Пензенский государственный архитектурно-строительный университет, ООО «НПП Геотек»

Система мониторинга строительных конструкций АЭС

Болдырев Г.Г.
проф., д.т.н.

Пенза - 2011

Структура системы мониторинга

Оценка остаточного ресурса

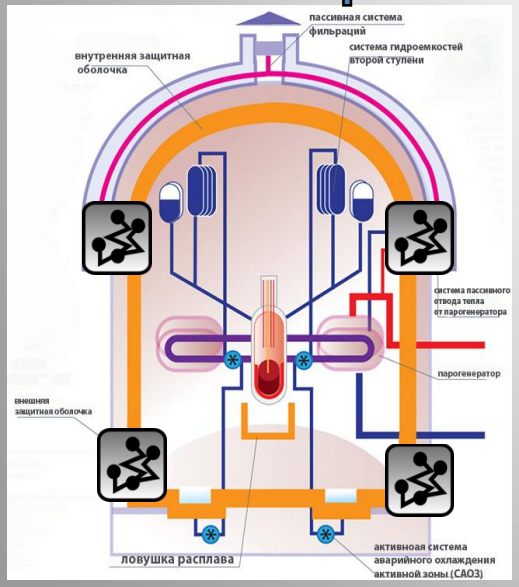
Физическая модель

Идентификация

Расчетная КЭ модель

База данных измерений

Интерфейс



- датчики вибрации, деформации, наклона, температуры, давления

Контроль

- Деформация Обс… РО
- Осадка фундаментов
- Наклон колонн
- Прогиб ферм
- Динамические характеристики
- Трубопроводы

Контроль геотехнических параметров

(Норма безопасности МАГАТЭ NS-G-3.6)

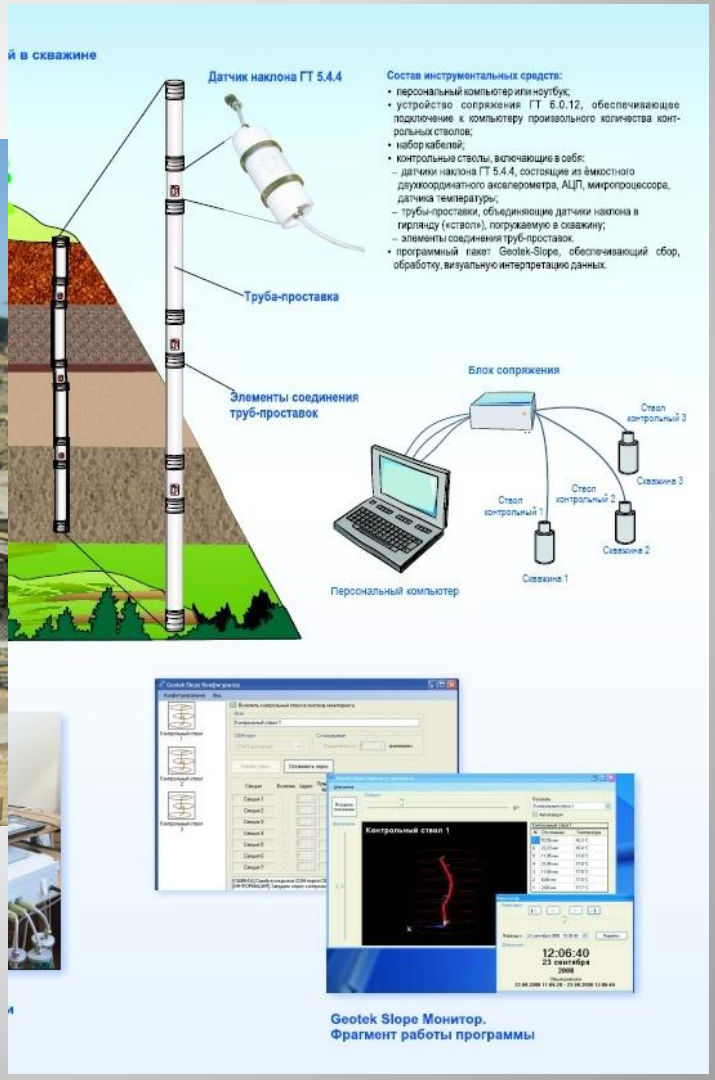
- *Раздел 7.1.* В целях проверки поведения основания и земляных сооружений и структур следует осуществлять контроль за их фактическим поведением в естественных условиях с начала работ на площадке, во время строительства и эксплуатации.
- *Раздел 7.2.* Контроль фактических нагрузок и деформаций позволяет проводить полевую проверку прогнозируемого поведения оснований и земляных сооружений и структур. Поскольку строительные работы обычно проводятся в течение длительного срока, контроль параметров позволяет уточнять модели оседания на основе данных о поведении в реальных условиях. Прогнозы долгосрочного поведения, таким образом, можно выполнять с достаточной степенью достоверности.
- *Раздел 7.7.* Контрольные приборы следует тщательно подбирать так, чтобы система мониторинга обеспечивала получение ожидаемой информации в течение жизненного цикла установки. Выбор приборов следует производить с учетом информации о накопленном опыте. При определении числа используемых приборов следует принимать во внимание ожидаемую интенсивность их отказов.

Рекомендуемые измерения

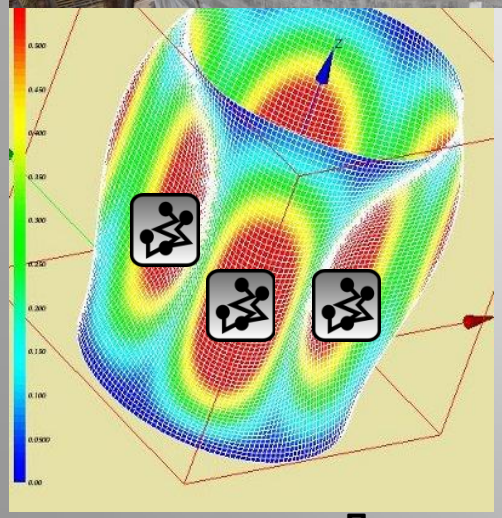
(Норма безопасности МАГАТЭ NS-G-3.6)

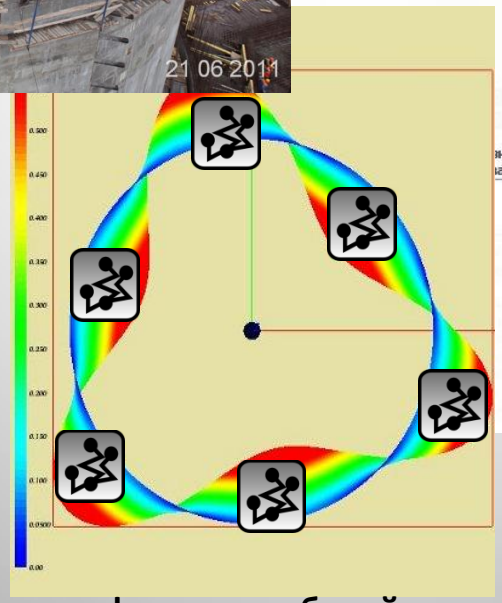
Тип устройства	Принцип	Место применения	Измеряемый параметр	Цель
Пьезодатчики	Гидростатическое давление	Буровые скважины	Поровое давление, уровень грунтовых вод	Контроль уровня грунтовых вод и порового давления
Глобальная система месторасположения	Наведение спутником	Площадка	Топография площадки	Оценка площадки
Грунтовые реперы	Топографическое определение	Земная поверхность	Смещения, осадка	Осадка сооружений
Гаммаграфия, фотограмметрия	Наложение изображений	Земная поверхность	Деформация топографии	Деформация сооружений
Инклинометры	Электромеханический	Буровые скважины	Вертикальность положения	Устойчивость склонов
Сейсмометры	Акселерометры	Свободная поверхность, здания	Изменения ускорения во времени	Эксплуатационная готовность станций; Сейсмическое поведение сооружений; спектры реакции
Датчики контактных напряжений и деформации	Изменения тензосопротивления	На фундаментах и по их подошве	Деформация и напряжения	Поведение системы грунт-конструкция

Контроль осадки и деформации фундаментов

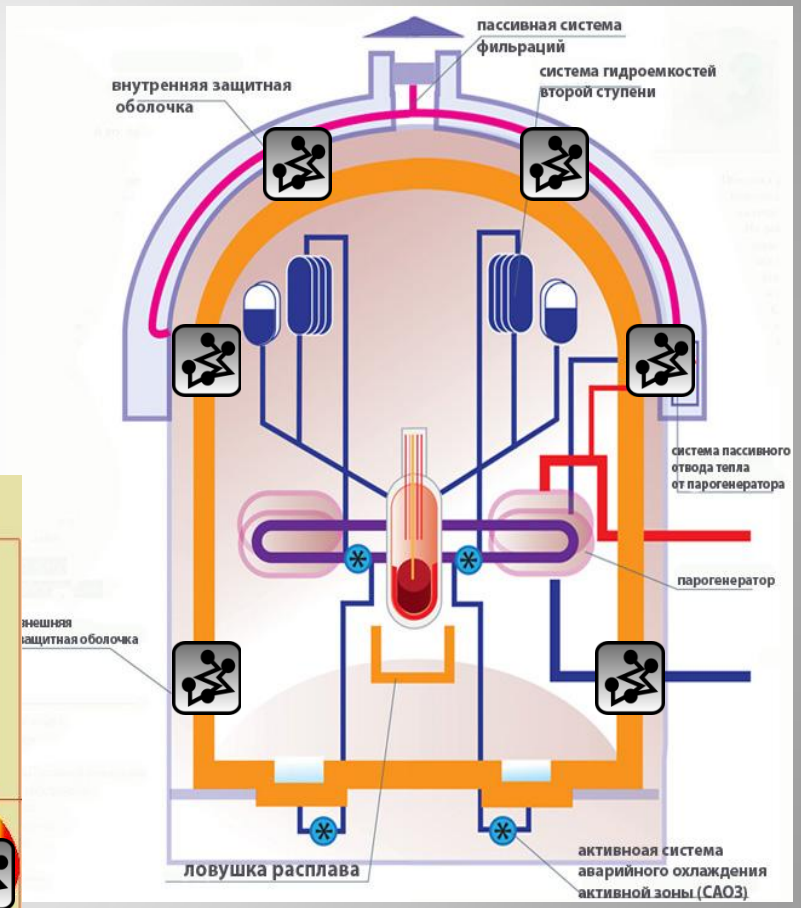


Контроль деформации конструкции оболочки



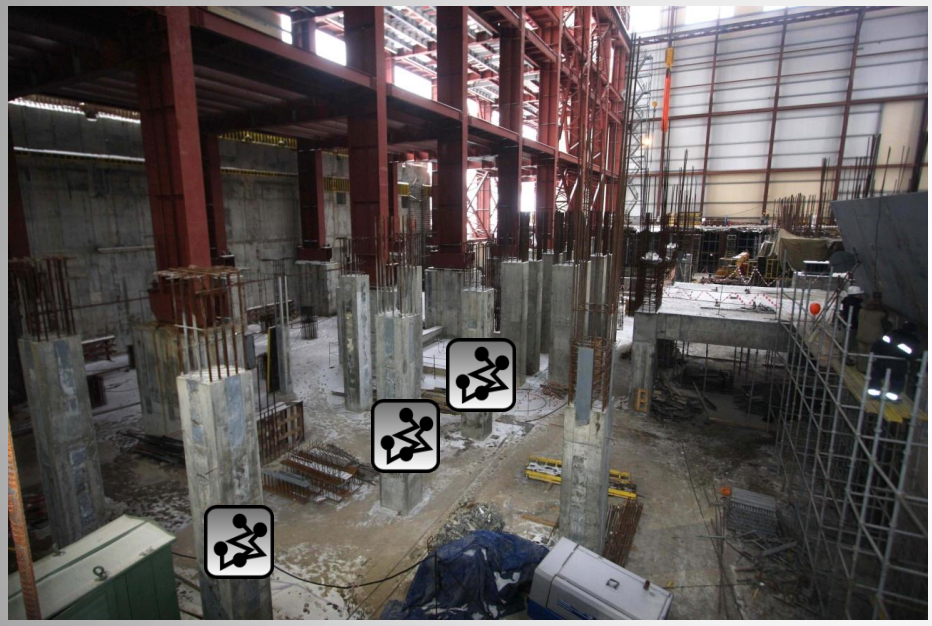


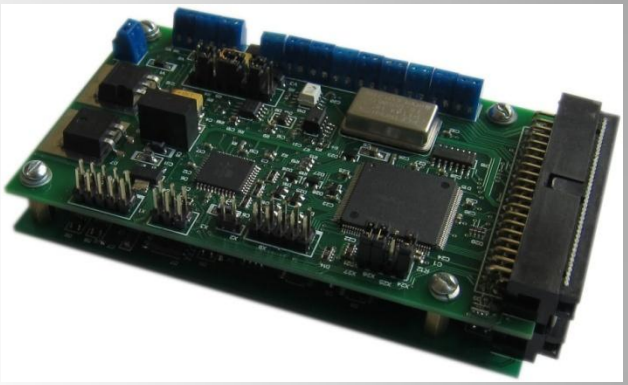
Первая собственная форма колебаний



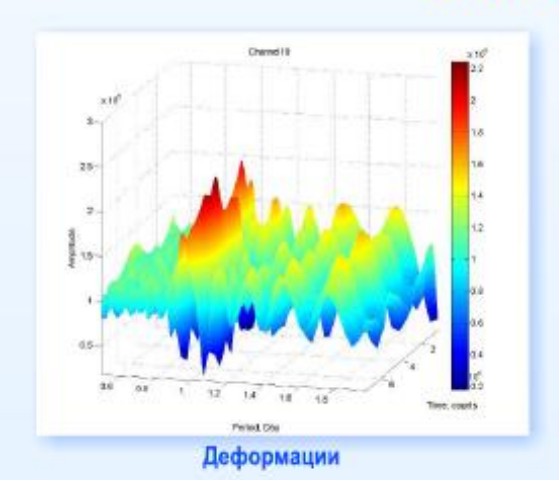
Акселерометры на оболочке

Контроль деформации фундаментов колонн каркаса и трубоагрегата М3





Модуль измерения деформаций

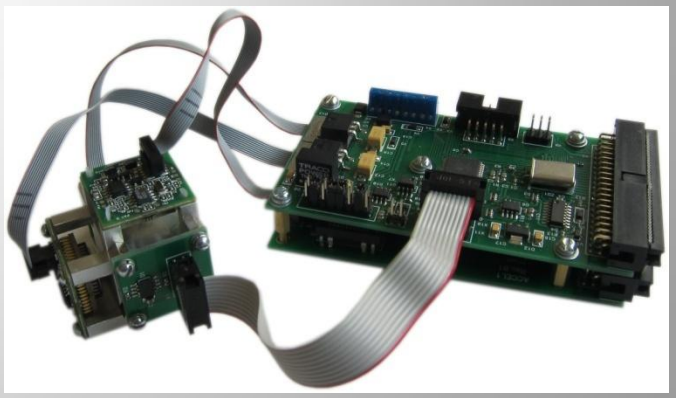


- Струнные датчики деформаций

Контроль деформации и наклона несущих конструкций каркаса МЗ

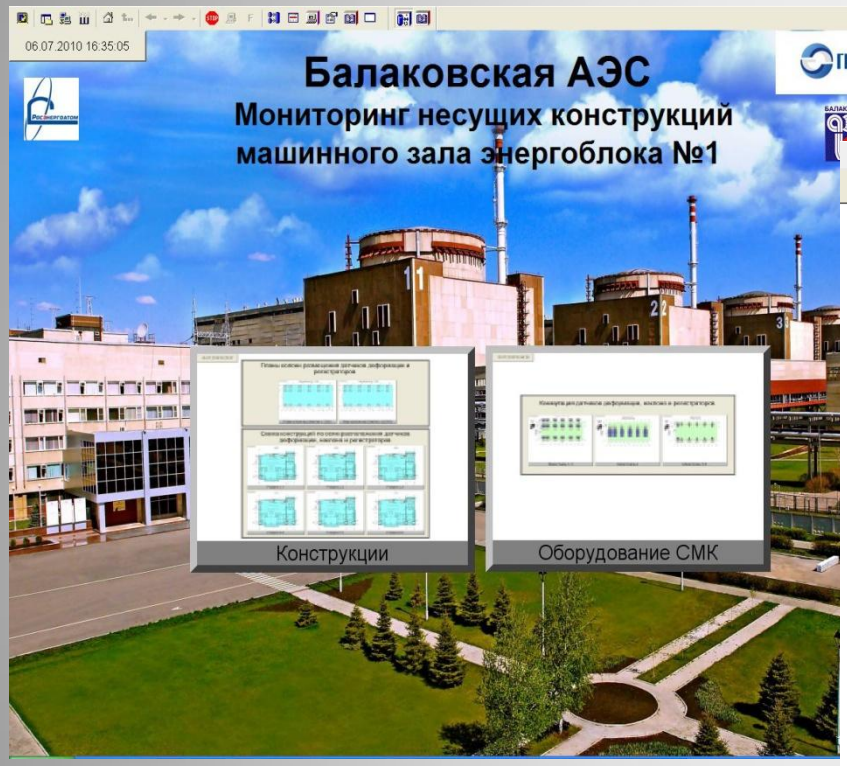
-двухкоординатные датчики наклона
и трехкоординатные акселерометры

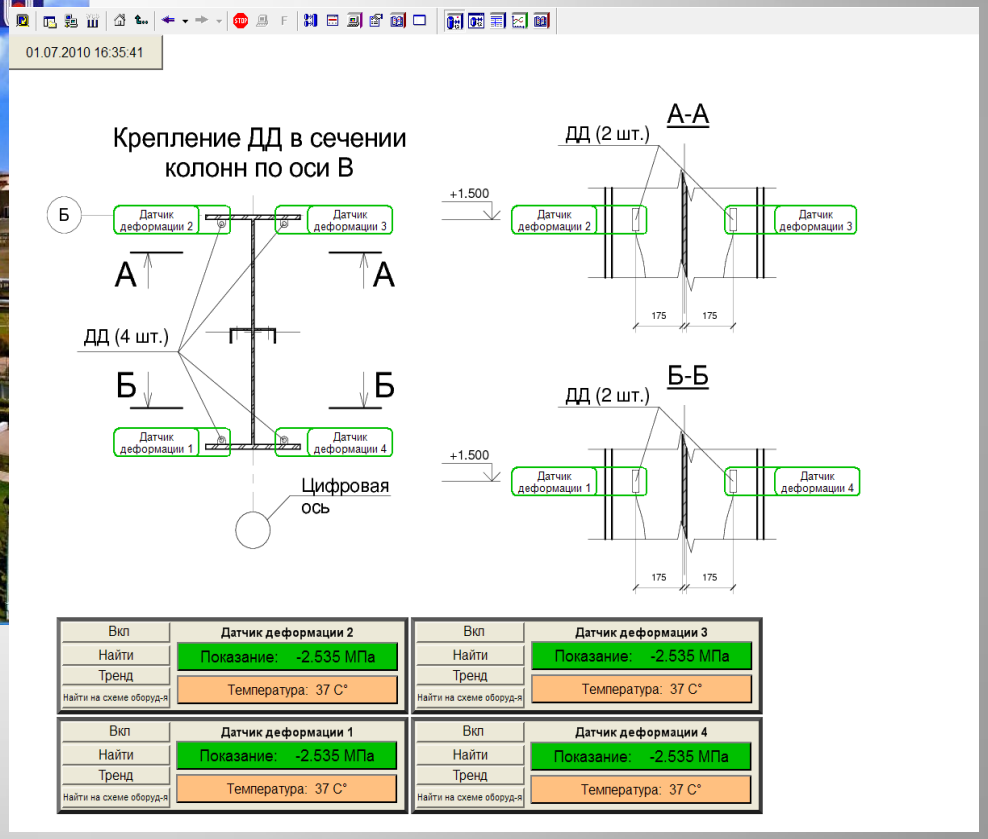
Модуль измерения наклона



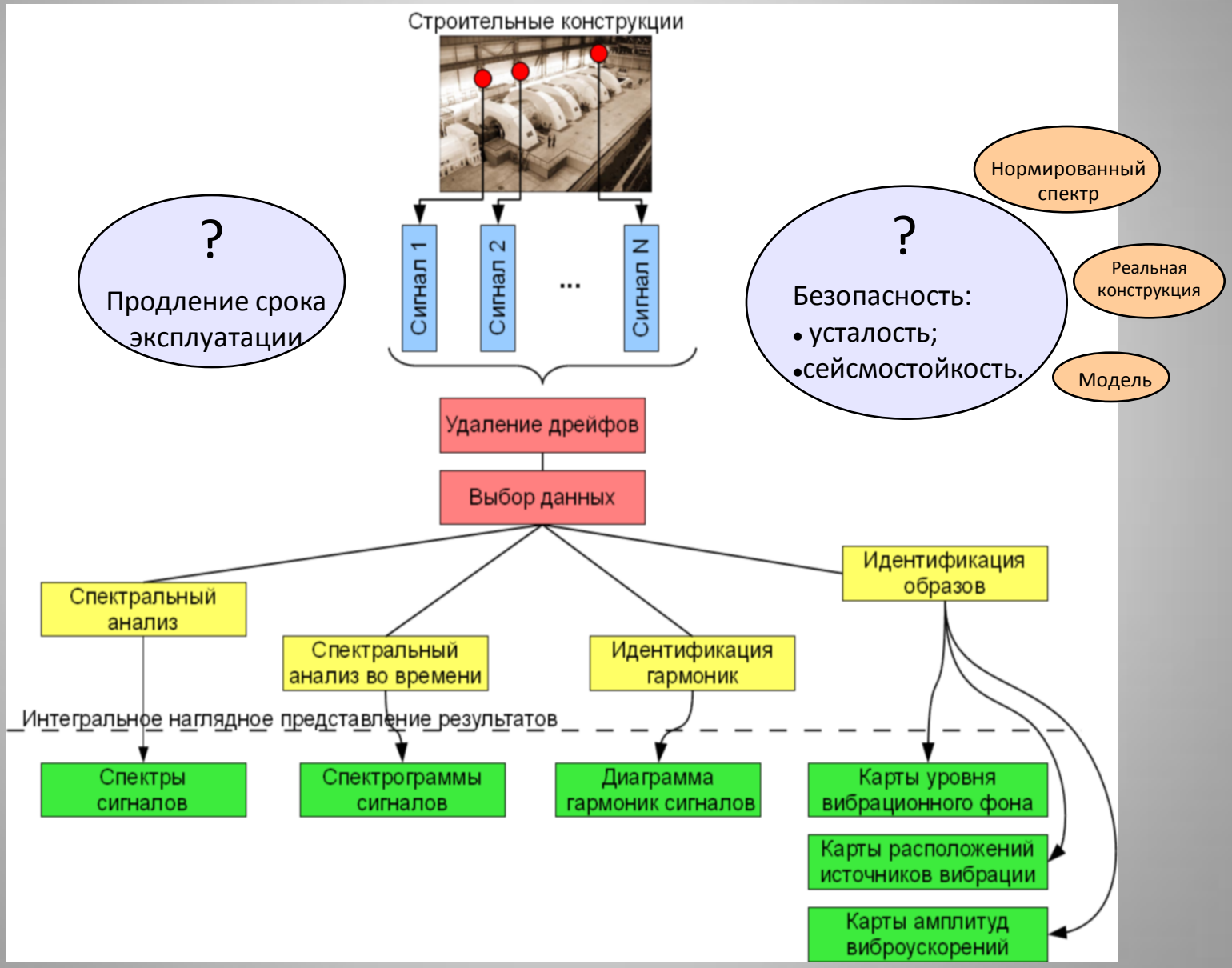
Модуль измерения ускорений

Пример проекта системы мониторинга МЗ Балаковской АЭС

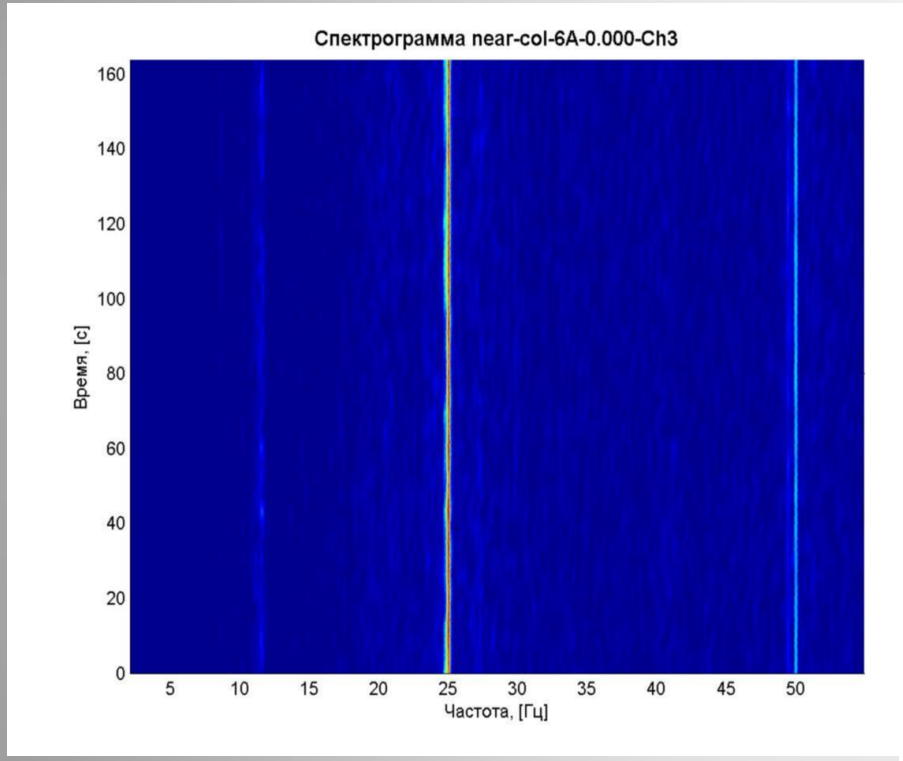




Структура динамического мониторинга



Спектральный анализ



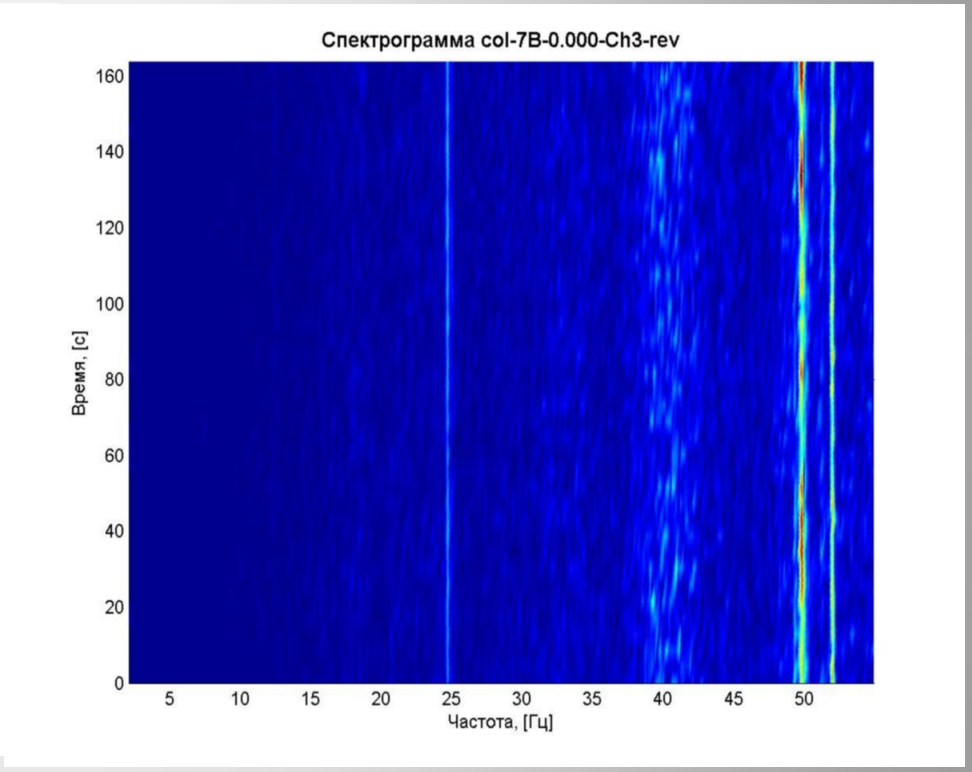
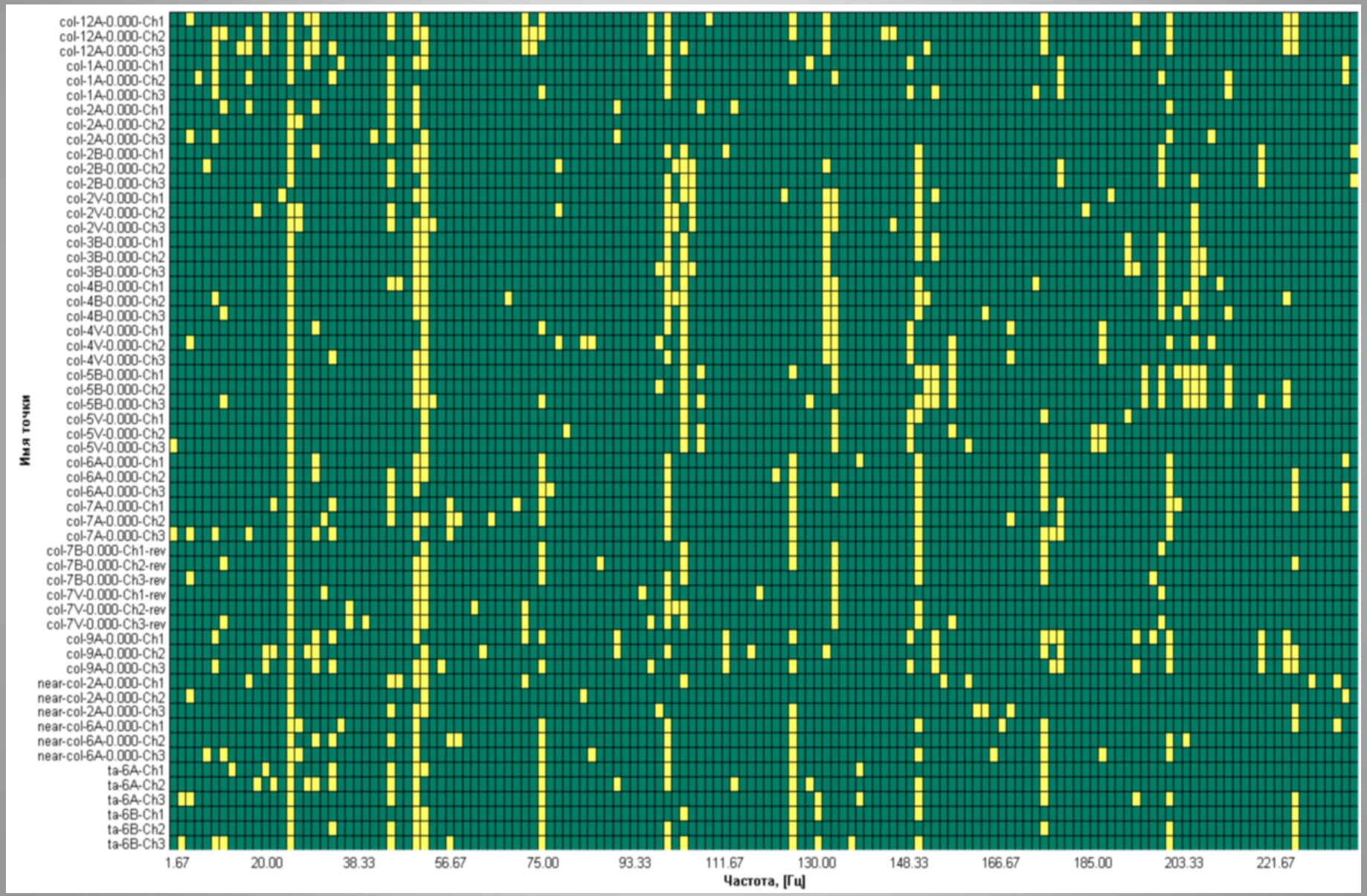
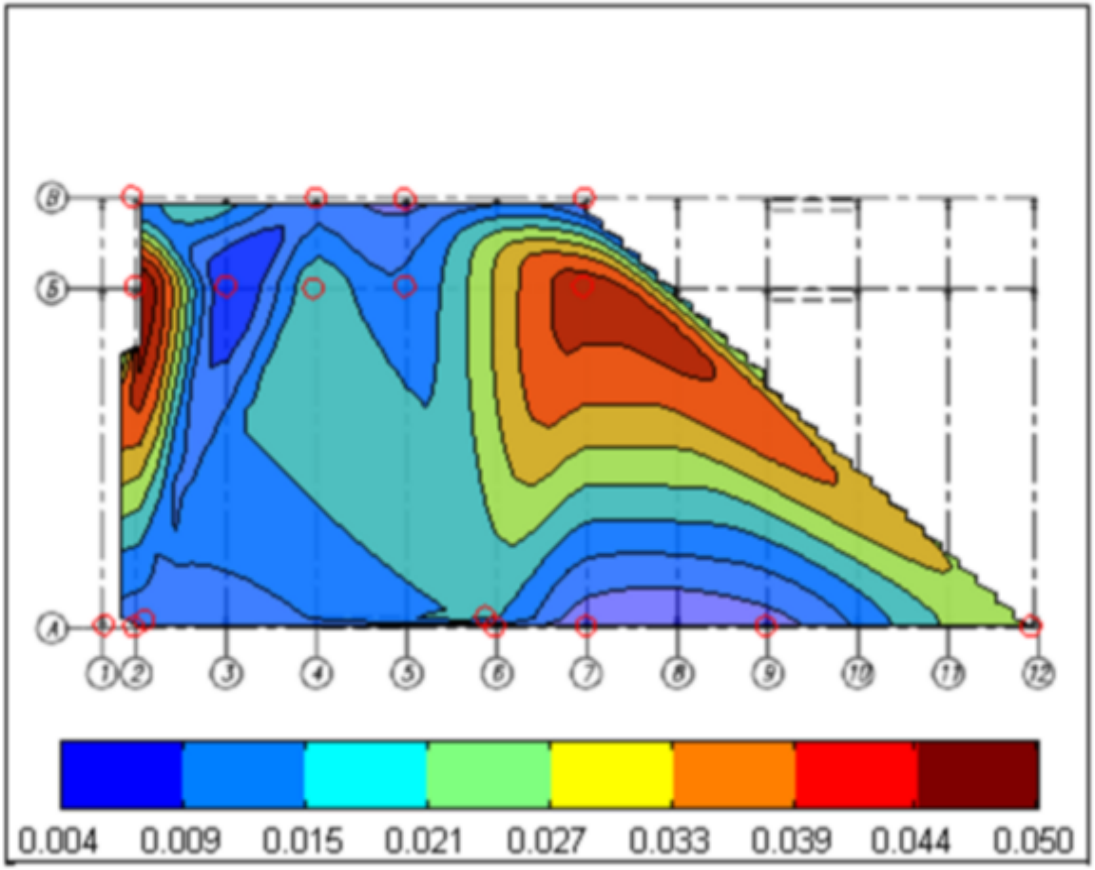


Диаграмма гармоник МЗ БАЭС

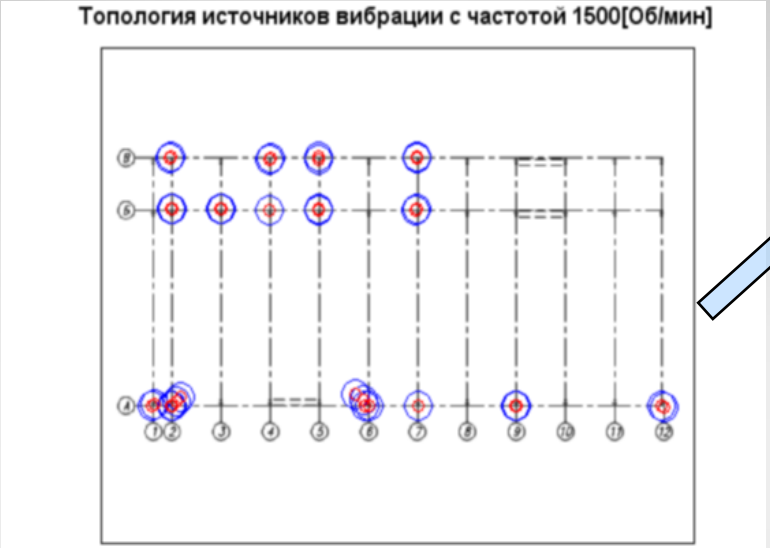


Карта амплитуд колебаний МЗ БАЭС



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

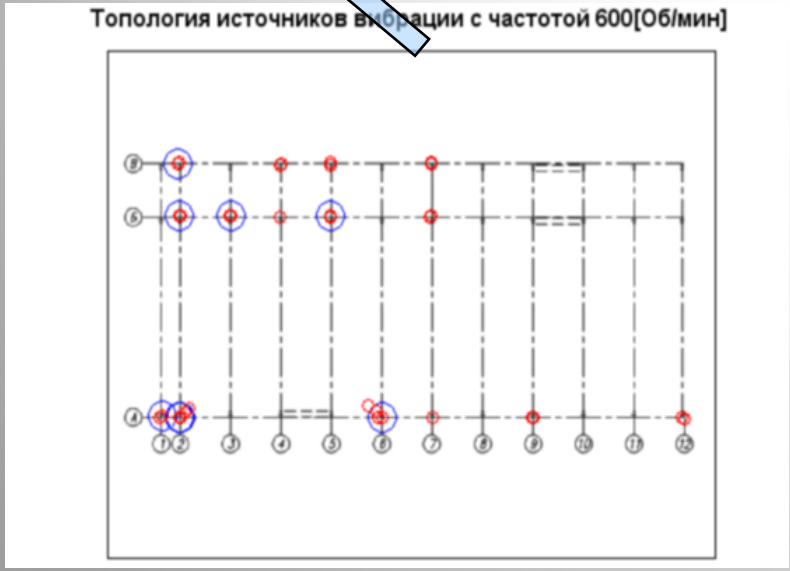
Карты расположения источников вибрации МЗ БАЭС

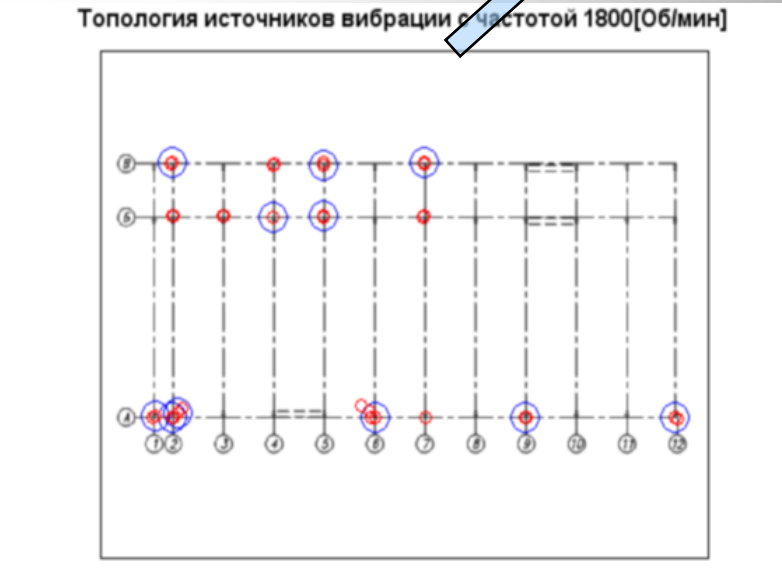


Глобальный источник - турбоагрегат!

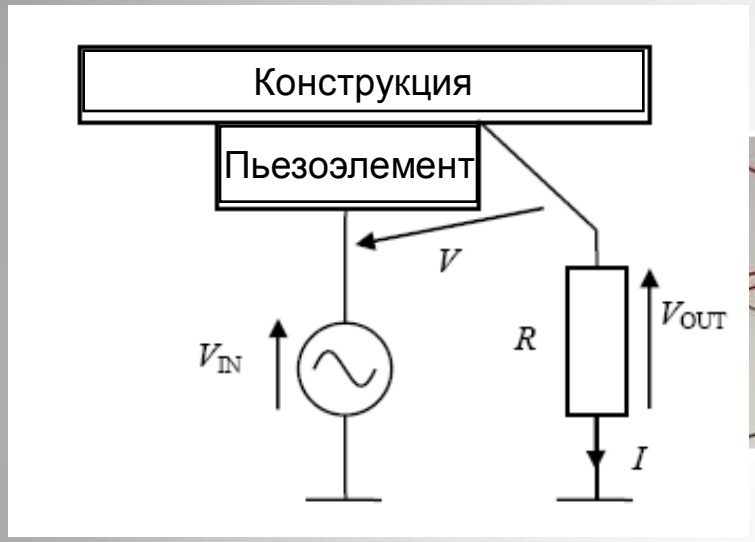
Локальный источник

Локальный источник





Применение электро-механического импеданса для обнаружения дефектов



Пьезоэлементы

Параметр повреждений

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

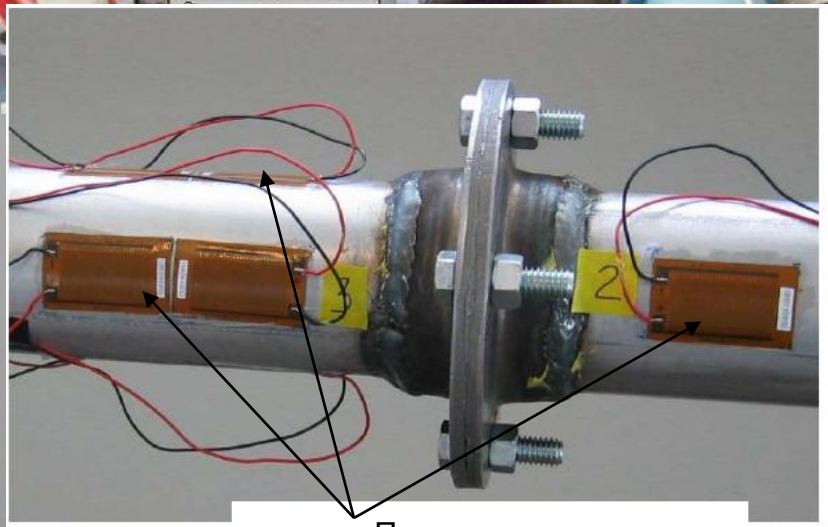
$$DI2 = \left(\sum_{i=1}^{n} \left(\left(\mathrm{Re}(Z_{0,i}) - \mathrm{Re}(Z_i)\right)\left(\mathrm{Re}(Z_{0,i})\right)^{-1} \right)^2 \right)^{1/2}$$

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

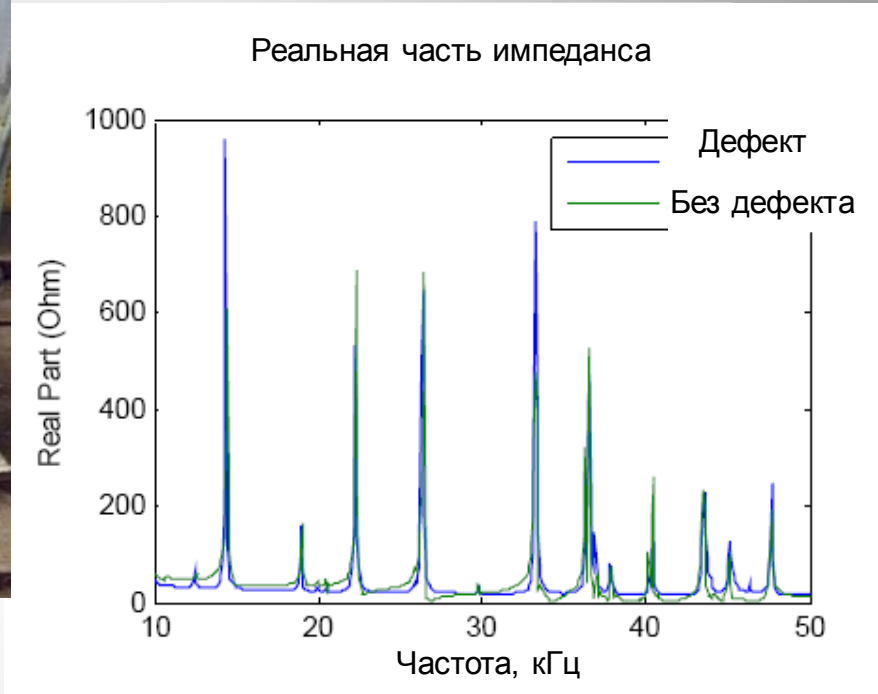
Определение импеданса

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

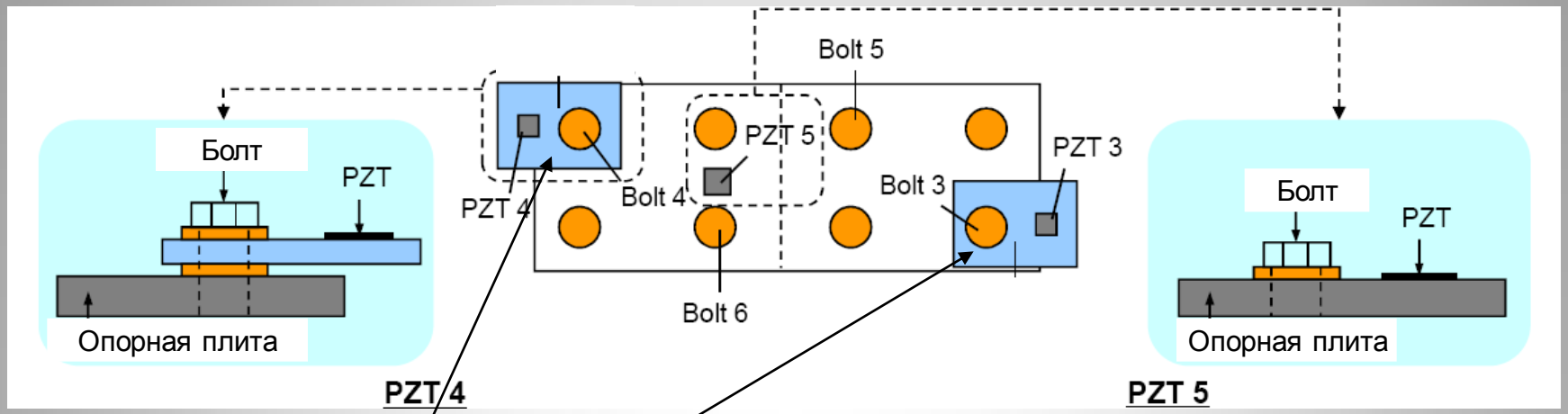
Контроль трубопроводов

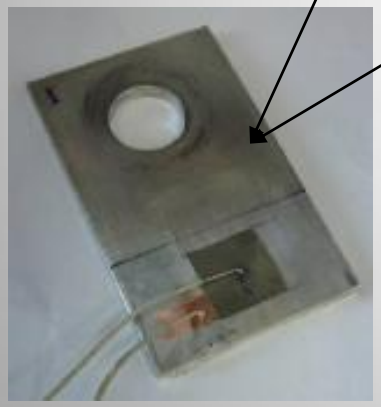


Пьезоэлементы

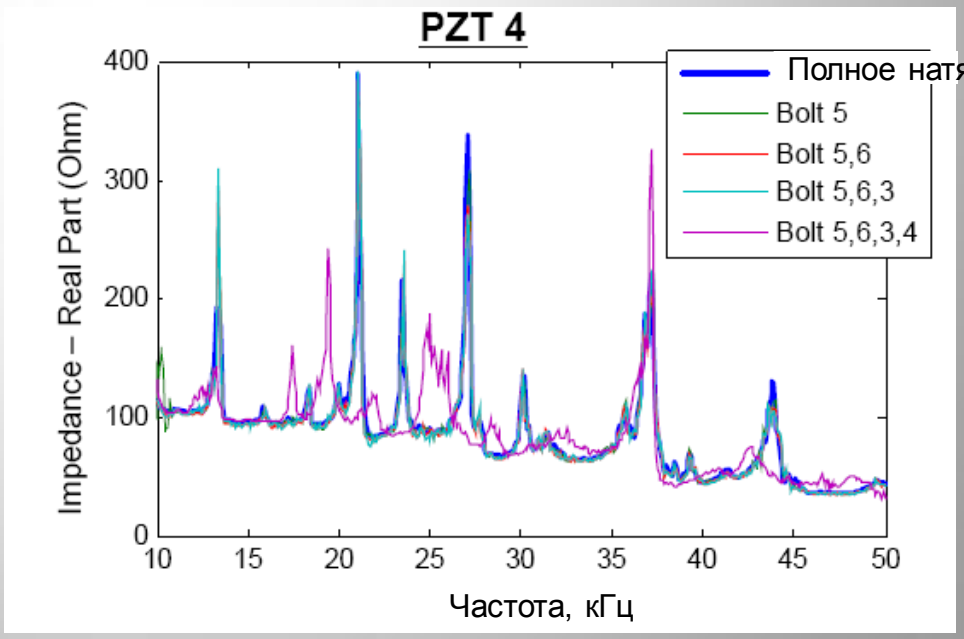


Контроль болтовых соединений

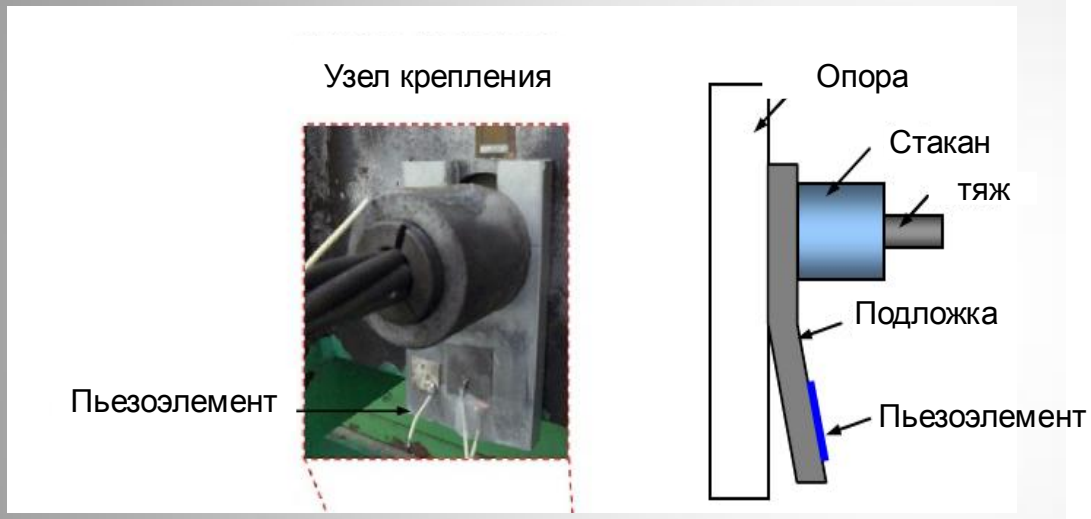


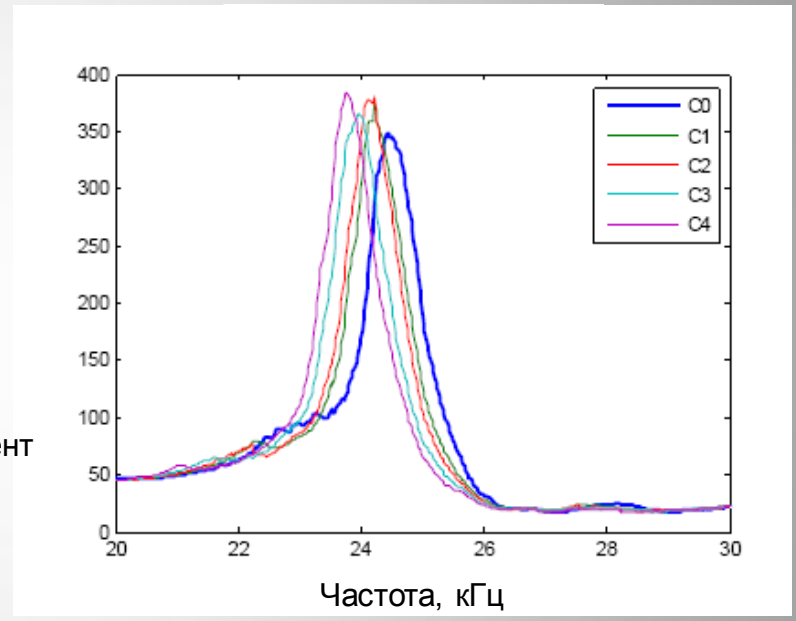


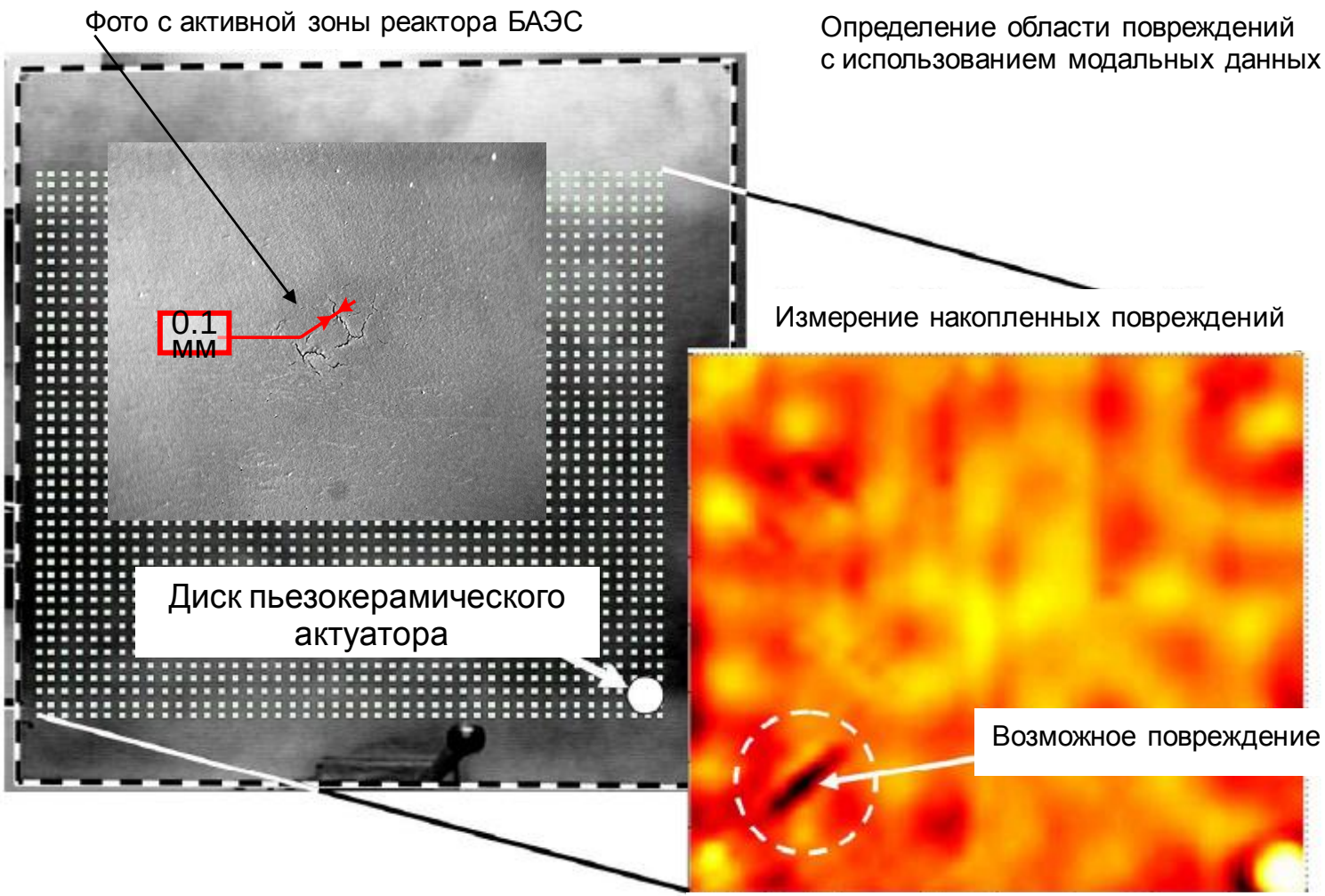
Пластина с пьезоэлементами (PZT)



Контроль натяжения канатов





Смещение частоты в зависимости от усилия в тяже

Контроль возникновения дефектов с использ акустических волн