КАСТОМ

Объединяем технологии
в высокоэффективные
решения

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА КОРРОЗИИ КА-СКОР

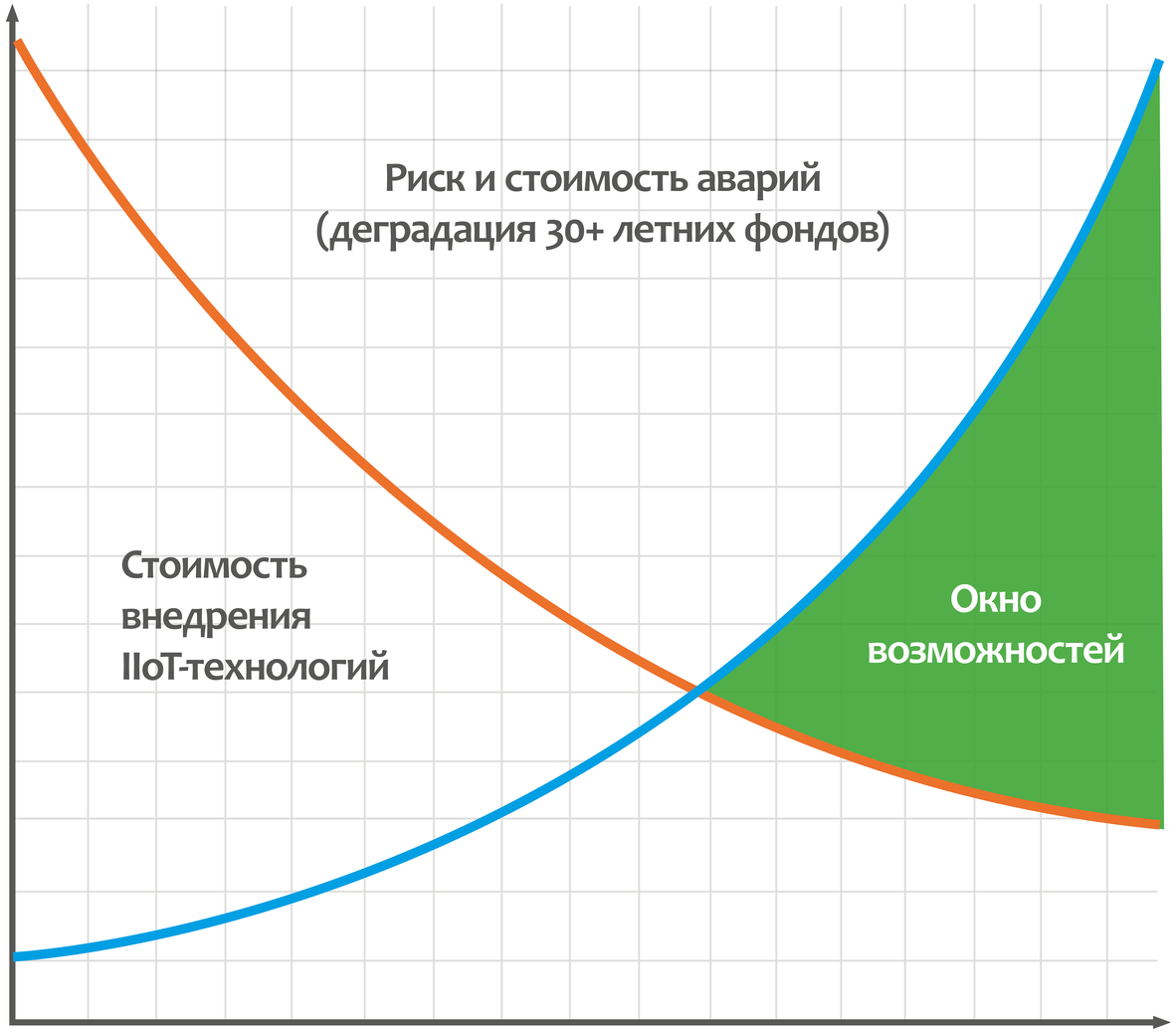
Инновационные ЭМАП-технологии
и предиктивная аналитика
для промышленных объектов

СКРЫТАЯ УГРОЗА

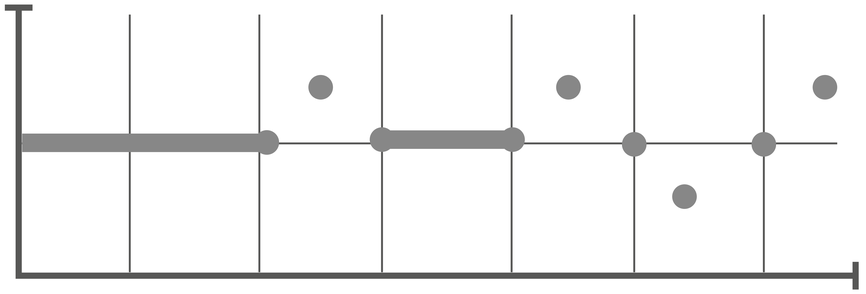
Значительная часть российской нефтегазовой инфраструктуры эксплуатируется **более 30 лет**.

Коррозия скрыта под изоляцией, а цена внезапной разгерметизации: экология, штрафы и простои – многократно превышает стоимость превентивного контроля.

**Инфраструктура стареет,
но технологии контроля становятся доступнее.**

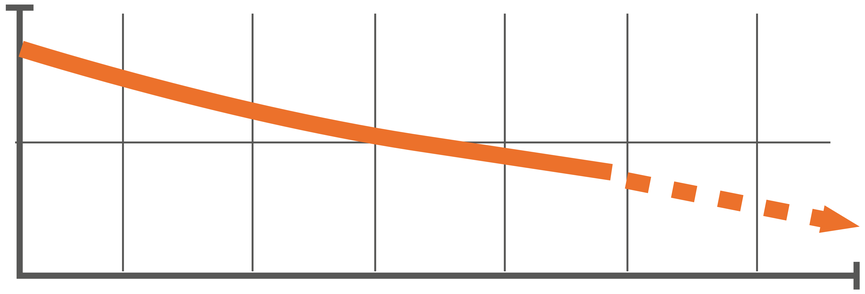


ТРАДИЦИОННЫЙ ПОДХОД: ПЕРИОДИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ



- Остановка оборудования
- Человеческий фактор
- Данные раз в полгода

НОВАЯ ПАРАДИГМА: НЕПРЕРЫВНЫЙ IOT-МОНИТОРИНГ



- Данные в реальном времени
- Предиктивная аналитика
- Работа на горячем процессе

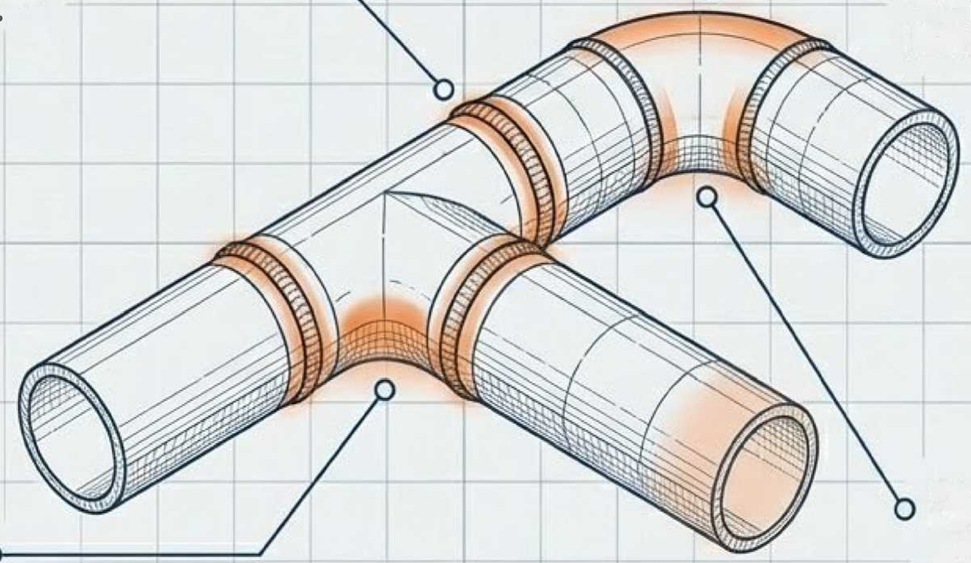
Переход от фиксации уже случившегося износа к управлению остаточным ресурсом

Сварные швы

Структурная неоднородность, остаточные напряжения и микродефекты. Риск межкристаллитной коррозии.

Отводы и колена

Изменение направления потока. Удар среды о стенку вызывает турбулентность и эрозионно-коррозионный износ.



Застойные зоны

Осаждение механических примесей и продуктов коррозии. Идеальная среда для локальной и микробиологической коррозии.

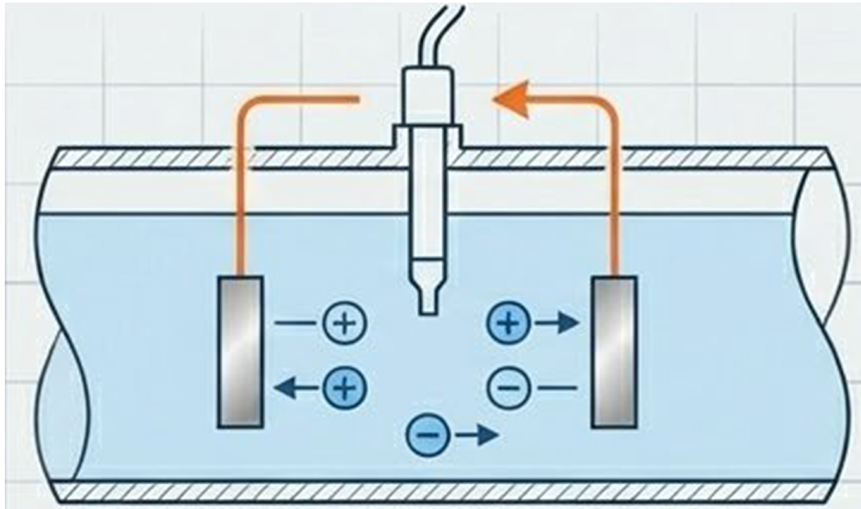
Зоны перепада температур

Образование конденсата (точка росы кислых газов), термические напряжения.

МАТРИЦА ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЙ

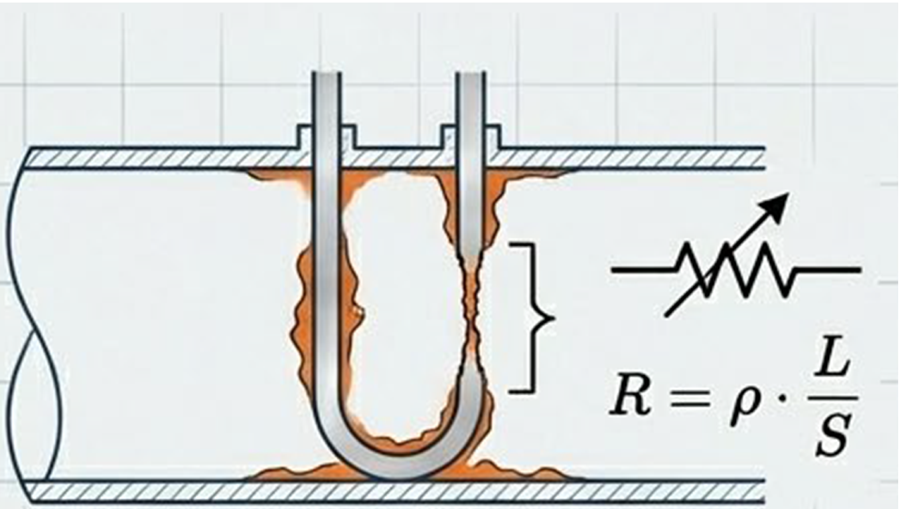
	УЗТ (Ультразвук)	LPR (Поляризация)	ER (Сопротивление)	Купоны (Масса)
Принцип	Отражение импульса	Электрохимия	Истончение проводника	Потеря массы
Время отклика	Непрерывно	Мгновенно	Часы / Сутки	Квартал / Полгода
Среда	Любая (снаружи трубы)	Только электролит (вода)	Любая фаза (газ/нефть)	Любая
Точность	Абсолютная толщина (до+0.01 мм)	Мгновенная скорость	Накопленная потеря	Усредненная скорость

ФИЗИКА В ДЕТАЛЯХ: ВНУТРИТРУБНЫЕ МЕТОДЫ



LPR: Электрохимическая реакция

Измеряет ток между анодом и катодом.
Требует проводящей среды (электролита).
Идеально для водных систем.



ER: Изменение электрического сопротивления

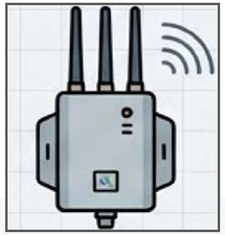
Сечение проводника истончается,
сопротивление растет. Работает в нефти,
газе и конденсате.

LPR показывает активность прямо сейчас. ER показывает фактическую потерю металла.

АРХИТЕКТУРА IOT-МОНИТОРИНГА

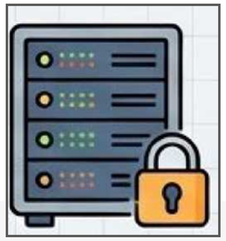
Автономные датчики

Сбор данных о толщине стенки (ЭМАП/УЗТ). Крепление без врезки.



Беспроводной шлюз

LoRa / NB-IoT. Передача сигнала на дистанцию до 2-3 км через промышленные помехи. До 200 датчиков на шлюз.



Сервер / Облако

Защищенная обработка данных в локальной сети предприятия (КА-СКОР100.Х.Х.Х Ex).

Дашборд аналитики

Интерфейс для инженера (расчет скорости коррозии, система алертов).

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ЭМАП

Механизм:

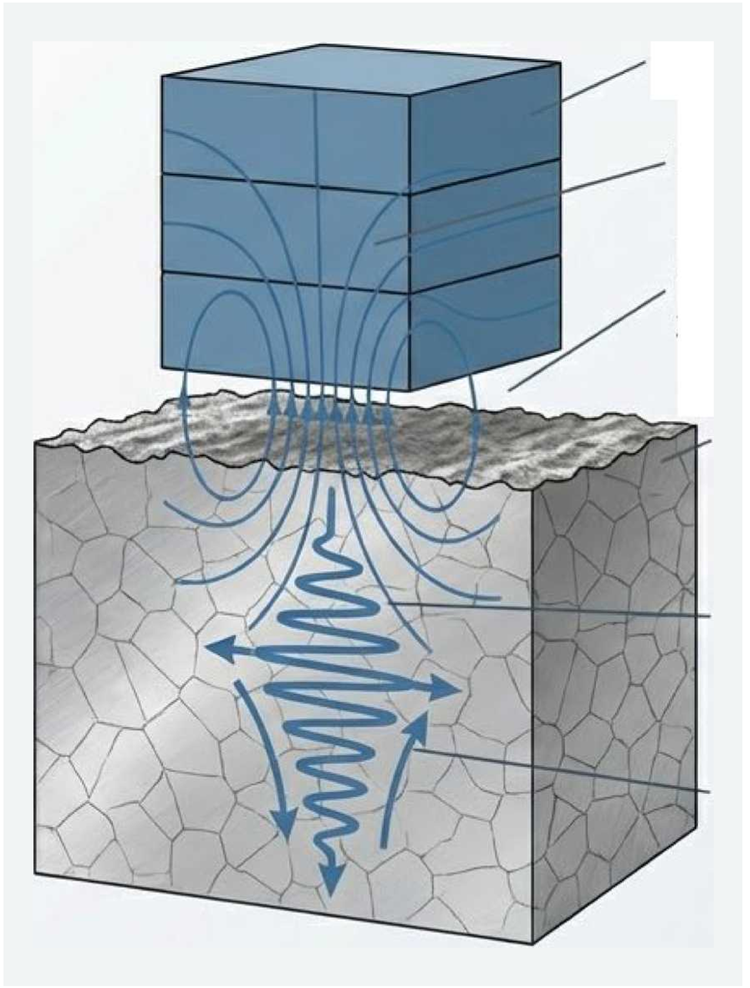
Возбуждение электромагнитно-акустической ультразвуковой волны сдвига (поперечной волны) с помощью постоянного магнита.

Принцип:

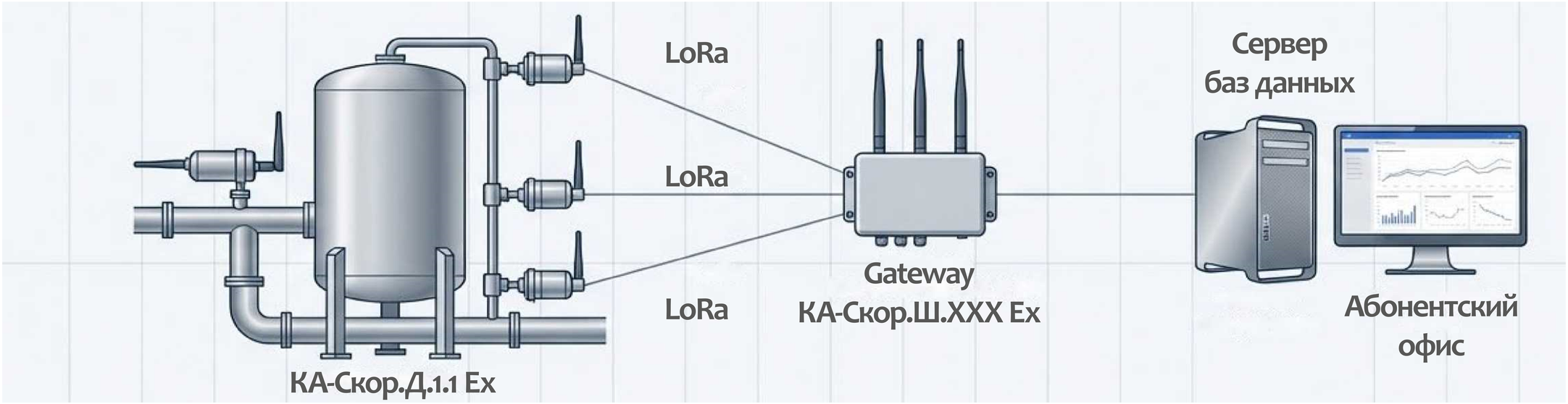
Колебания частиц среды происходят перпендикулярно направлению распространения волны, генерируясь внутри самого проводникового материала (углеродистая, нержавеющая, легированная сталь, алюминий).

Метрологические характеристики:

- Диапазон измерения: 1,5-75,0 мм.
- Точность: + 0,01 мм.
- Минимальное видимое разрешение: 0,001 мм.



АРХИТЕКТУРА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ СИСТЕМЫ КА-СКОР



Сбор данных

Автономные датчики КА-СКОР.Д.1.1 Ex (питание от батарей, срок службы 3-5 лет).

Беспроводная передача (LoRa)

Шлюз Ка-Скор.Ш.Х.Х.Х Ex. Высокая помехозащищенность, дальность связи до 2-3 км. Один шлюз поддерживает до 200 измерительных точек

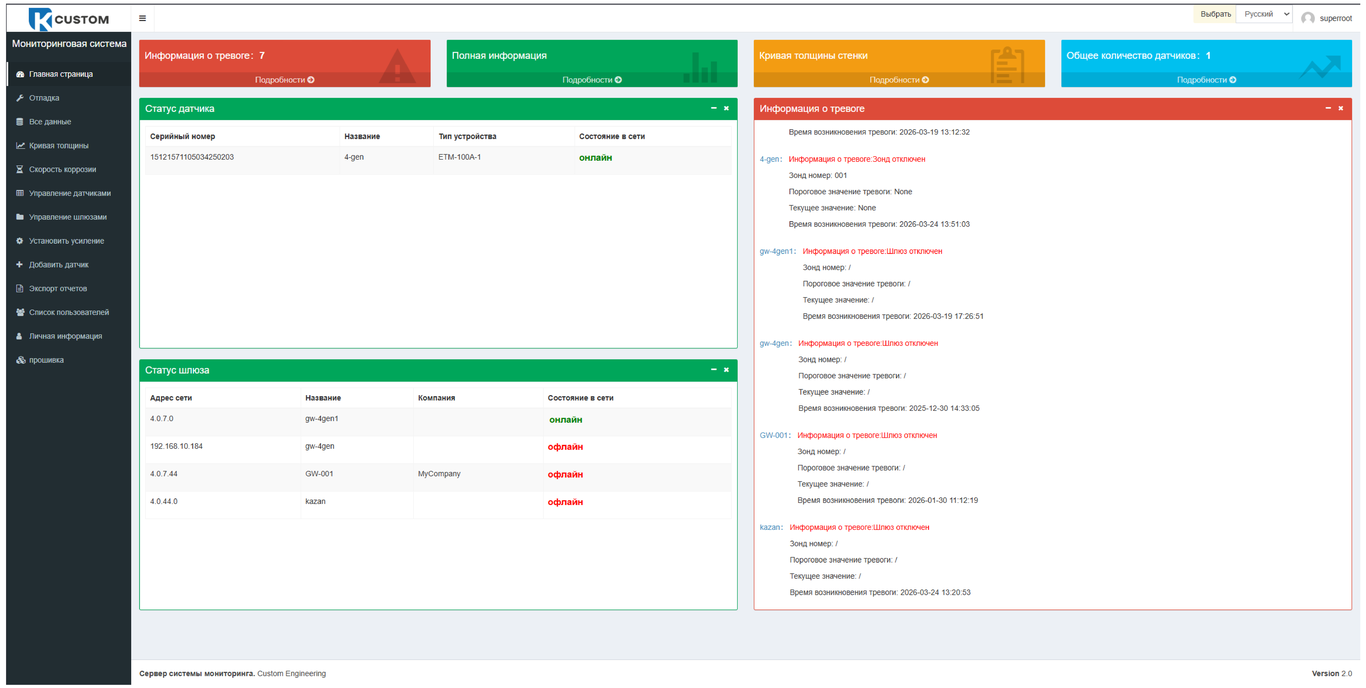
Централизация

Локальный или облачный сервер баз данных. Расчет скорости коррозии, архивирование и интеграция с АСУТП (стандарт OPC).

АППАРАТНАЯ НАДЕЖНОСТЬ И ВЗРЫВОЗАЩИТА

- **Уровень взрывозащиты:** 1 Ex db IIC T6 Gb (Сертифицировано для работы во взрывоопасных зонах).
- **Степень защиты корпуса:** IP68 (гарантированная работа при погружении в воду на 1,5 м до 1,5 ч).
- **Температура окружающей среды:** от -40°С до +85°С (расширение до -60°С при использовании термочехлов).
- **Автономность:** Батарейный блок обеспечивает срок службы 3-5 лет (режим опроса – 2 раза в сутки)

ОТ СЫРЫХ ДАННЫХ
К ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКЕ



Сырые данные
Ежедневная фиксация остаточной толщины стенки (до сотых долей мм).

Аналитика
Автоматический расчет фактической скорости коррозии (мм/год).

Прогнозирование
Расчет остаточного ресурса трубы и система алертов при превышении безопасных лимитов.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ КОРРОЗИИ

Гравиметрия	Эталонный метод, но требует длительной экспозиции образцов и высокой трудоемкости
LPR (Linear Polarization Resistance)	Измеряет мгновенную электрохимическую скорость, но требует наличия жидкого электролита
ER (Electrical Resistance)	Интегральное измерение утонения, но не раскрывает механизм
UT (Ультразвуковой контроль)	Контактный метод, требует подготовки поверхности (зачистки) и применения контактной жидкости
EMAT (ЭМАП - Ка-Скор)	Бесконтактный метод. Генерирует волны непосредственно в металле. Ключевые преимущества: работает через защитные покрытия, на шероховатых поверхностях без зачистки, устойчив к высоким температурам

Существующие аналоги

Системы Emerson и Cosasco предлагают качественный мониторинг, но сталкиваются с фундаментальными физическими ограничениями в сложных средах.

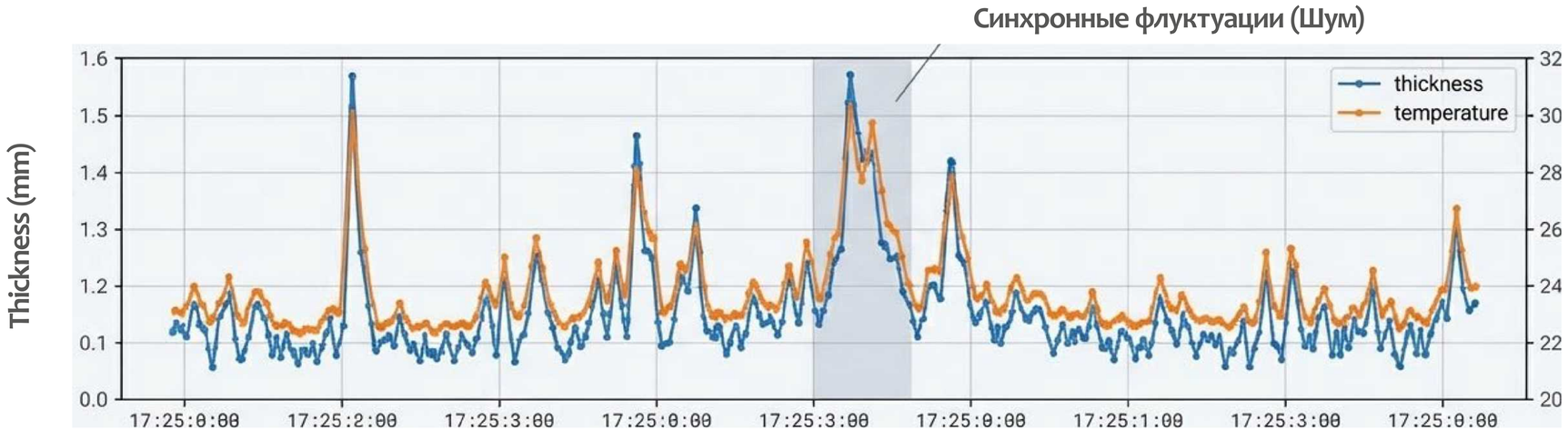
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ БАРЬЕРЫ:

- **Температурный барьер**
  Деградация пьезоэлементов классических UT-датчиков при температурах до 600°C, Потеря акустического контакта из-за теплового расширения труб и релаксации прижимного усилия.

- **Барьер проводимости среды**
  Невозможность использования электрохимических методов (LPR) в неэлектролитах, углеводородах с низкой обводненностью и сухих газах

- **Эксплуатационный барьер**
  Жесткая необходимость снятия антикоррозионного покрытия (АКП) и теплоизоляции для проведения замеров традиционными контактными методами

ФИЗИКА ПРОЦЕССА: ВЛИЯНИЕ ТЕРМОАКУСТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ



Тепловой эффект

При точности в сотые доли миллиметра температурные перепады (в десятки и сотни градусов) вызывают изменение линейных размеров стальной стенки.

Акустическое искажение

Температура напрямую влияет на скорость распространения ультразвуковых сдвиговых волн в металле, создаваемых ЭМАП

Проблема «Шума»

На сырых данных скачки толщины синхронизированы с колебаниями температуры. Без компенсации эти флуктуации маскируют истинную скорость коррозии.

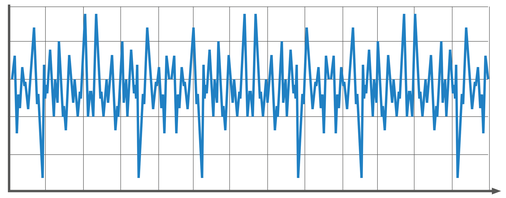
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ЯДРО: МНОГОФАКТОРНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ ШУМОВ

Физическая проблема:

При росте температуры происходит изменение упругих свойств стенки трубы и времени пробега УЗ-сигнала. Это приводит к фиктивному «занижению» показаний толщины, не связанному с потерей металла. Стандартные поправки бессильны

Сырые данные УЗ (Искаженные)

Локальная температура поверхности



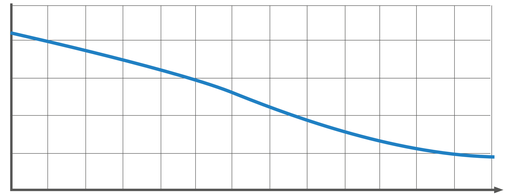
Математическое Ядро Сервера

Интегрированная термокомпенсация

Многофакторная регрессионная модель

$$f(x,T) = a(T) + \beta(x) + \gamma \cdot \log(t) + \varepsilon$$

Очищенный тренд скорости коррозии



МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ЯДРО: МНОГОФАКТОРНАЯ РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ

$$thickness = a + b_T \cdot T + b_s \cdot Sound_T_difference + b_\tau \cdot t$$

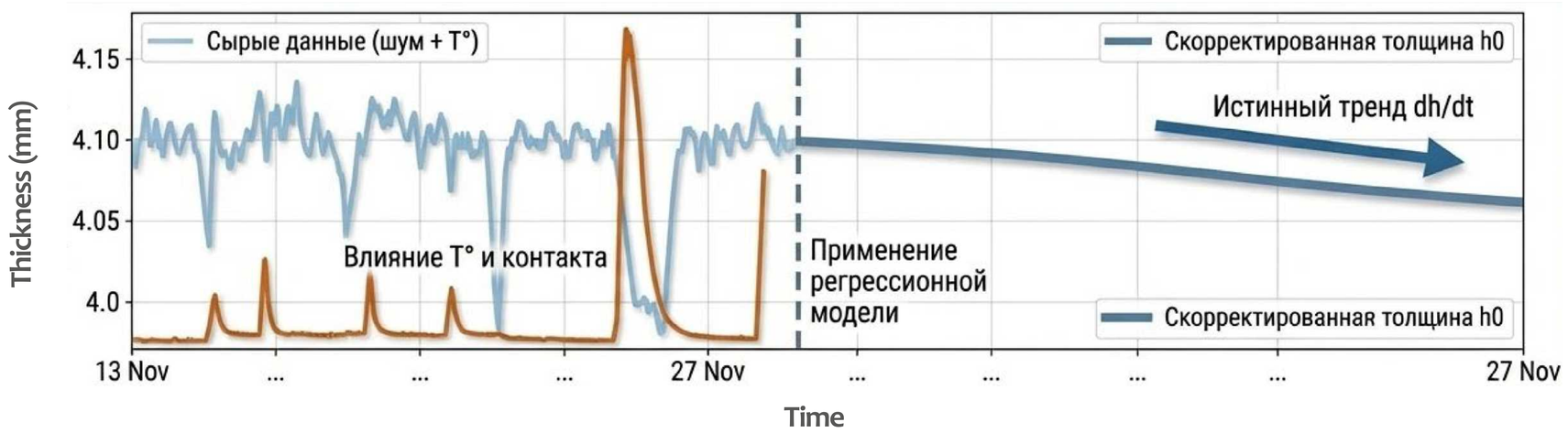
T: Температура стенки (°C) - компенсация теплового расширения металла

Sound_T: Изменение акустических условий - автоматическая корректировка скорости звука при высоких температурах

t: Время от базового измерения - изоляция фактического фактора коррозионного утонения.

Алгоритм математически отделяет обратимые температурные флуктуации от необратимой физической потери металла

РЕЗУЛЬТАТ: ИЗОЛЯЦИЯ ИСТИННОГО ТРЕНДА КОРРОЗИИ



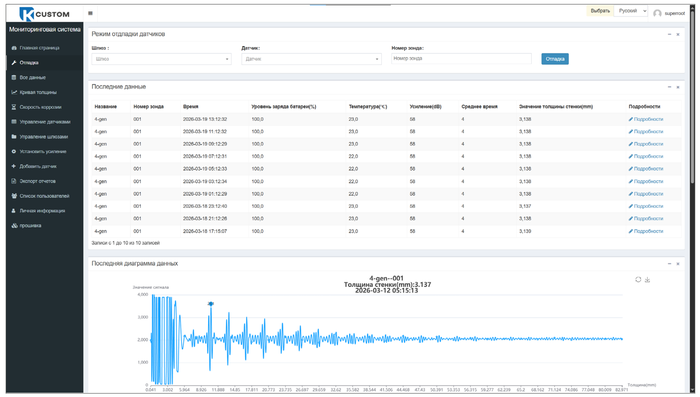
Регрессионная модель формирует значение h0 (скорректированная толщина).

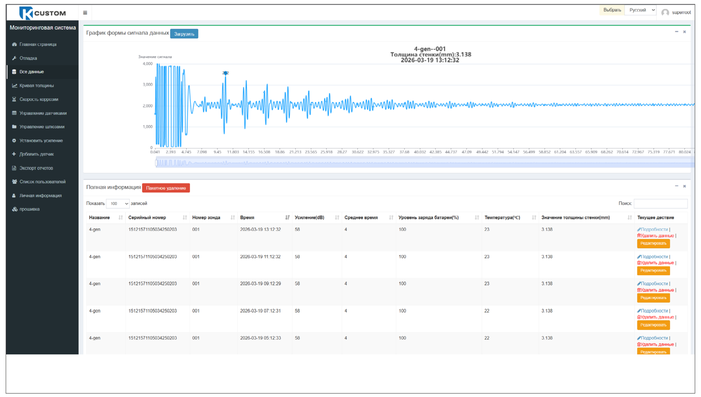
Алгоритм полностью компенсирует нестабильный акустический контакт и температурное расширение.

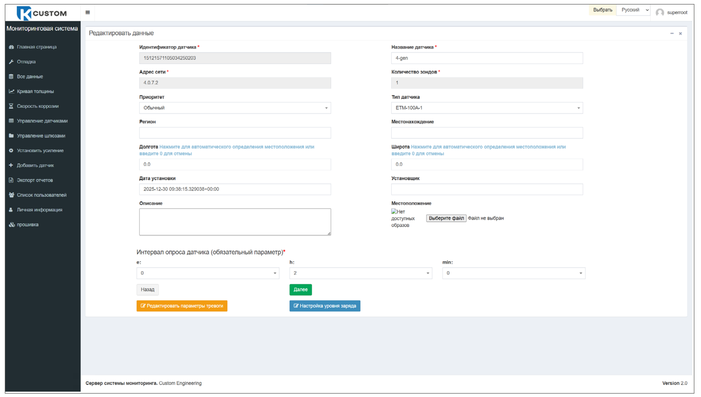
Итоговое значение скорости коррозии dh/dt рассчитывается исключительно по отфильтрованному тренду h0, исключая влияние шума.

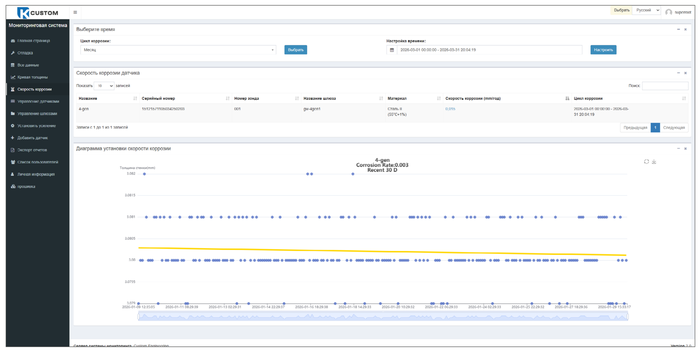
Это исключает ложные срабатывания тревог и позволяет точно выявлять участки с утонением (вплоть до сотых долей мм/год).

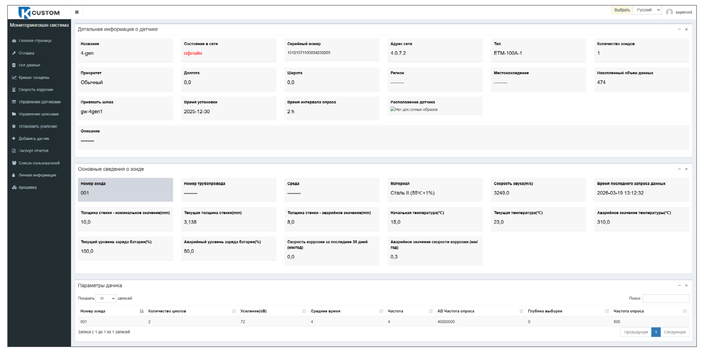
ВЫГРУЗКА ЕЖЕДНЕВНЫХ ОТЧЕТОВ С ДИНАМИЧЕСКИМИ МЕТРИКАМИ ПО ТОЛЩИНЕ СТЕНКИ И СТАТИСТИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ ИЗМЕРЕНИЙ

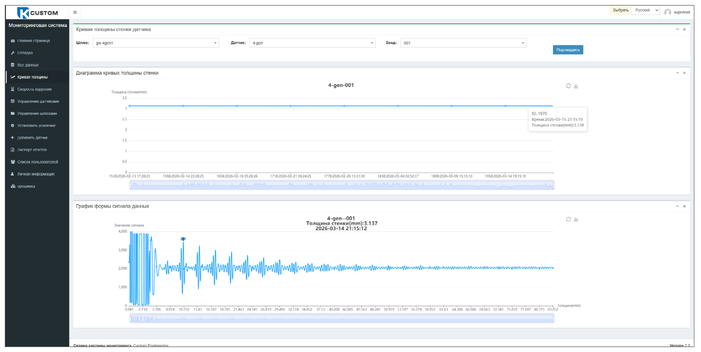










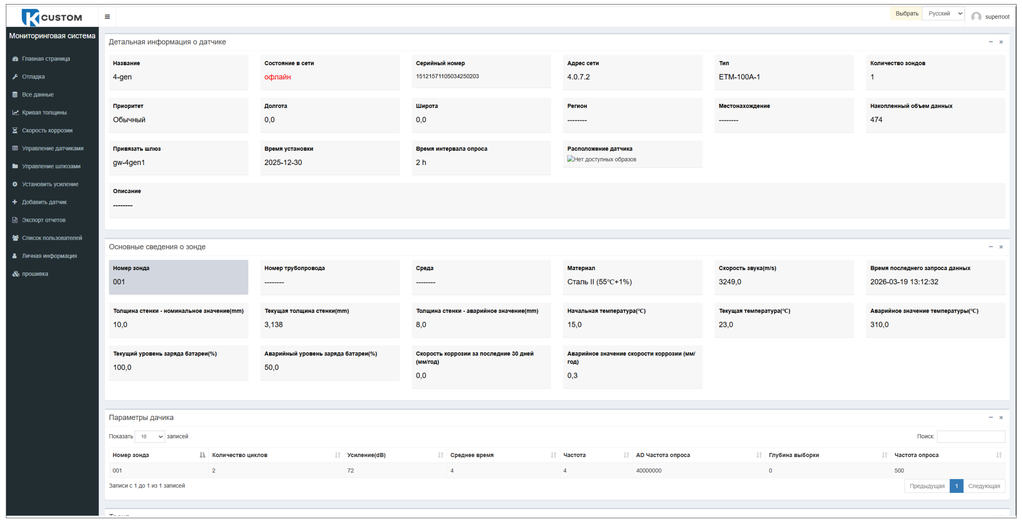


СЕРВЕРНОЕ ПО И ИНТЕГРАЦИЯ В АСУ ТП

Веб-интерфейс:
Онлайн-мониторинг толщины, отображение формы волны (A-scan), расчетной скорости коррозии и статуса батарей

Автоматизация:
Система автоматических предупреждений (аварийная информация) при критическом утонении

Интеграция:
Передача обычных данных, архивов и событий/тревог в существующие существующие системы SCADA/АСУ ТП предприятия с использованием промышленного стандарта обмена данными OPC и Modbus TCP



ПЕРЕХОД К ПРЕДИКТИВНОМУ УПРАВЛЕНИЮ ИНФРАСТРУКТУРОЙ

Непревзойденная аппаратная база
Бесконтактный контроль до 600°С с погрешностью ±0,01 мм без остановки технологических процессов

Системность данных
Возможность бесшовной интеграции данных ЭМАП с кинетическими показателями электрохимических методов (LPR)

Достоверная аналитика
Математическая фильтрация термоакустических шумов для точного расчета истинной скорости коррозии

Итог: Абсолютный, научно обоснованный контроль над критически важным производственным оборудованием

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД: СИНЕРГИЯ ЭМАП И LPR

Объединение двух фундаментальных методов для полного контроля коррозионных процессов.

LPR-датчики (Причина)

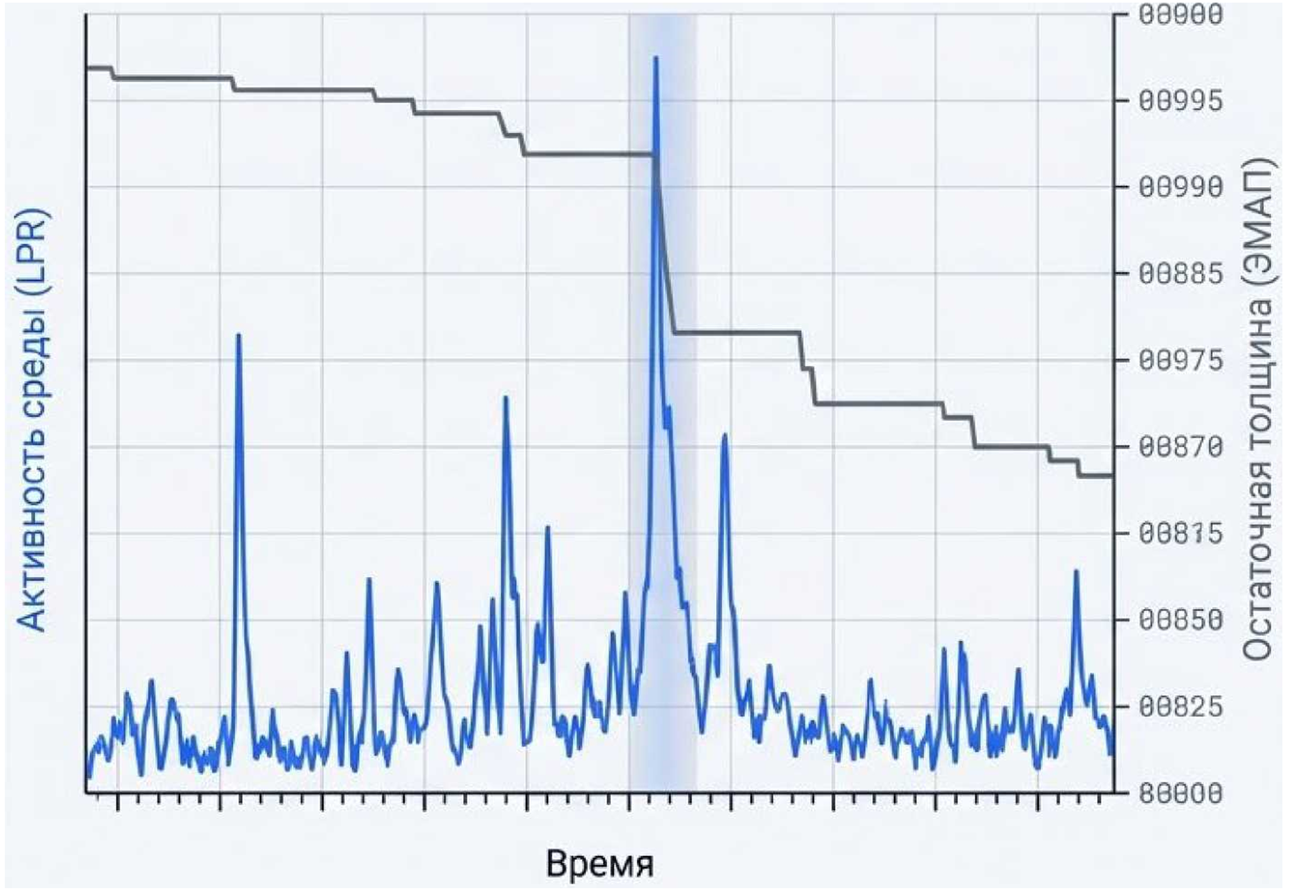
Обеспечивают мгновенную оценку скорости электрохимической коррозии в жидких электролитах. Идеально для оперативного контроля эффективности ингибирования.

ЭМАП КА-СКОР (Следствие)

Обеспечивает абсолютный физический контроль фактического утонения стенки металла в любых средах (включая газовые и углеводородные фазы).

Результат: Синергия мгновенной кинетики (LPR) и долгосрочного абсолютного контроля потери металла (ЭМАП) позволяет точно калибровать системы дозировки ингибиторов и прогнозировать остаточный ресурс.

СИНЕРГИЯ МЕТОДОВ:
КОМПЛЕКСНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ ЭМАП И LPR



LPR-мониторинг (Мгновенная кинетика)
Фиксирует сиюминутную электрохимическую активность. Идеален для мгновенной оценки эффективности подачи ингибиторов коррозии в водной среде

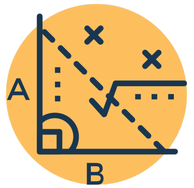
ЭМАП КА-СКОР (Остаточный ресурс)
Измеряет фактическое, необратимое физическое утонение стенки металла во времени

Комплексный анализ
Наложение пиков LPR (агрессивность среды) на тренды ЭМАП (потеря металла) исключает ложные срабатывания и дает исчерпывающую картину состояния трубопровода (причина + следствие)

КА-СКОР: СТАНДАРТ СОВРЕМЕННОГО КОРРОЗИОННОГО МОНИТОРИНГА

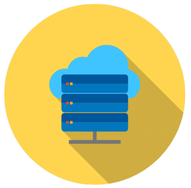
Абсолютный бесконтактный контроль

ЭМАП технология позволяет вести точные измерения через покрытия и при **высоких температурах (до 600°С)** без зачистки поверхности



Математическая достоверность

Встроенная регрессионная модель предиктивной аналитики полностью исключает влияние температурных колебаний на расчет скорости коррозии



Масштабируемая инфраструктура

Взрывозащищенное исполнение (1 Ex db ПС Тб Gb) в сочетании с гибкими протоколами **LoRa** и **NB-IoT** обеспечивает интеграцию в АСУ ТП на объектах любой сложности

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ (ROI)

Предотвращение инцидентов

Исключение штрафов, экологического ущерба и колоссальных затрат на ликвидацию последствий внезапных порывов и разгерметизации.

Умный ТОиР

Переход от жестких календарных ремонтов к ремонтам по фактическому состоянию. Обоснованное продление ресурса и сокращение простоев.

Оптимизация химизации

Динамическое дозирование дорогостоящих ингибиторов коррозии на основе реальной потребности потока. Экономия реагентов до 15-20%.

ДОРОЖНАЯ КАРТА ВНЕДРЕНИЯ

Шаг 1: ППО (1 -2 мес)

Предпроектное обследование, УЗК, анализ ЭПБ, выбор критических зон установки

Шаг 2: Пилот / ОПИ (3-6 мес)

Установка 3-5 датчиков, настройка сервера, проверка стабильности связи и точности измерений

Шаг 3: Масштабирование (6-12 мес)

Охват целых технологических установок и производственных площадок

Шаг 4: Интеграция

Вывод данных в центральную АСУ ТП предприятия по стандартным протоколам (Modbus/OPC).

✓ **Минимальный риск:** Система доказывает свою эффективность на пилотном участке до принятия решений о масштабных инвестициях.

ЕДИНАЯ ЭКОСИСТЕМА ПРОАКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТЬЮ

Гибкость архитектуры

Кастомизация расчетных модулей и форматов интеграции под строгие требования корпоративной IT-инфраструктуры заказчика

Открытый стандарт

Агрегация данных с датчиков различных принципов действия (физика + электрохимия + вибрация) в едином цифровом окне

Бизнес-результат

Стратегический переход от реактивного устранения аварий к проактивному управлению эффективностью активов (АРМ)

Система Ка-Скор обеспечивает инструментальный базис для нулевой аварийности

ГОРИЗОНТ РАЗВИТИЯ: ПРЕДИКТИКТИВНАЯ АНАЛИТИКА И RBI

Big Data и Искусственный Интеллект

Переход от сбора к машинному обучению. Анализ массивов данных: толщина стенку температура, химический состав среды

Risk-Based Inspection (RBI)

Интеграция ПО Ка-Скор с международной методологией контроля оборудований на основе комплексной оценки промышленных рисков

Автоматизация ТОиР

Прогнозирование остаточного ресурса (Remaining Useful Life). Автоматизированное смещение графиков ремонтов на основе реального физического износа, а не календарных планов

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ТЭО: ЭПОХА ПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОЗРАЧНОСТИ

Онлайн ЭМАП-мониторинг Ка-Скор против традиционной гравиметрии (купонов).

Доказанный ROI на базе реальных кейсов нефтепереработки и добычи.

Экономия TCO

до 52%

Цена риска аварии

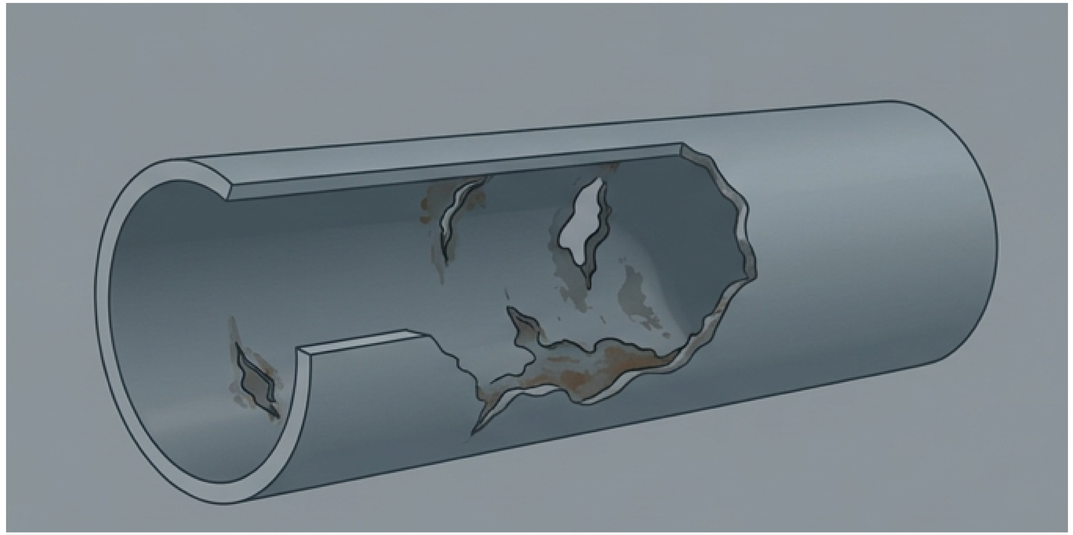
120 млн руб.

Точность

± 0,01 мм

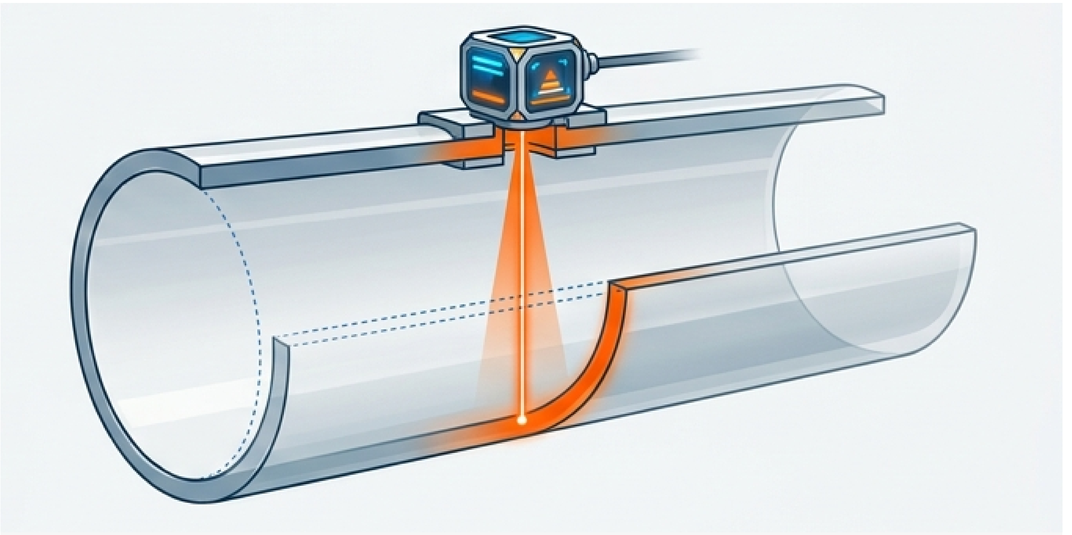
СКРЫТАЯ УГРОЗА 30-ЛЕТНИХ ФОНДОВ И «СЛЕПАЯ ЗОНА» КУПОНОВ

Парадигма прошлого (Гравиметрия)



Измерение прошлого: Редкие ретроспективные замеры. Данные раз в полгода.
Скрытый риск: Локальная коррозия развивается между точками контроля. Купон показывает среднюю норму.

Новая реальность (Непрерывный IoT-мониторинг)



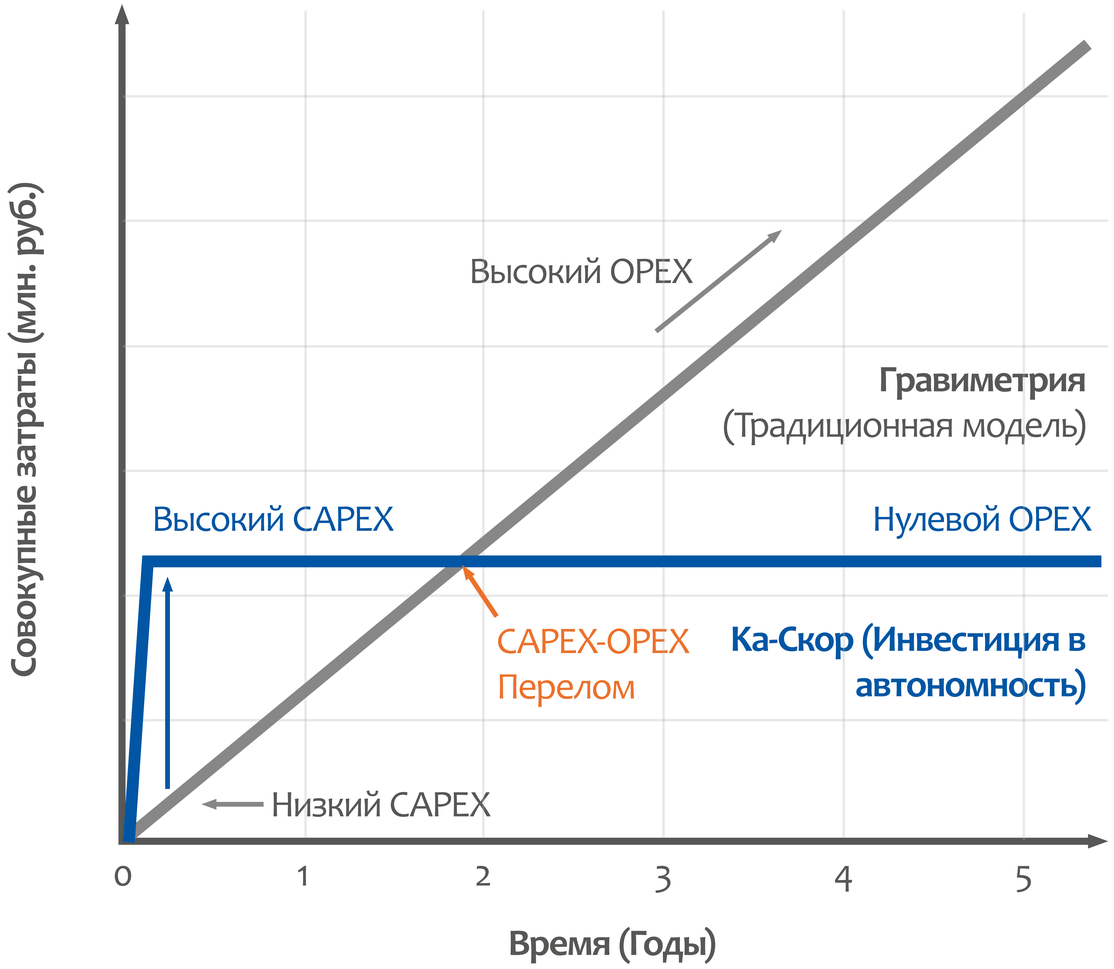
Фактическая картина: Ка-Скор измеряет реальную толщину стенки в точке конструкции.
Снижение риска: Данные онлайн. Фиксация локального износа до перфорации.

Аппаратная бескомпромиссность: КА-СКОР.
Абсолютная точность
Погрешность ±0.01 мм. Бесконтактный контроль без зачистки и врезки.
Экстремальные среды
Работа на горячем процессе до 600°C.
Взрывозащита
Сертификация 1 Ex db IIC T6 Gb для работы во взрывоопасных зонах.
Автономность и надежность
Срок службы батареи 3-5 лет. Степень защиты корпуса IP68 (гарантированная работа при погружении до 1.5 м).
СЕРТИФИКАТ
Ex db IIC T6 Gb

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЫВ: ФИЗИКА ПРОЦЕССА

Критерий	✓	Ка-Скор (ЭМАП + LoRa)	Традиционные купоны
Измеряемая величина		Фактическая остаточная толщина стенки (мм)	Потеря массы -> расчётная средняя скорость
Периодичность и задержка		Непрерывно онлайн (минуты, SCADA)	Ежемесячно по факту извлечения (недели задержки)
Локальный износ (питтинг)		Видит утончение в конкретной точке	Пропускает, если дефект не на самом купоне
Монтаж		Бесконтактно, хомутами (без остановки)	Врезка, сварка, опрессовка (огневые работы)
Прогноз		Предиктивная аналитика времени до отбраковки	Только ретроспективная констатация

АНАТОМИЯ ЗАТРАТ (TCO): СМЕНА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ



Традиционная модель (OPEX-ловушка)

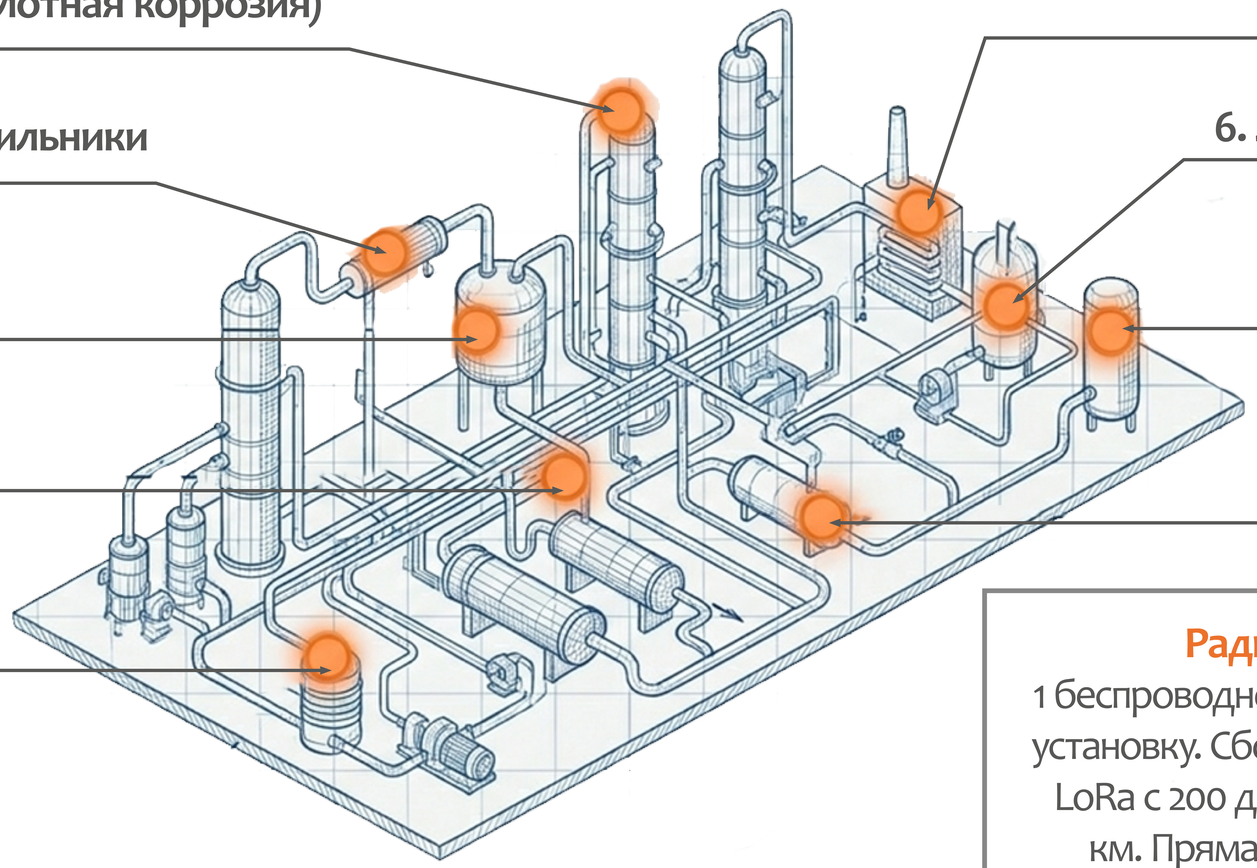
Дешевый базовый узел (180 тыс. Р) скрывает массивный OPEX. Необходимость врезки (120-140 тыс. Р). Ежемесячные выезды бригад, наряды-допуски (до 30 тыс. Р/выезд), лаборатория. **Затраты растут бесконечно.**

Модель Ка-Скор (Инвестиция в автономность)

Разовый CAPEX
(Датчик 570 тыс. Р, Шлюз 900 тыс. Р).
Нулевой OPEX в первые 3 года
(ЗИП в комплекте). **Полное исключение логистических издержек.**

КЕЙС 1: УСТАНОВКА АТ/АВТ НА НПЗ (8 КРИТИЧЕСКИХ ЗОН)

1. Шлемовые линии (кислотная коррозия)
2. Конденсаторы- холодильники
3. Рефлюксная ёмкость
4. Трансферная линия
5. Змеевики печи



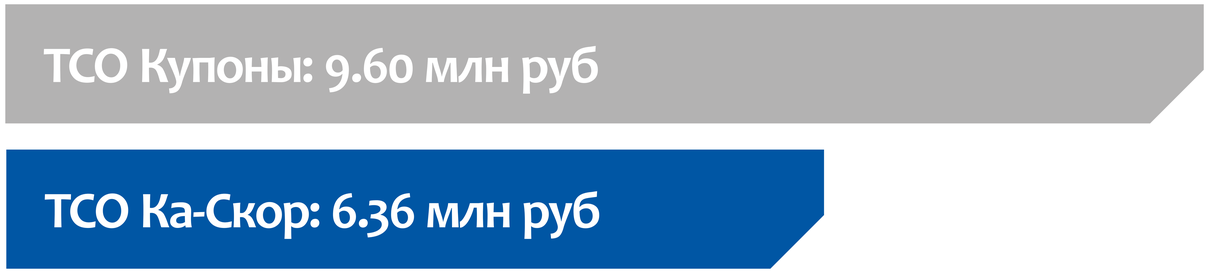
5. Змеевики печи
6. Линии боковых погонов
7. Линия мазута
8. Вакуумные погоны

Радиус покрытия

1 беспроводной шлюз покрывает всю установку. Сбор данных по протоколу LoRa с 200 датчиков в радиусе до 3 км. Прямая передача в АСУ ТП.

ЭКОНОМИКА ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТИ: ЭКОНОМИЯ 34-44%

Базовое покрытие (1 датчик на зону, горизонт 10 лет)



Экономия:
3,24 млн руб (34%)

Максимальное разрешение (4 датчика на зону)

Экономия:
16,44 млн руб (44%)

Вывод: Чем выше требуемое разрешение контроля, тем сильнее проигрывает гравиметрия из-за геометрического роста OPEX.

КЕЙС 2: ПРОМЫСЛОВЫЙ КОЛЛЕКТОР 5 КМ (ЛОГИСТИЧЕСКИЙ ВЫЗОВ).

Условия

5 км трубопровода. Через каждый километр подкачивается флюид с разных месторождений, требуя новую точку контроля после каждой врезки.

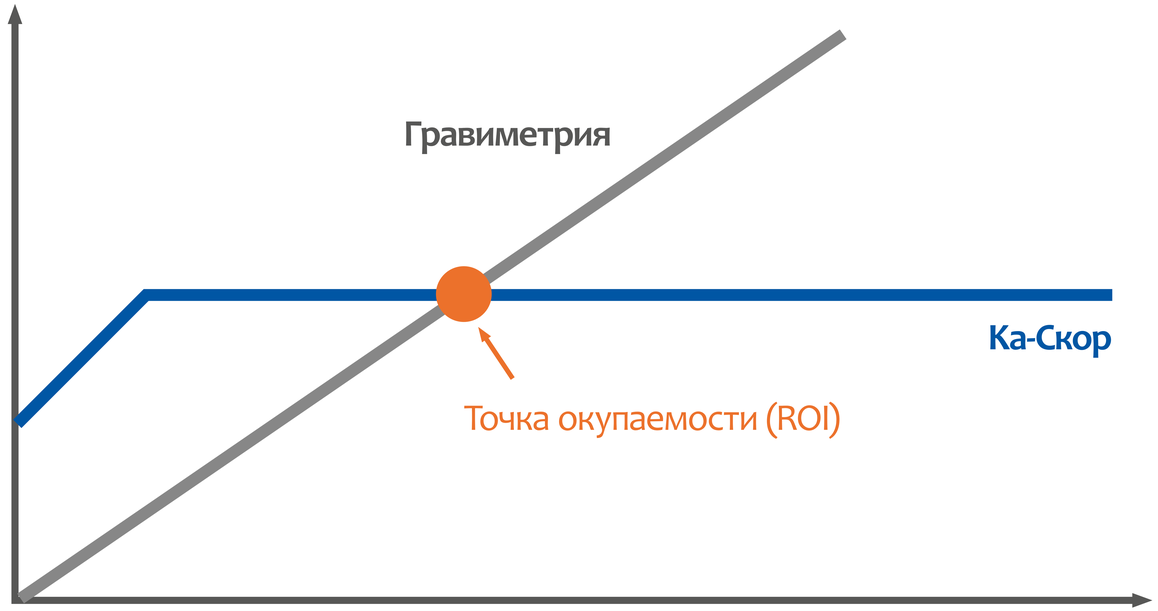
Проблема купонов

Ежемесячные выезды бригад на удаленный объект. Аренда спецтехники (4х4), ГСМ, командировочные (около 30 000 руб за один выезд).

Решение Ка-Скор

Один шлюз по центру трассы покрывает все 5 точек, полностью исключая полевые выезды для снятия показаний.

ДИСТАНЦИОННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ: ОКУПАЕМОСТЬ ЗА 2.8 ГОДА



52%

Снижение совокупной стоимости владения (TCO).
Прямая выгода 5.15 млн руб за 10 лет.

2.8 ГОДА

Срок полной окупаемости системы на промысле.

TCO КА-СКОР: 4.76 млн руб
TCO Купоны: 9.90 млн руб

✅ **Исключение транспортных и командировочных расходов на удаленном промысле превращает IoT-систему в сверхрентабельную инвестицию.**

КЕЙС 3: ЦЕНА «СЛЕПОЙ ЗОНЫ» - СЦЕНАРИЙ АВАРИИ.

Ежемесячный замер купоном

Скрытый локальный питтинг приводит к перфорации

Ежемесячный замер купоном

Купон физически не видит дефект между проверками. Более 90% разливов происходят из-за пропущенной коррозии.

Оценочная стоимость единичной аварии

Ликвидация разлива (ЛАРН): 18 млн руб

Аварийный ремонт и простой: 12 млн руб

Потери продукта: 6 млн руб

Штрафы и предписания: 3 млн руб

Экология и репутация: 81 млн руб

Итого: ~120 млн руб

✅ **Ка-Скор отслеживает тренд непрерывно и выдает алерт до перфорации. Плановый ремонт заменяет аварийную катастрофу.**

ИТОГОВОЕ УРАВНЕНИЕ ROI: РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД

Прямой расчет CAPEX/OPEX уже доказывает гарантированное снижение затрат на 52%. Но истинная ценность системы раскрывается в превентивном управлении рисками.

Для стареющих фондов онлайн-контроль - это не просто экономия на лаборатории. Это единственный рациональный выбор по обеспечению полной экологической и финансовой безопасности.

ОТ ПИЛОТА К ЭКОСИСТЕМЕ: МИНИМАЛЬНЫЙ СТАРТОВЫЙ РИСК

Шаг 1:
Предпроектное обследование (1-2 мес.)

Анализ зон, УЗК, выбор критических точек установки оборудования.

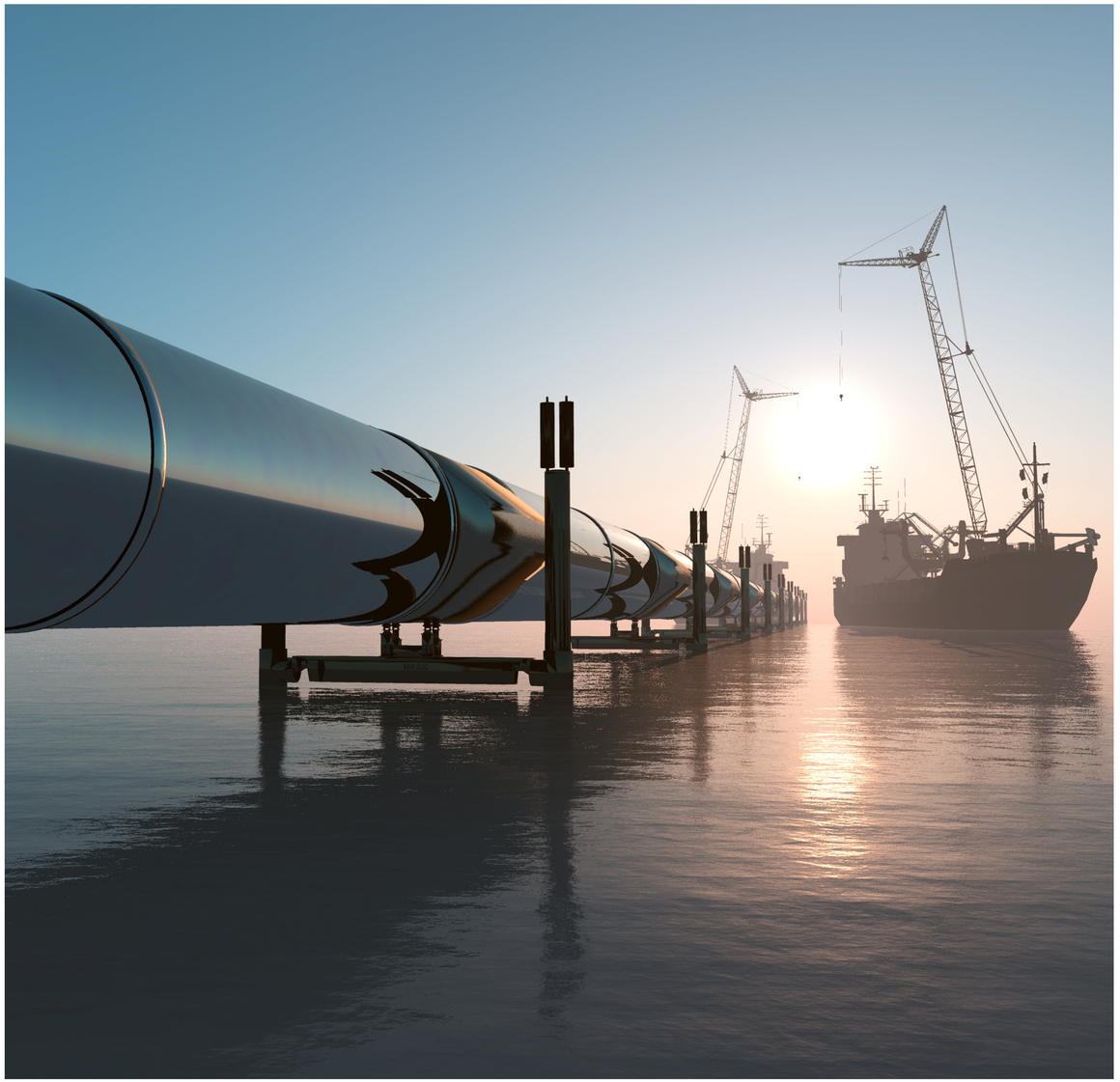
Шаг 2:
Пилотное внедрение (3-6 мес.)

Установка 3-5 датчиков. Настройка сервера, проверка стабильности связи LoRa и точности измерений. Доказательство эффективности на объекте.

Шаг 3:
Масштаб и интеграция

Охват целых технологических установок. Вывод данных в центральную АСУ ТП (по стандартам Modbus/OPC).

✅ **Ка-Скор - Надежный инструментальный базис для философии нулевой аварийности.**



КАСТОМ

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

ОБЪЕДИНЯЕМ ТЕХНОЛОГИИ
В ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ
РЕШЕНИЯ