяет координаты утечки и классифицирует серьёзность

Decision Fusion, GIS



4

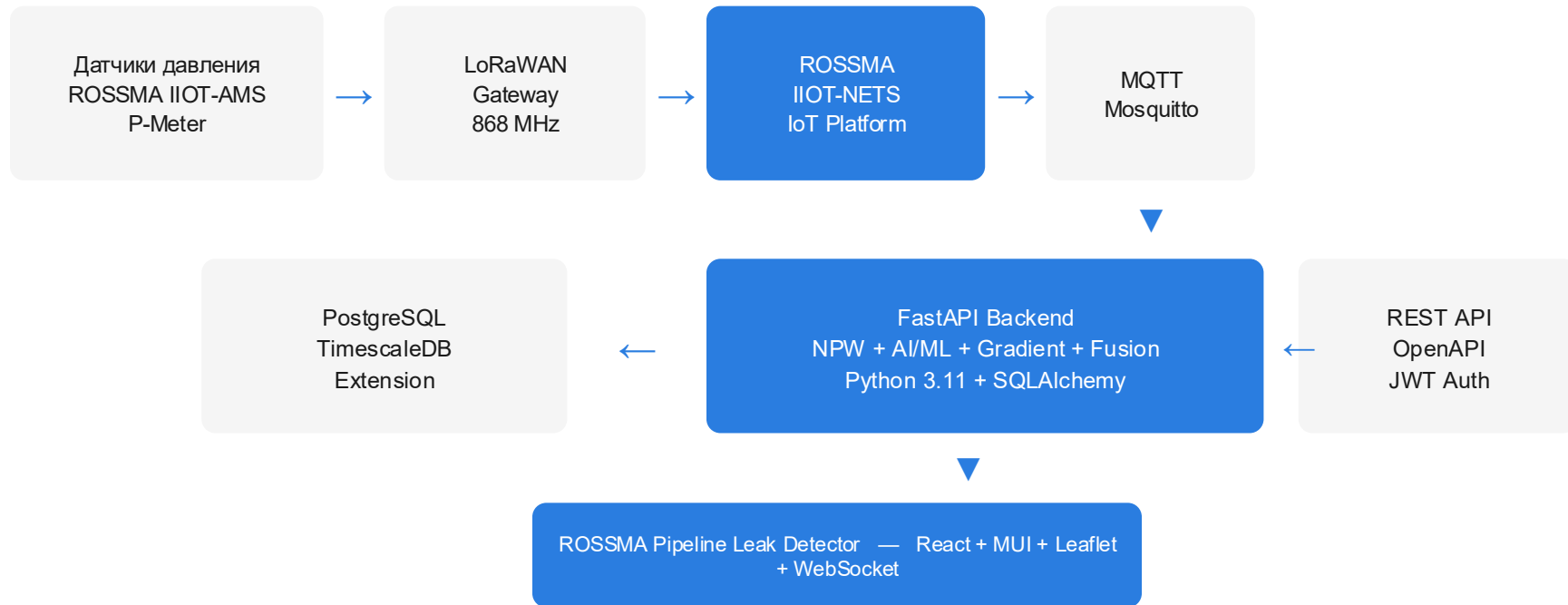
Оповещение

Оператор получает уведомление в реальном времени с координатами и рекомендациями

WebSocket, ISA-101

Архитектура системы

Модульная архитектура на основе открытых стандартов и промышленных протоколов



Отрасли применения

Система поддерживает 5 типов транспортируемой среды

Вода

Водоснабжение

Магистральные водопроводы, городские распределительные сети, промышленное водоснабжение

Нефть товарная

Нефтетранспорт

Магистральные нефтепроводы, перекачивающие станции, товарные парки

Нефть промысловая

Нефтедобыча

Промысловые трубопроводы, многофазная перекачка нефть+вода+газ

Природный газ

Газотранспорт

Магистральные газопроводы, распределительные сети

Теплоноситель

Теплоснабжение

Теплотрассы, ЦТП/ИТП, системы центрального отопления

Интерфейс: Главная панель мониторинга

Показатели системы в реальном времени — давление, статусы датчиков, последние события

ROSSMA Pipeline
by ROSSMA

МОНИТОРИНГ

- Панель управления
- Карта сети
- Датчики
- События утечек
- Оповещения
- Аналитика
- Отчёты

КОНФИГУРАЦИЯ

- Редактор карты
- Трубопроводы
- Цифровой двойник
- Настройки
- Журнал аудита
- Справка

АДМИНИСТРИРОВАНИЕ

Панель управления

Все трубопроводы

Центр мониторинга трубопроводов

Мониторинг в реальном времени и обнаружение утечек

Обновление в реальном времени

Активные трубопроводы **2** (LIVE)
2 всего (90.0 km)

Датчики онлайн **0** (LIVE)
26 установлено
0%

Активные утечки **34** (LIVE)
14 критических

Состояние системы **0%** (LIVE)
Требуется внимание
Проверьте датчики

Показания датчиков **Реальное время** 18 датчиков

pk_109_420_31 0.81 МПа 31 ч назад	PS-WSL001-004 4.61 МПа 173 ч назад	pk_126_420_40 0.86 МПа 50 ч назад	PS-WSL001-005 4.17 МПа 173 ч назад	pk_339_420_3... 0.44 МПа 31 ч назад	pk_28_420_32 0.74 МПа 31 ч назад
pk_383_420_41 0.53 МПа 31 ч назад	pk_456_420_33 0.95 МПа 31 ч назад	PS-WSL001-002 5.61 МПа 173 ч назад	pk_520_420_37 0.26 МПа 31 ч назад	pk_165_420_39 0.52 МПа 31 ч назад	pk_462_420_34 0.23 МПа 31 ч назад
pk_207_92 0.43 МПа 31 ч назад	PS-WSL001-003 5.03 МПа 173 ч назад	pk_489_420_3... 0.22 МПа 31 ч назад	PS-WSL001-001 5.99 МПа 31 ч назад	pk_373_420_35 0.31 МПа 31 ч назад	pk_242_420_5... 0.47 МПа 31 ч назад

Состояние трубопроводов 2 трубопровод(ов) под мониторингом **2 с утечками**

Main Water Supply Line 1 active **0/5** 1 д назад

Состояние датчиков Обзор в реальном времени

Труба ПНОС Кокуй 0/21

ROSSMA Pipeline Leak Detector

Интерфейс: Интерактивная карта

Отображение сети трубопроводов, датчиков, обнаруженных утечек и состояния участков

The screenshot displays the ROSSMA Pipeline Leak Detector interface. The top navigation bar includes the logo and the text "ROSSMA Pipeline by ROSSMA". The main content area is titled "Карта сети" (Network Map) and "Карта трубопроводной сети" (Pipeline Network Map), with a subtitle "Интерактивный просмотр трубопроводов, датчиков и событий утечек" (Interactive view of pipelines, sensors, and leak events). The interface is divided into several sections:

- МОНИТОРИНГ (MONITORING):** Includes "Панель управления" (Control Panel), "Карта сети" (Network Map), "Датчики" (Sensors), "События утечек" (Leak Events), "Оповещения" (Alerts), "Аналитика" (Analytics), and "Отчёты" (Reports).
- КОНФИГУРАЦИЯ (CONFIGURATION):** Includes "Редактор карты" (Map Editor), "Трубопроводы" (Pipelines), "Цифровой двойник" (Digital Twin), "Настройки" (Settings), "Журнал аудита" (Audit Log), and "Справка" (Help).

The main map area shows a world map with a legend and a data panel. The legend includes:

- Зоны точности утечки (Leak Accuracy Zones):** Critical (red), High (orange), Medium (yellow), Low (blue).
- Объекты (Objects):** Pipeline (grey line), Sensor (grey circle), Equipment (grey square), Leak (red circle with color-coded criticality).

The data panel on the left shows two pipelines:

- Main Water Supply Line 1:** Steel, 7 nodes, active. Buttons: "Детали" (Details), "Точность" (Accuracy).
- Труба ПНОС Кокуй:** steel, 14 nodes, active. Buttons: "Детали" (Details), "Точность" (Accuracy).

Summary statistics at the bottom of the data panel:

- 26 Датчиков (Sensors)
- 0 Оборудование (Equipment)
- 34 Утечки (Leaks)

The map shows a world map with a red circle indicating a leak location in North America. The legend also notes: "Пунктирные круги показывают зону точности локализации — утечка находится внутри круга." (Dashed circles show the localization accuracy zone — the leak is inside the circle).

Интерфейс: Мониторинг утечек

Управление обнаруженными утечками с Decision Fusion и историей инцидентов

ROSSMA Pipeline
by ROSSMA

МОНИТОРИНГ

- Панель управления
- Карта сети
- Датчики
- События утечек**
- Оповещения
- Аналитика
- Отчёты

КОНФИГУРАЦИЯ

- Редактор карты
- Трубопроводы
- Цифровой двойник
- Настройки
- Журнал аудита
- Справка

АДМИНИСТРИРОВАНИЕ

События утечек

Все трубопроводы

События утечек

Мониторинг и управление обнаруженными утечками

Поиск по трубопроводу

Критичность: Все

Статус: Все

Трубопровод: Все

Сбросить фильтры

Обнаружена ↓	Трубопровод	Критичность	Статус	Верификация	Назначен	Расположение	Расход утечки	Достоверность	Метод	Действия
27.02.2026...	Труба ...	Критич...	Расслед...	Мед...	--	2.80 km	Н/Д	95%	Thresh...	
27.02.2026...	Труба ...	Критич...	Расслед...	Мед...	--	10.90 km	Н/Д	95%	Thresh...	
27.02.2026...	Труба ...	Высокая	Расслед...	Мед...	--	37.30 km	Н/Д	64%	Thresh...	
26.02.202...	Труба ...	Критич...	Расслед...	Мед...	--	45.60 km	Н/Д	95%	Fusion HG	
26.02.202...	Труба ...	Критич...	Расслед...	Мед...	--	45.60 km	Н/Д	81%	Fusion HG	

ROSSMA Pipeline Leak Detector

Экономическая эффективность

Окупаемость системы в первые месяцы эксплуатации

15–30%

Снижение потерь
от утечек

< 6 мес.

Срок окупаемости
системы

70%

Сокращение времени
реагирования

Параметр	Без системы	С ROSSMA PLD
Обнаружение утечки	Часы – дни (обход)	< 60 сек (авто)
Точность локализации	Километры (ручной)	±50 м (NPW + Fusion)
Ложные срабатывания	—	< 5% (4 метода)
Минимальная утечка	> 5% потока	0.3% потока
Мониторинг	Периодический обход	24/7 реальное время

Ключевые выгоды

Преимущества внедрения системы обнаружения утечек



Снижение потерь продукта

Обнаружение утечек от 0.3% потока позволяет сократить неучтённые потери на 15–30%



Снижение затрат на ремонт

Раннее обнаружение позволяет локализовать повреждение до перехода в аварийный режим



Промышленная безопасность

Соответствие требованиям Ростехнадзора и международным стандартам (ISA, API)



Предотвращение экологических штрафов

Мгновенное обнаружение разливов нефти и утечек до нанесения значительного экологического ущерба



Безопасность персонала

Обнаружение утечек газа до опасных концентраций, предотвращение аварийных ситуаций



Автоматизация мониторинга

Замена ручных обходов на непрерывный автоматический мониторинг 24/7



Готовы обсудить внедрение?

Свяжитесь с нами для демонстрации системы
и расчёта стоимости внедрения

Сайт

rossma.ru

Система

pipeline.rossma.ru

Email

info@rossma.ru