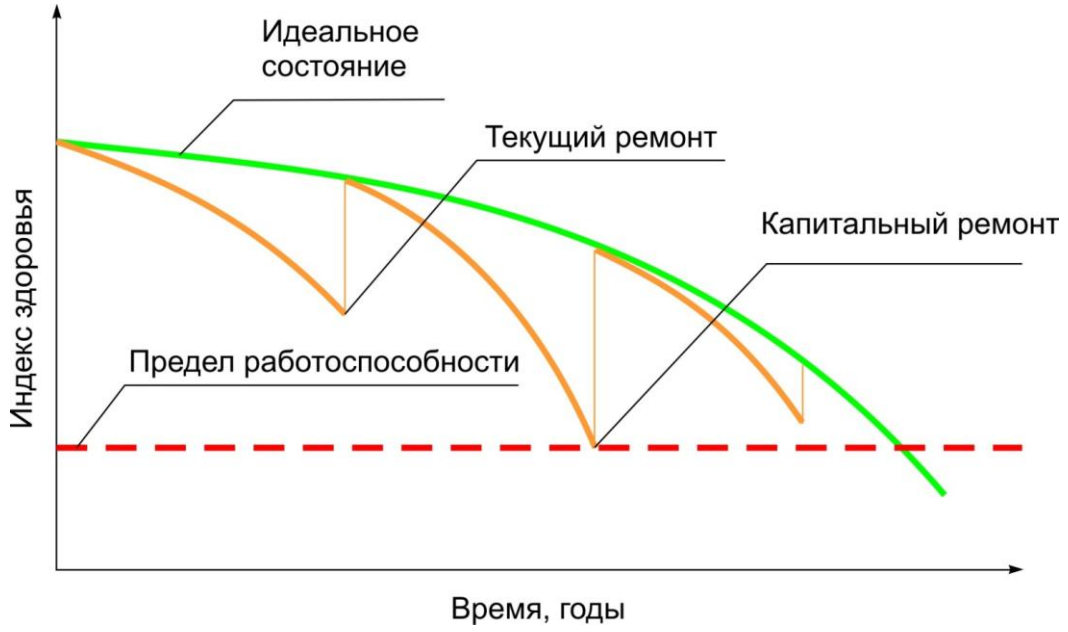
ООО «НПП Геотек»

Автоматизированный мониторинг технического состояния строительных конструкций ОИАЭ

Болдырев Г.Г., проф., д.т.н., директор по научной работе
и инновациям ООО «НПП Геотек»

Пенза - 2013

Назначение систем мониторинга

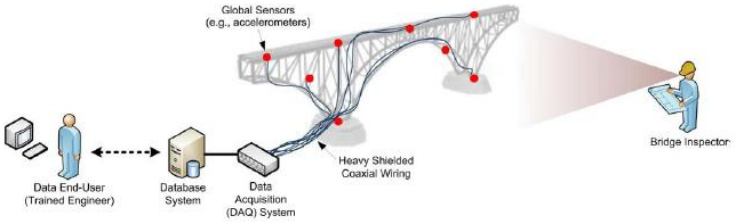


Целесообразность применения:

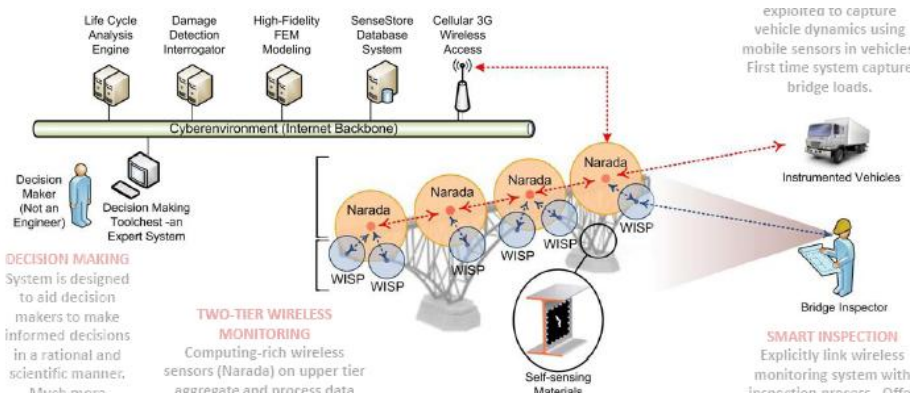
- обеспечение безопасности и повышение надежности эксплуатируемых объектов;
- продление сроков эксплуатации;
- определение сроков обслуживания и ремонта;
- снижение затрат на ремонт и обслуживание

Технологические платформы

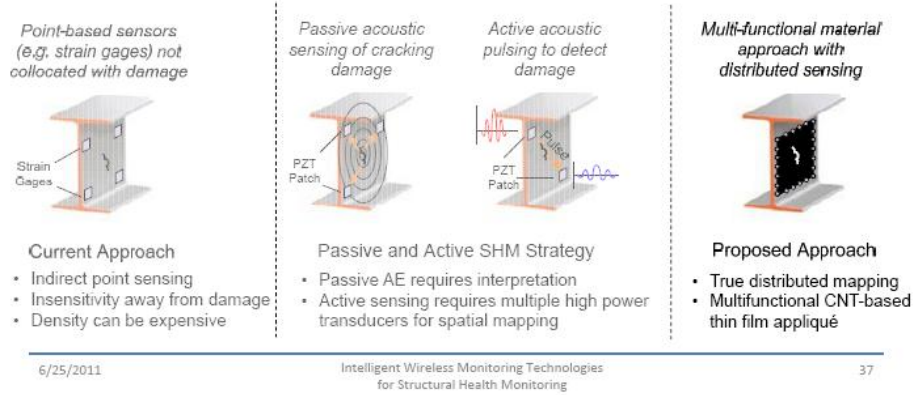
Первый уровень



Второй уровень



Третий уровень



Оценка состояния конструкций при действии статических нагрузок

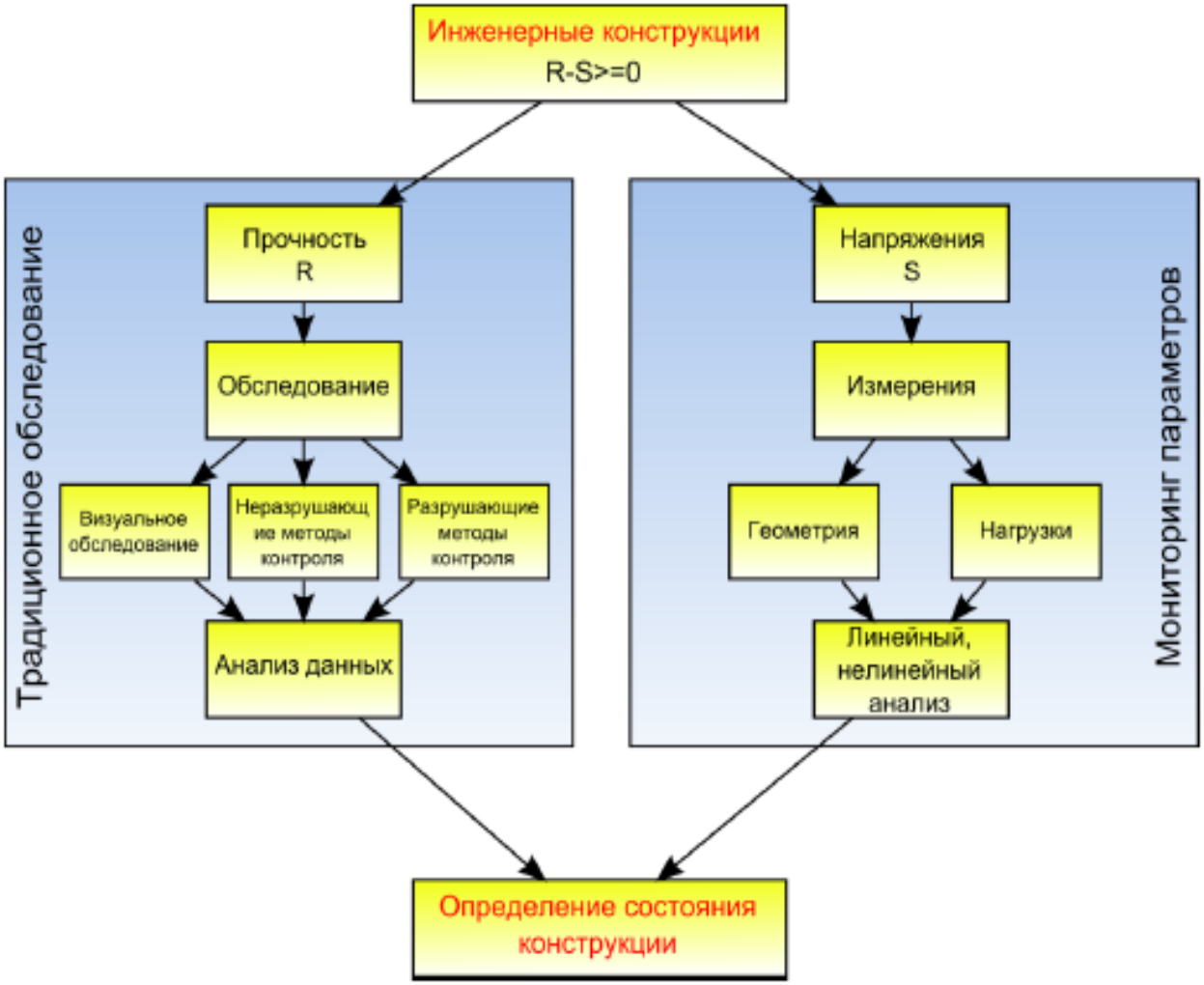
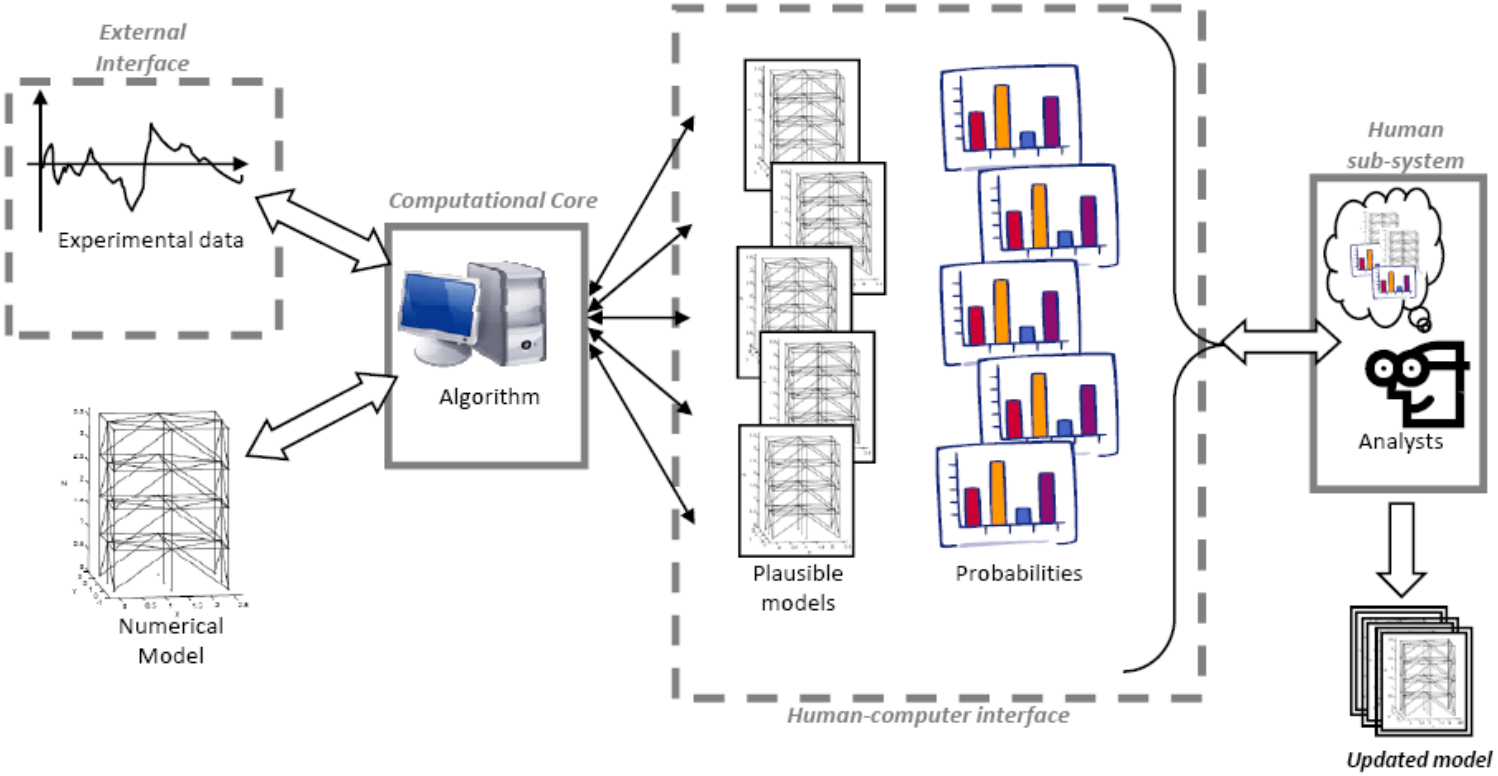
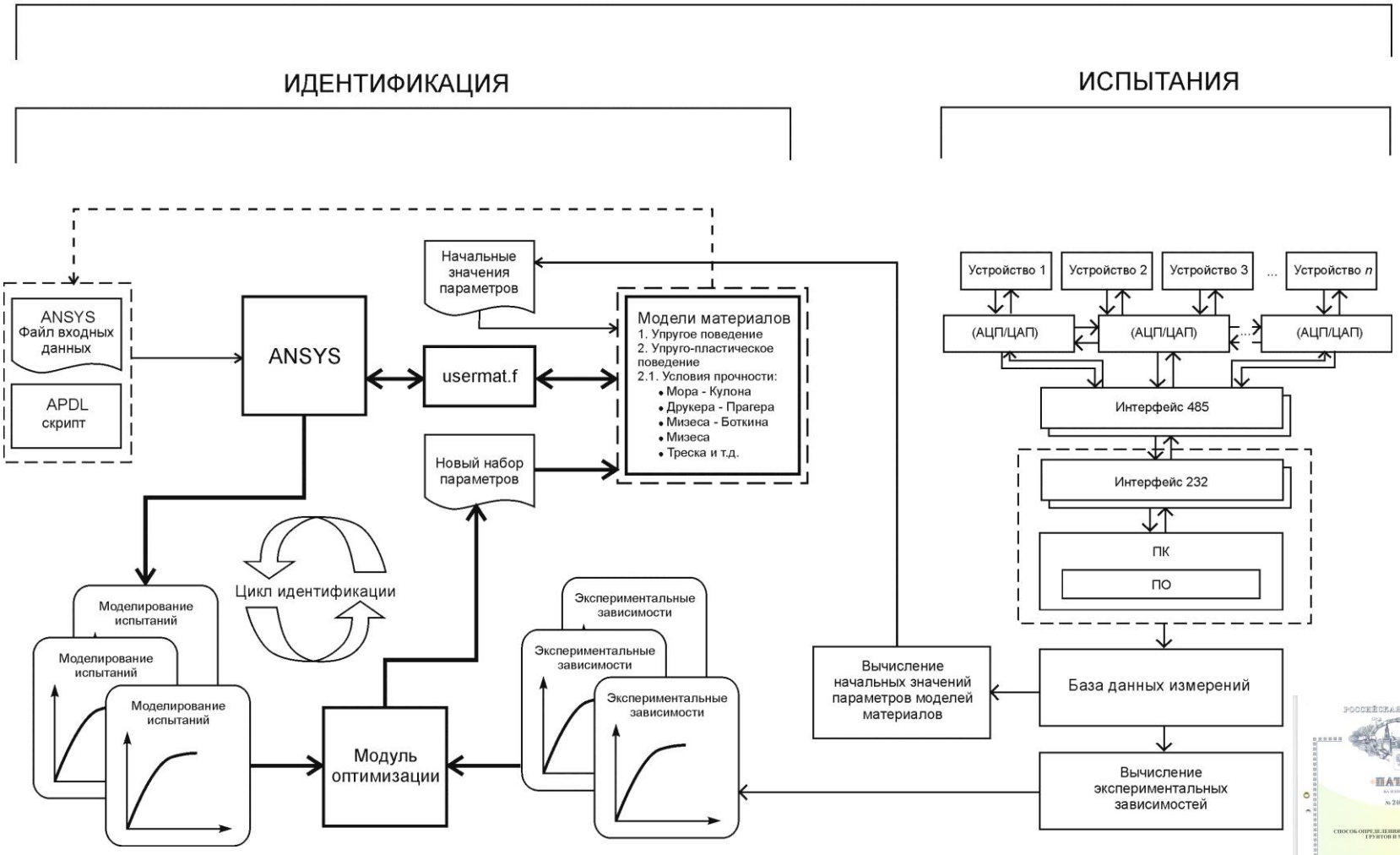


Схема анализа состояния конструкций при динамических и сейсмических нагрузках



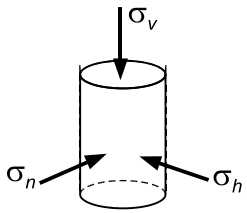
Определение параметров моделей материалов

ИВК “АСИС”

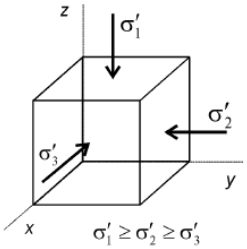


Приборы для испытания материалов

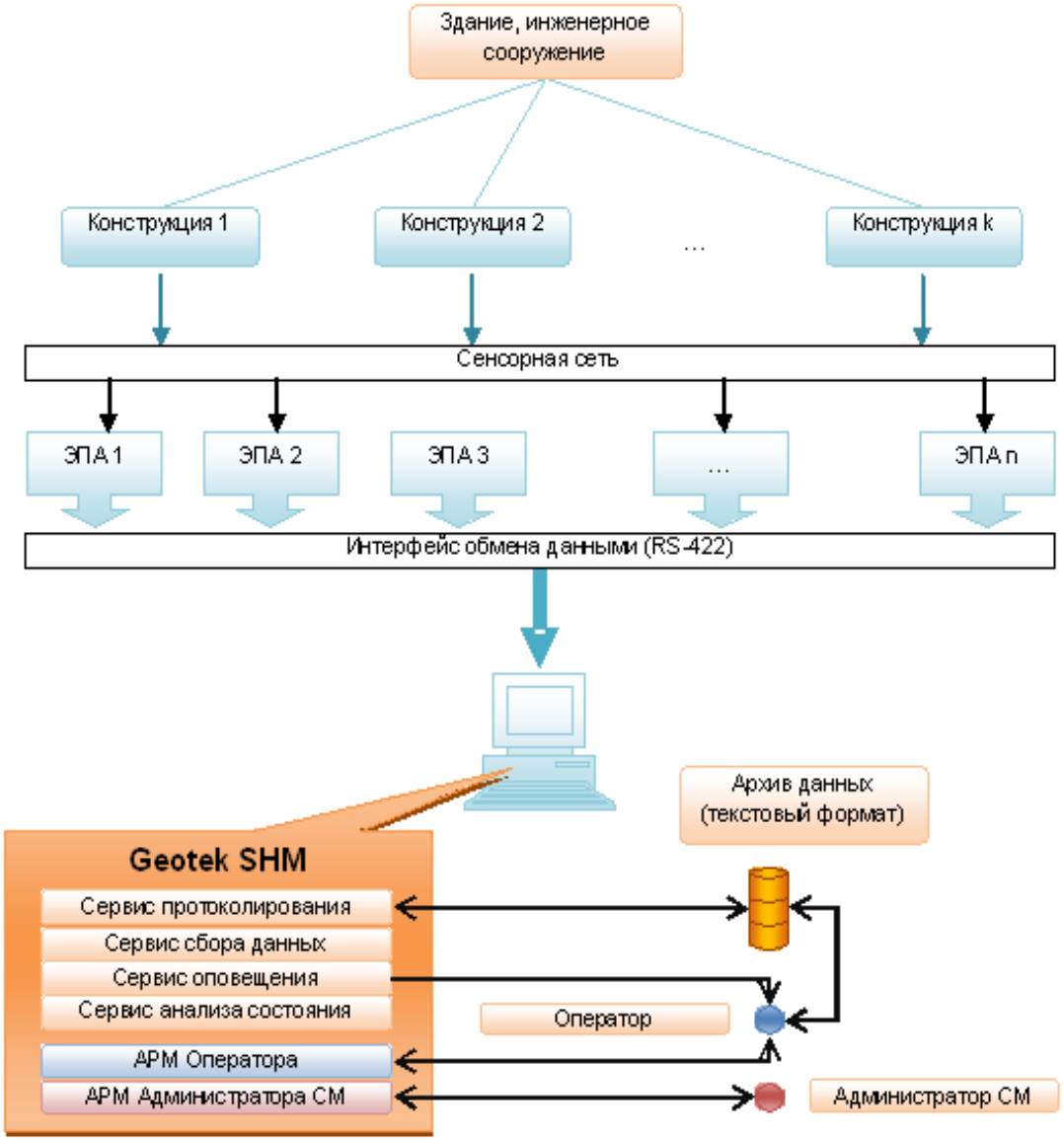
Испытания в условиях осесимметричной деформации



Испытания в условиях пространственной деформации

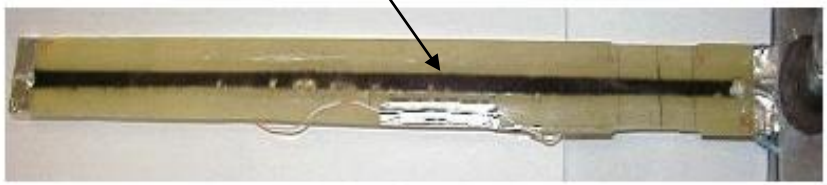


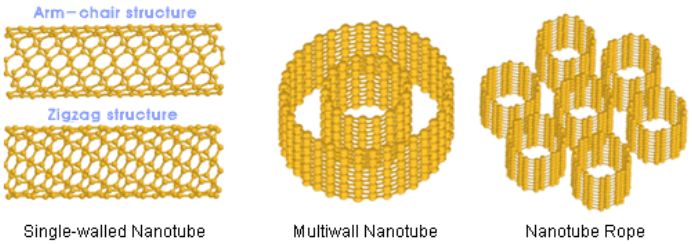
Структура системы мониторинга

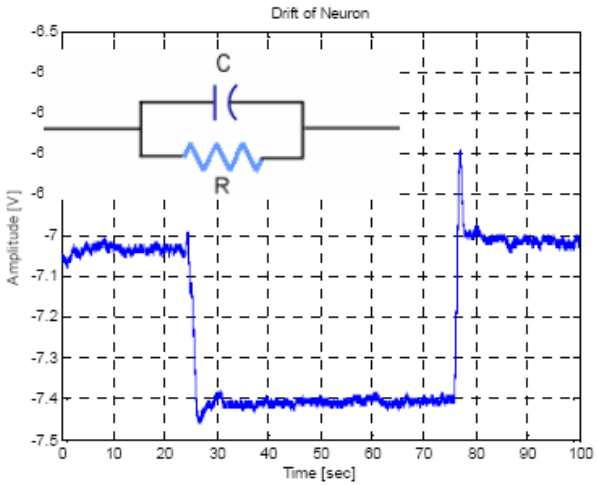


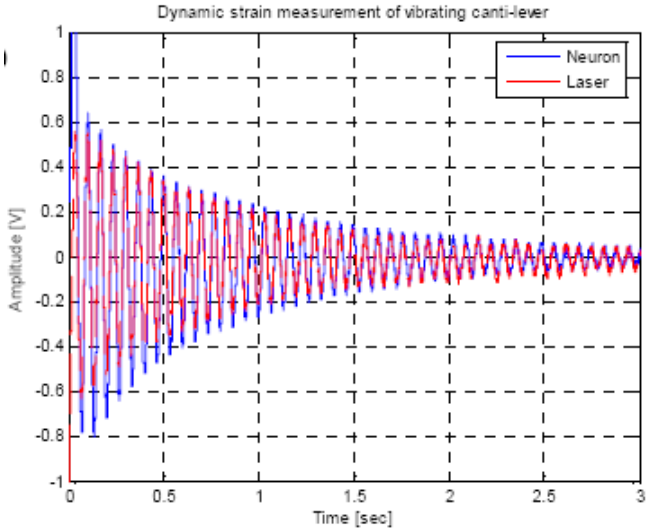
Нано датчики

Нейрон из нанотрубок

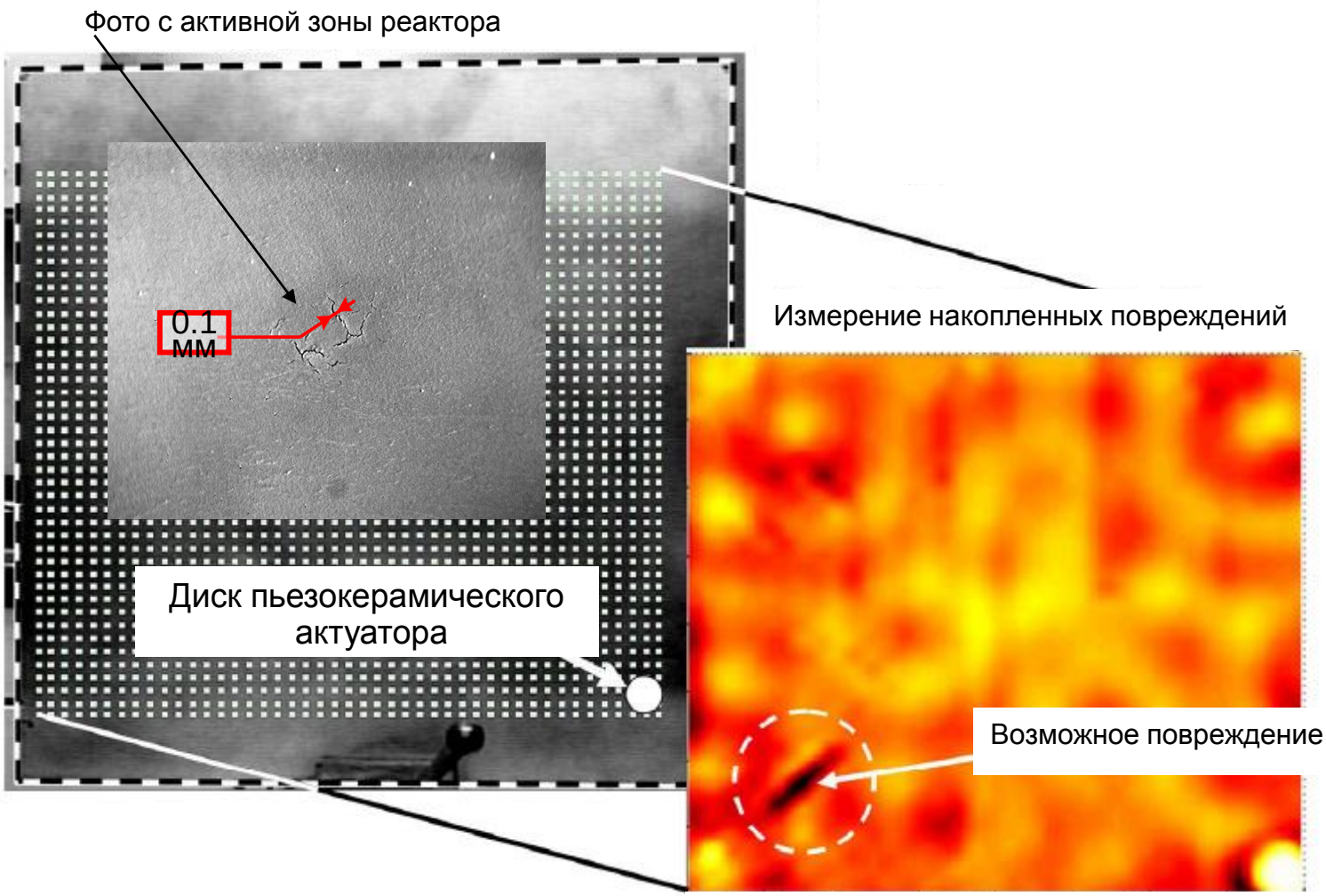








Пьезодатчики и контроль возникновения дефектов



Методы глобального и локального мониторинга

Global Techniques

Features

- Acceleration, Deflection, Freq, Modes
- Accelerometer / OFS / GPS, etc
- Low frequency response
- Global vibration-based monitoring

Advantage/Disadvantage

- Applicable to ***Global Damage Behavior***
- ***Less Accurate*** to Local Damage

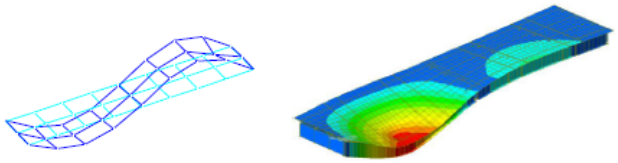
Local/NDE Techniques

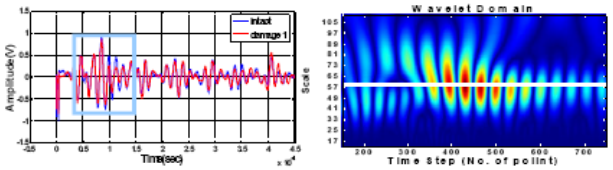
Features

- Strain, **E/M Impedance**, Guided waves
- **Piezoelectric** / OFS / Laser interferometer
- High frequency response
- Local vibration-based monitoring

Advantage/Disadvantage

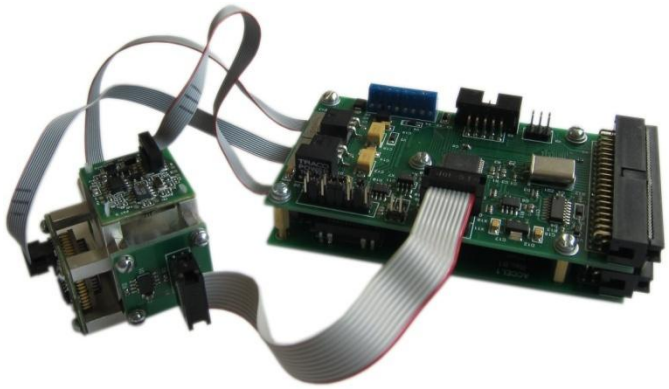
- Applicable to ***Local Critical Members***
- ***Limited Sensing Ranges***



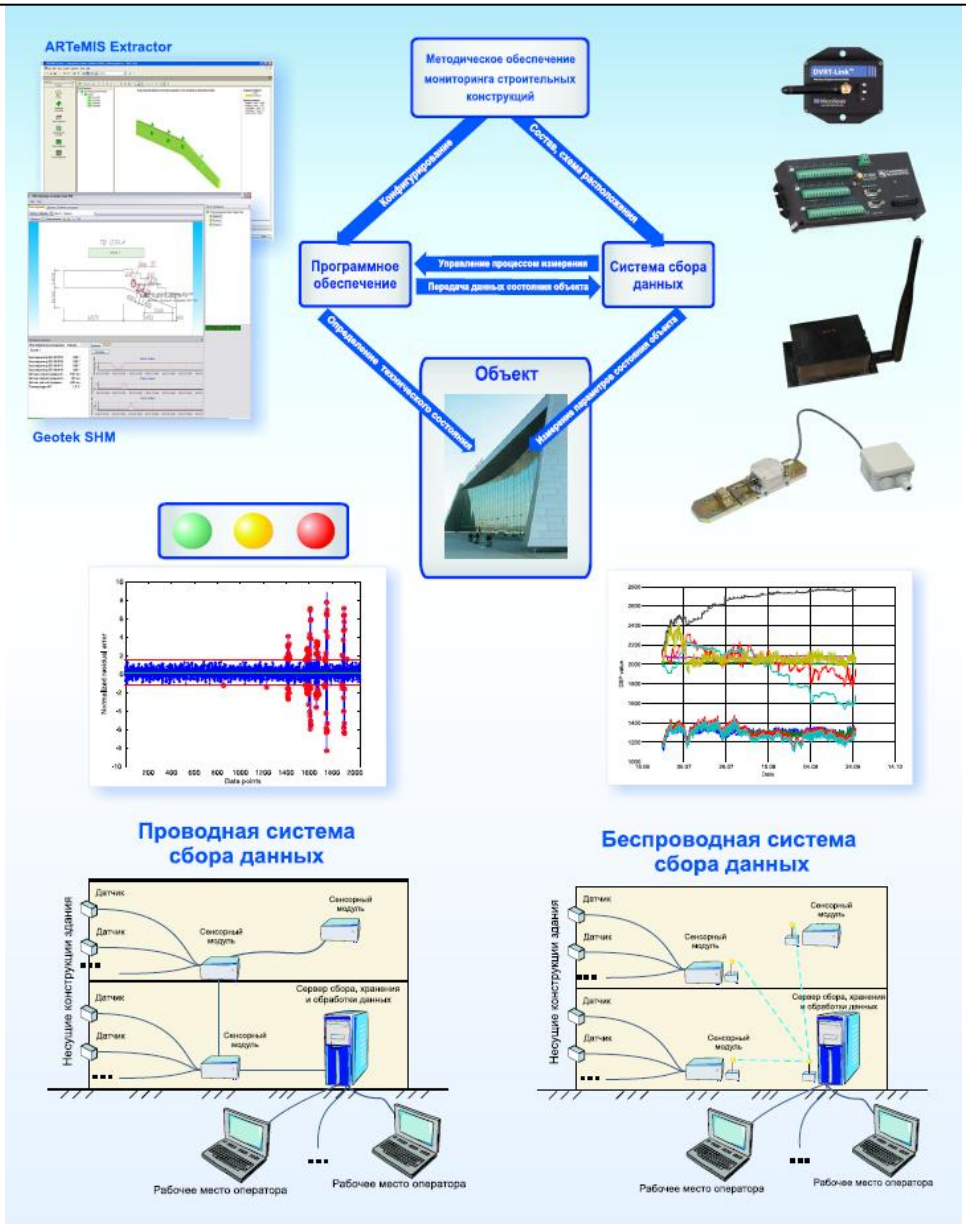


Глобальный мониторинг

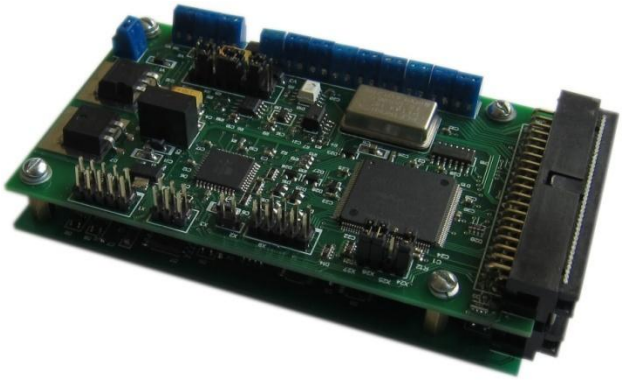
Проводные и беспроводные системы мониторинга



Трехкоординатный модуль измерения ускорения колебаний



Локальный мониторинг



Модуль измерения деформаций

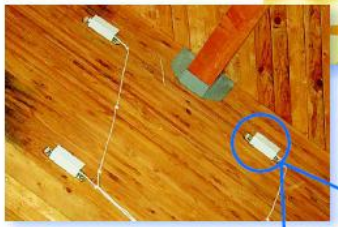
Модуль измерения угла наклона

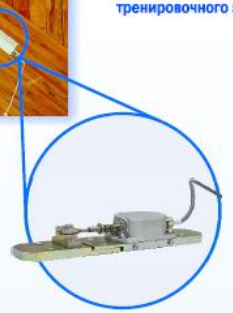
Предприятие «ООО «НПП Геотек» разработало и внедрило проект системы мониторинга напряженно-деформированного состояния основных несущих конструкций многофункционального спортивного комплекса «Буртасы», г. Пенза. Общие габариты здания 192 x 90 x 22,5 м. Система мониторинга позволяет оценивать текущее напряженно-деформированное состояние несущих конструкций покрытия из металлодеревянных арок пролетом 48 м (первая очередь) и 36 м (вторая очередь), а также несущих железобетонных колонн под арки.

Здание спортивного комплекса

Строительство первой очереди спортивного комплекса

Интерьер тренировочного зала



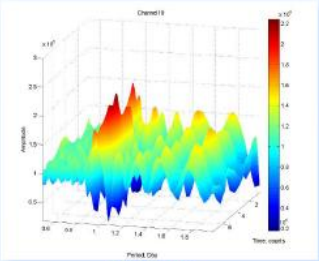


Датчики деформации ГТ 5.4.1 на деревянной арке покрытия спортивного сооружения

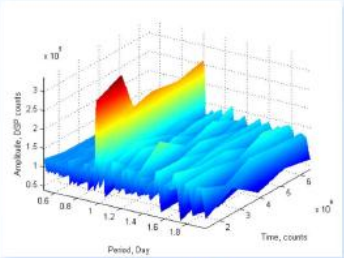
Монтаж датчиков деформации на стальные тяжи

Блок электроники

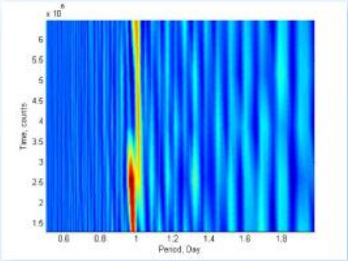
Спектрограммы показаний датчиков



Деформации

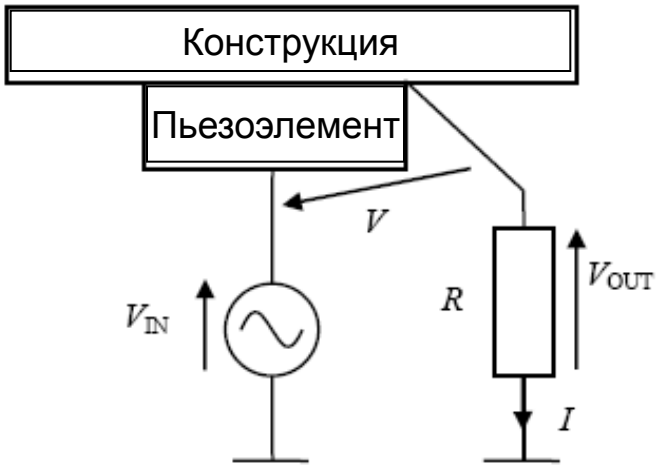


Температуры (вид 1)



Температуры (вид 2)

Электро-механический импеданс



Пьезоэлементы

Определение импеданса

$$Z_E = R\left(\frac{V_{IN}}{V_{OUT}} - 1\right)$$

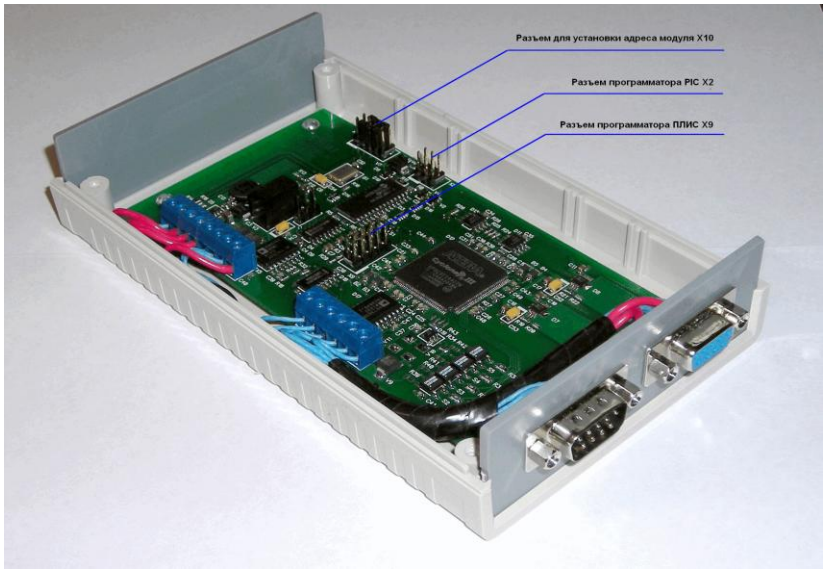
Параметр повреждений

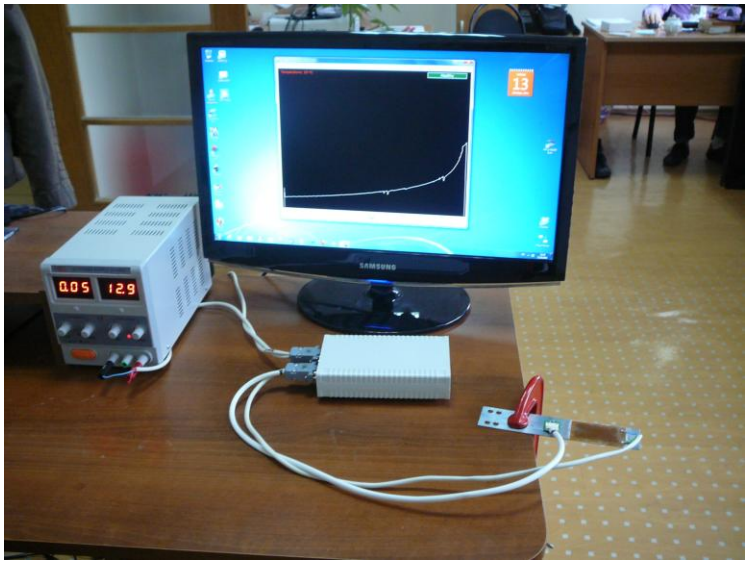
$$DI1 = \sum_{i=1}^{n}\left|\left(\mathrm{Re}(Z_{0,i}) - \mathrm{Re}(Z_i)\right)\left(\mathrm{Re}(Z_{0,i})\right)^{-1}\right|$$

$$DI2 = \left(\sum_{i=1}^{n}\left(\left(\mathrm{Re}(Z_{0,i}) - \mathrm{Re}(Z_i)\right)\left(\mathrm{Re}(Z_{0,i})\right)^{-1}\right)^2\right)^{1/2}$$

$$DI3 = \sum_{i=1}^{n}\left(\left|\left(\mathrm{Re}(Z_{0,i}) - \mathrm{Re}(Z_i)\right)\left(\mathrm{Re}(Z_{0,i})\right)^{-1}\right|\right)^{1/2}$$

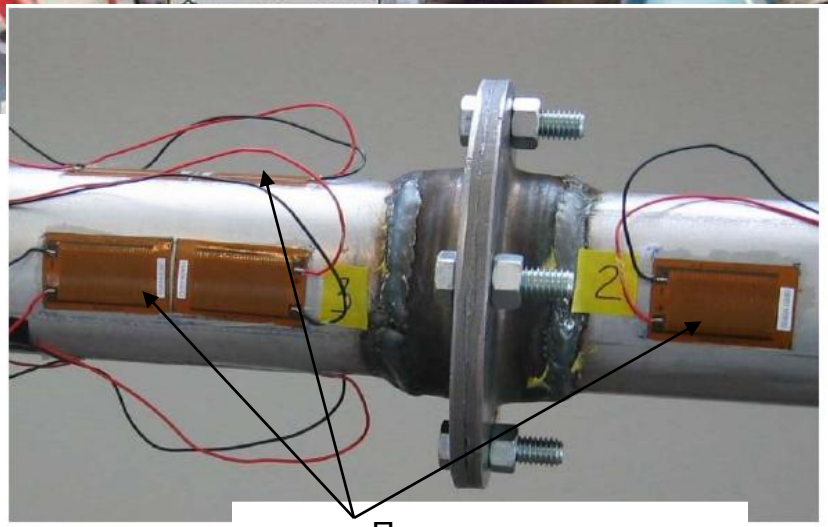
Модуль измерения импеданса



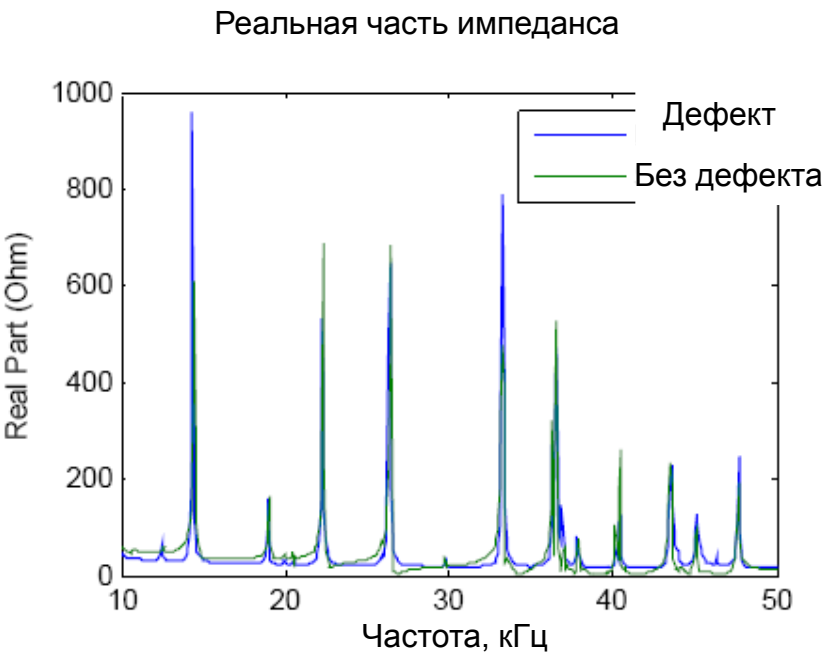


$$\mathrm{DM} = \frac{\sum_{f_i = f_1}^{f_h} \left| \phi_{base}(f_i) - \phi_{SUT}(f_i) \right|}{M(f_1, f_h)}$$

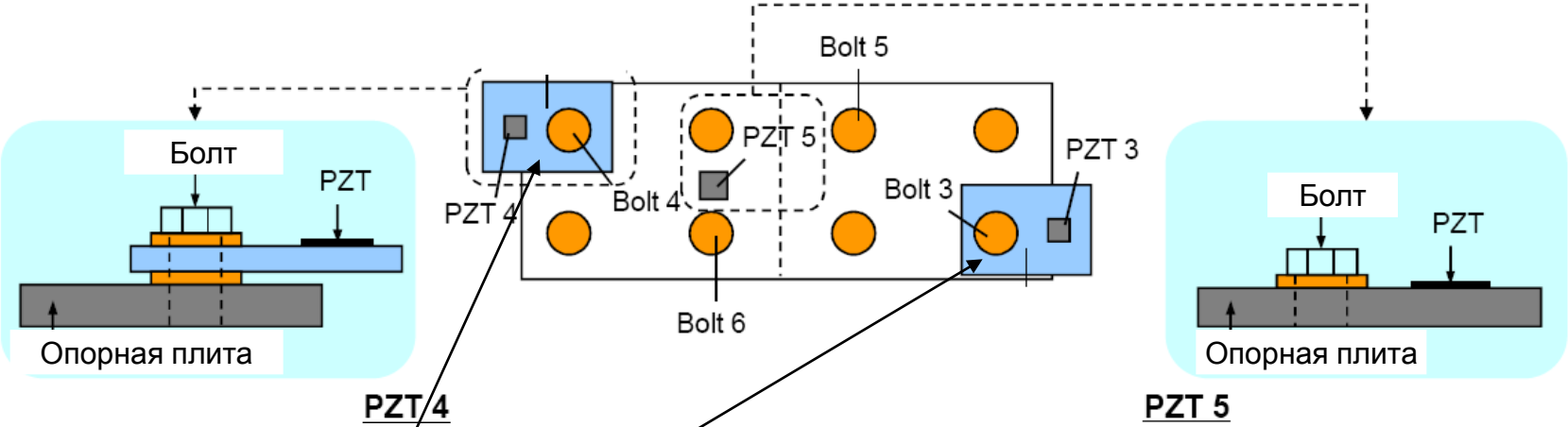
Контроль трубопроводов

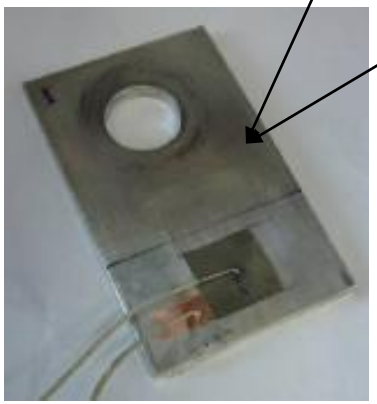


Пьезоэлементы

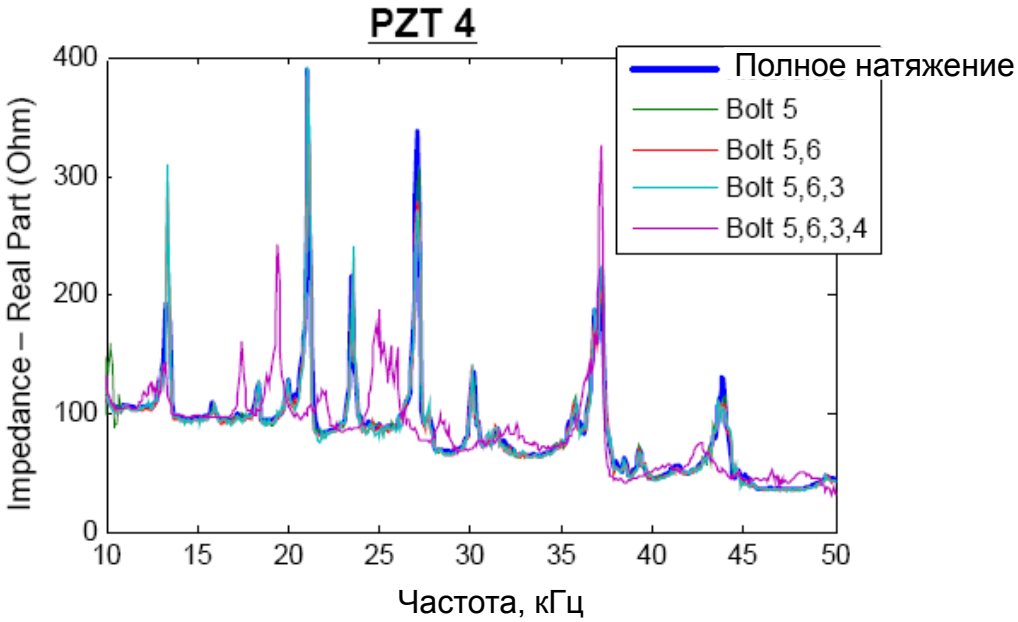


Контроль болтовых соединений

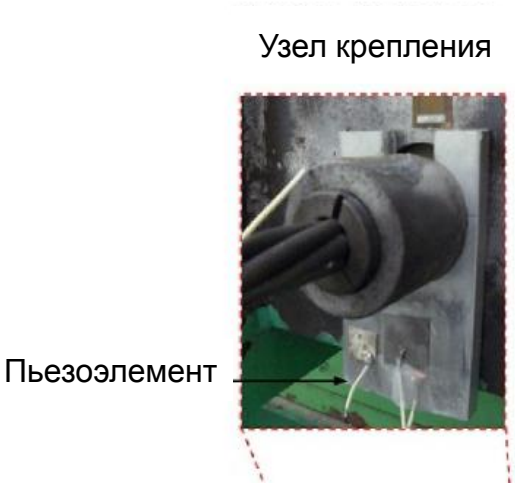


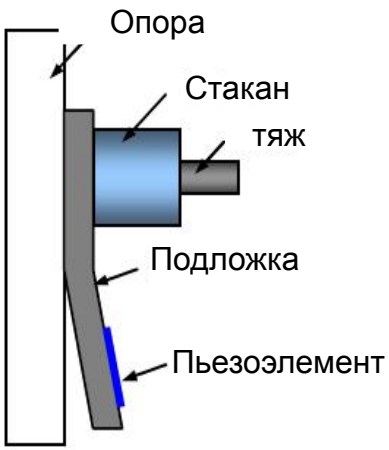


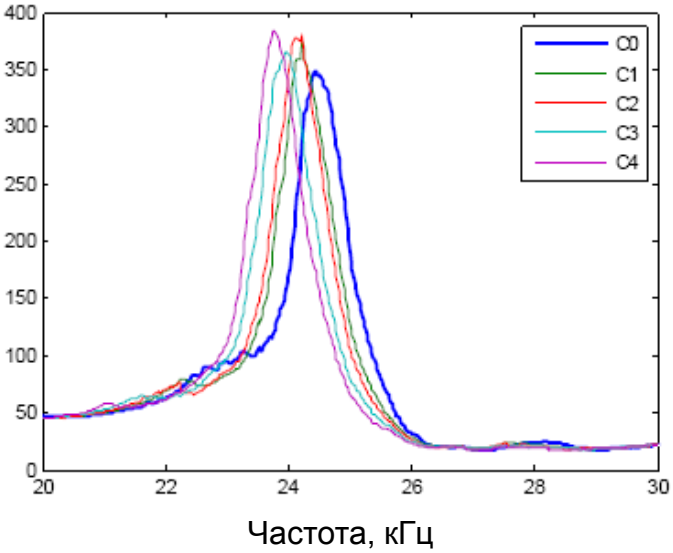
Пластина с пьезоэлементами (PZT)



Контроль натяжения канатов защитной оболочки

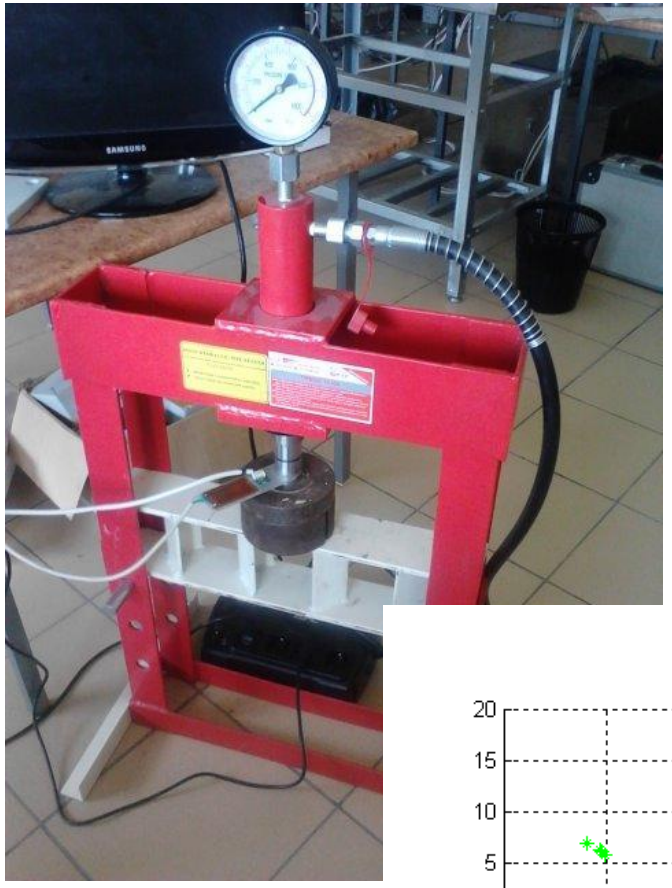


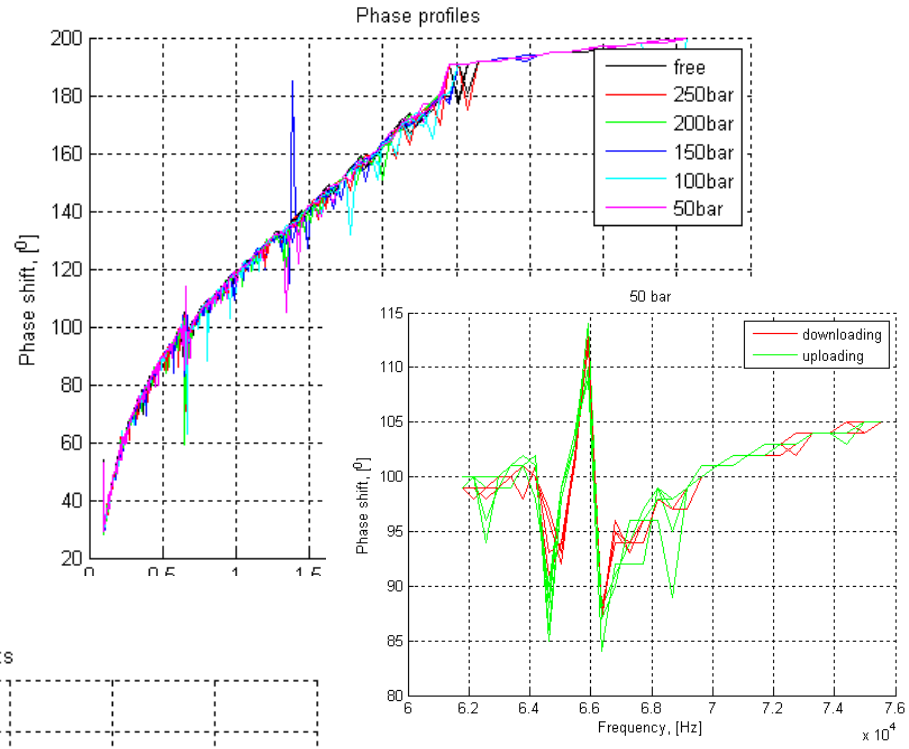


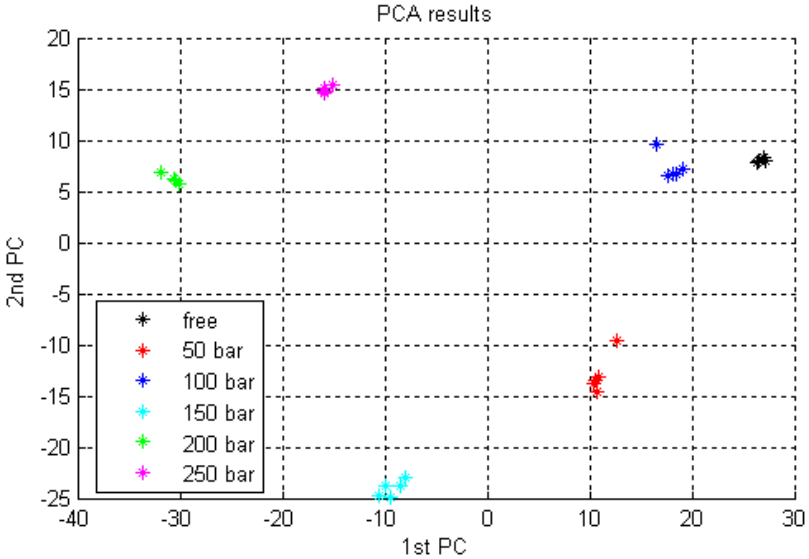


Смещение частоты в зависимости от усилия в канате

Испытания шайбы натяжения







Структура системы мониторинга АЭС

Оценка остаточного ресурса

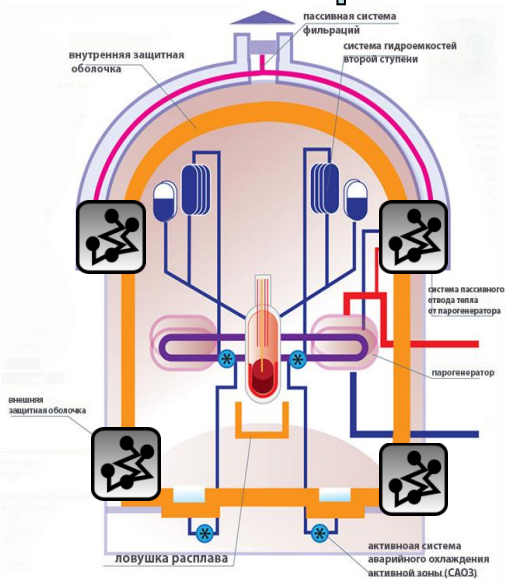
Физическая модель

Расчетная КЭ модель

Идентификация

База данных измерений

Интерфейс



- датчики вибрации, деформации, наклона, температуры, давления

Контроль

Деформация Обс[illegible] РО

Осадка фундаментов

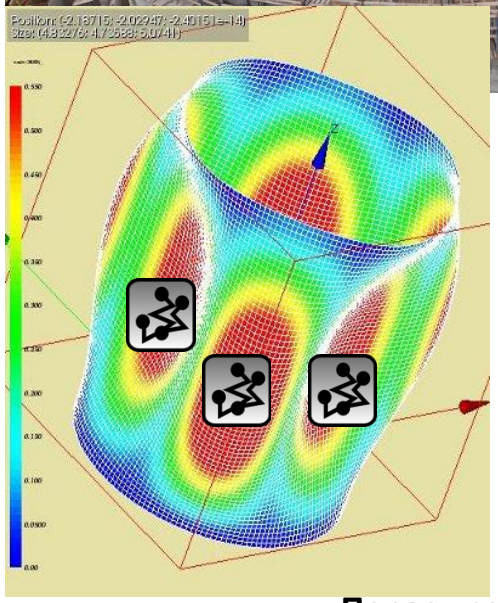
Наклон колонн

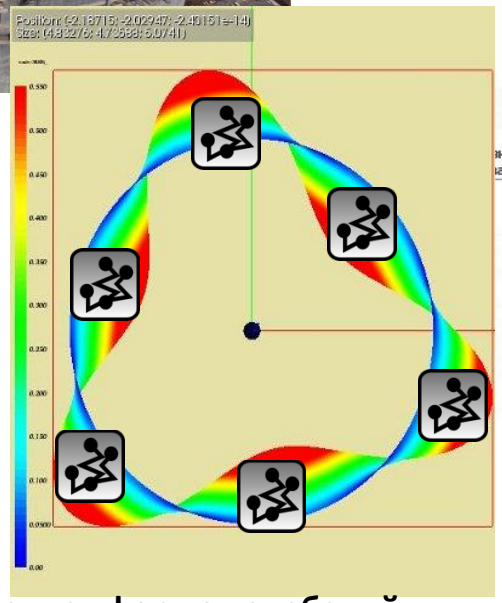
Прогиб ферм

Динамические характеристики

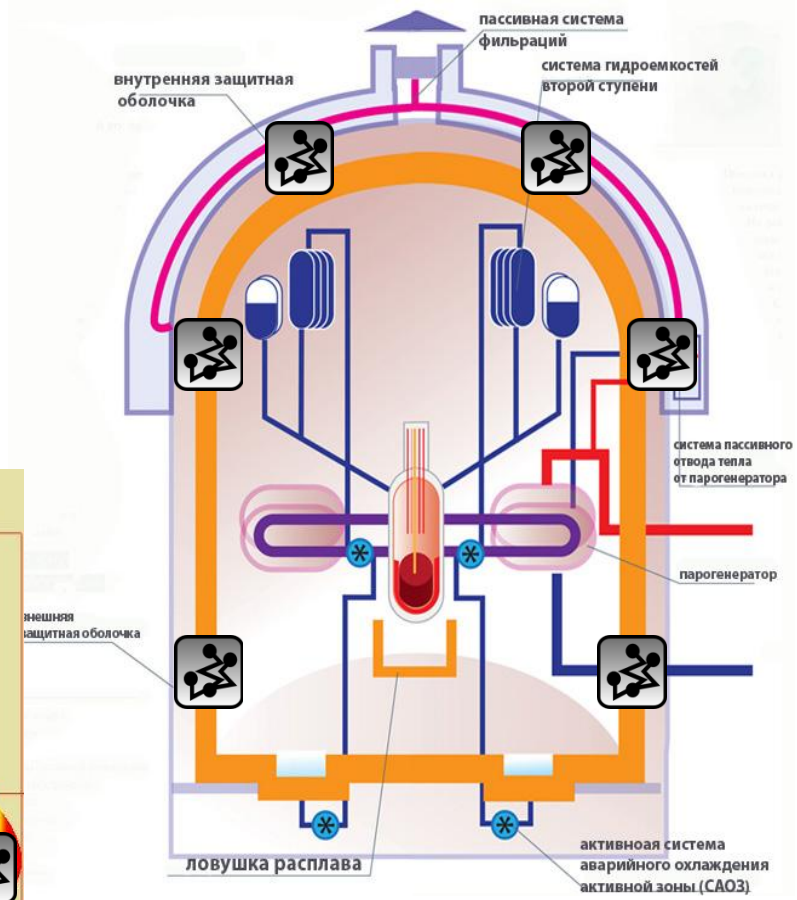
Трубопроводы

Контроль деформации оболочки реактора



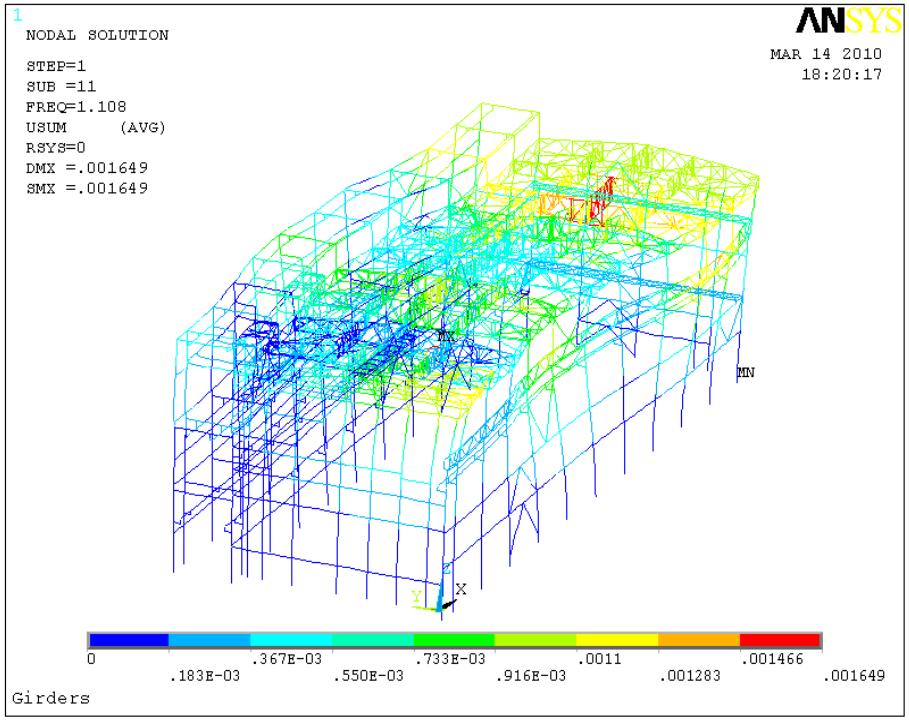


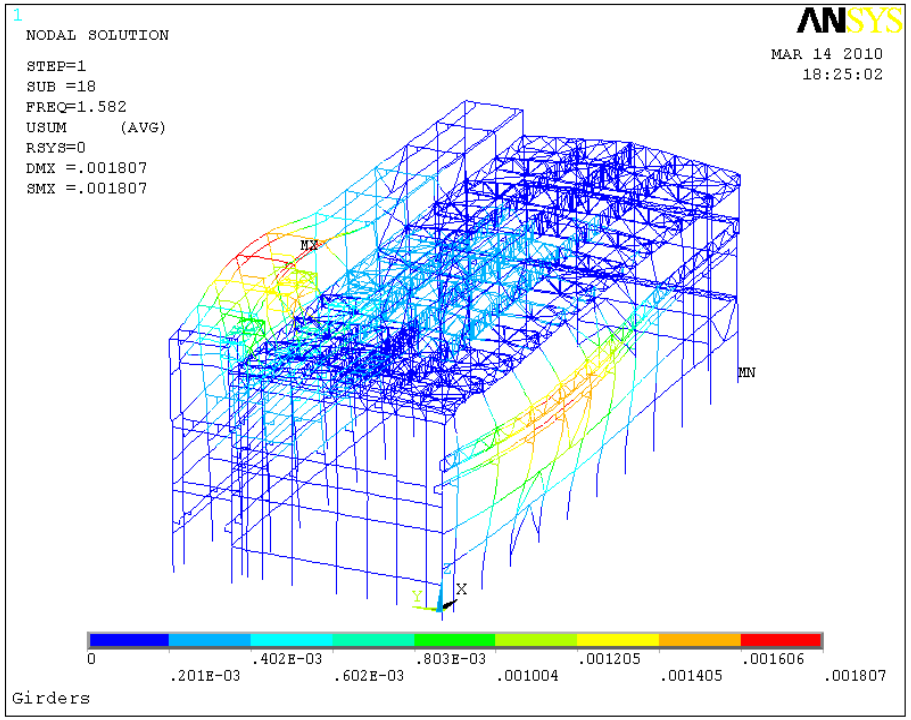
Первая собственная форма колебаний



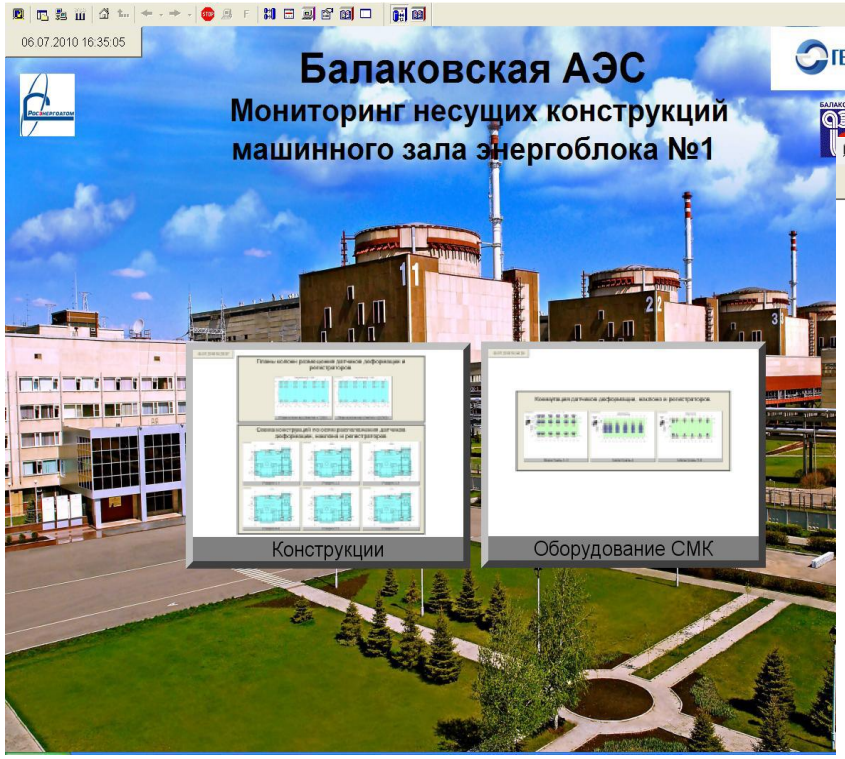
Акселерометры на оболочке

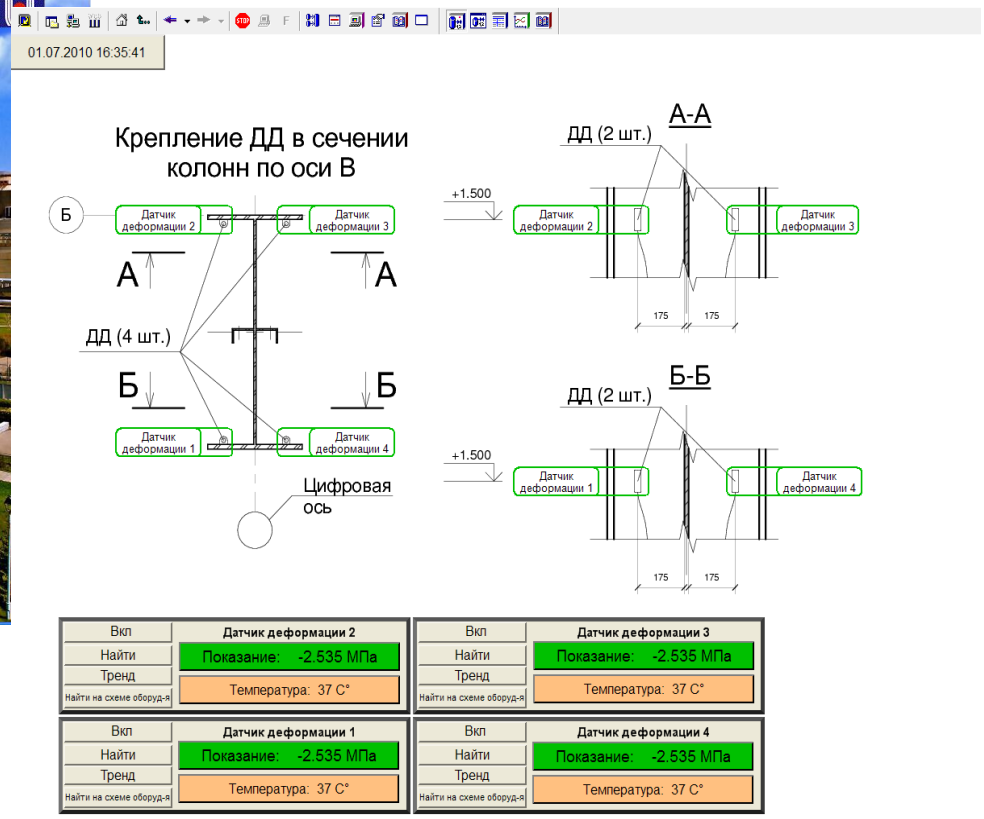
Модальный анализ каркаса БАЭС



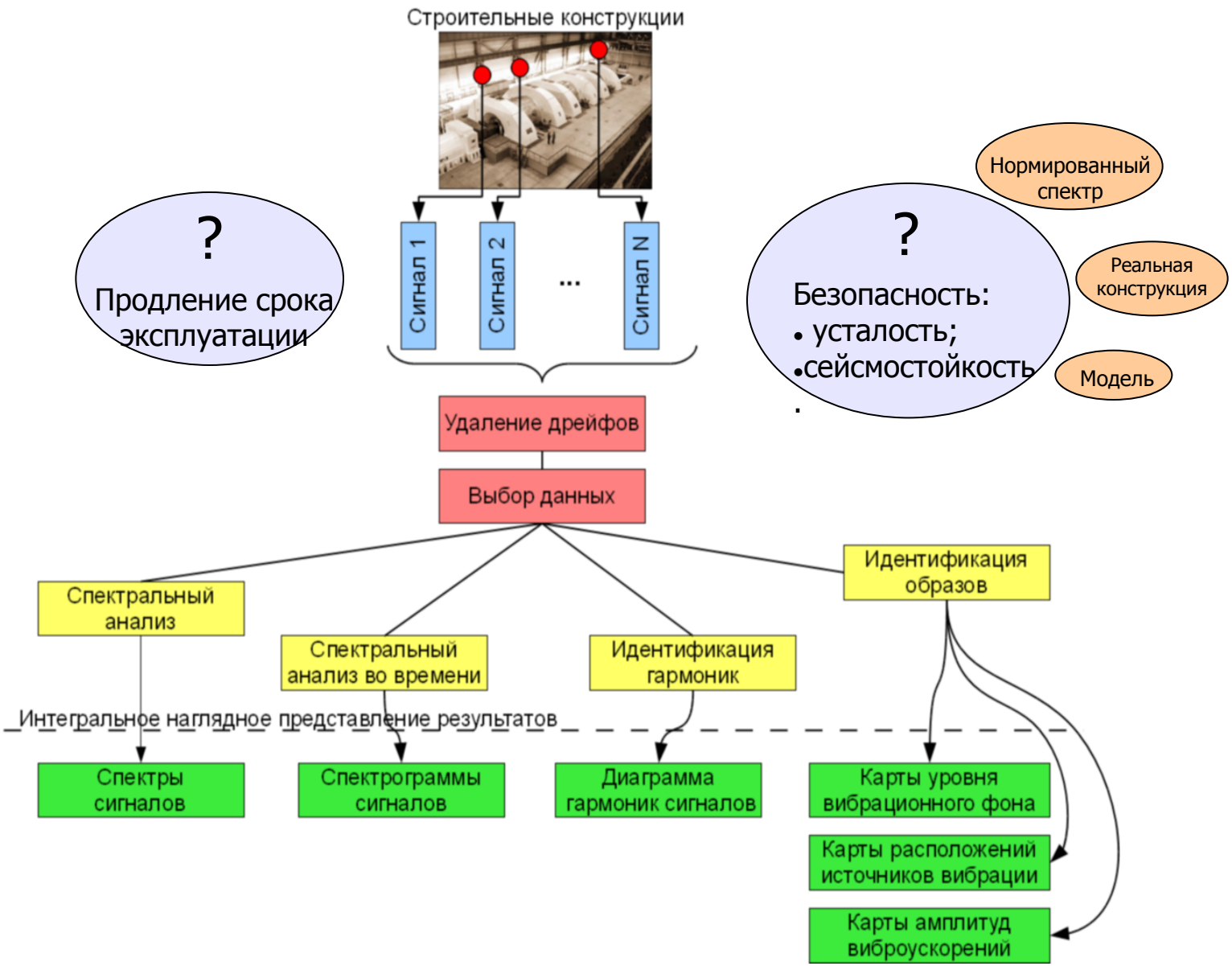


Фрагменты интерфейса АРМ оператора МЗ БАЭС



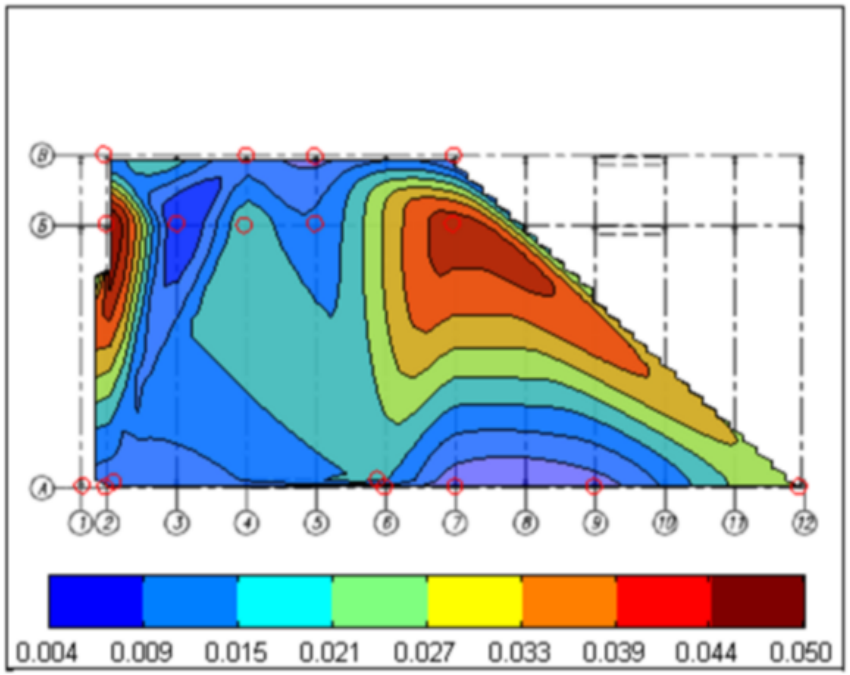


Анализ виброускорений колонн МЗ БАЭС



Карта амплитуд ускорений на частоте 25 Гц

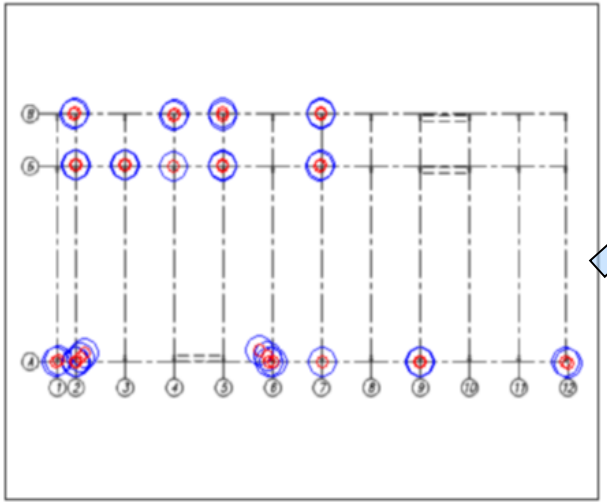
Карта амплитуд виброускорений по оси X на частоте 25[Гц]



Point name	Accel [m/s^2]
col-1A-0.000-Ch2	0.0036
col-2A-0.000-Ch3	0.0114
col-2B-0.000-Ch2	0.0503
col-2V-0.000-Ch2	0.0087
col-3B-0.000-Ch3	0.0051
col-4B-0.000-Ch2	0.0223
col-4V-0.000-Ch2	0.0113
col-5B-0.000-Ch2	0.0151
col-5V-0.000-Ch2	0.0065
col-6A-0.000-Ch3	0.0113
col-7A-0.000-Ch3	0.0059
col-7B-0.000-Ch2-rev	0.0417
col-7V-0.000-Ch2-rev	0.0050
col-9A-0.000-Ch3	0.0067
col-12A-0.000-Ch3	0.0270
near-col-2A-0.000-Ch3	0.0125
near-col-6A-0.000-Ch3	0.0201

Карты расположения источников гармоник

Топология источников вибрации с частотой 1500[Об/мин]

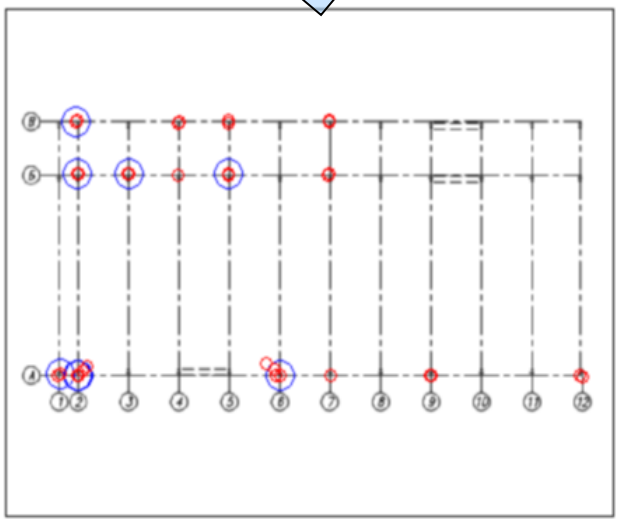


Глобальный источник - турбоагрегат!

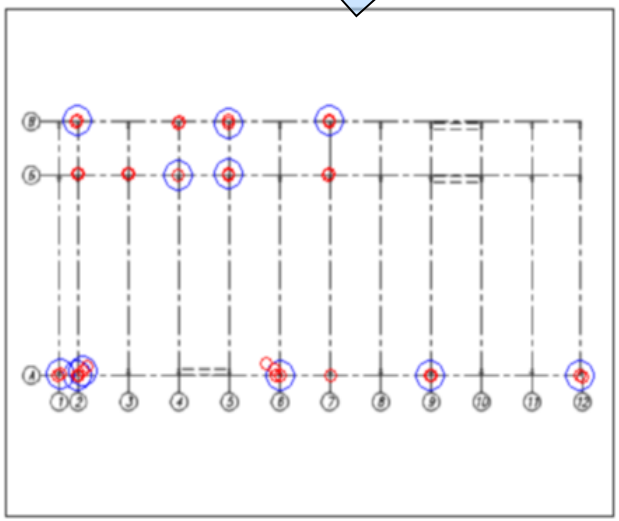
Локальный источник

Локальный источник

Топология источников вибрации с частотой 600[Об/мин]

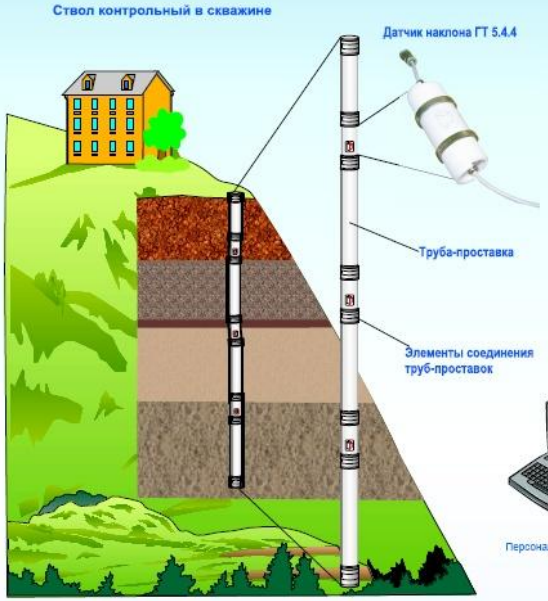


Топология источников вибрации с частотой 1800[Об/мин]



СИСТЕМА МОНИТОРИНГА УСТОЙЧИВОСТИ СКЛОНОВ

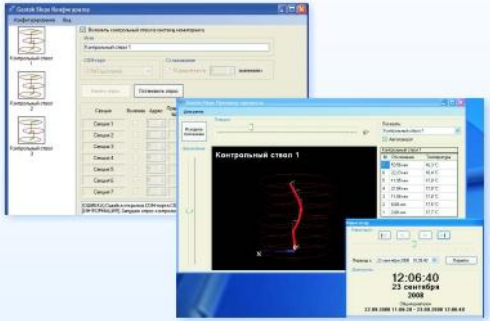
Назначение системы: контроль положения свободно стоящих и пригруженных склонов, мониторинг состояния тоннелей, опор мостов, плотин, насыпей, котлованов и т.д.



Состав инструментальных средств:

- персональный компьютер или ноутбук;
- устройство сопряжения ГТ 6.0.12, обеспечивающее подключение к компьютеру произвольного количества контрольных стволов;
- набор кабелей;
- контрольные стволы, включающие в себя:
  - датчики наклона ГТ 5.4.4, состоящие из ёмкостного двухкоординатного акселерометра, АЦП, микропроцессора, датчика температуры;
  - трубы-проставки, объединяющие датчики наклона в гирлянду («ствол»), погружаемую в скважину;
  - элементы соединения труб-проставок.
- программный пакет Geotek-Slope, обеспечивающий сбор, обработку, визуальную интерпретацию данных.

Мобильный комплекс на стенде в лаборатории



Geotek Slope Монитор. Фрагмент работы программы