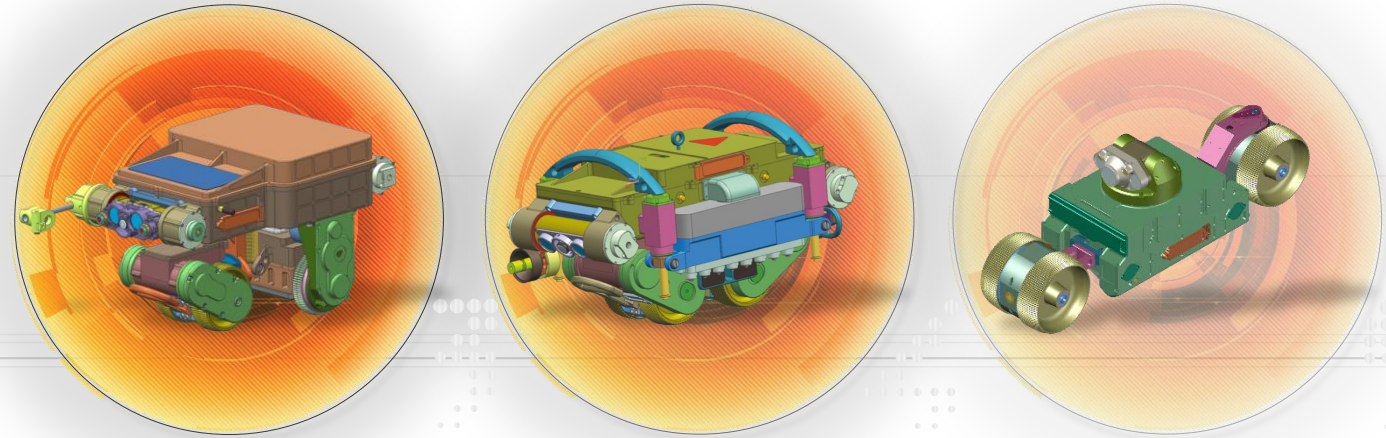


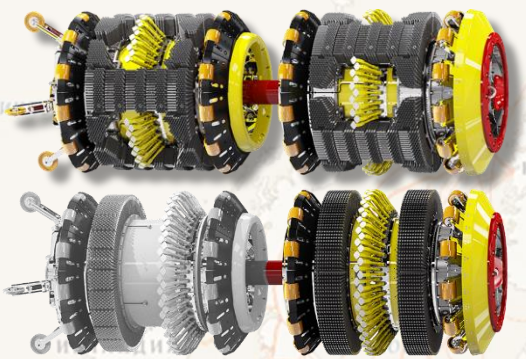
Информационная система анализа данных внутритрубной диагностики

IntroScan

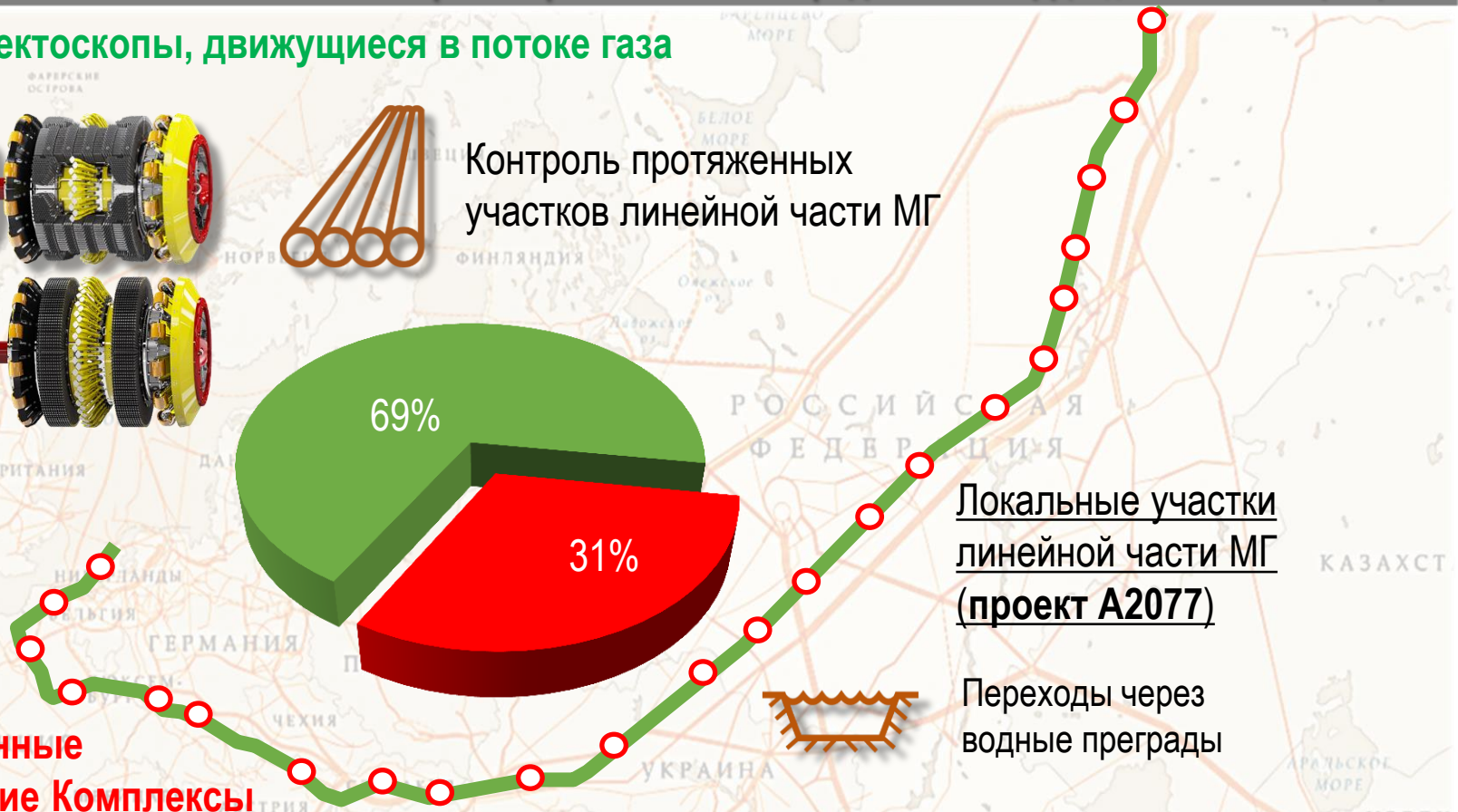
как элемент системы повышения эффективности технического диагностирования технологических трубопроводов КС

Обеспеченность объектов газотранспортной системы средствами ВТД (по данным ПАО «Газпром»)

Снаряды-дефектоскопы, движущиеся в потоке газа



Контроль протяженных участков линейной части МГ



Роботизированные Диагностические Комплексы

Сложные по пространственной конфигурации (**проект А2072**)

Локальные участки линейной части МГ (**проект А2077**)

Переходы через водные преграды

Переходы через автомобильные и железные дороги

Технологические трубопроводы и узлы подключения КС

Перемычки трубопроводов

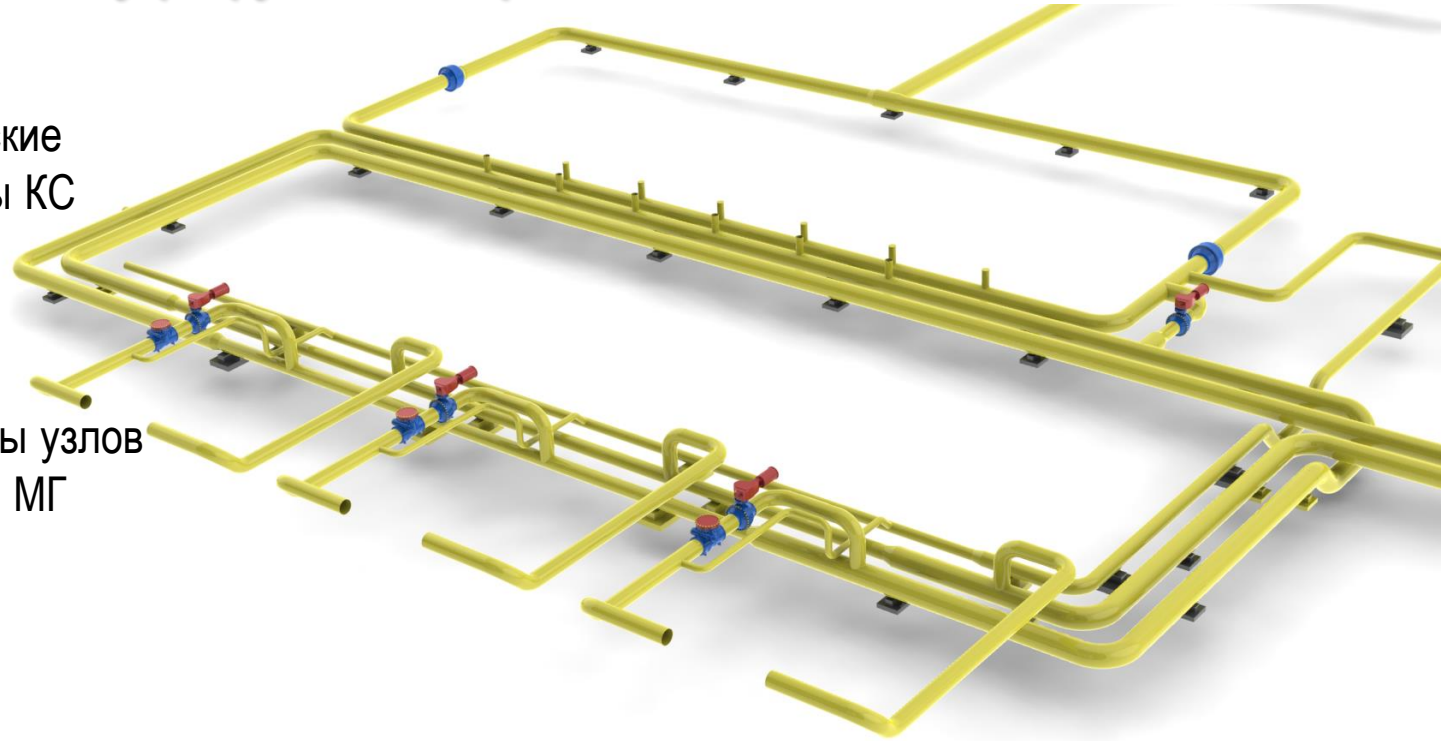
Неравнопроходные участки, газопроводы-отводы

Особенности сложных по пространственной конфигурации трубопроводов с точки зрения внутритрубного контроля

Технологические трубопроводы КС

Трубопроводы узлов подключения МГ

Перемычки трубопроводов



- Производственный объект «повышенной» опасности (наличие на объектах КЦ рабочего персонала)
- Сложная пространственная конфигурация
- Широкий сортамент труб и СДТ Ду 400…1400 мм
- Значительные затраты по подготовке объекта к работам по оценке технического состояния
- Короткие сроки по выводу из эксплуатации КЦ
- Значительные загрязнения внутренней полости

Автономный роботизированный сканер-дефектоскоп **A2072 IntroScan**

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Внутритрубное обследование **без нарушения целостности** трубопроводов – загрузка Сканера через люки-лазы, технологические отверстия

ВТД **без дополнительных очистных мероприятий** – объезд препятствий по оптимальному маршруту

Контроль труб, отводов, тройников, переходов, ЗРА **Ду 400-1400 мм**

Контроль трубопровода на удалении **до 1000 м** от места загрузки – отсутствуют линии связи управления/питания

Автономный роботизированный сканер-дефектоскоп **A2072 IntroScan**

КОНСТРУКЦИЯ

Малогабаритная транспортная платформа на магнитных колесах - движение по произвольной траектории (400*270*240 мм, 23 кг)

Лазерно-оптическая измерительная система – обнаружение поверхностных дефектов, профилеметрия

Акустическая измерительная система на датчиках с сухим точечным контактом – волноводный ультразвуковой контроль, без сплошного сканирования, без подготовки поверхности (чувствительность 10% от толщины стенки детали)

Встроенные следящие системы – высокая автоматизация процессов контроля

[redacted]

Аккумуляторное питание – до 10 часов автономной работы

Управление и получение диагностических данных **по радио-каналу** на удалении до 1000 м от места загрузки

Автономный роботизированный сканер-дефектоскоп **A2072 IntroScan**

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ

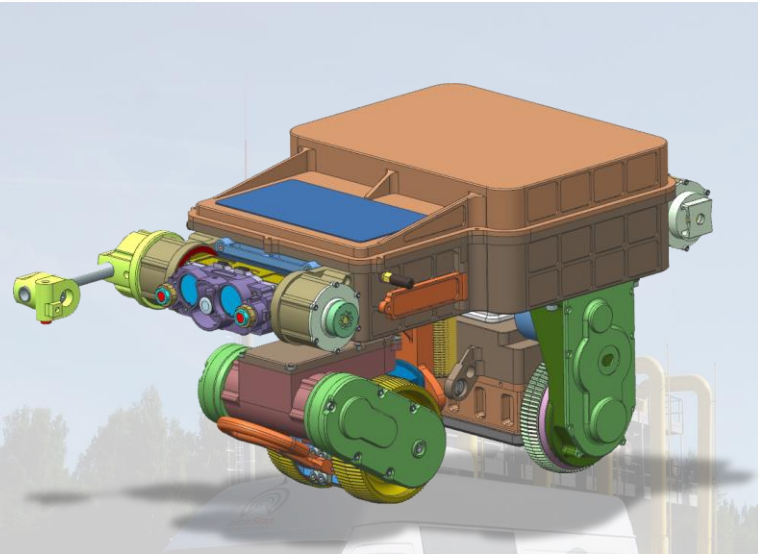
Обнаружение дефектов в основном металле и околошовных зонах

Обнаружение дефектов геометрии элементов трубопровода*

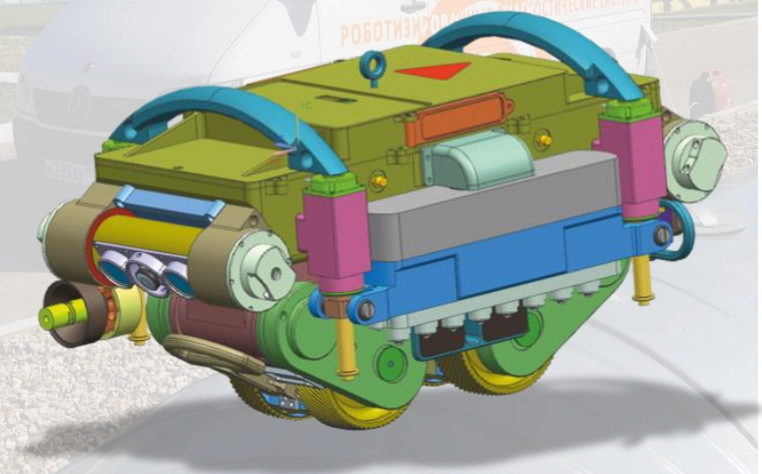
Контроль адгезии изоляционного покрытия

Оценка пространственного положения трубопровода

Общие сведения



транспортная платформа v3.5



транспортная платформа v4.6

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

- ВТД без нарушения целостности трубопроводов
- Контроль труб и СДТ **Ду 400-1400** мм
- ВТД без дополнительных очистных мероприятий **(загрязнения до 5 мм под АР)**
- На удалении **до 2000 м** от места загрузки СД **(700 м при УЗ - 18 м/ч)**

КОНСТРУКЦИЯ

- Акустическая измерительная система на датчиках с сухим точечным контактом **(чувствительность 10% толщины)**
- Малогабаритная транспортная платформа на магнитных колесах **(370* 270*250,0мм / 22кг)**
- Лазерно-оптическая измерительная система
- Аккумуляторное питание **(10 часов работы)**
- Встроенные следящие системы
- Управление и получение данных по радио-каналу

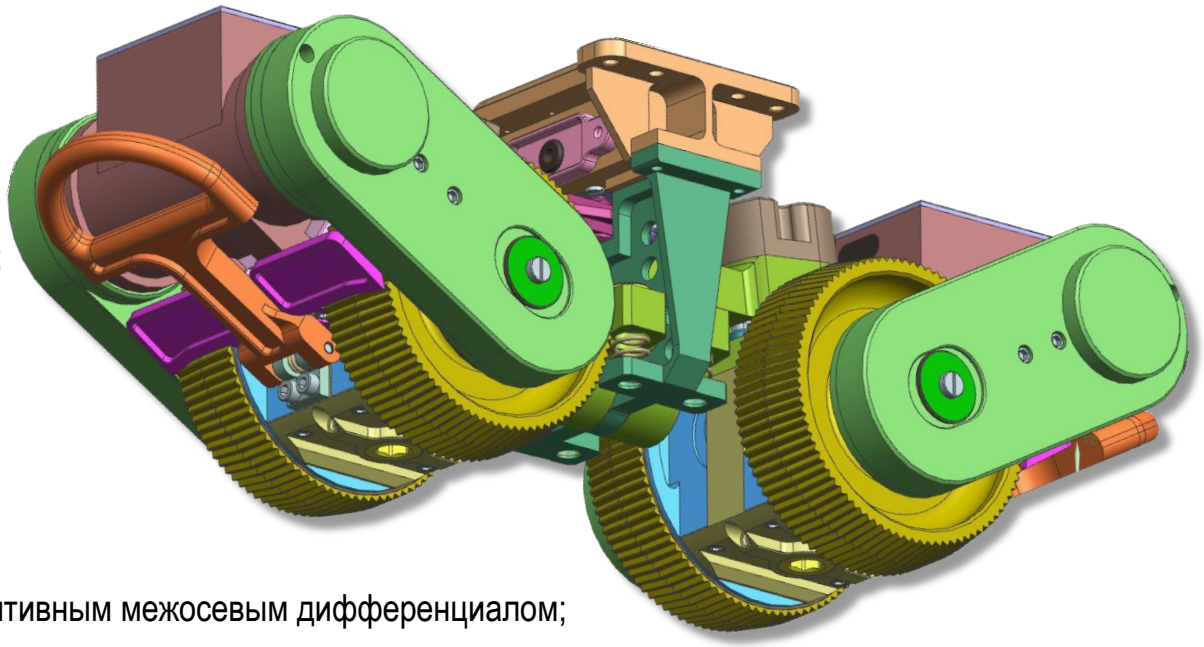
ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ

- Обнаружение дефектов в основном металле и околошовных зонах: ВИК,УК
- Обнаружение дефектов геометрии элементов трубопровода
- Толщинометрия основного металла: УЗТ
- Оценка пространственного положения трубопровода
- Контроль сварных соединений: ВИК , УК - (III кв. 2018)
- Контроль отслоения изоляционного покрытия

Транспортная платформа

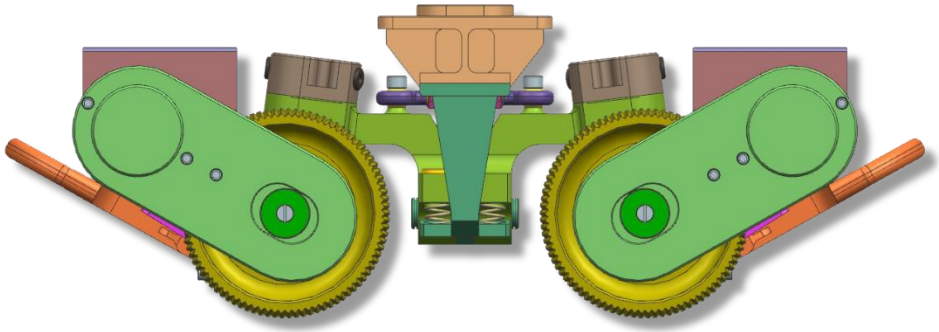
Назначение:

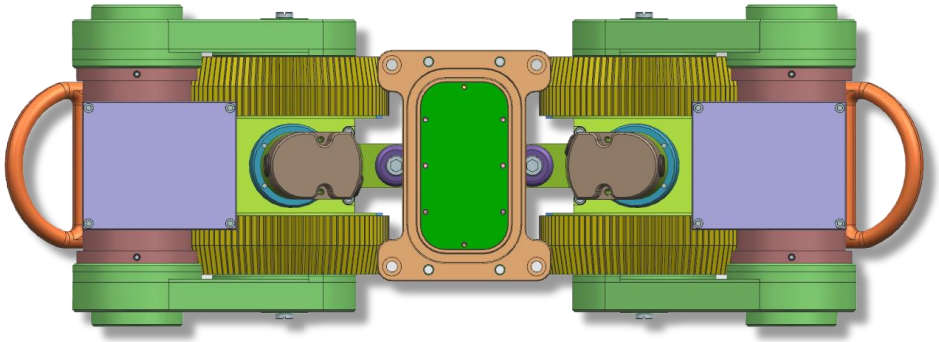
- Перемещение сканера по внутренней поверхности трубопровода по произвольной траектории;
- Передвижение по горизонтальным, наклонным, вертикальным поверхностям;
- Передвижение по загрязненным, замасленным поверхностям;
- Проезд препятствий и конструкционных особенностей трубопровода



Конструкция:

- Магнитные мотор-колесные блоки, с адаптивным межосевым дифференциалом;
- Встроенные датчик Холла, инклинометры **(данные о положении сканера в трубопроводе, данные об условиях проведения контроля, сервисная информация)**;
- Габариты 320*170*180 мм, масса 5 300 гр;
- IP 65.

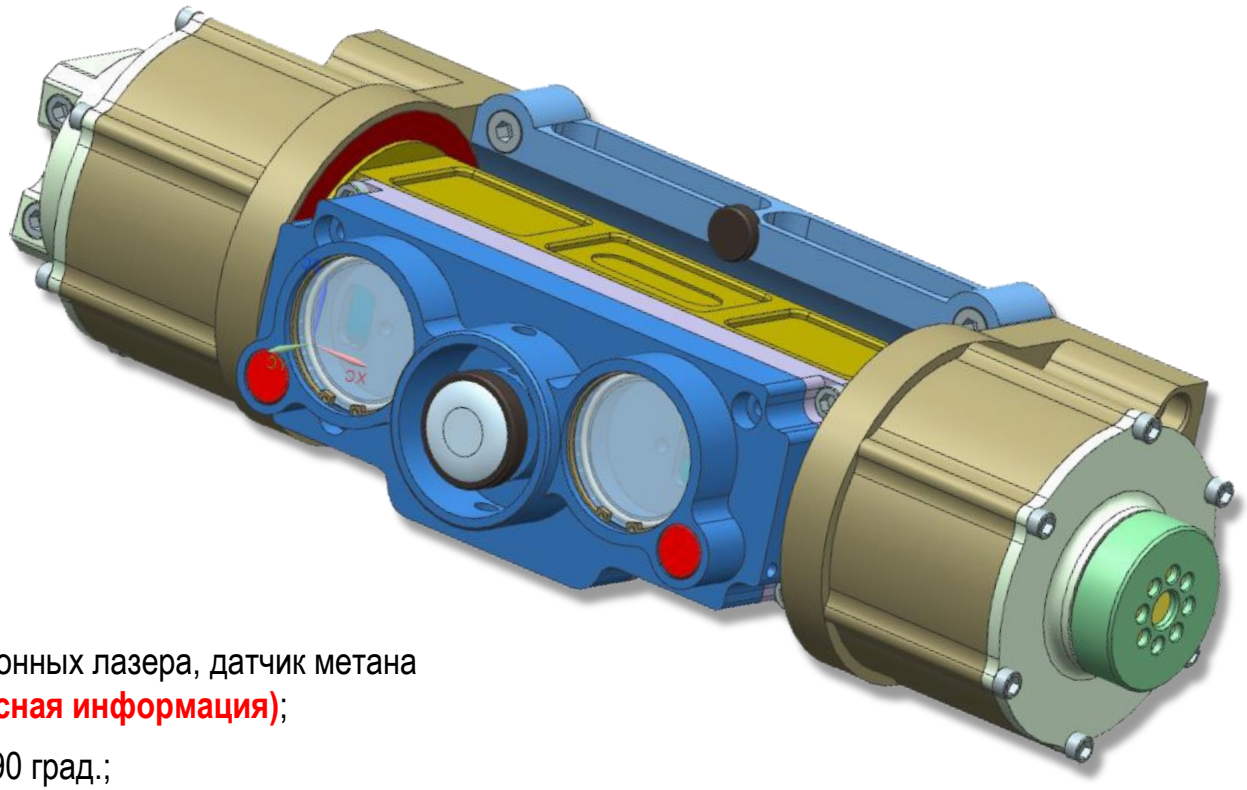




Оптическая измерительная система

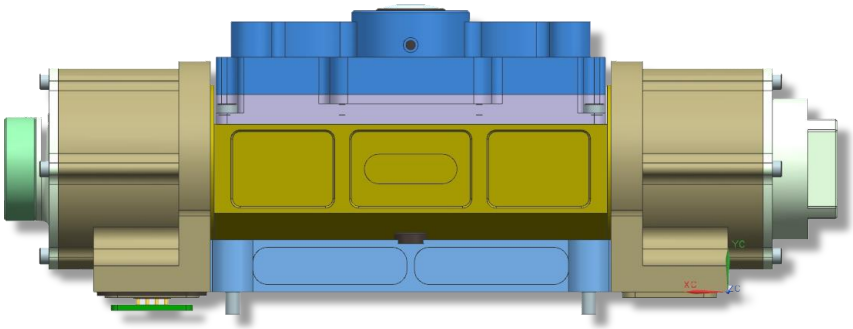
Назначение:

- Ориентация оператора во внутренней полости трубопровода;
- Визуальный контроль внутренней полости трубопровода **(фотоизображения)**;
- Визуально-измерительный контроль «оптически открытых» (с отсутствующими загрязнениями) поверхностей основного металла деталей и сварных соединений **(фотоизображения)**.



Конструкция:

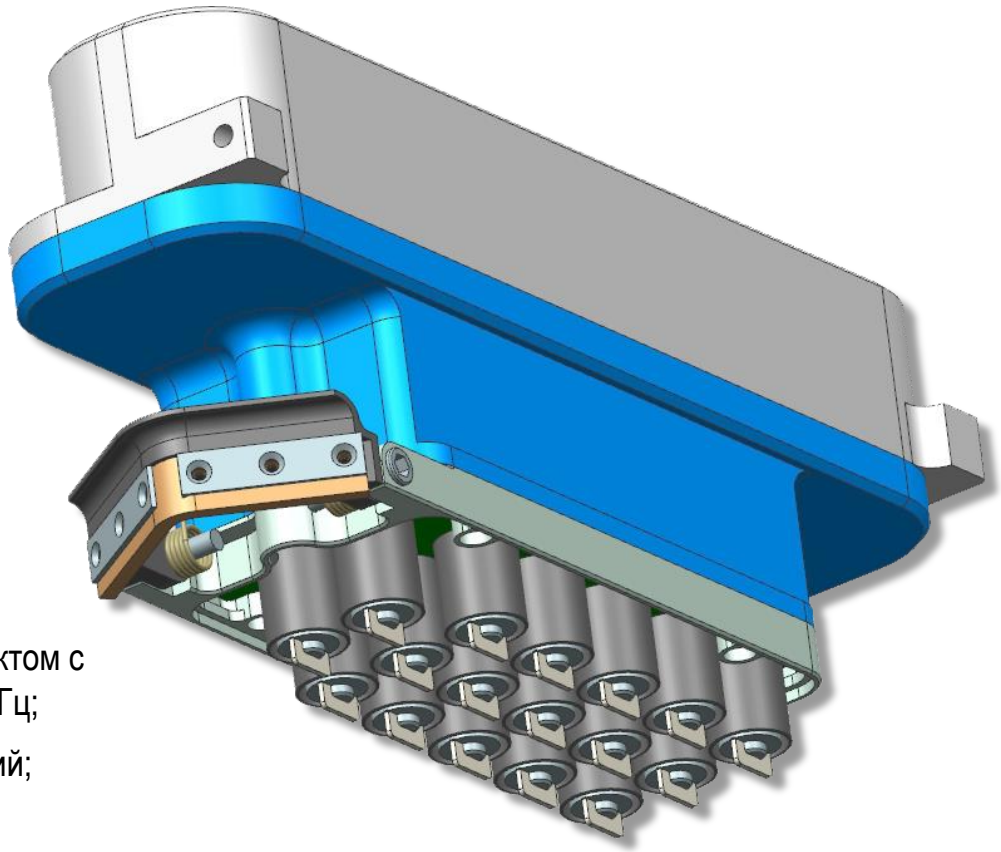
- FullHD-камера, 2 прожектора, 2 проекционных лазера, датчик метана **(данные о содержании метана, сервисная информация)**;
- Поворотный блок, 1 ось вращение, +/- 90 град.;
- Габариты 195*80*75 мм, масса 850 гр;
- IP 65.



Акустическая измерительная система

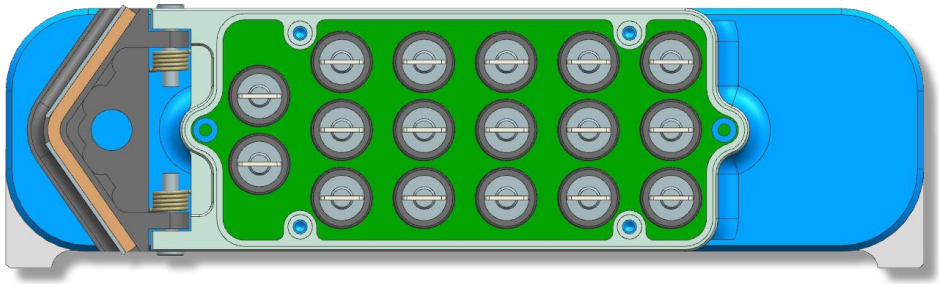
Назначение:

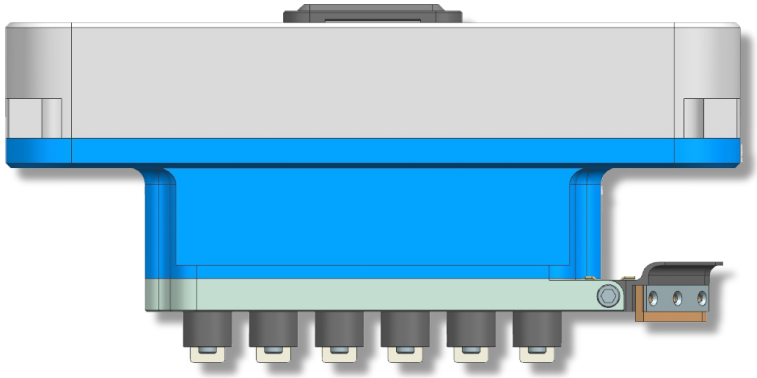
- Акустический контроль в «индикаторном» режиме основного металла деталей и сварных соединений **(«первичные» акустические данные)**:
  - Обнаружение и локализация дефектных зон;
  - Оценка типа дефекта;
  - Оценка абсолютных размеров дефекта;
  - Оценка относительной глубины дефекта.
- Толщинометрия основного металла деталей



Конструкция:

- Антенные решетки с датчиками с сухим точечным контактом с адаптивным подвесом, с рабочей частотой 65кГц и 300кГц;
- Встроенные системы очистки поверхности от загрязнений;
- Габариты 240*75*110 мм, масса 1 400 гр;
- IP 65.

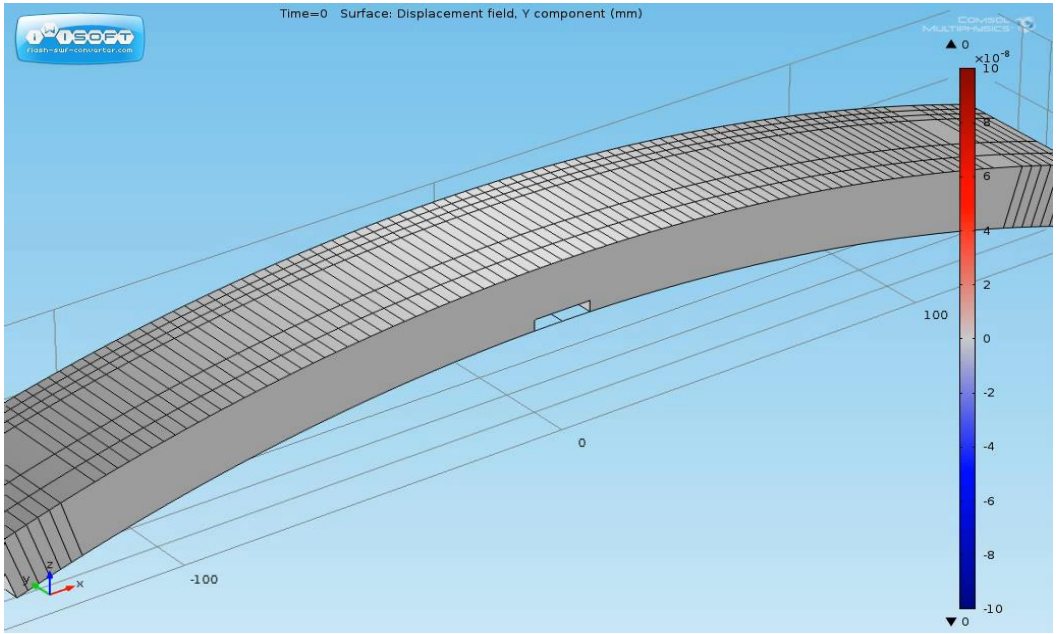




Толщинометрия

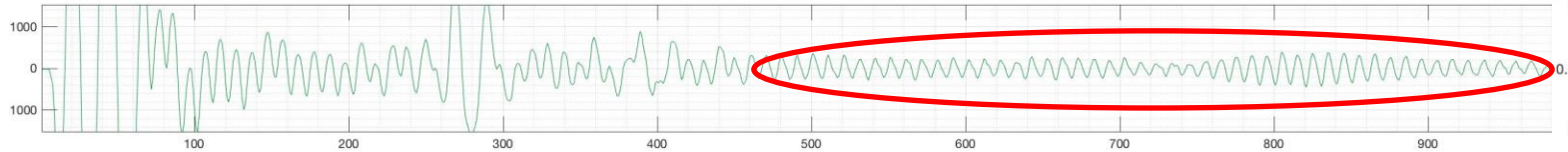
Техническое решение:

- Применение датчиков СТК с рабочим частотным диапазоном 300 кГц.
- Для каждого положения сканера по акустическим данным спектральным методом определяется среднее значение номинальной толщины стенки трубы. Дискретность измерения толщины 0,1 мм достигается за счёт интерполяции спектра в области поиска максимума. Из набора таких измерений формируется трассовая характеристика толщины.
- На современном уровне развития средств УТ при ВТД возможно оценить остаточную толщину в месте дефекта, имеющего значительную отражающую площадь, параллельную поверхности основного металла, имеющего плавные линии очертания в сечении (вышлифовка, эрозия)

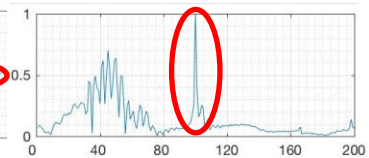


- Возможна относительная оценка степени поврежденности детали, вычисляя эквивалентную площадь (коррозионных каверн, трещин) по уровню амплитуды отраженной от дефекта УЗ-волны

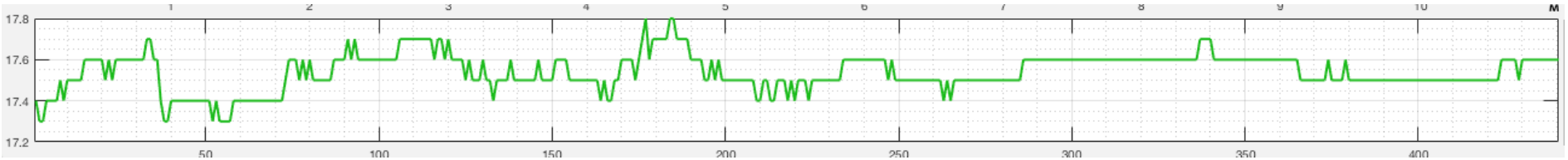
А-скан УЗ-сигнала



Спектр УЗ-сигнала



Результат толщинометрии (под АР СТК, при продольном перемещении Сканера)

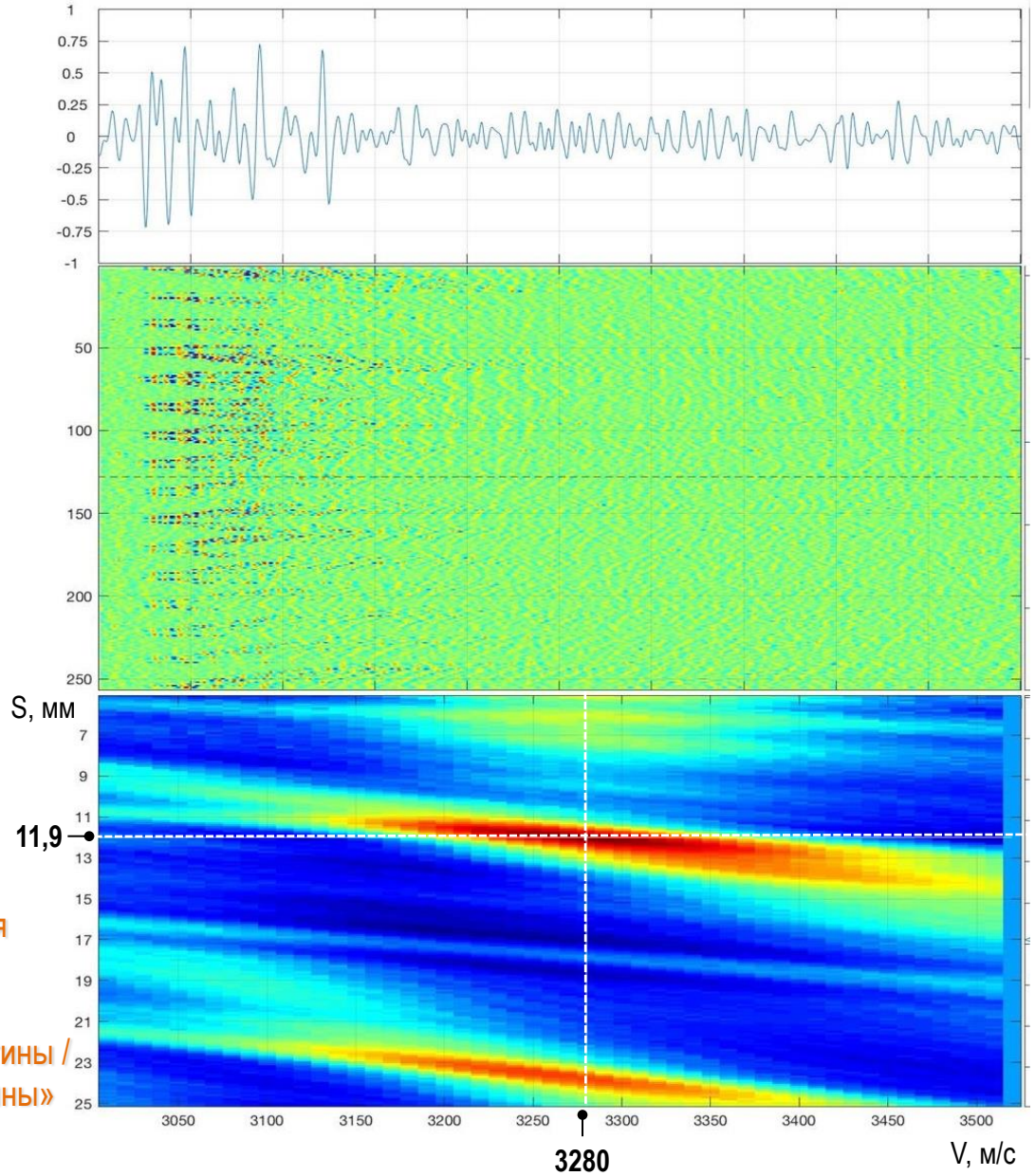


Толщинометрия. Автокоррекция скорости распространения УЗ-волны.

Техническое решение:

- На трубах различных производителей зафиксирована значительная дисперсия скорости УЗ-волны
- Автокоррекция скорости поперечной ультразвуковой волны в пластине осуществляется по результатам спектрального анализа первичных акустических данных и составления на их основе корреляционной функции соотношения измеряемой толщины пластины и скорости УЗ-волны, последующего определения экстремума функции и соответствующих ему значений скорости и толщины
- По результатам оценки скорости УЗ-волны возможно провести <u>качественную оценку сортамента</u> основного металла обследуемых деталей
- Разработана эффективная технология УТ при ВТД с автокоррекцией скорости УЗ-волны

Первичные акустические данные



Корреляционная функция соотношения «толщина пластины / скорость УЗ-волны»

Ультразвуковой контроль сварных соединений

Техническое решение:

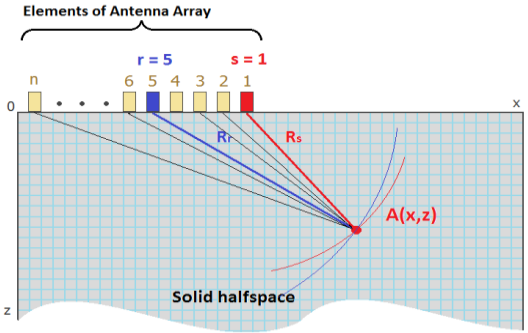
- Применение датчиков СТК с рабочим частотным диапазоном 300 кГц.
- Для каждого положения сканера осуществляется расчет первичных акустических данных, полученных на многоэлементной антенной решетки (АР) датчиков по алгоритму цифровой фокусировки антенны (ЦФА)
- Сущность алгоритма ЦФА заключается в расчёте яркости (коэффициента отражающей способности) для каждой точки А в сечении с координатами x, z:

$$S_A(x,z) = \frac{1}{N}\sum_{s=1}^{n}\sum_{r=s}^{n} D(\theta_s) * D(\theta_r) * U_{sr}(t_{s,r})$$

где

$$N = \frac{n\cdot(n+1)}{2}$$

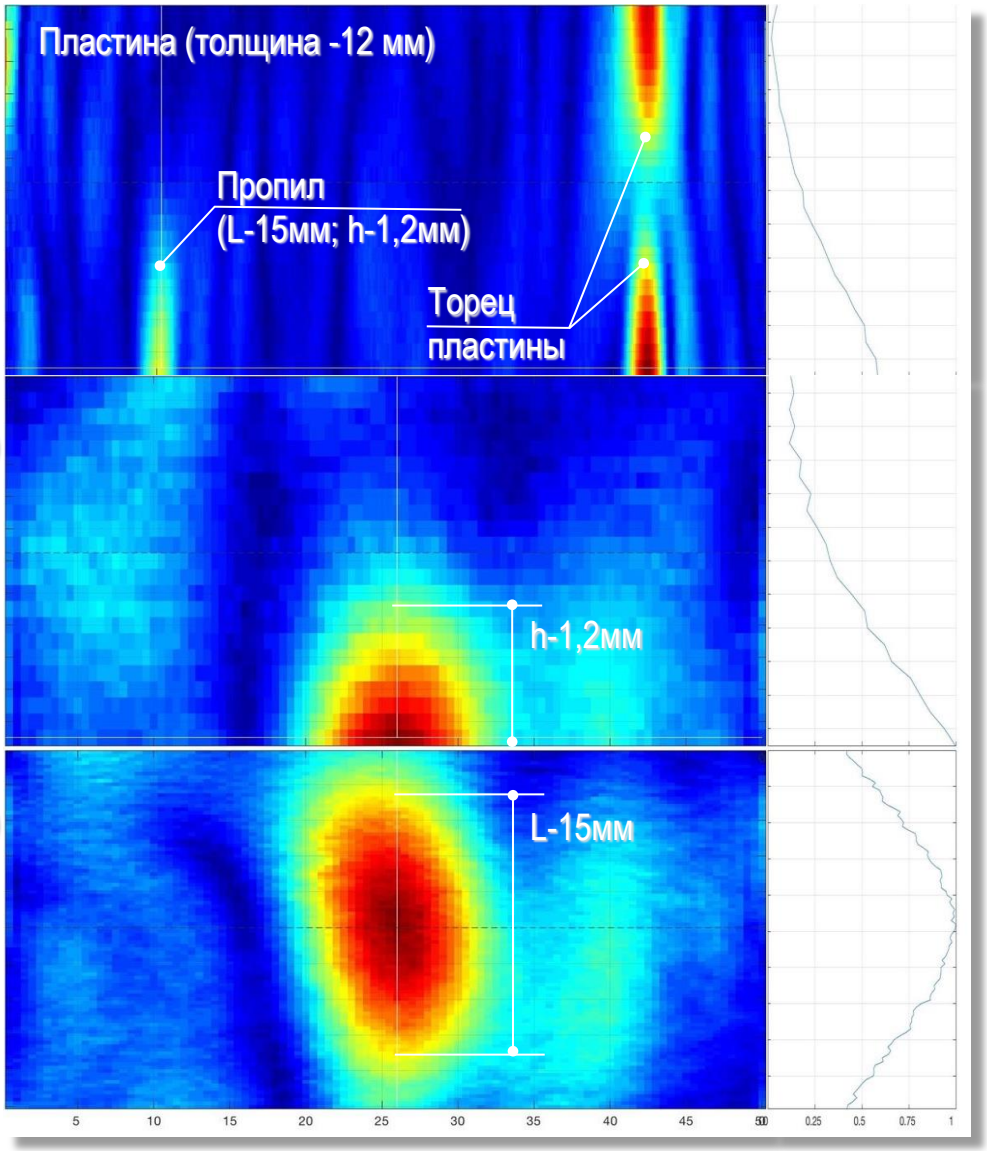
Общее число некоррелированных реализаций эхосигналов от всех пар элементов АР



В-скан (масштаб 1:1)

В-скан (масштаб 10:1)

С-скан (масштаб 10:1)



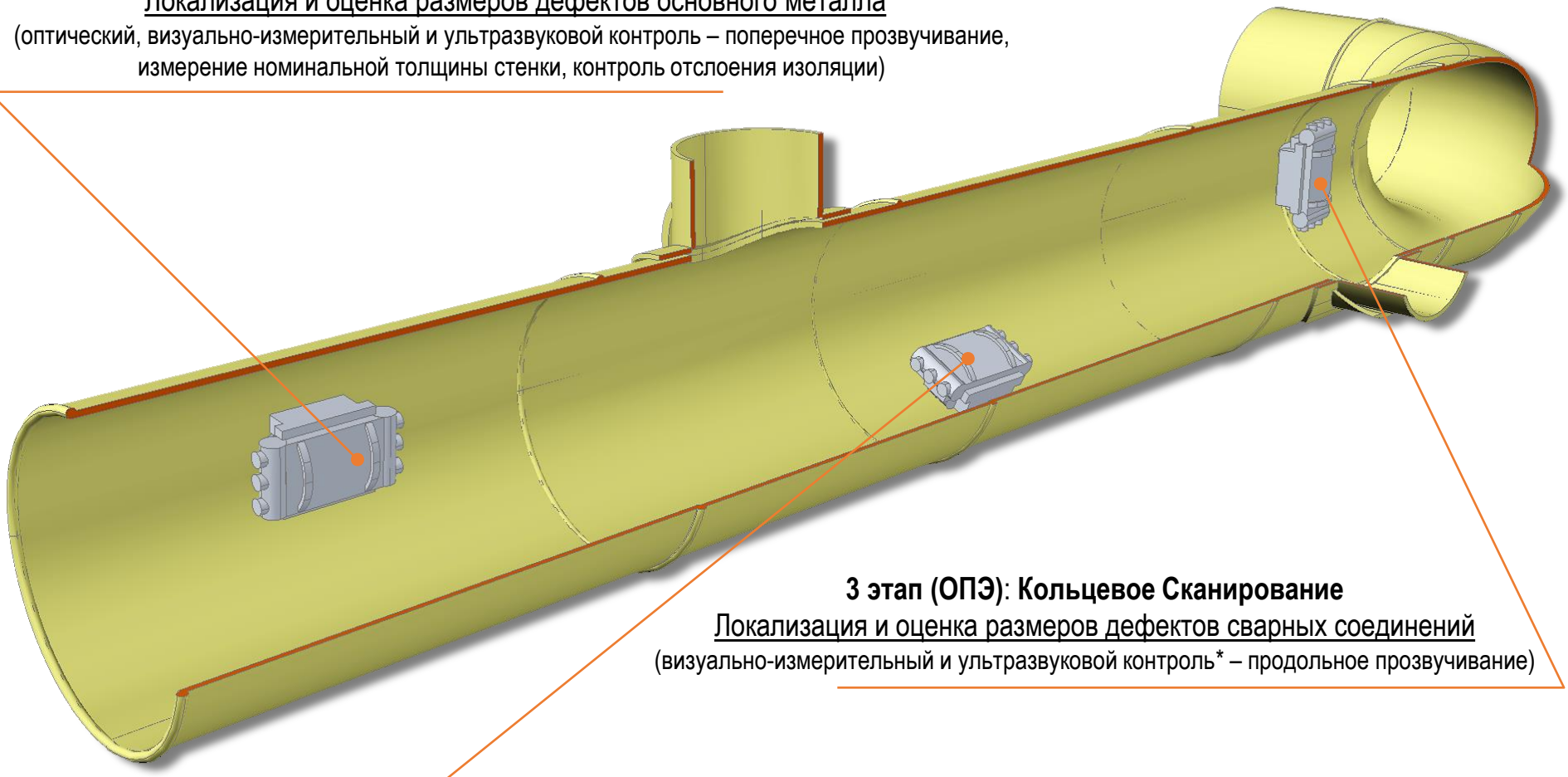
- Разработан модуль для ультразвукового контроля сварных соединений, не требующий дополнительных мероприятий по подготовке шва к контролю при ВТД

Общая схема проведения полевого этапа работ по ВТД

1 этап: **Продольное сплошное Сканирование по оптимальному маршруту**

Локализация и оценка размеров дефектов основного металла

(оптический, визуально-измерительный и ультразвуковой контроль – поперечное прозвучивание, измерение номинальной толщины стенки, контроль отслоения изоляции)



3 этап (ОПЭ): **Кольцевое Сканирование**

Локализация и оценка размеров дефектов сварных соединений

(визуально-измерительный и ультразвуковой контроль* – продольное прозвучивание)

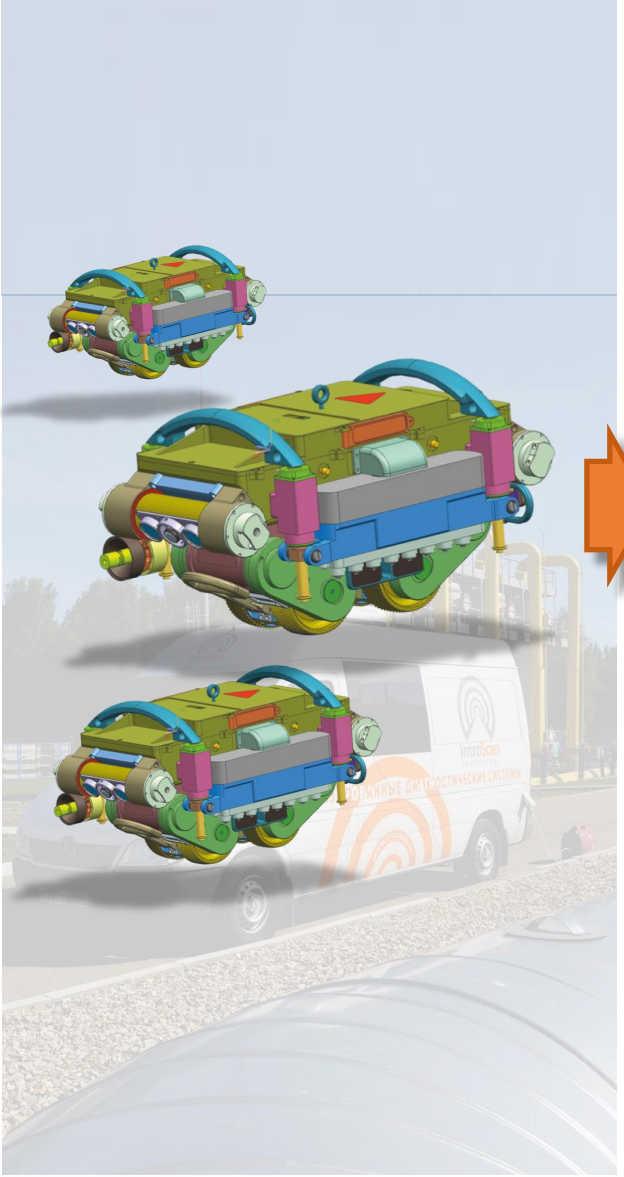
2 этап: **Поперечное локальное Сканирование**

Определение типа и глубины локализованных дефектов основного металла

(визуально-измерительный; и ультразвуковой контроль – продольное прозвучивание, измерение остаточной толщины стенки* в зоне «объёмных» дефектов)

Постановка задачи. Информационные потоки

«Полевые» группы ВТД



Информационные потоки

Обнаружение дефектов в основном металле и околошовных зонах:

ВИК **1** Гбайт/пог.км

УК **100** Гбайт/пог.км

Толщинометрия основного металла:

УЗТ **10** Мбайт/пог.км

Контроль сварных соединений:

ВИК **100** Мбайт/пог.км

УК **10** Гбайт/пог.км

Обнаружение дефектов геометрии элементов трубопровода:

100 Мбайт/пог.км

Оценка пространственного положения трубопровода:

10 Мбайт/пог.км

Контроль отслоения изоляционного покрытия:

10 Мбайт/пог.км

Исполнительная документация:

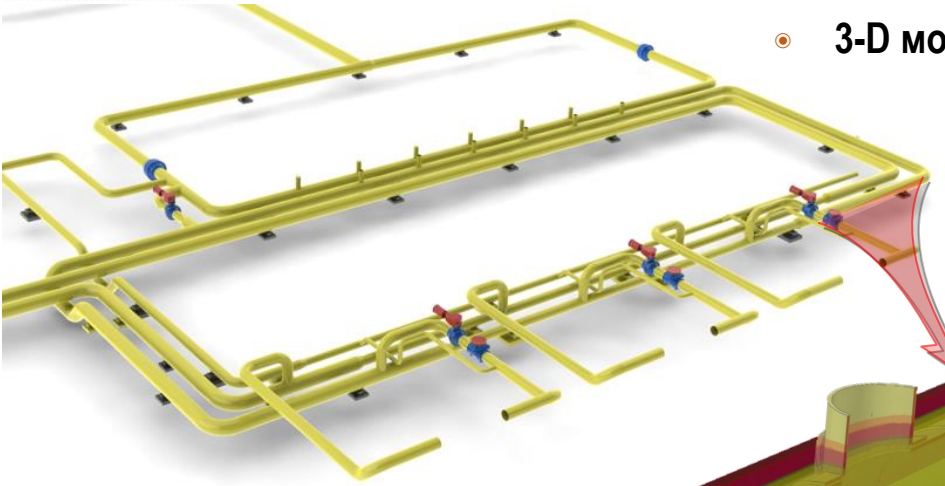
100 Мбайт/пог.км

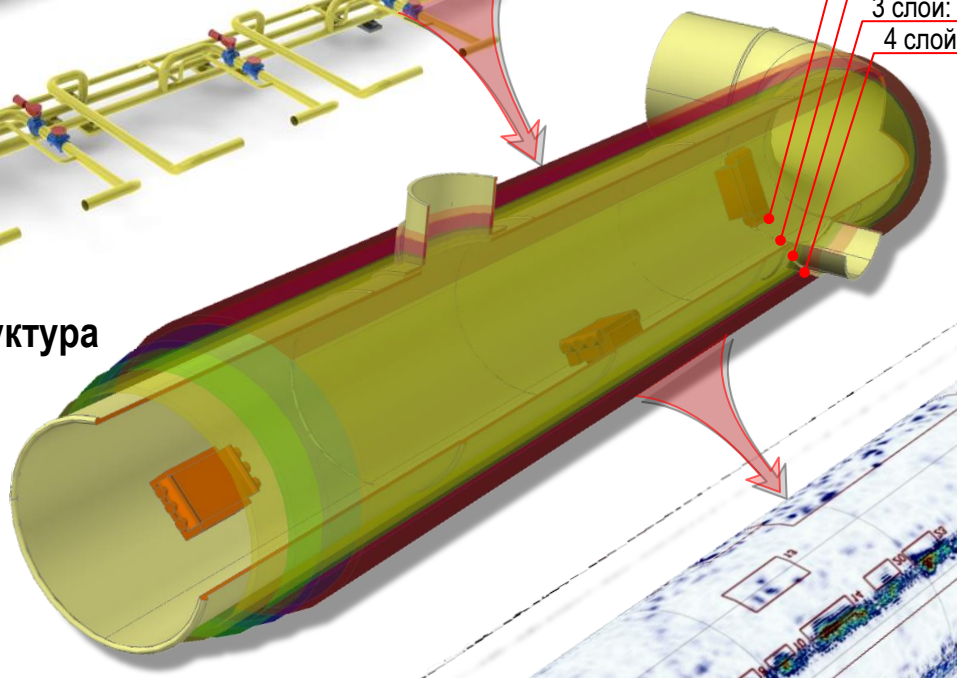
~200 Гбайт/пог.км

Центр обработки данных

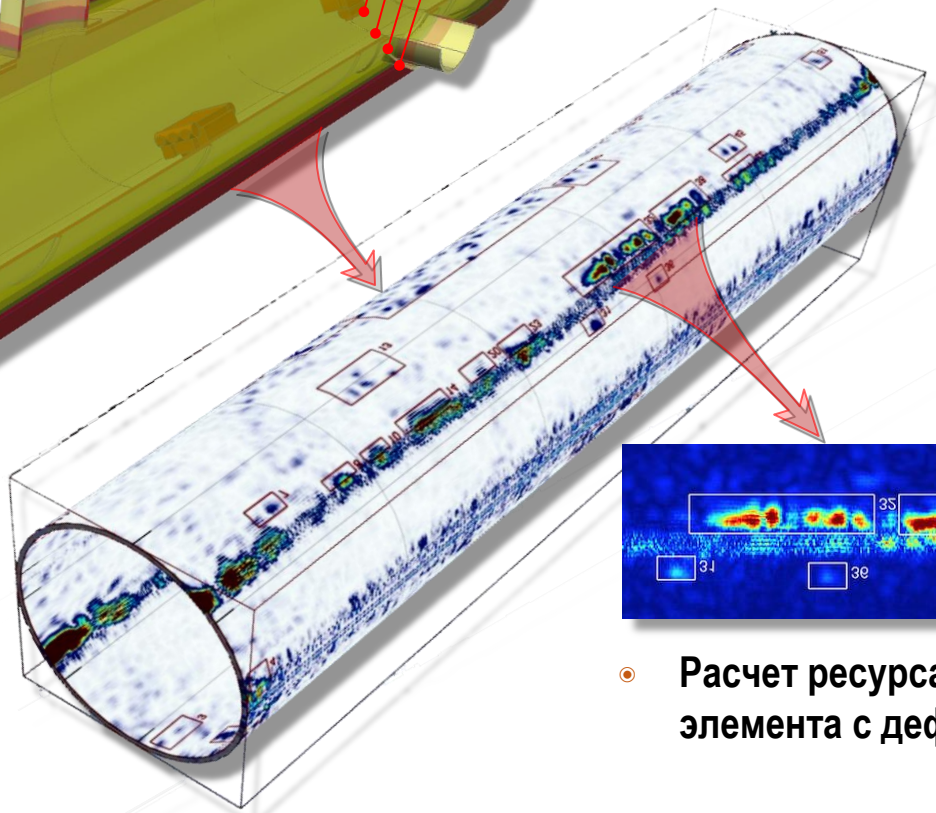
Постановка задачи. Основные функции

- 3-D модель обследуемого трубопровода

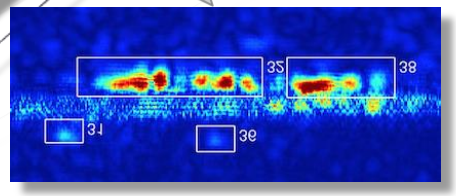




- Многослойная структура хранения данных



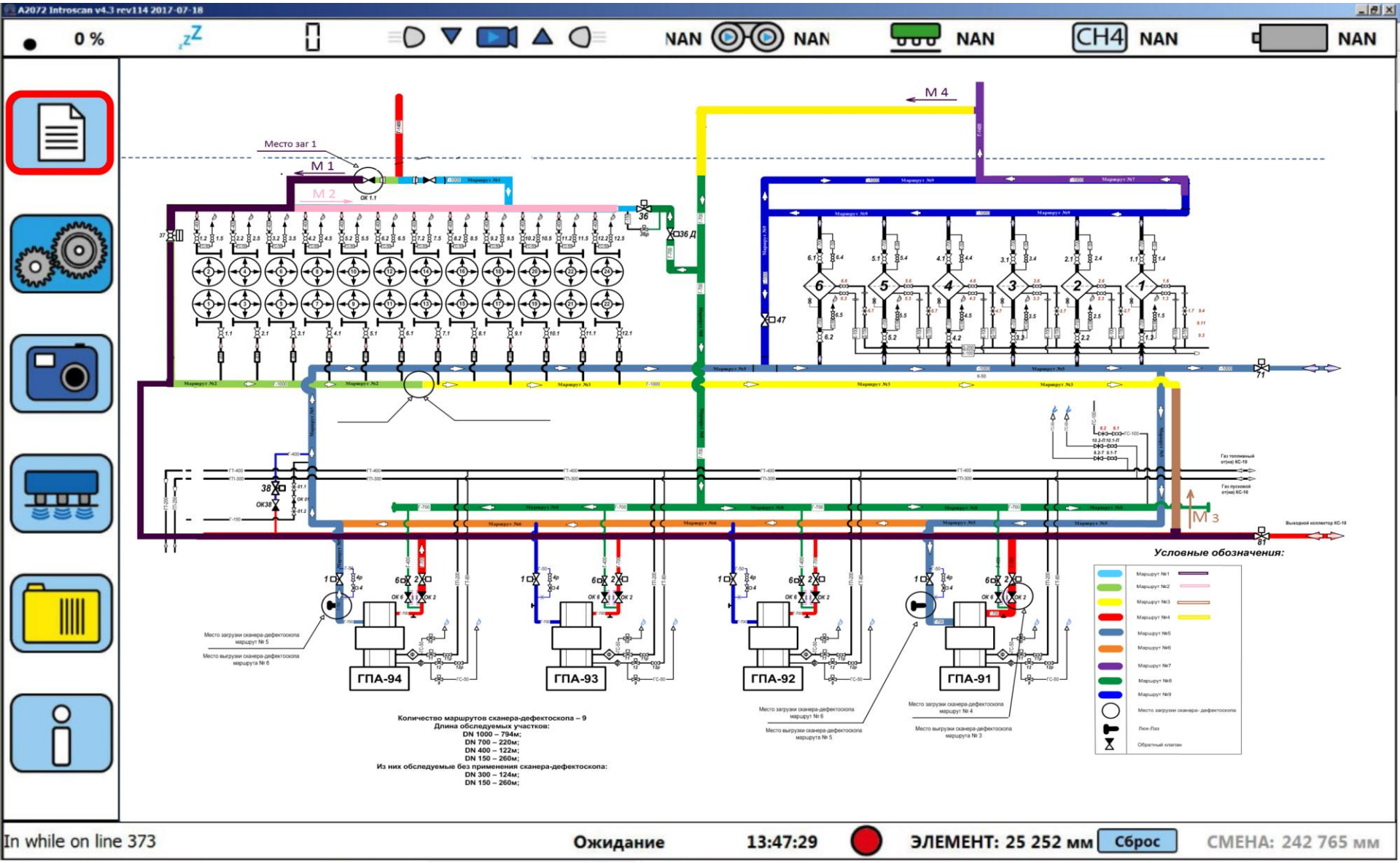
- Совокупный анализ результирующих данных



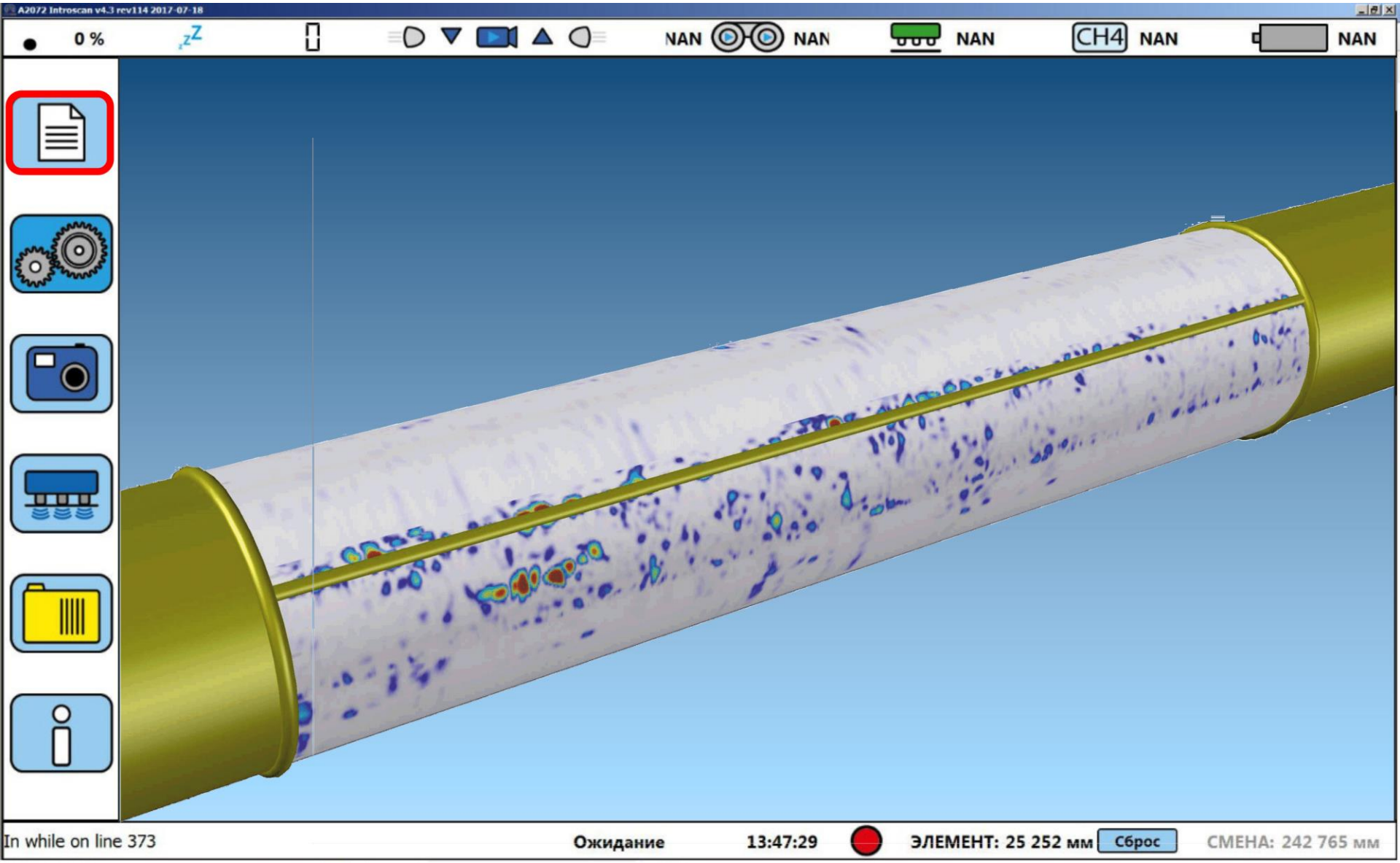
- Расчет ресурса элемента с дефектом

Прототип системы

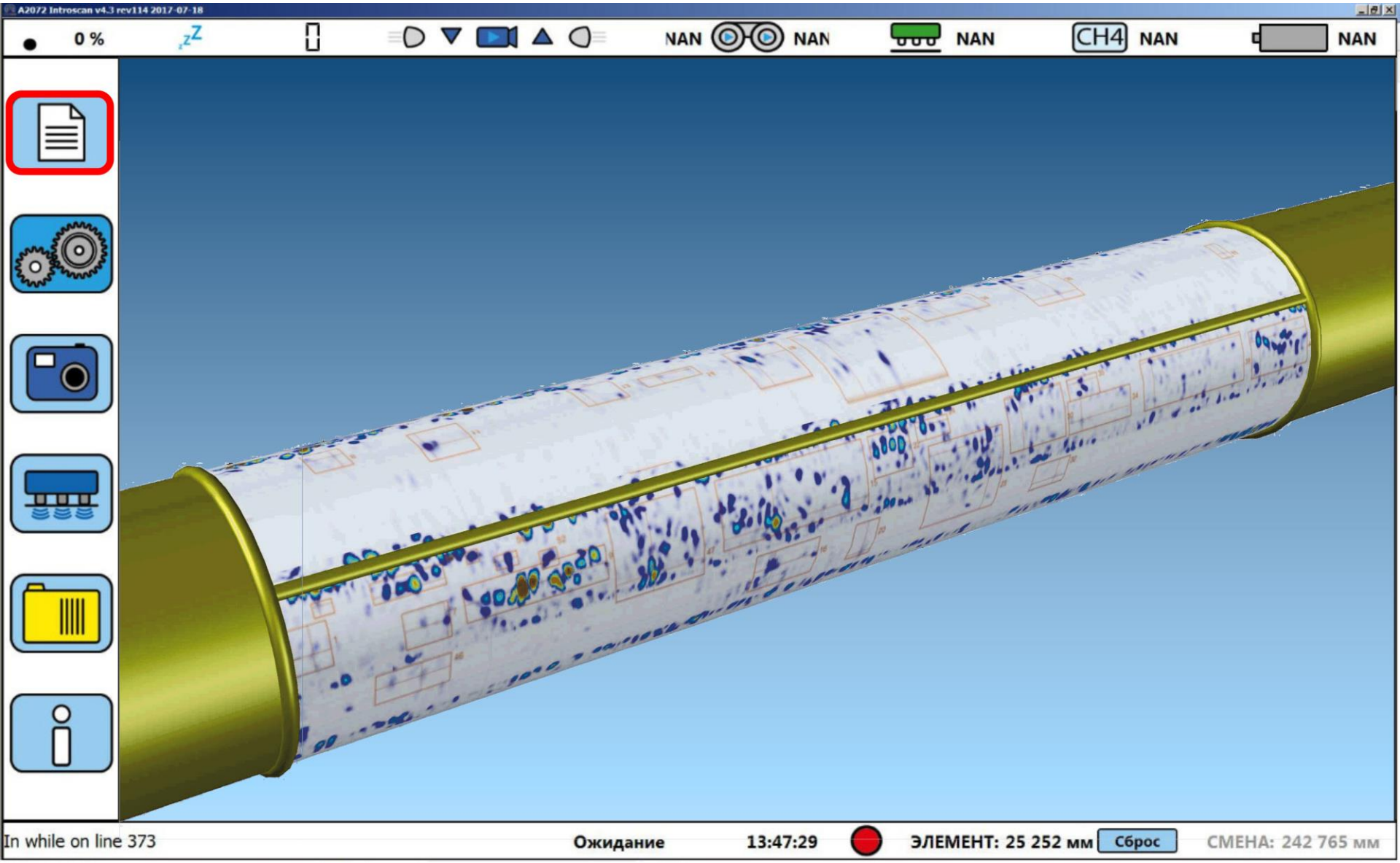
Информационные слои



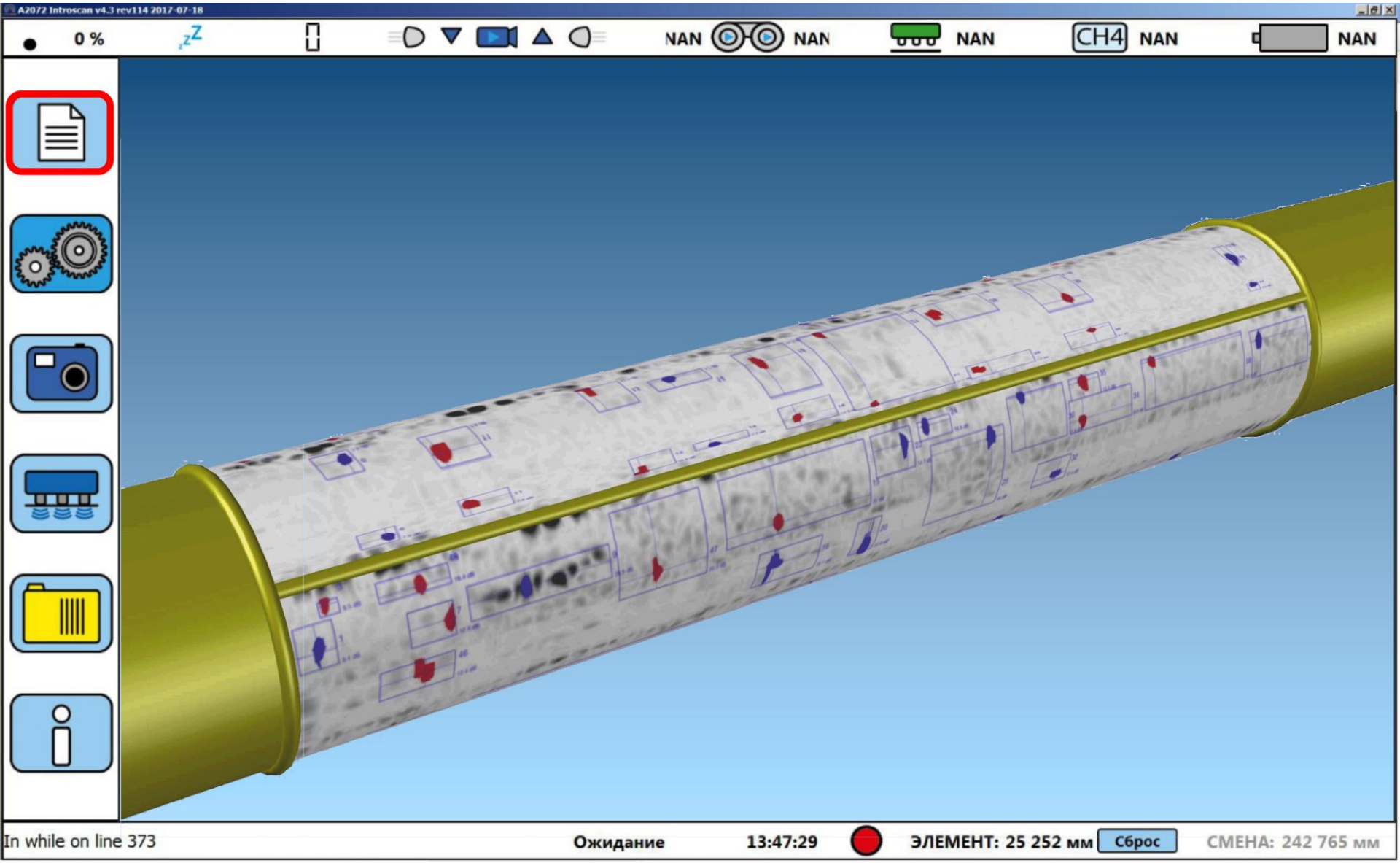
Информационные слои



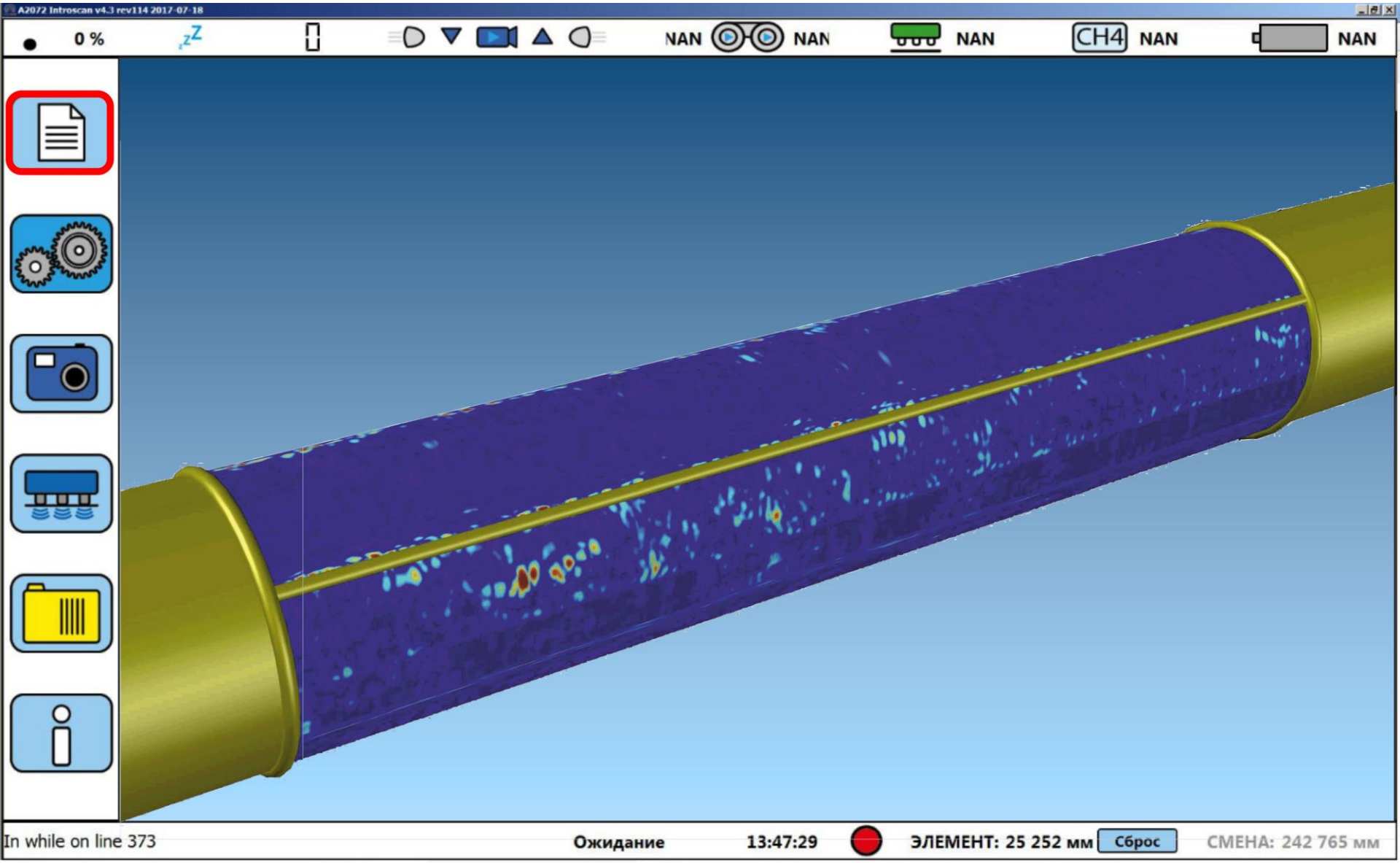
Информационные слои



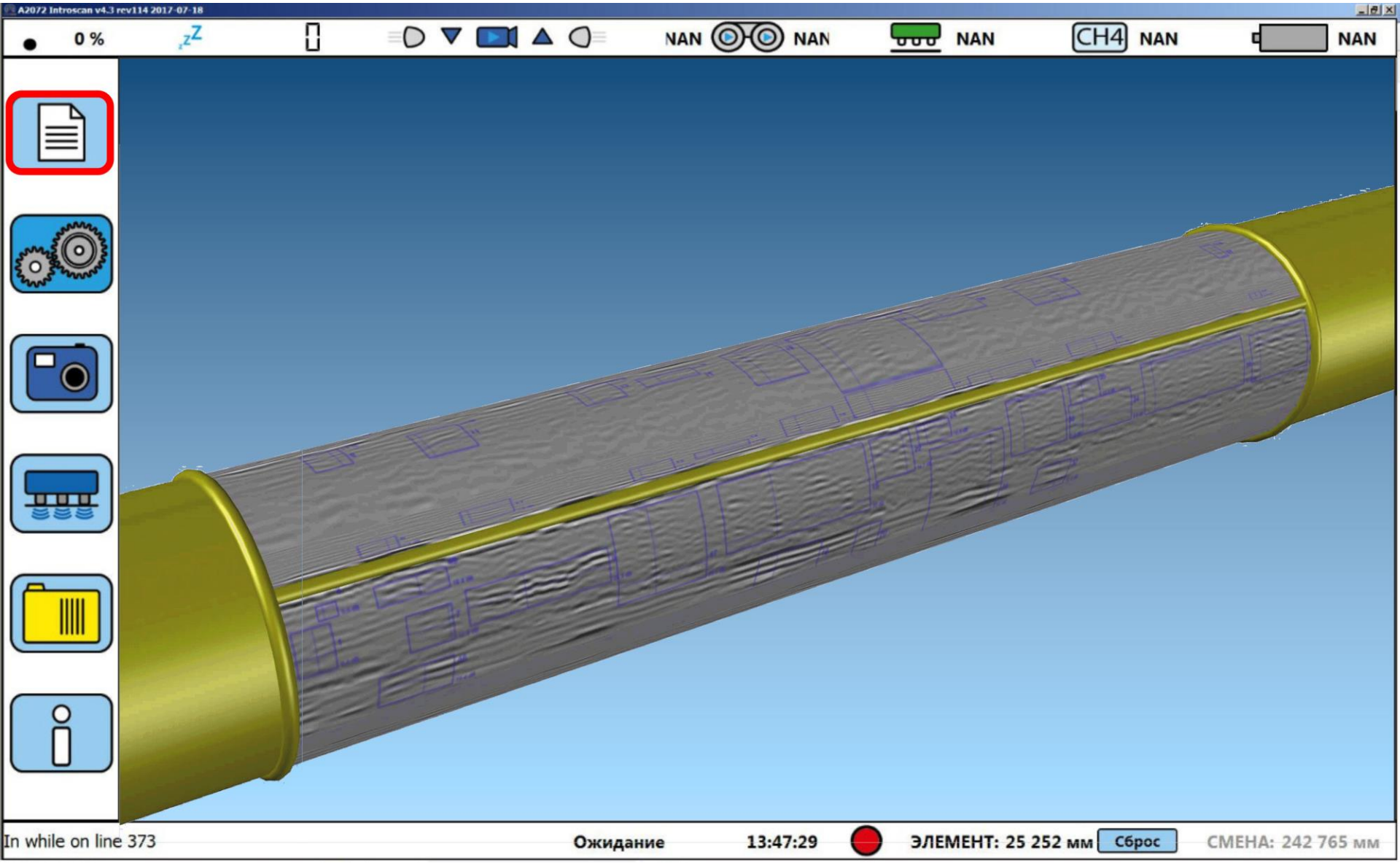
Информационные слои



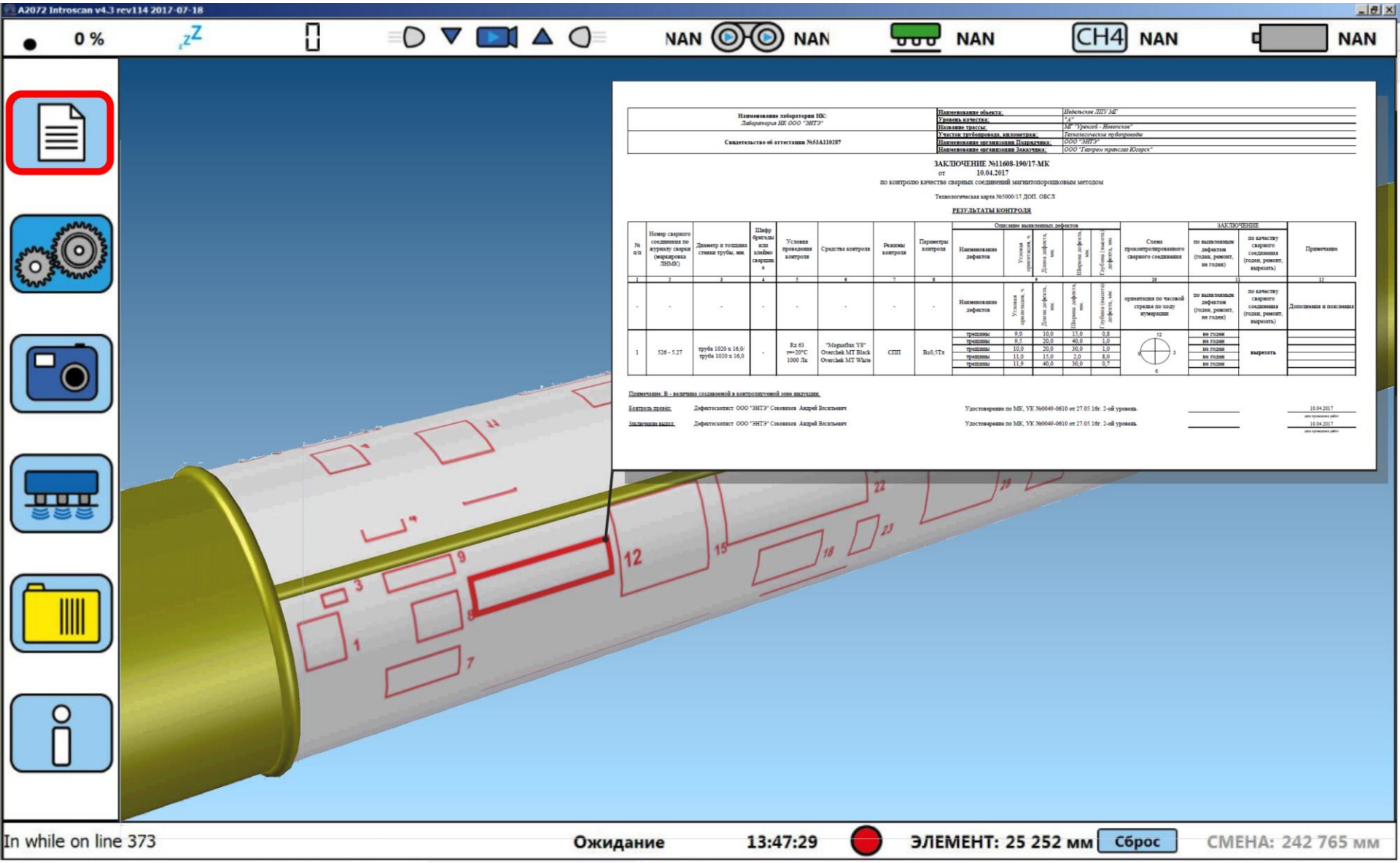
Информационные слои



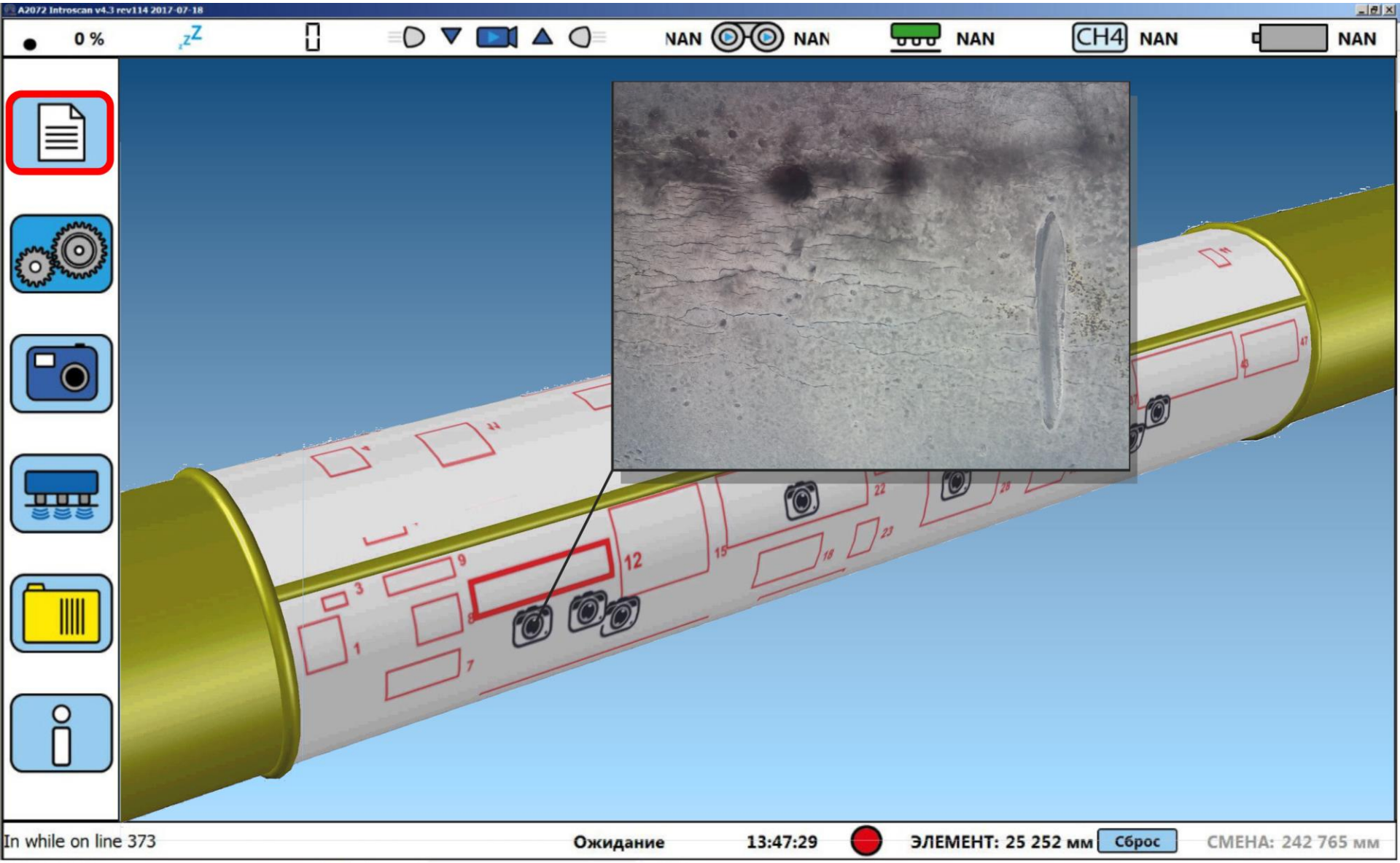
Информационные слои



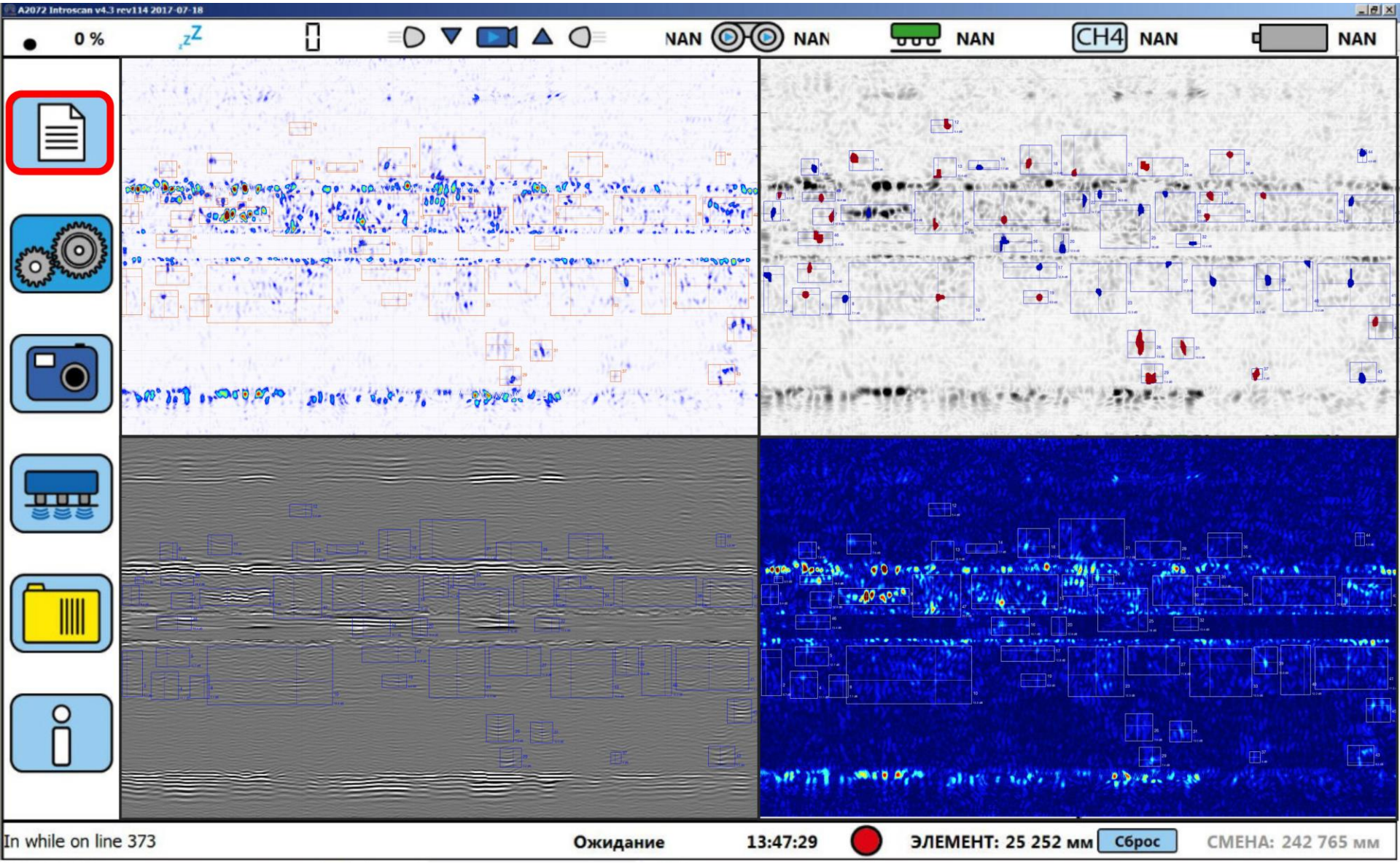
Информационные слои



Информационные слои



Информационные слои



Интеллектуальная система сопровождения ТД ТТ КС ПАО «Газпром»

- Показатели технического состояния, надежности, рисков
- Объемы замены труб
- Сроки повторного ВТД

Ранжирование объектов по тех. состоянию

СУТСЦ

ИСТДТТ

- Прогнозные модели
- Алгоритмы расчета оценки технического состояния

Аналитический модуль
(«нейронные сети)

- Конструкция трубопровода
- Условия эксплуатации
- Данные ДООКС и др.

Комплексная база данных
(технологии «Больших данных» - BigDate)

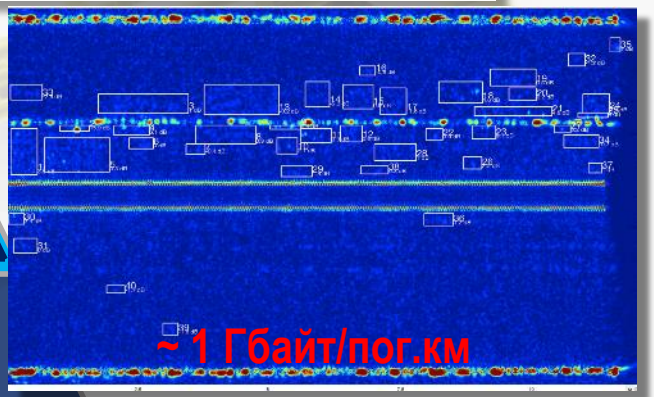
- Результаты ДДК в шурфах

Дефектограммы
(результирующие диагностические данные)

ЦОД Диагностической организации

Сканограммы
(первичные диагностические данные)

Внутритрубное обследование



Выводы

1. Разработан прототип информационной системы анализа данных внутритрубной диагностики, с реализацией следующих функций:

- **База данных / система управления базой данных** - хранение и менеджмент данных, резервное копирование
- **Загрузчик данных** - загрузка измерительных данных в базу данных центра обработки
- **Библиотека типовых элементов** - создание и использование типовых элементов конструкции трубопровода
- **Мастер модели маршрута** - построение математической и визуальной модели трубопровода
- **Модуль обработки данных** - выполнение SAFT реконструкции измерительных данных с применением технологии параллельных вычислений CUDA
- **Модуль визуализации 2D данных** - представление и анализ измерительных данных в виде двухмерных развёрток
- **Модуль визуализации 3D моделей** - представление моделей и служебной / измерительной информации в трёхмерной форме
- **Модуль менеджмента информационных слоев** – редакция, визуализация, управление информационными слоями различной диагностической информации

2. Разрабатываются следующие функциональные блоки информационной системы:

- **Модуль анализа результатов контроля** – автоматизированный анализ акустических данных с использованием информационных слоев трехмерной модели трубопровода
- **Модуль доступа к информационной системе** – обеспечение многопользовательского доступа к ресурсам информационной системы, с определенными правами администрирования
- **Модуль миграции данных** – импорт/экспорт данных в существующие/разрабатываемые отраслевые информационные системы

3. Разработана Дорожная карта по созданию Интеллектуальной системы сопровождения ТД ТТ КС ПАО «Газпром»

Закрытое акционерное общество
ИнтроСкан Технолоджи

ВОРОНЧИХИН
Станислав Юрьевич
Генеральный директор

617763, Пермский край, г.Чайковский, Приморский б-р, 32
т./ф. (34241) 3-45-95; моб.т. (922) 682-46-00
e-mail: s.voronchikhin@introscan.ru; info@introscan.ru

www.introscan.ru