

FiberPipe

Программно-аппаратный комплекс мониторинга трубопроводов в Арктике

Интеррогатор на фотонных чипах с ML
Оптоволоконные датчики

Малахов Кирилл Максимович

Проблема

100 млн ₽/год

Траты промысла на мониторинг
и ремонт аварийных поломок
трубопровода

Опасность

Возникают
техногенные катастрофы

Экология

Проблема обостряется
из-за глобального потепления



Актуальность



«Важность разработки автоматизированных средств геотехнического контроля очень высока для безопасности развития ТЭК в Арктической зоне»

— Алексей Пахунов Геотехник ООО «Газпром добыча Надым»

Человеческий фактор

Группа специалистов осматривает опоры вручную во время экспедиций

Сотрудничество

Комплекс разработан под вызов, объявленный Энерготехнохаб Петербург

Современные направления

Фотоника и сенсорика — приоритеты в матрице НТИ

Потенциальная опасность

В 2012-2021 гг. на Бованенковском месторождении зафиксировано 357 участков с опасными геопроцессами

Решение

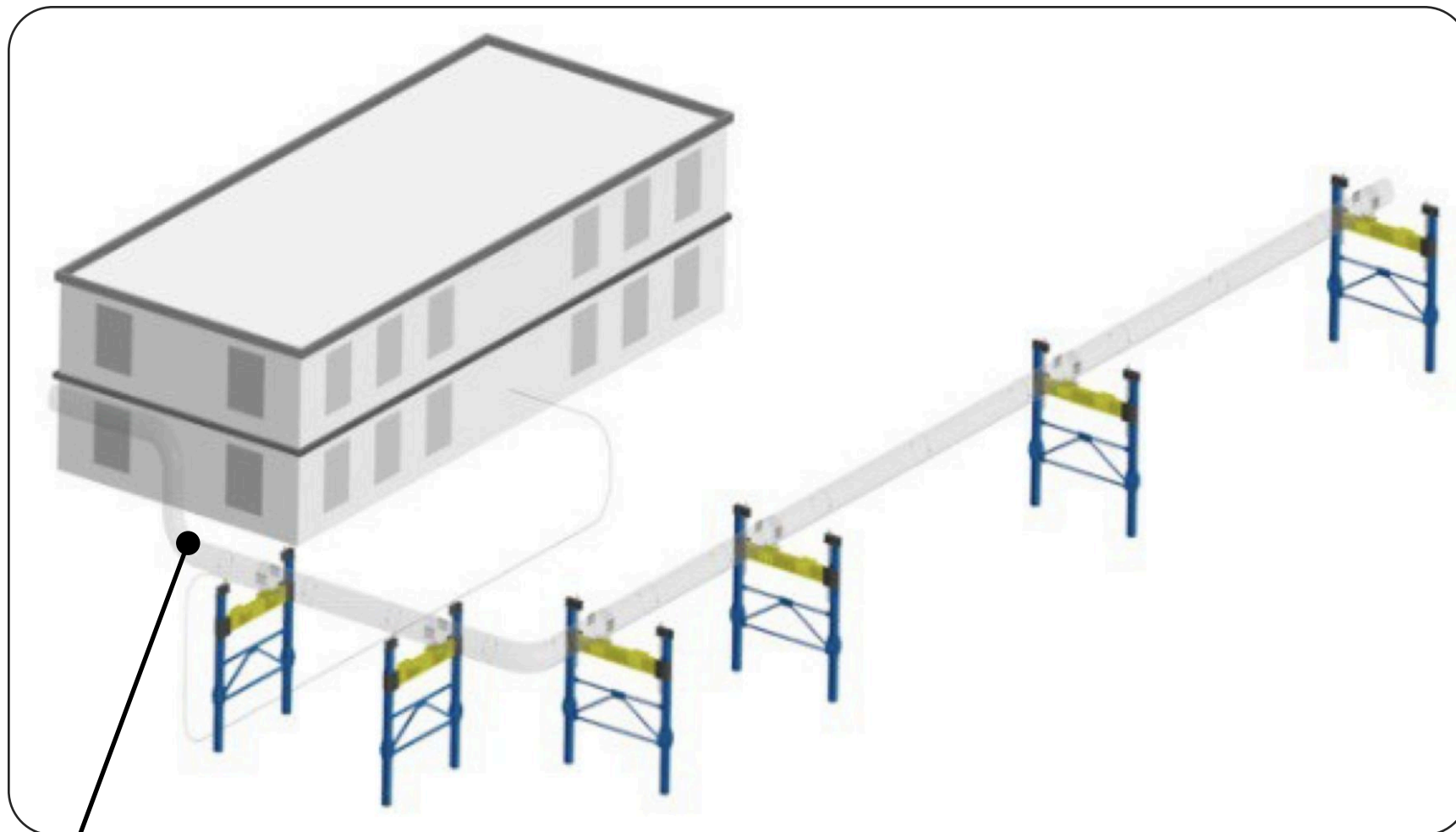
**Программно-аппаратный
комплекс мониторинга
трубопроводов**

=

**Оптоволоконная
система мониторинга**

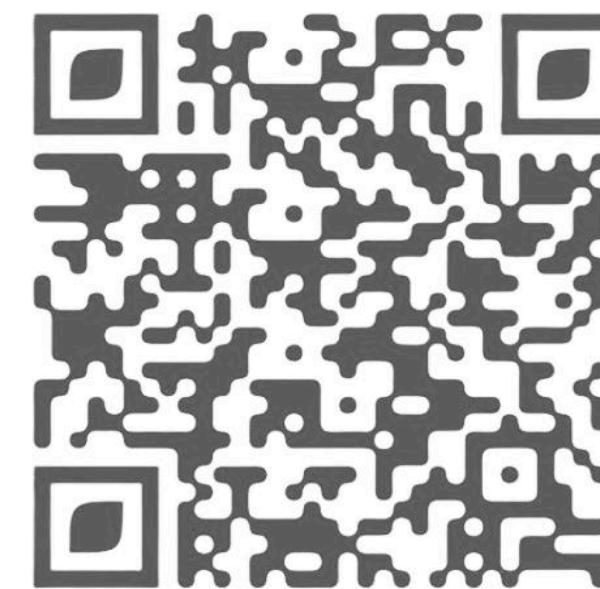
+

**Программное
обеспечение**



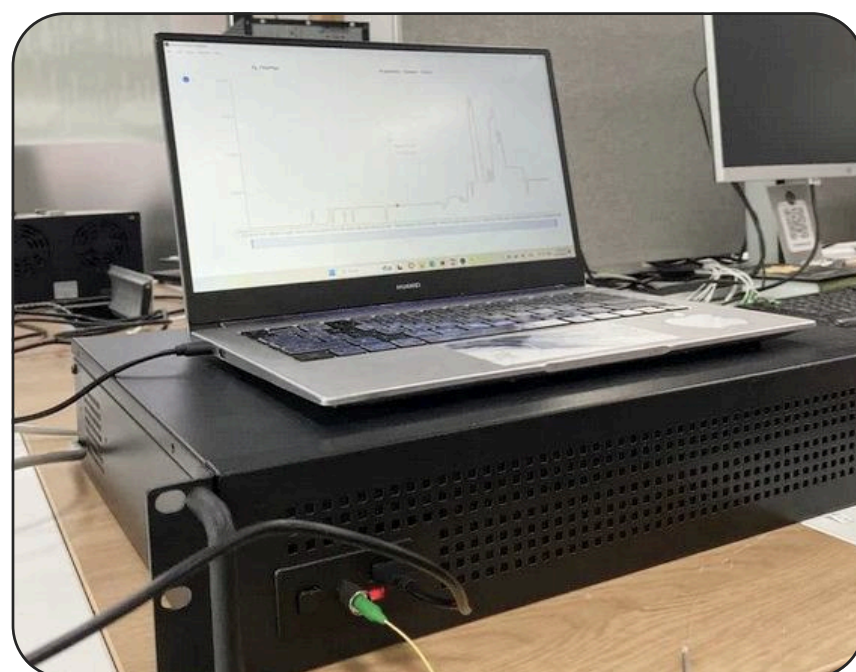
Оптоволоконный кабель прокладывается без
эстакады в защитной металлизированной гофре

- Интеграция внешних данных
- Мониторинг геологических процессов
- Отображение маршрута ремонтной бригады
- Данные в реальном времени и за периоды

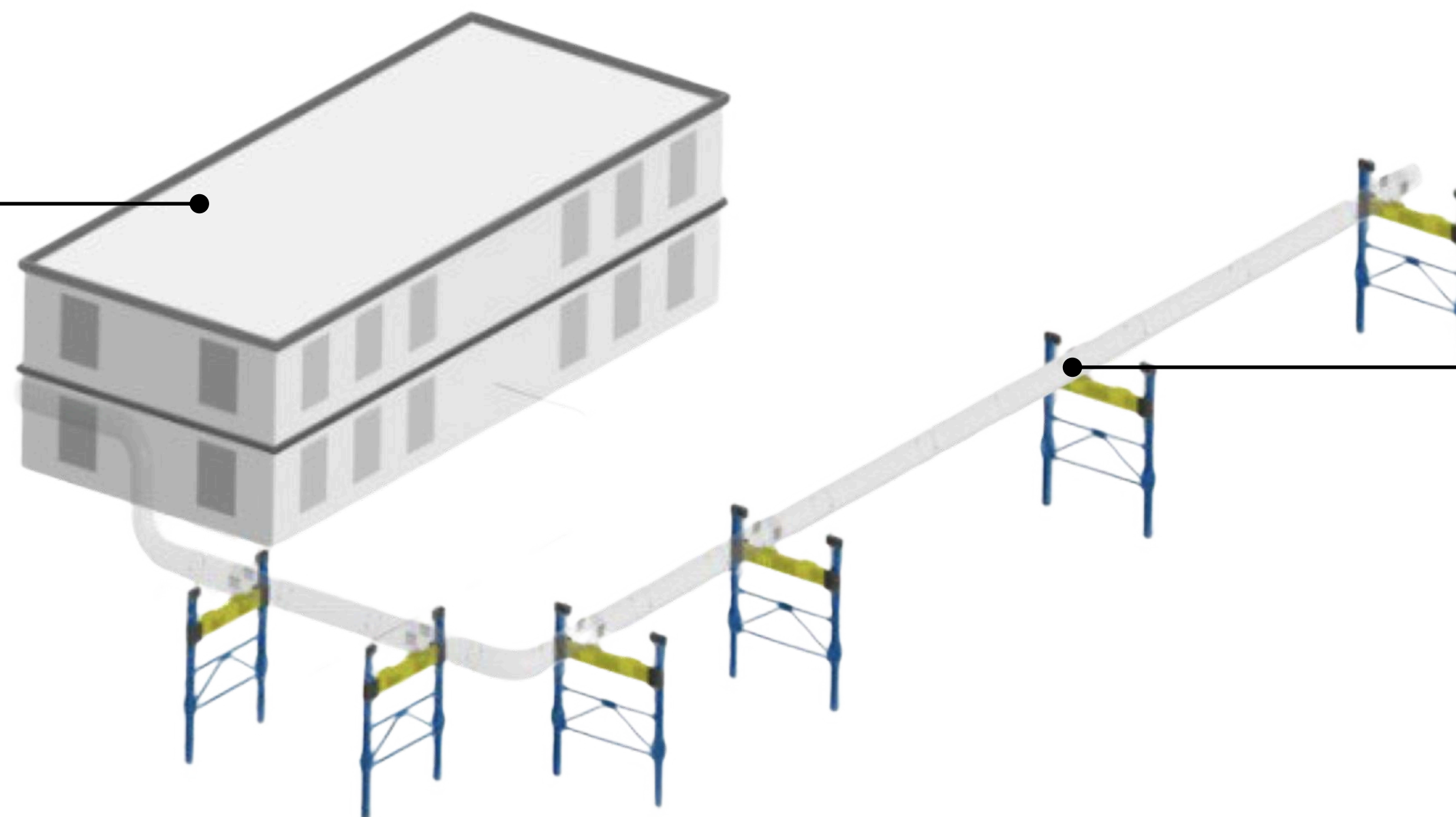


Предложение

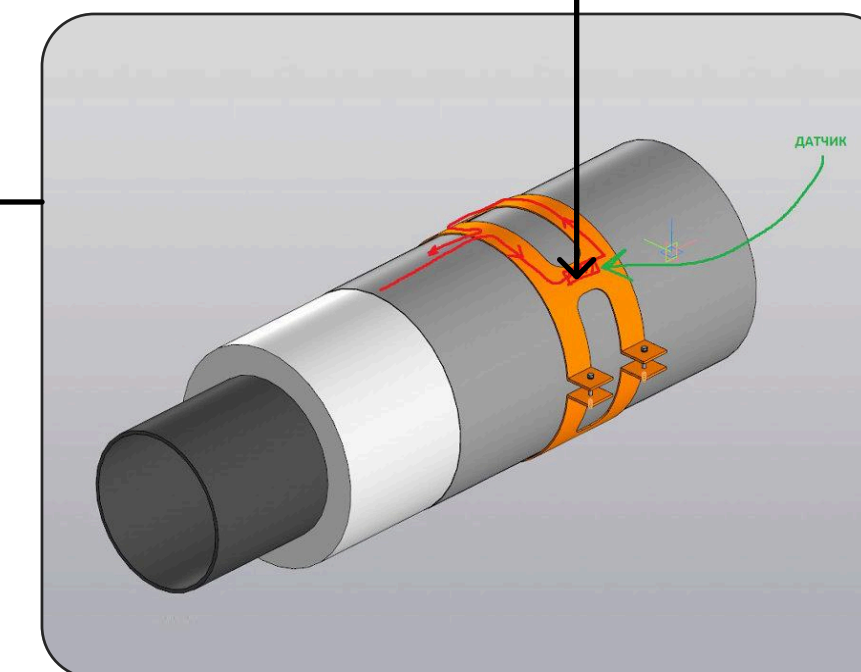
Оптоволоконная система мониторинга



Интеррогатор на фотонном чипе
(предмет разработки)



Оптоволоконные датчики
(покупные)



Способы крепления
и защиты датчиков
(предмет разработки)

Мониторинг смещения опор

- Работает в реальном времени
- Имеет высокую точность
- Датчики не потребляют электроэнергию
- Датчики работают в широком диапазоне температур

Публикации

Investigation of the algorithm of operation of an interrogator based on a arrayed waveguide grating on a photonic integrated circuit, I.A. Kazakov, K.M. Malakhov, et al., Photonics 18(2), 2024
Ivan Kazakov, Sergey Kontorov, Arkady Chipouline, Franko Kueppers, Integrated Photonic Interrogator based on an Arrayed Waveguide Grating, Conference: 3rd Conference On Optical Reflectometry, Metrology & Sensing, 2020

Правоохранные документы

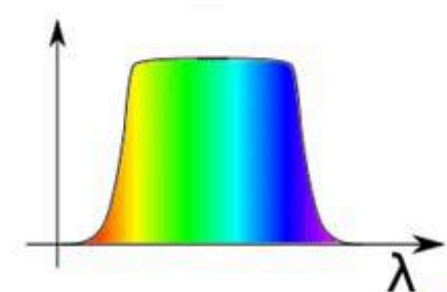
Изобретение, Способ опроса волоконных брэгговских решеток на основе широкополосного источника излучения и демультиплексора на дифракционной волноводной решетке на фотонной интегральной схеме, №2024137501, Сколковский институт науки и технологий (регистрируется)
Изобретение, Многоканальный способ опроса волоконных брэгговских решеток на основе источника усиленного спонтанного излучения и демультиплексора на фазированной волноводной решетке на фотонной интегральной схеме, №2024121640, Сколковский институт науки и технологий (регистрируется)

Интеррогатор

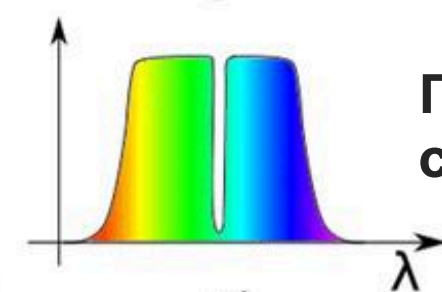
Устройство опроса датчиков



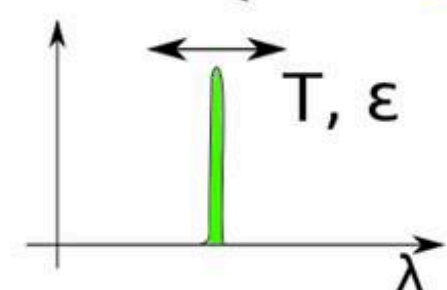
На вход датчика
поступают все «цвета»



Датчик



Прошедший
сигнал



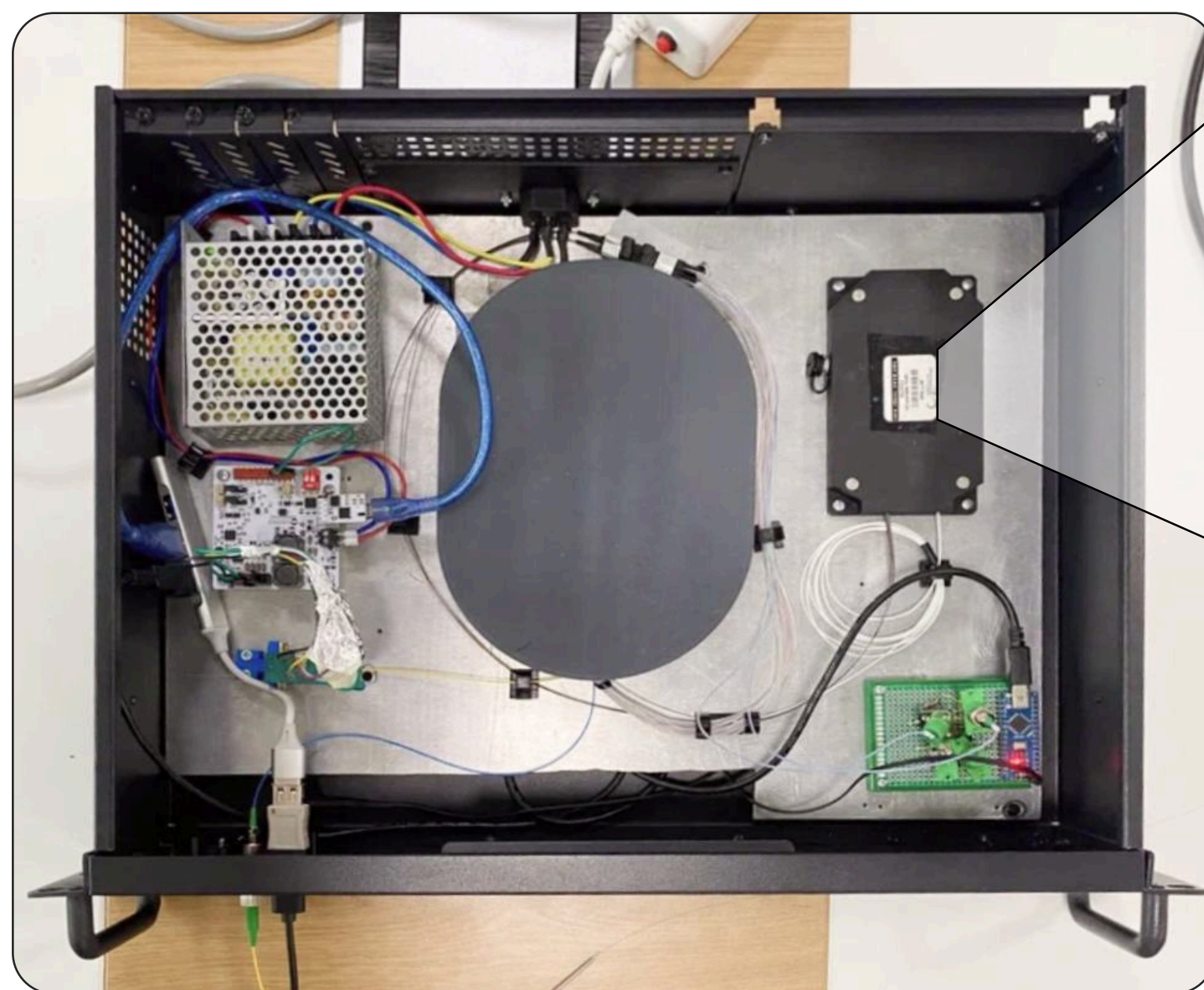
Каждый датчик отражает
только один «цвет»

По изменению «цвета» датчика, определяются
механические напряжения в трубопроводе

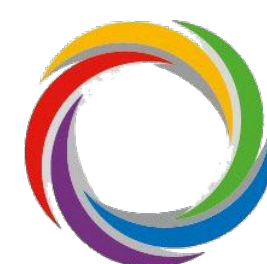
Размещение:

- На удалении до 100 км
- Вблизи трубопровода

Интеррогатор



Аппаратная часть на фотонном чипе

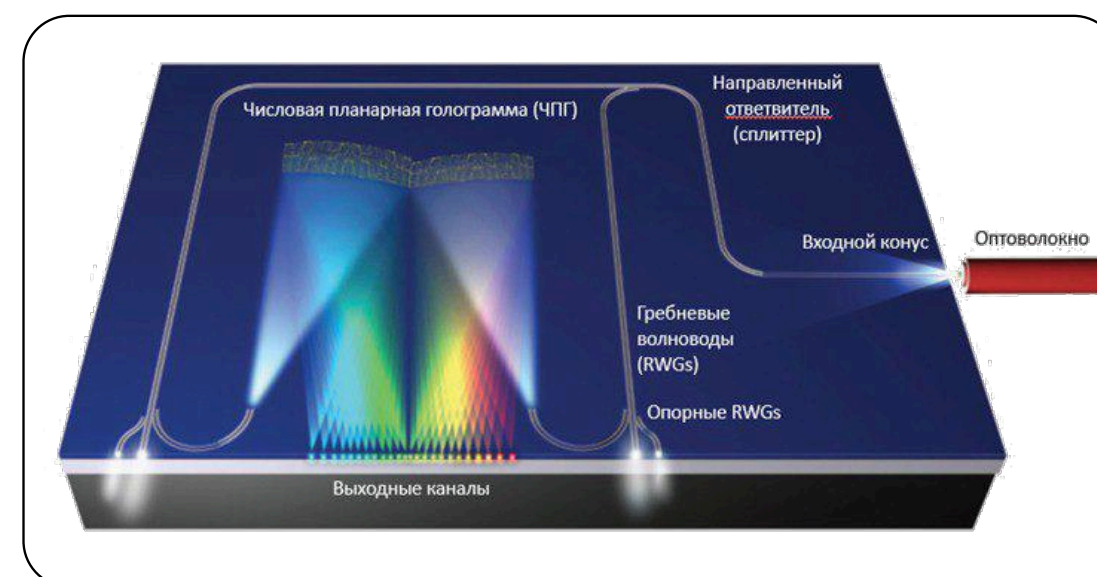


Зеленоградский
нанотехнологический
центр

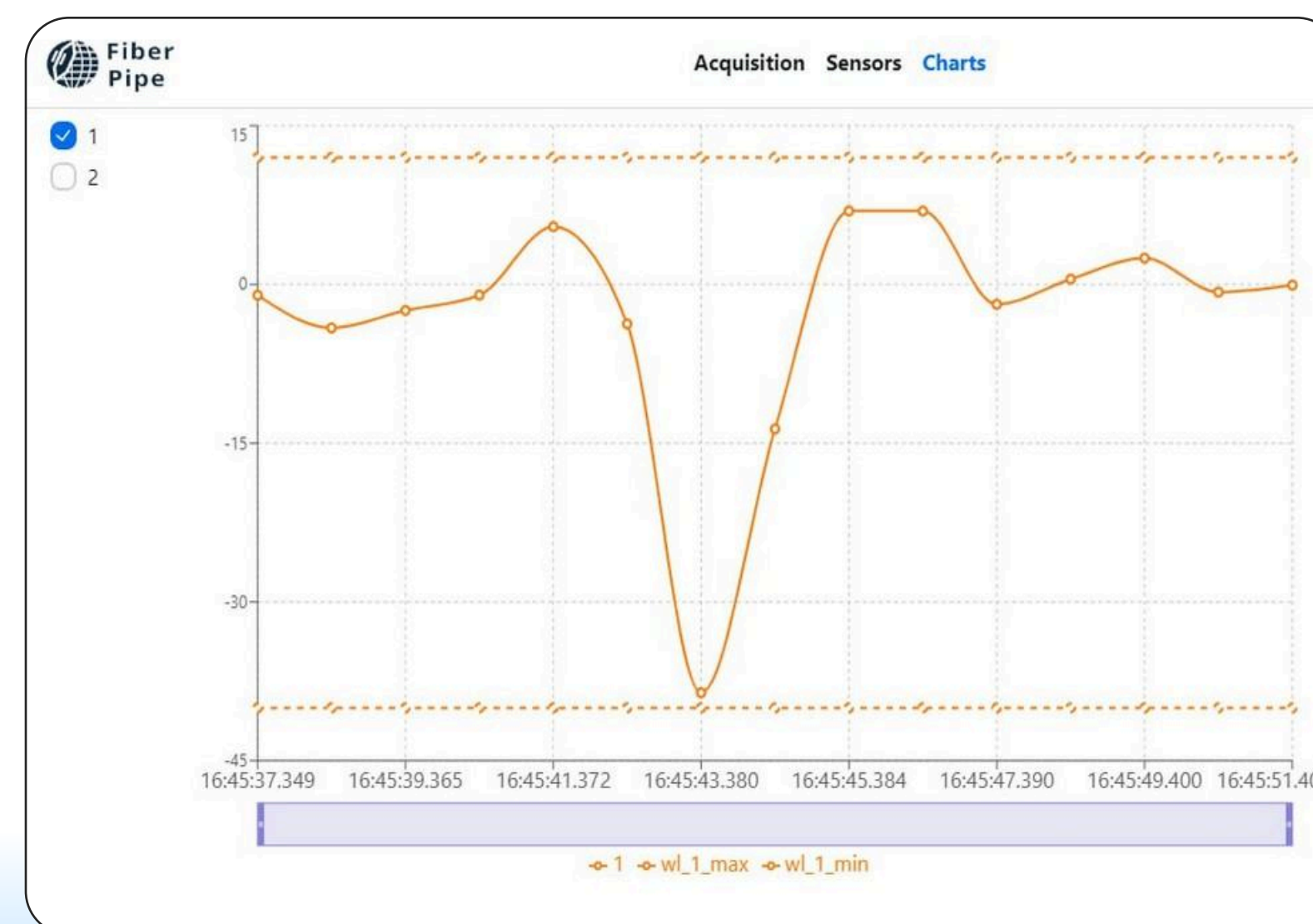
PHOTICS



Фотонный чип ЗНТЦ



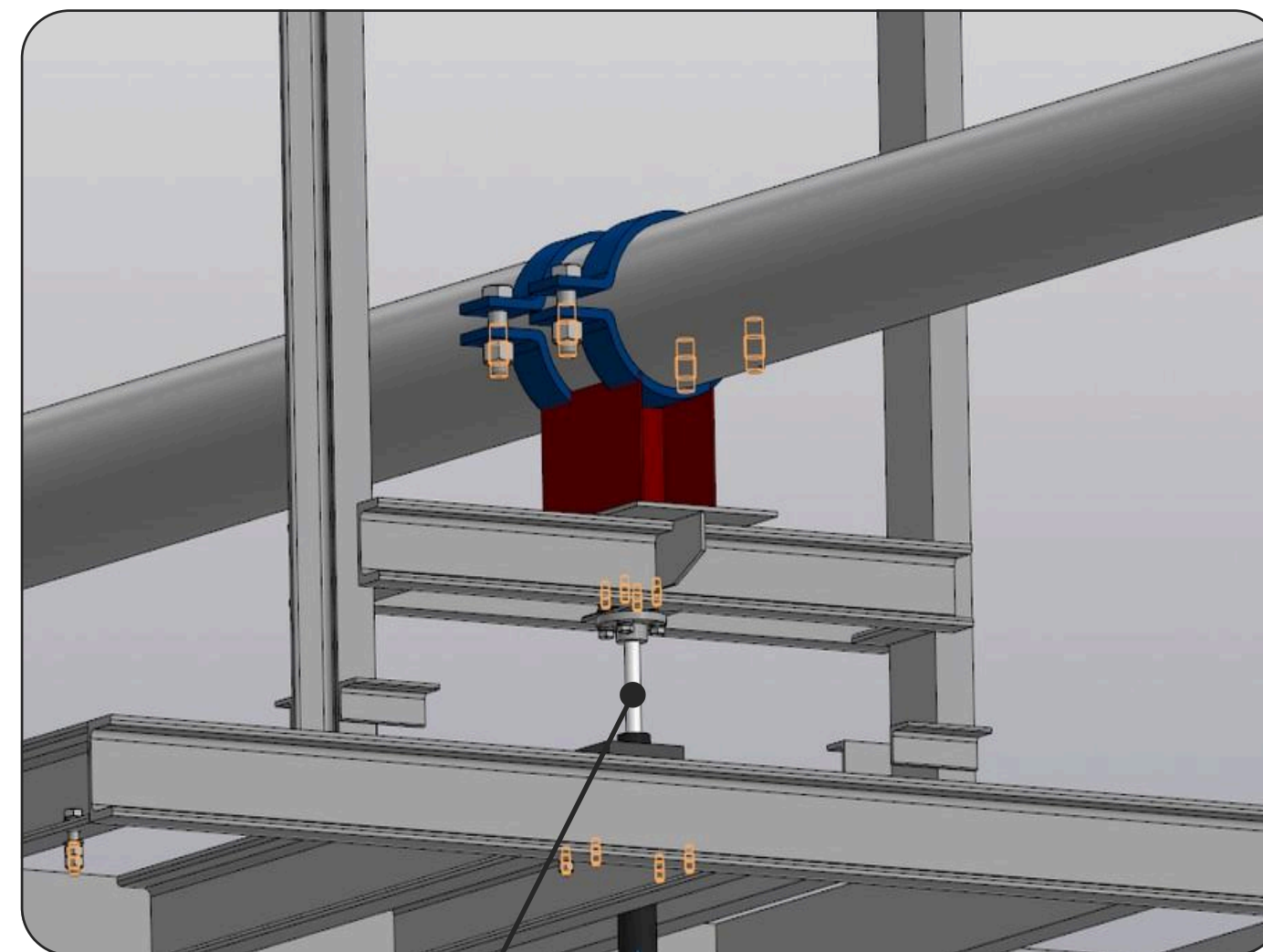
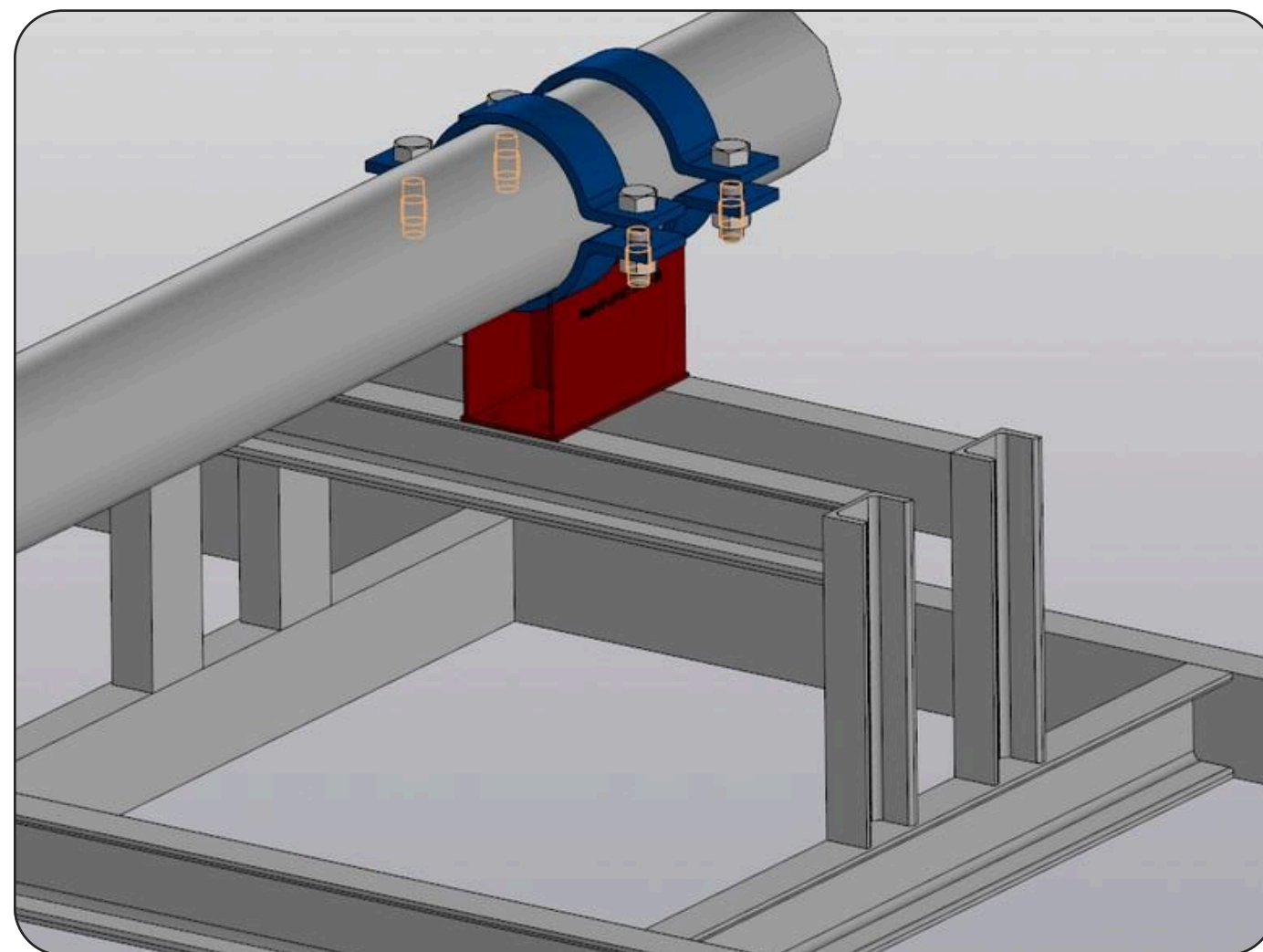
Фотонный чип ФОТИСС



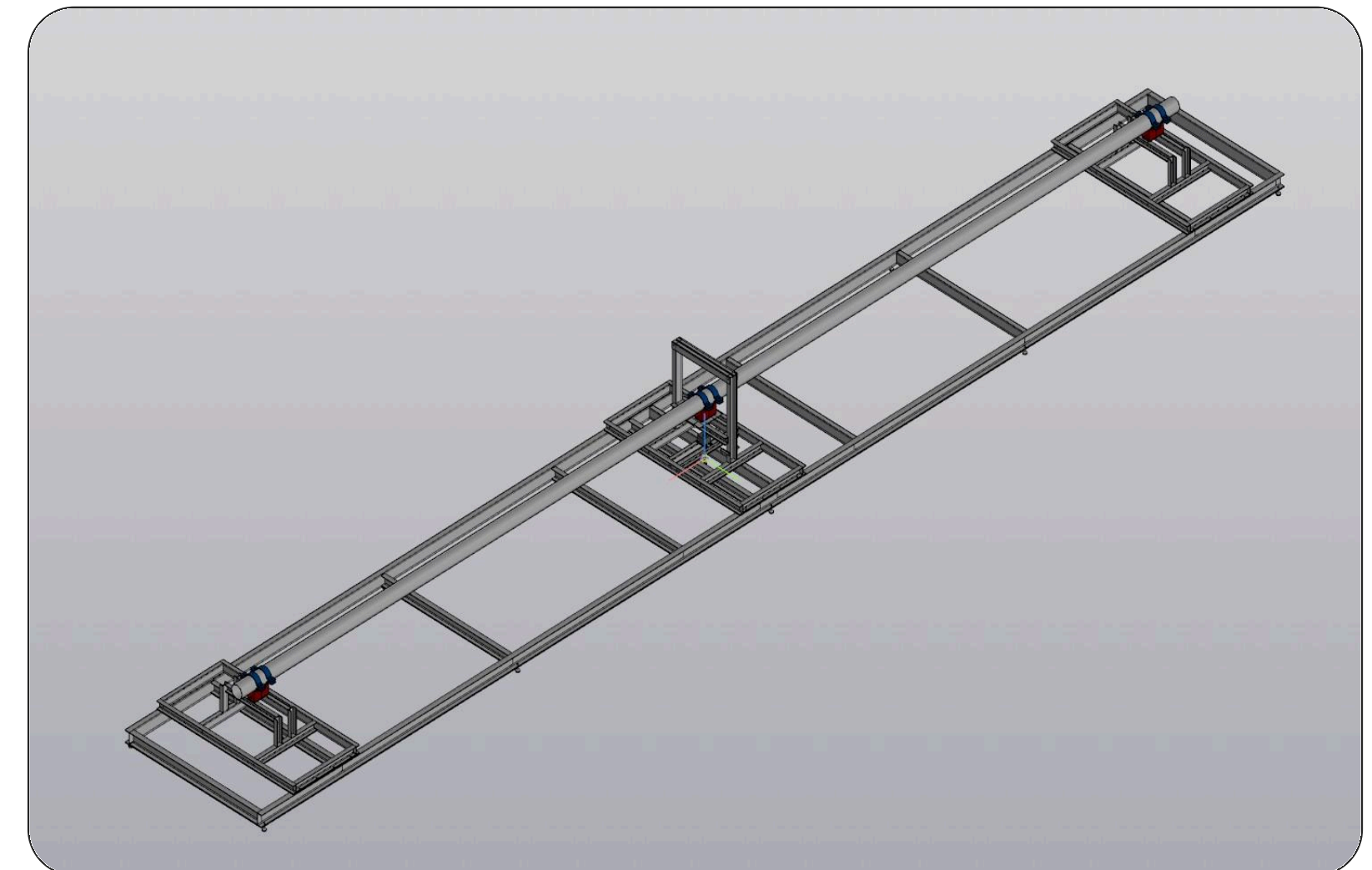
ПО с использованием
алгоритмов машинного
обучения

Стенд для испытаний

Цель стендовых испытаний – валидировать работоспособность комплекса для выхода на пилот



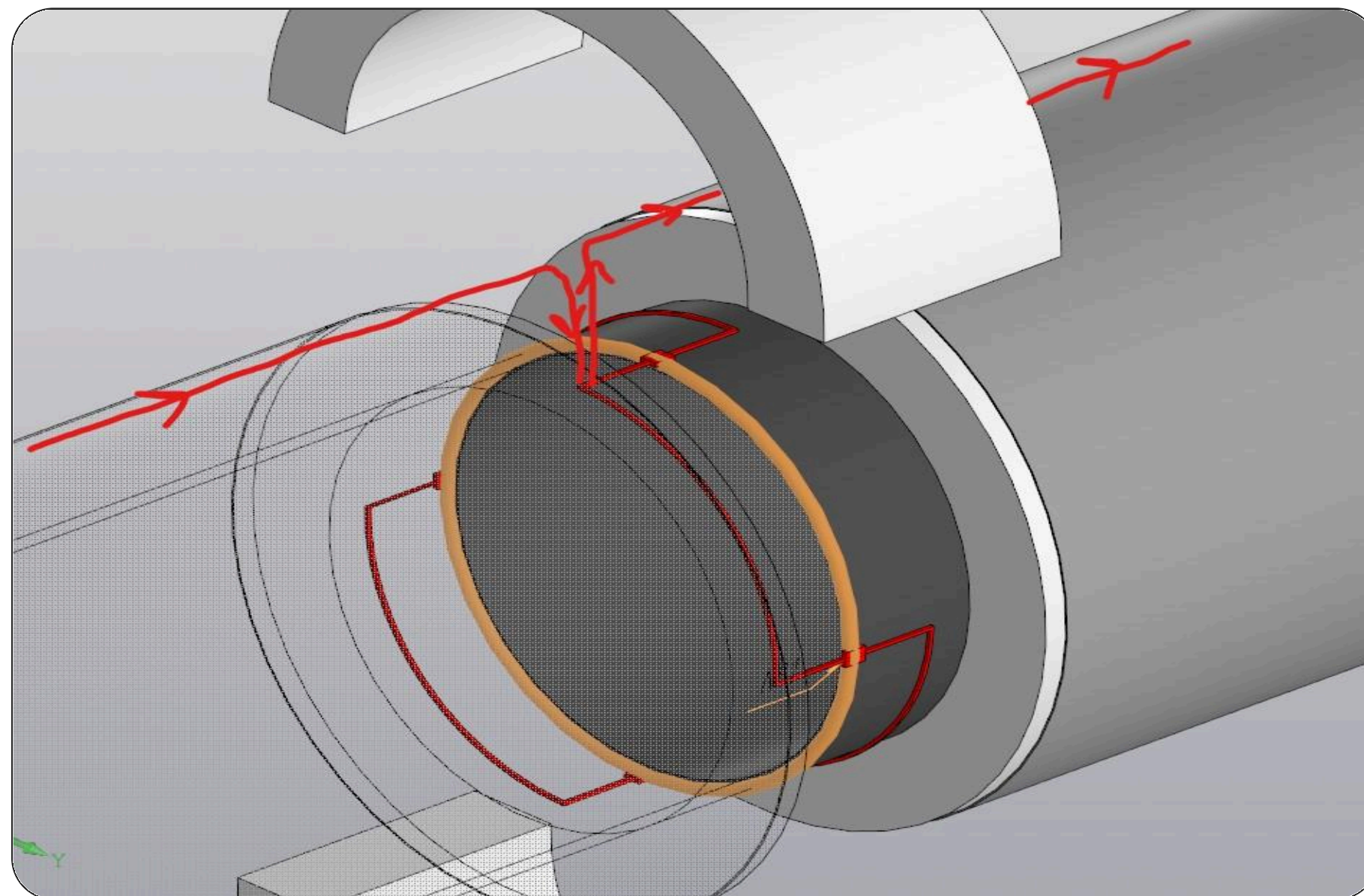
Домкрат



- Стенд имитирует выпучивание и просадку опор промышленного трубопровода
- Позволит апробировать способы крепления и защиты датчиков для выхода на полигон

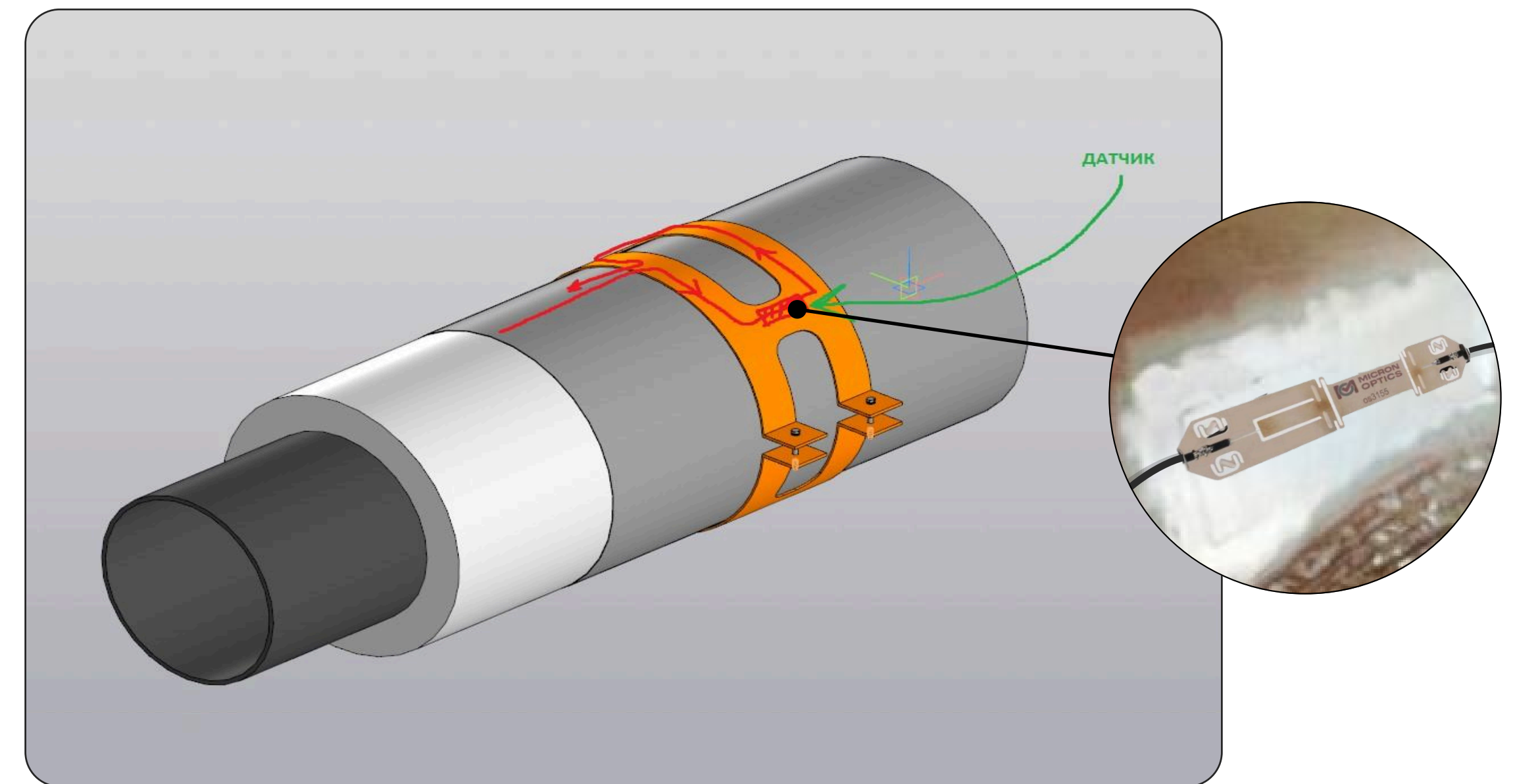
Крепление датчиков

Непосредственно на трубе



- Крепление датчиков к металлу трубы в местах разборных секций теплоизоляции
- Для измерения продольных, кольцевых и изгибных напряжений

На хомутах поверх теплоизоляции



- Датчик крепится на измерительный хомут, имеющий податливые по сравнению с жесткостью теплоизоляции перемычки
- Для измерения изгибных напряжений, связанных с подвижками опор

Структура продукта

Аппаратная часть сервиса мониторинга

- Стоимость оборудования;
- Установка, настройка и амортизация оборудования;
- Обучение персонала Заказчика устранению аварийных случаев с аппаратной частью.

НЕ включена:

- Стоимость волоконных датчиков при их аварийной поломке

от 200 тыс. ₽/км

Программная часть сервиса мониторинга

Лицензия на ПО:

- Модуль интеграции внешних данных;
- Модуль выявления опасных геологических процессов на основеснимков с БПЛА;
- Модуль построения оптимального маршрута ремонтной бригады;
- Модуль отображения состояния трубопровода.

10 млн ₽

Техническая поддержка ПО

- Помощь в использовании функционала и устранении багов ПО
- Предоставление обновлений, исправляющих баги и улучшающих функционал

20 тыс. ₽/мес.

Потенциальные заказчики



**Николайчук
Эдуард Васильевич**

Руководитель центра по обустройству
и эксплуатации объектов

**Смолов
Григорий Константинович**

Директор Инженерно-технического центра

Благодаря INDUSTRIX

- Провели проблемные интервью с функциональным заказчиком
- Проработали технические вопросы по продукту и стенду с функциональными заказчиками
- Проработали финансовую модель. Оформляем первую продажу части комплекса – интеррогатора

Этапы работы



Команда проекта

9 человек



Кирилл Малахов

CEO, Задает стратегию развития компании

- CEO FiberFlight (резидент Фонда Сколково)
- Разработал в Сколтехе фотонный чип для трансивера



Иван Казаков

СТО, Создает аппаратную часть комплекса

- Разработал в Сколтехе оптоволоконную систему мониторинга дистилляционной колонны по заказу Sulzer



Яна Куличенко

СІО, Создает программную часть комплекса

- Разработала в Сколтехе модели сегментации опухолей головного мозга с помощью SAM, Deeplabv3+



Дарья Барма

СОО, Координирует бизнес-процессы

- Организовала работу команды в рамках Инкубатора Энерготехнохаб

Контакты



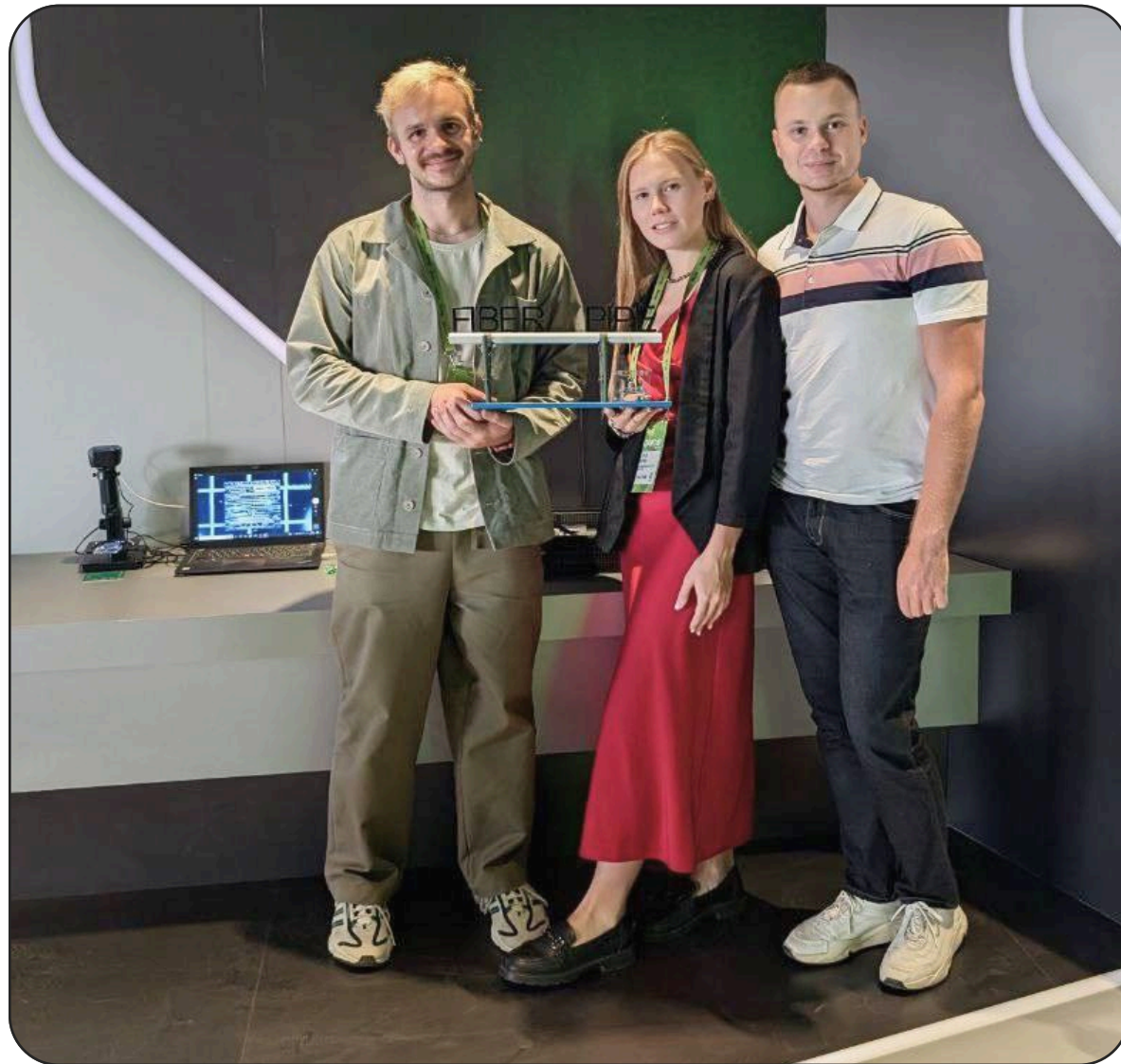
**Малахов
Кирилл Максимович**



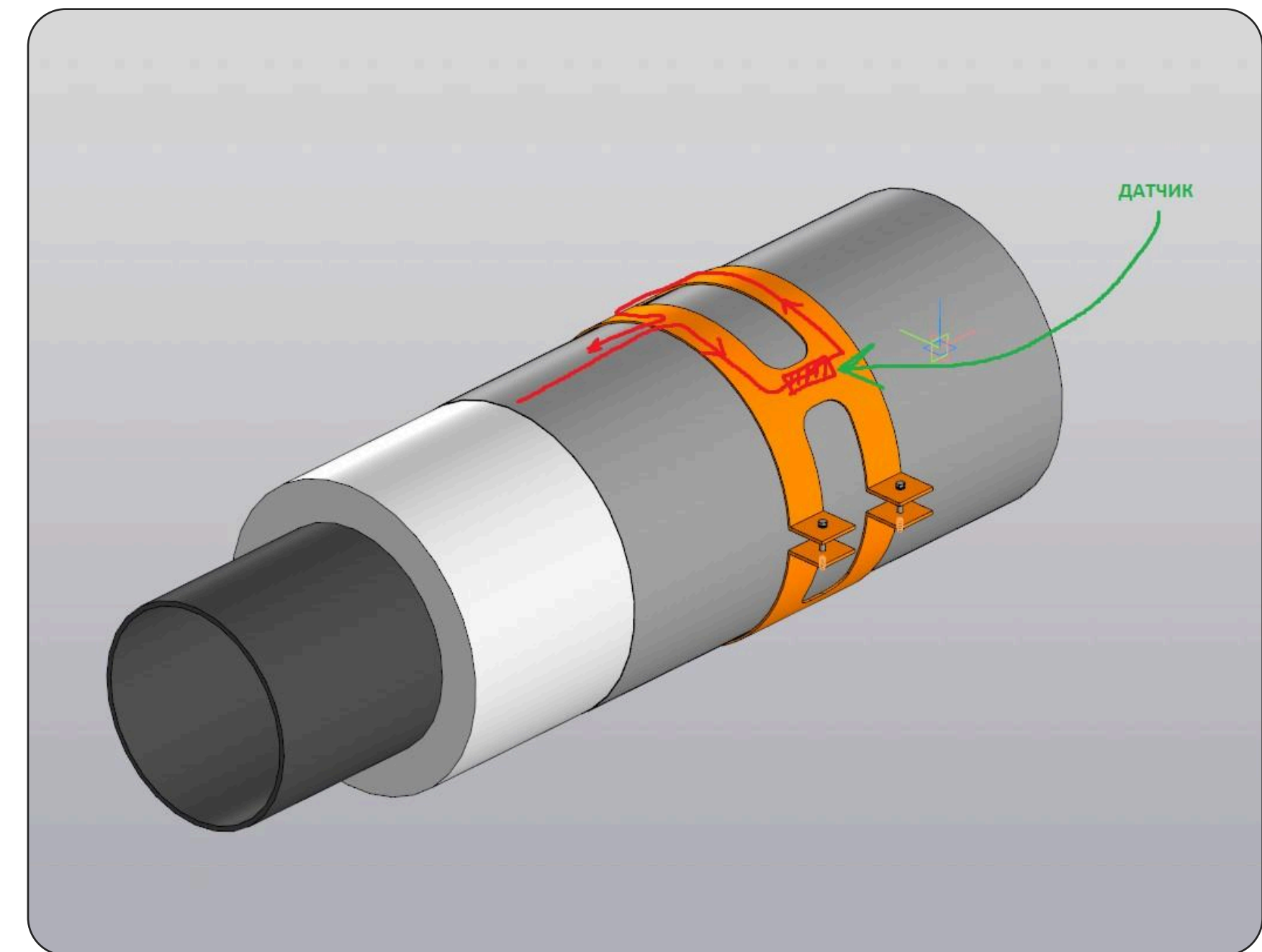
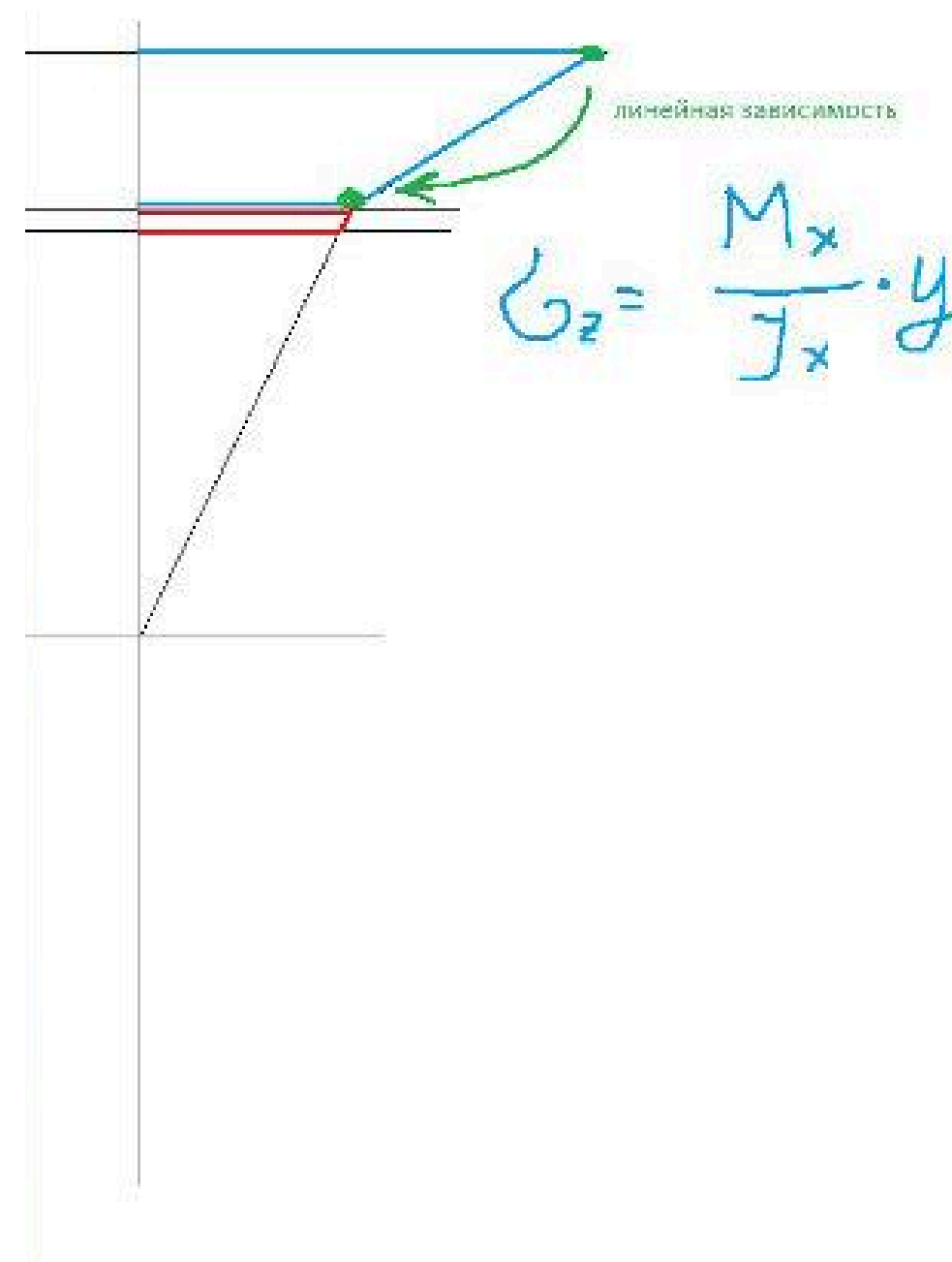
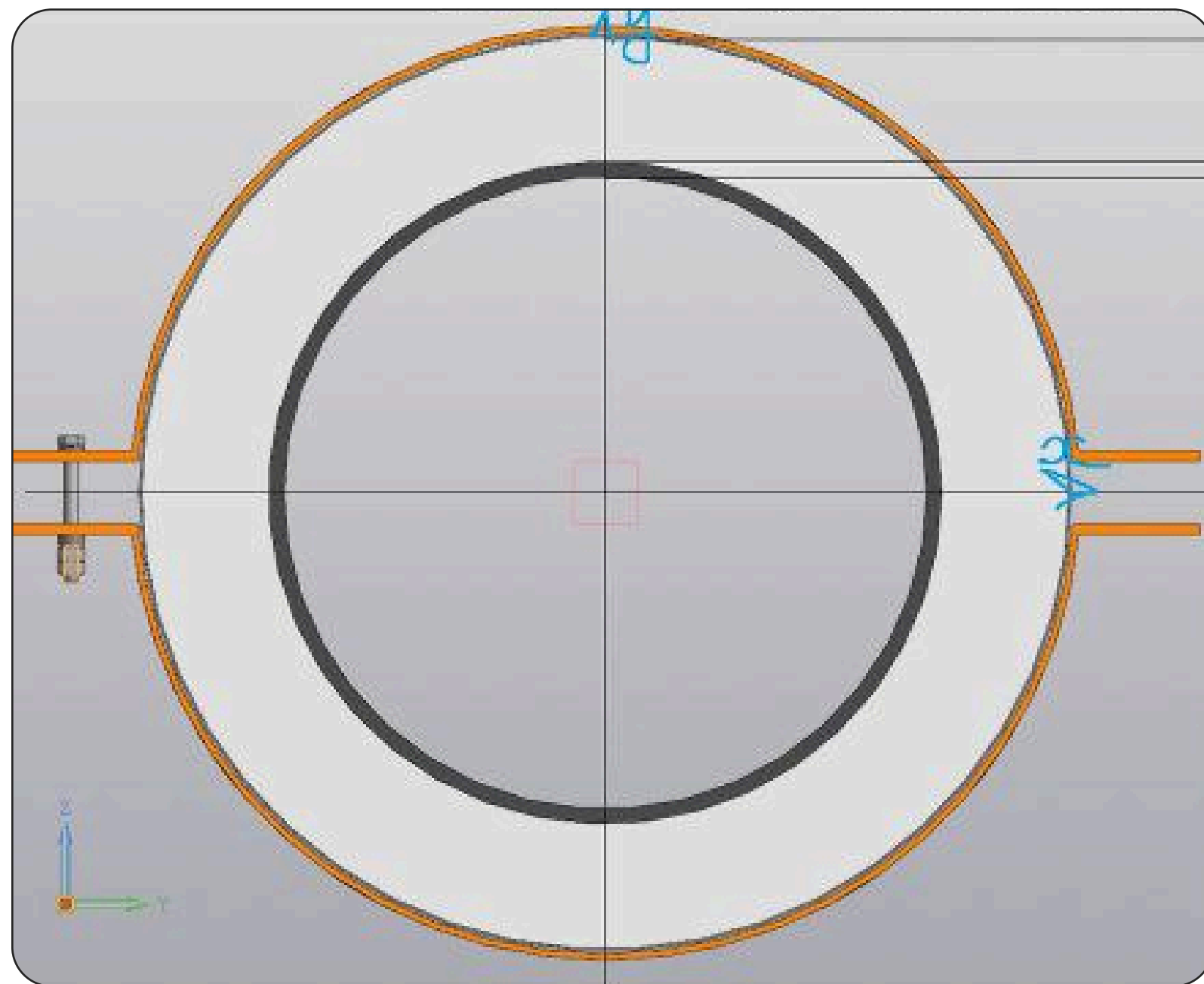
☎ +7 (967) 250-55-83

📍 @kmalakhov

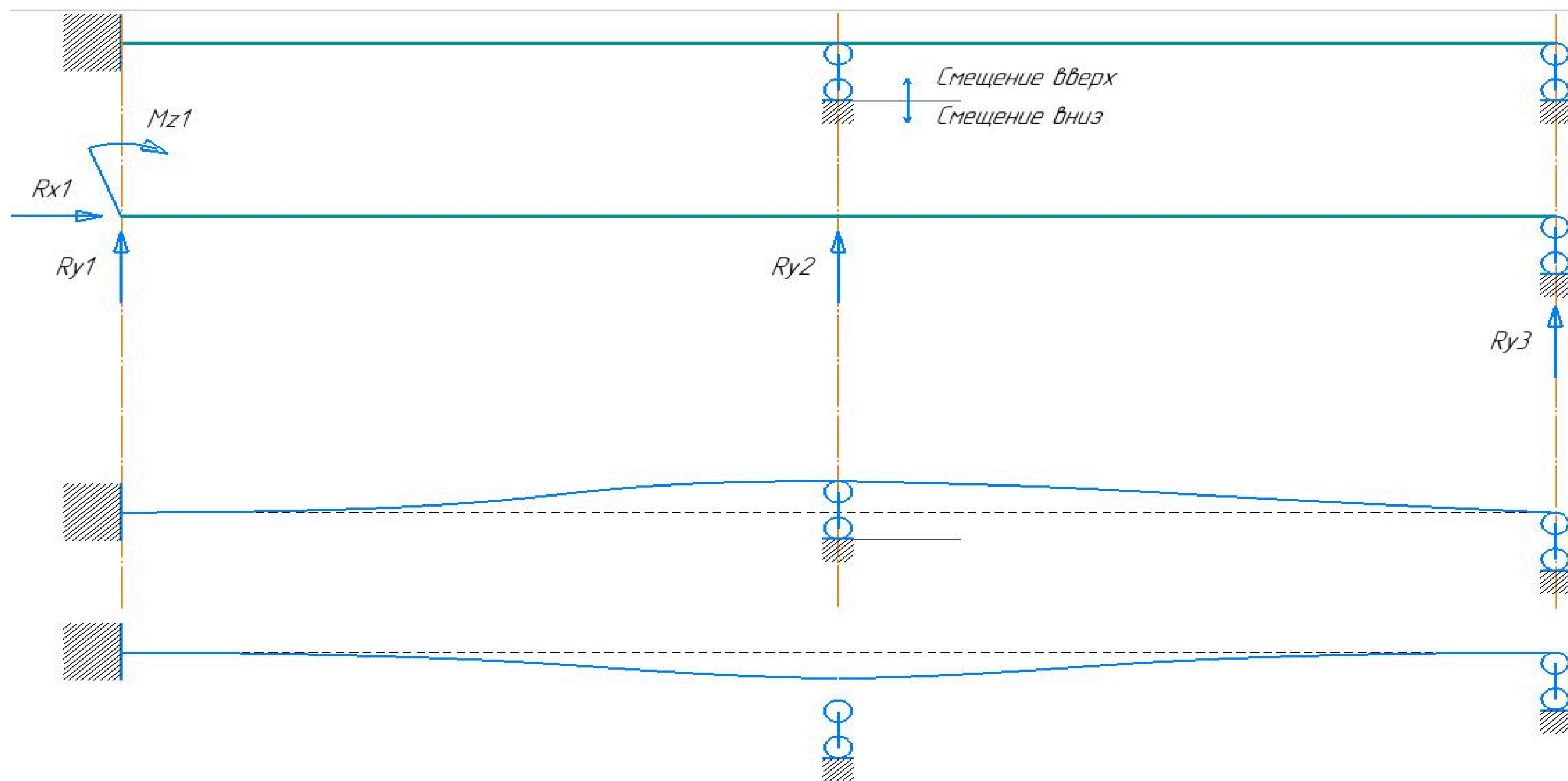
✉ Kirill.Malakhov@skoltech.ru



Дополнительные расчеты



Расчетная схема стенда в балочной постановке



Корпус

