



ИСИ



Инженерно-строительный институт
Сибирского федерального университета

«Динамическое обследование и мониторинг зданий и сооружений»

*Научный руководитель:
зав. отделением «Промышленное и
гражданское строительство», к.т.н.,
доцент каф. «СКиУС» Хорошавин Е.А.
раб. т. 2445522, сот. т. 89080227876*





Цель проведения динамических испытаний:

- получение основных динамических характеристик сооружений (частоты и формы собственных колебаний, динамическая жесткость сооружения, характеристики затухания колебаний);
- распределения пиковых значений амплитуд собственных колебаний по конструкциям;
- выявление опасных зон и слабых мест (дефектов и трещин) в сооружениях;
- подробное инструментальное обследование опасных зон;
- оценка сейсмостойкости зданий и сооружений;
- получение заключения о техническом состоянии объекта.



Методика динамического обследования

1. Для динамического обследования используется метод стоячих волн, разработанный в Геофизической службе СО РАН (д.т.н. А.Ф.Еманов), предназначенный для детального исследования физического состояния зданий и мостовых сооружений на уровне элементов конструкций.
2. Метод не требует использования источника вибрации и других воздействий на сооружение.
3. Метод позволяет изучать поле стоячих волн с любой детальностью, что даёт возможность получать информацию о локальных скрытых дефектах сооружений.
4. Карты амплитуд и фаз стоячих волн в зданиях являются объективным документом для контроля в оценке надёжности конструкции, а повторные наблюдения позволяют обнаружить необратимые изменения.
5. Данный метод широко применяется при обследовании ответственных объектов на всей территории России.



Технология динамического обследования

1. Регистрация микросейсмических шумов малоканальной аппаратурой в соответствии с методикой стоячих волн.
2. Изучение особенностей распространения собственных колебаний в сооружении и его конструктивных элементах.
3. Расчет собственных (резонансных) частот моста и отдельных конструкций, выявление опасных зон и слабых мест (дефектов и трещин).
4. Моделирование вероятного динамического воздействия и расчет динамических нагрузок на несущие конструкции моста.
5. Подробное инструментальное обследование опасных зон и получение заключения о техническом состоянии объекта.



Приборно-аппаратурные комплексы для регистрации микросейсмических колебаний зданий и сооружений

Регистраторы Байкал-АСН8



Мобильно диагностические комплексы, предназначены для снятия вибродинамических характеристик зданий и сооружений

**Датчик
А1638**



№	Характеристика	Ед.изм.	Значение
1	Количество каналов одного модуля		3
2	Разрядность данных	Бит	24
3	Тип входов		Диф.
4	Входное сопротивление	Ком	20
5	Макс, частота дискретизации	Гц	16000
6	Рабочая полоса частот(- 3 дБ)	Гц	4000
7	Стабильность опорного генератора		$2 \cdot 10^{-8}$
8	Потребляемая мощность	Вт	<0.5
9	Диапазон рабочих температур	°С	-30 + +60
10	Масса	кг	4,5

Струна – 3 Эксперт



1. трехкомпонентный сейсмоприемник А1638 — 5 шт.
2. блок с 14-ти разрядным АЦП и аккумуляторами, для питания датчиков.
3. катушка со сто метровым кабелем, для соединения датчиков с АЦП-5 шт.
4. мобильный компьютер с программным обеспечением.
5. зарядное устройство для аккумуляторов, питающих датчики.
6. кабель USB, для соединения АЦП и компьютера.



ИСИ

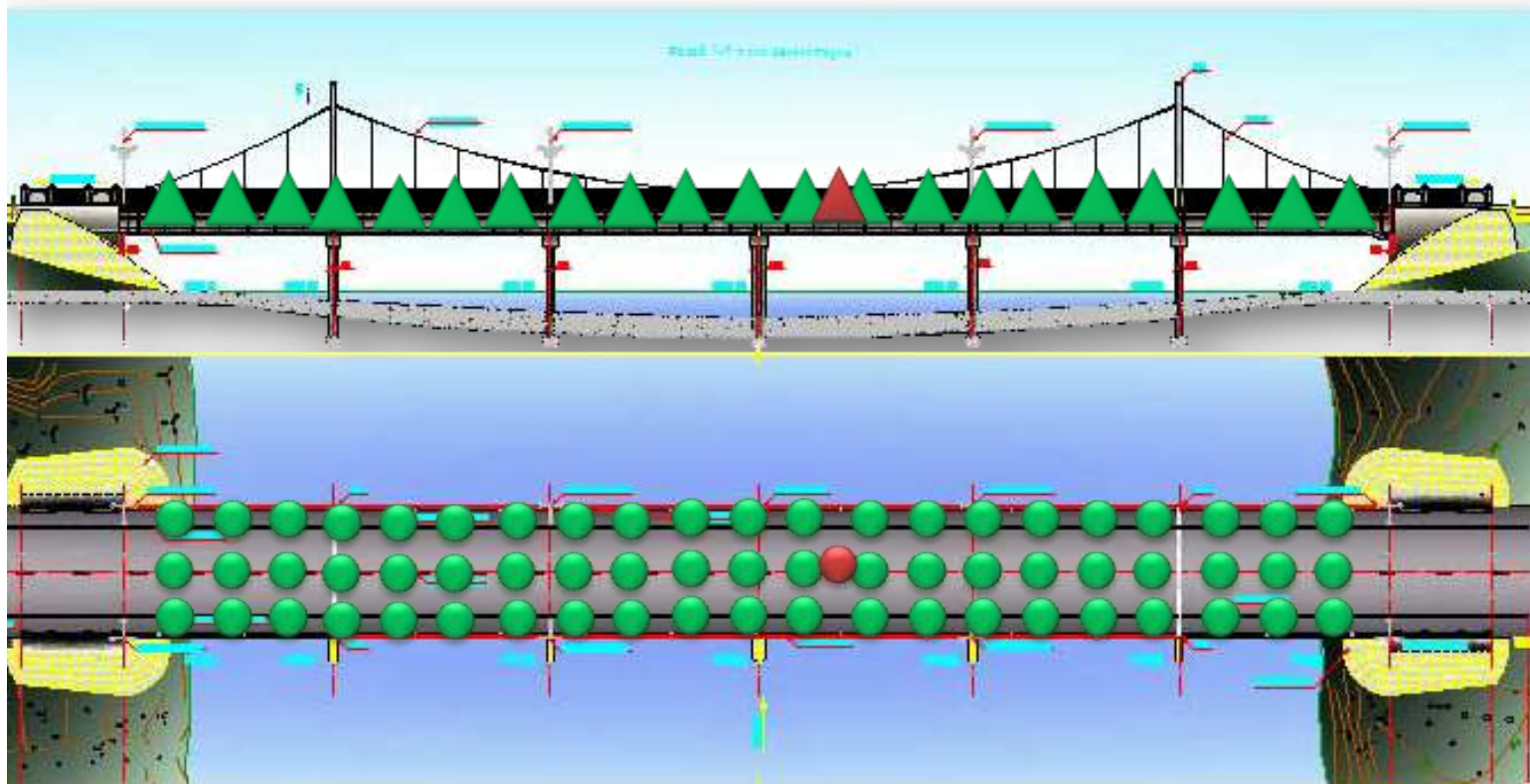
Инженерно-строительный институт
Сибирского федерального университета

Динамические испытания мостов



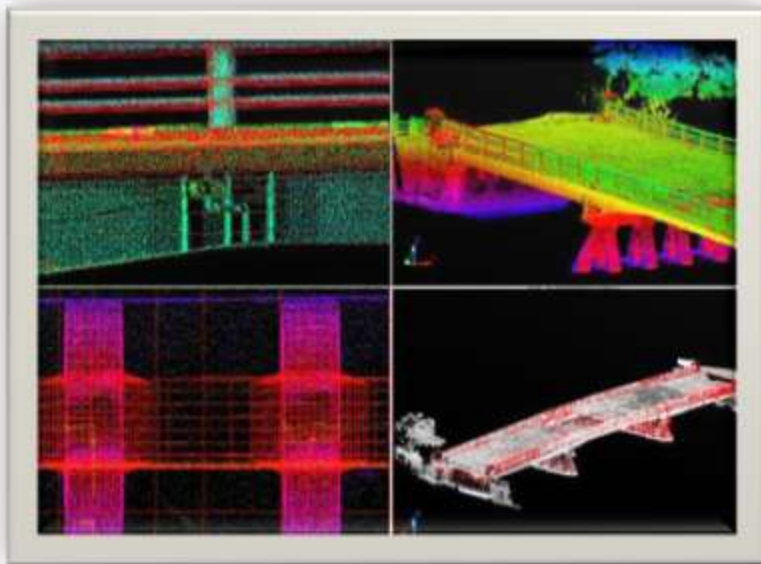
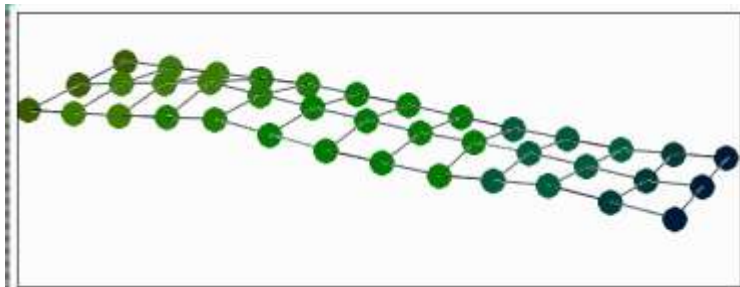


Регистрация микросейсмических шумов малоканальной аппаратурой



Датчики в опорной точке остаются на своих местах во время всего цикла измерений. В остальных точках регистрация микросейсмических шумов проводится по 10-15 минут, после чего аппаратура перемещается в следующие точки регистрации.

Методика обработки данных

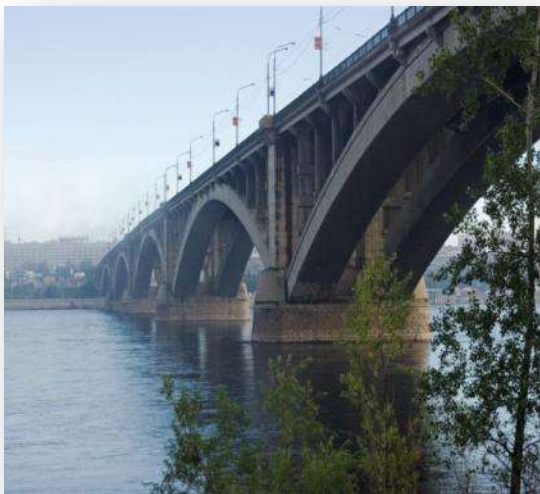


Обработка данных регистрации микросейсмических колебаний конструкций моста выполняется в программно-алгоритмическом комплексе, разработанном на основе методологии пересчета стоячих волн (ГС СО РАН, А.Ф.Еманов):

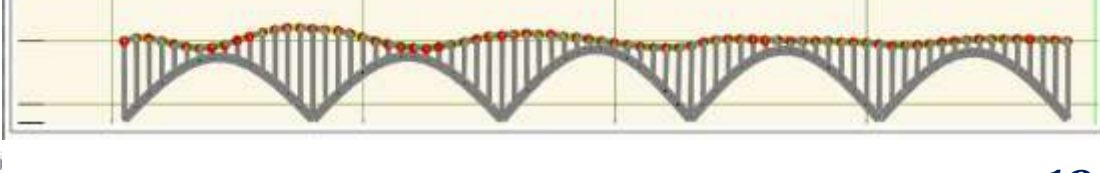
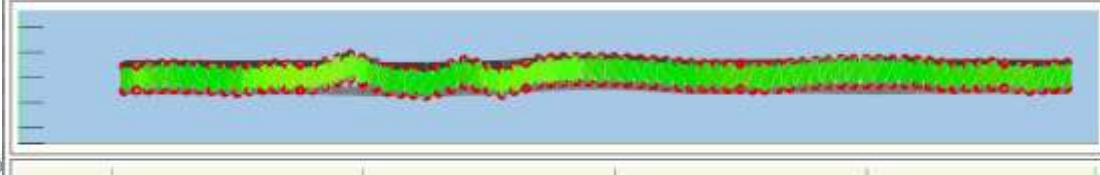
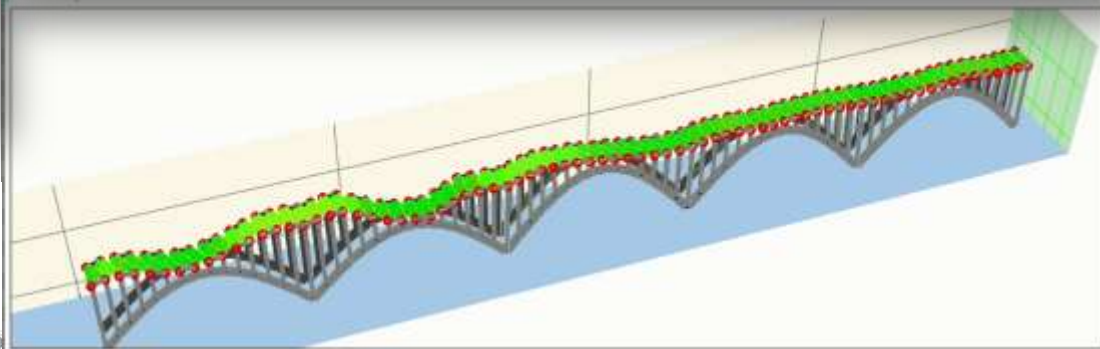
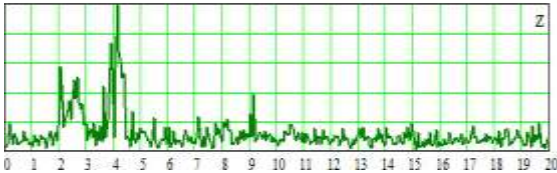
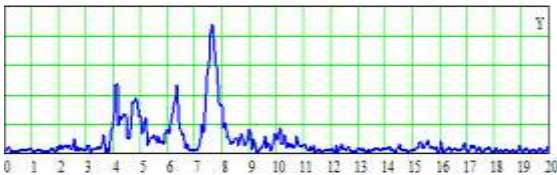
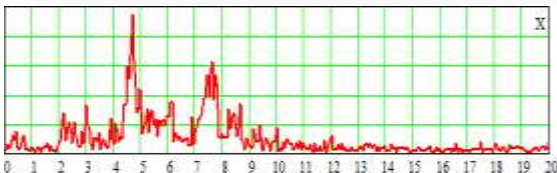
1. нахождение частотных характеристик линейных систем;
2. формирование независимой реализации процесса колебаний опорных точек при сейсмическом воздействии на исследуемый объект;
3. пересчёт стоячих волн из опорной точки во все точки обследуемого объекта.



Обследование конструкций Коммунального моста - определение резонансных частот и форм собственных колебаний

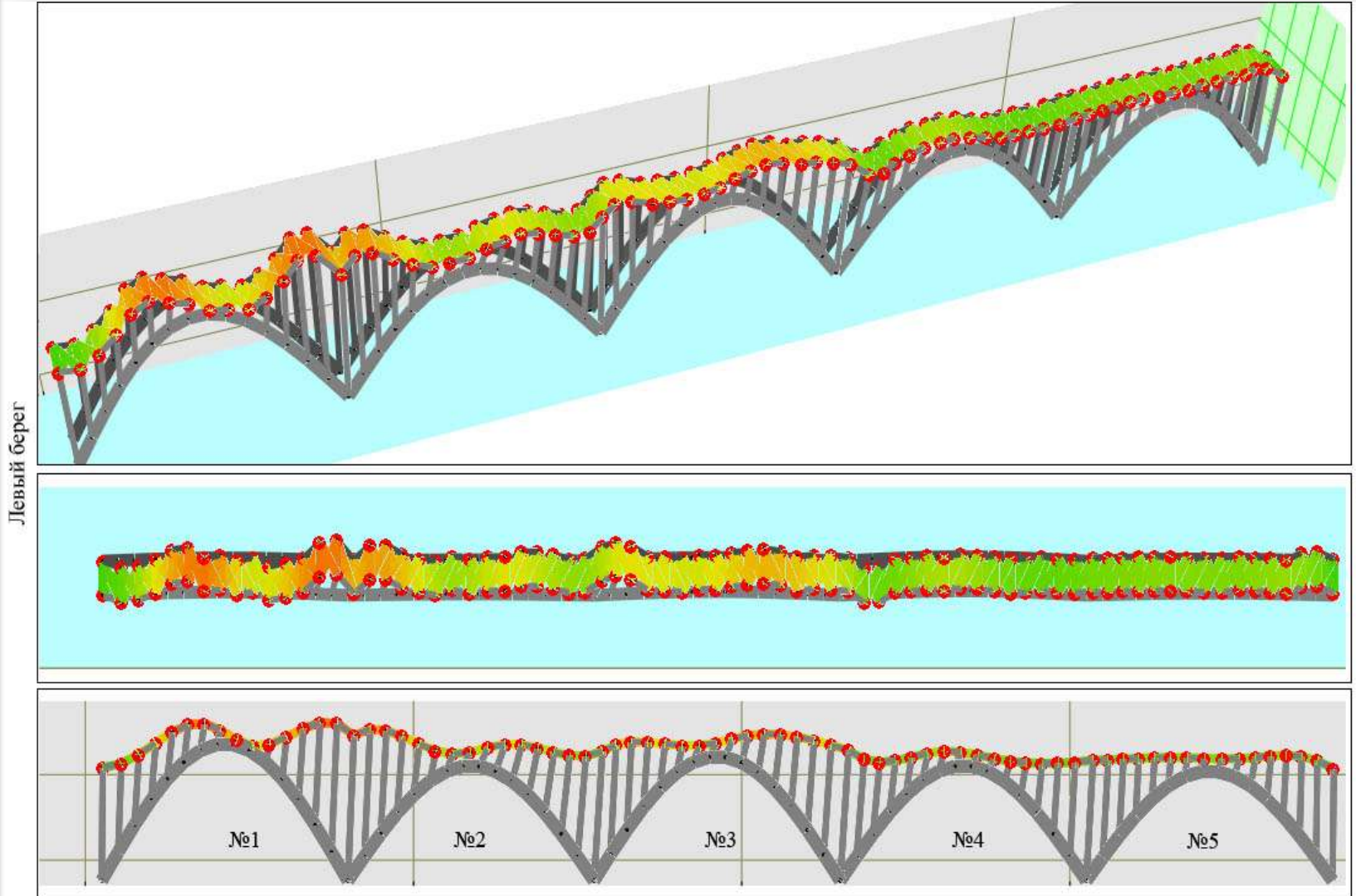


пролет №1			пролет №2			пролет №3			пролет №4			пролет №5		
X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
-	-	-	0.85	-	-	-	-	-	0.85	-	-	0.85	-	-
-	-	-	-	1.35	-	-	1.35	-	-	1.35	-	-	-	-
1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	-	-	1.65	1.65	-	-	1.65	-	-
1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	-	1.85	-	-	1.85	1.85	-	1.85
2.15	-	-	2.15	-	-	2.15	-	-	2.15	-	2.15	2.15	-	2.15
-	-	-	-	2.55	2.55	-	2.55	2.55	-	2.50	2.50	-	2.50	2.50
2.92	-	-	2.92	-	-	-	-	-	-	-	-	2.92	2.92	-
-	-	-	-	3.00	-	-	3.00	-	-	3.00	-	-	3.00	-
-	3.30	-	3.30	3.30	-	3.30	-	-	3.30	3.30	-	-	3.30	-
-	-	-	-	-	3.90	-	-	3.90	-	-	3.90	-	-	-





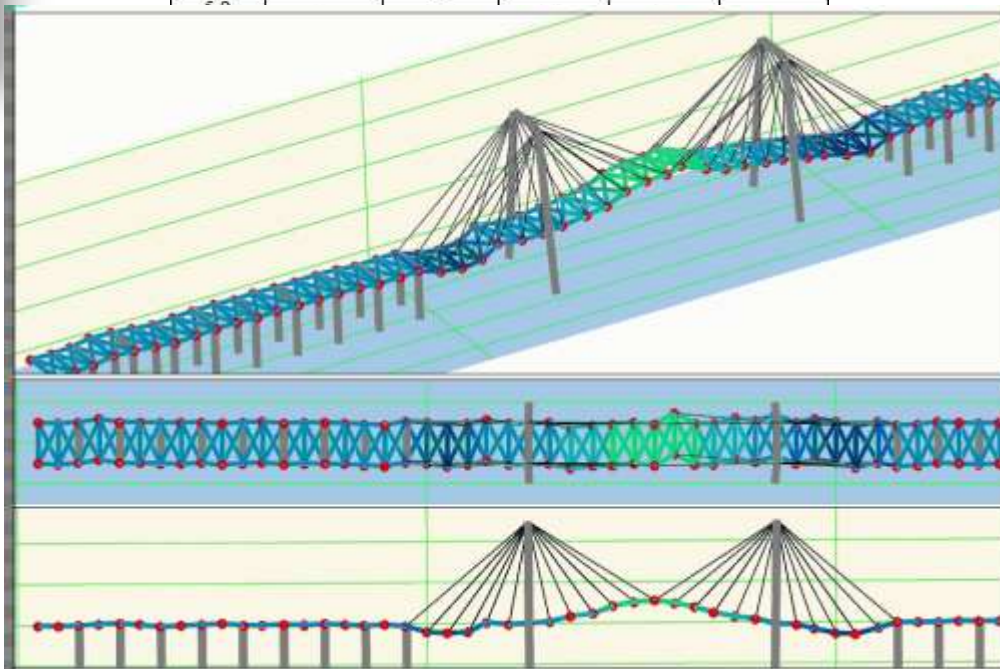
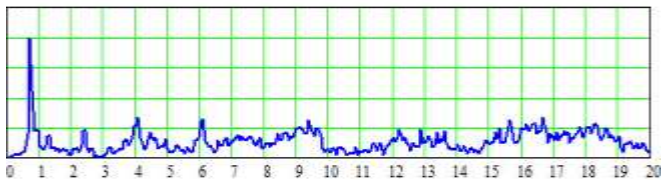
Распределение пиковых амплитуд собственных колебаний русловой части мостового перехода



Обследование конструкций вантового моста - определение резонансных частот и форм собственных колебаний



Левый берег			Вантовая часть		
X	Y	Z	X	Y	Z
-	-	-	0.55	-	0.55
-	-	-	-	0.75	-
-	-	-	0.8	-	0.8
-	-	-	-	1.3	1.3
-	-	-	1.55	-	-
-	-	-	-	-	1.65
2.3	-	-	2.3	-	-
2.4	2.4	-	-	2.4	-
-	2.9	2.9	2.9	-	-
-	3.5	3.5	-	-	-
-	-	-	3.9	-	-
4	-	4	-	-	-
-	-	4.4	-	-	-
-	-	4.8	4.8	-	-
-	4.9	-	-	-	-
-	-	-	-	-	5
-	-	5.1	-	-	-

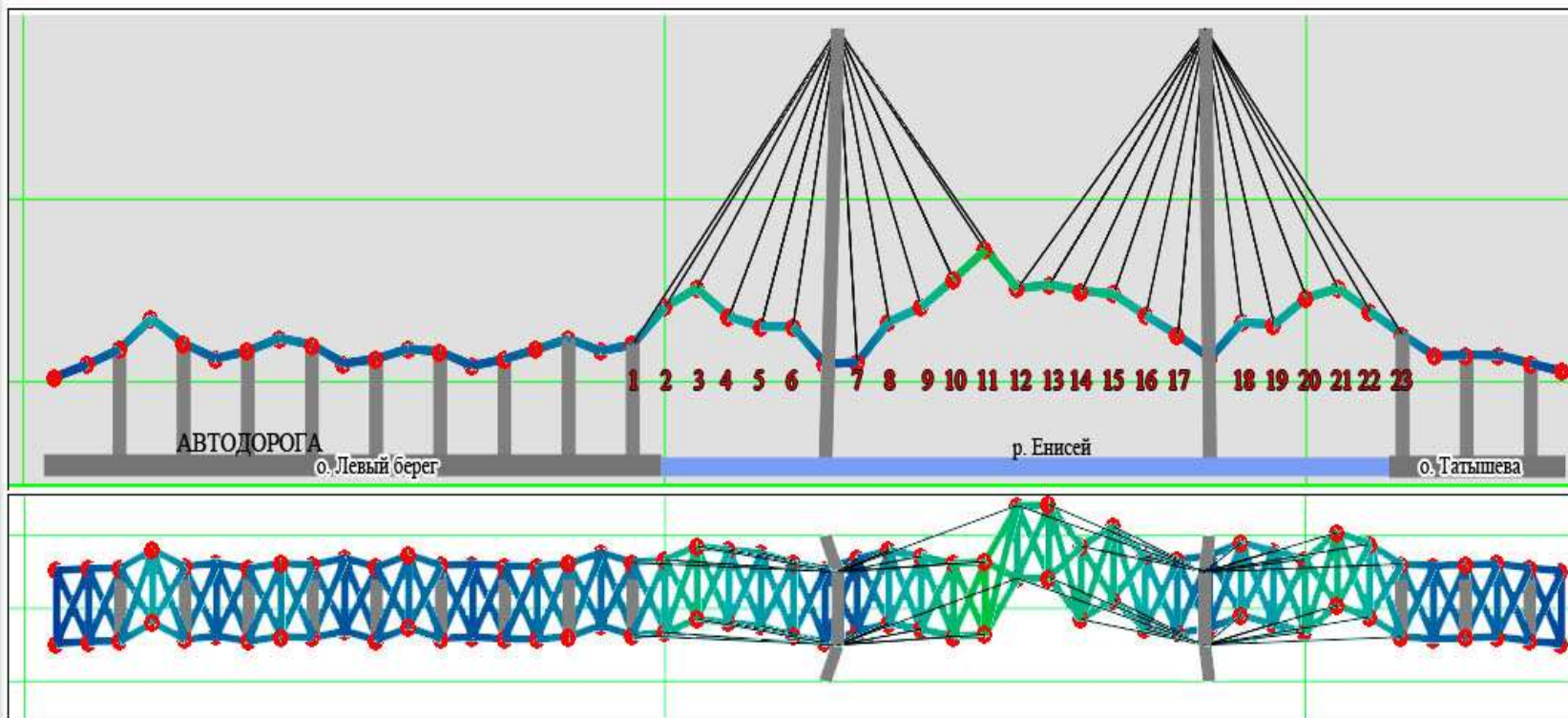


ИСИ





Распределение пиковых амплитуд собственных колебаний мостового перехода





Динамические испытания зданий

Здание «КРАСНОЯРСКГРАЖДАНПРОЕКТ»

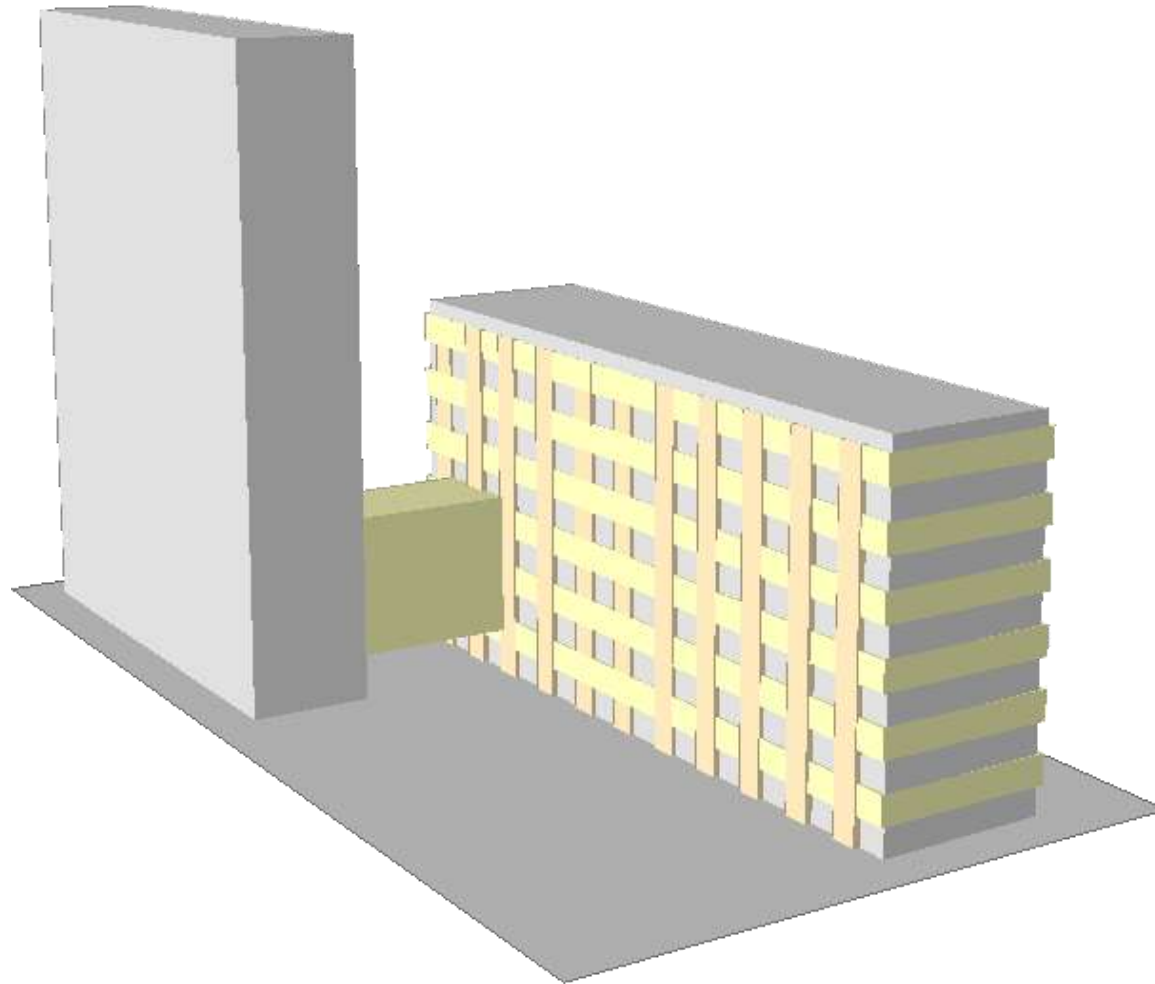
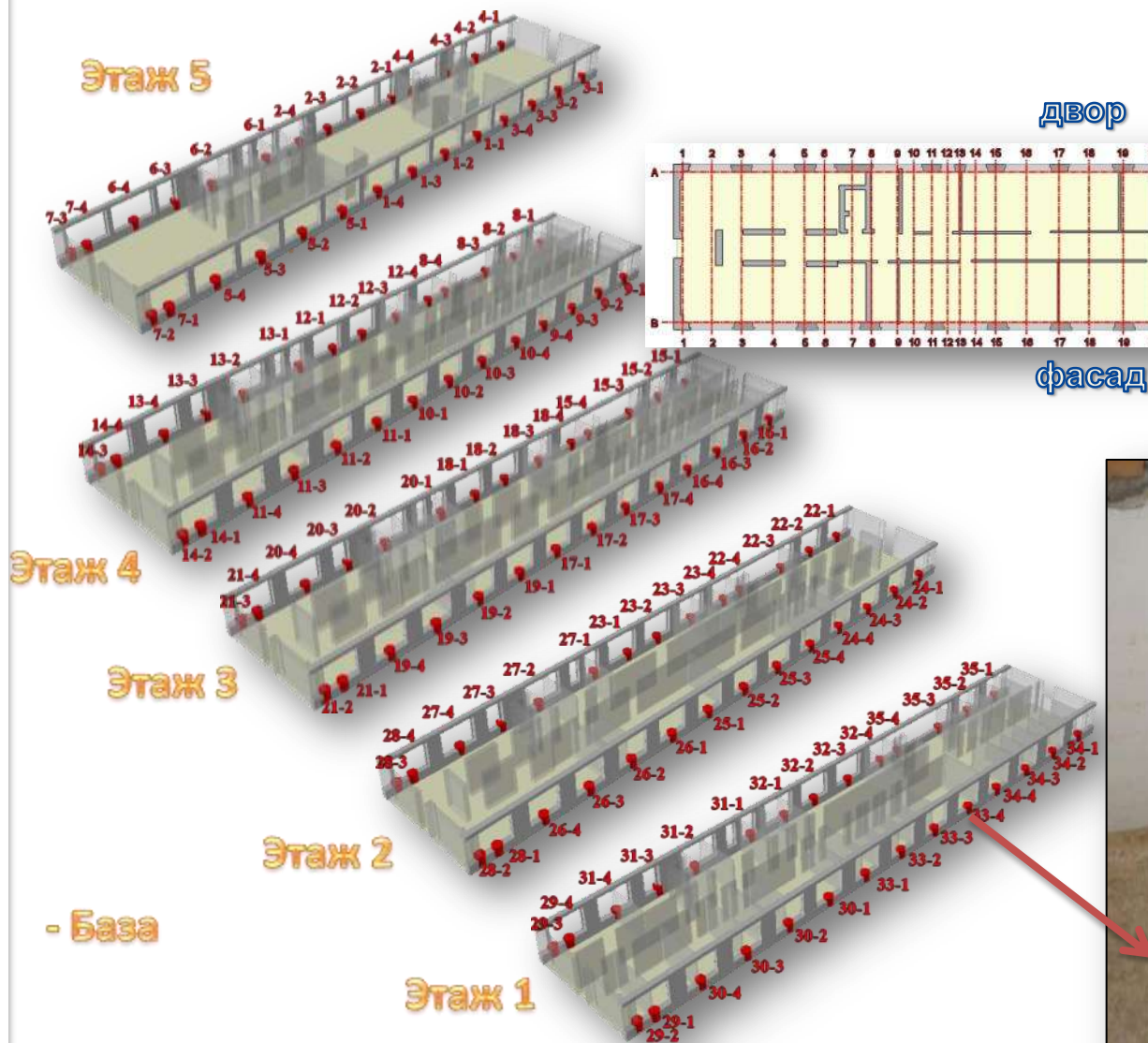




СХЕМА ПРОВЕДЕНИЯ РЕГИСТРАЦИИ

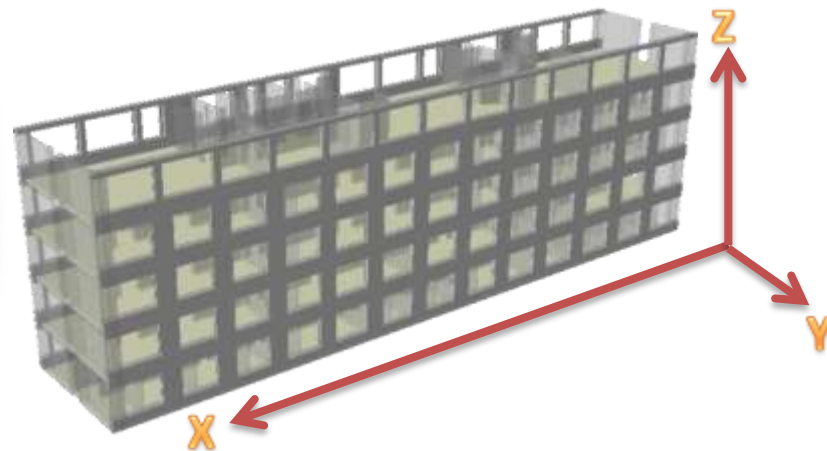
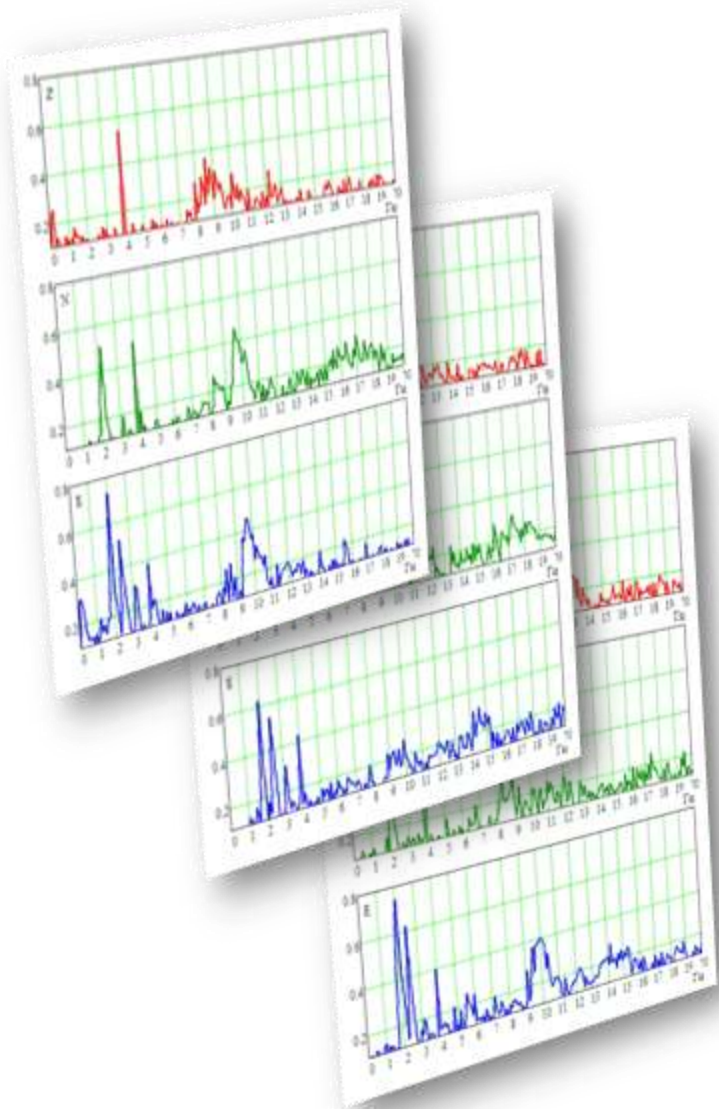


ОБРАБОТКА ДАННЫХ

Для выделения собственных частот здания рассчитаны спектры когерентности колебаний

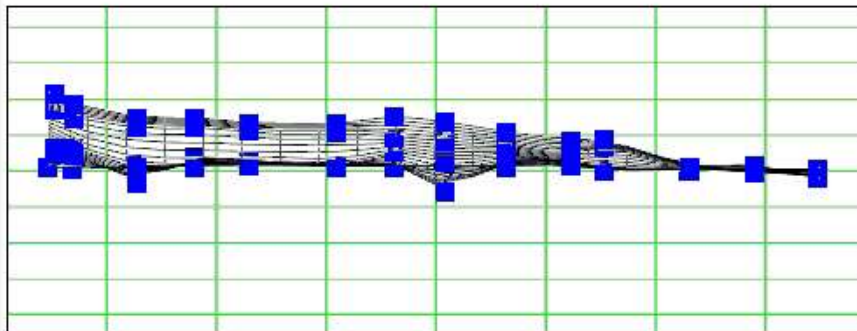
СОБСТВЕННЫЕ ЧАСТОТЫ ЗДАНИЯ

№	Z	X	Y
1	3.91	2.05	1.95
2	8.40	2.15	2.44
3	9.57	3.91	9.57
4	9.76	9.67	9.67
5	10.94	9.76	9.86
6	11.30	9.86	9.96



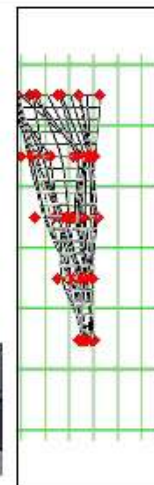
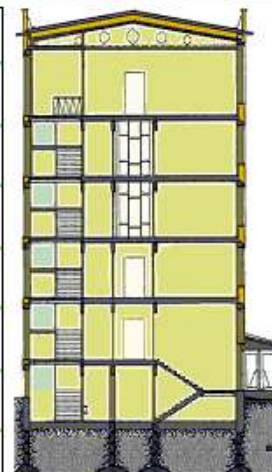
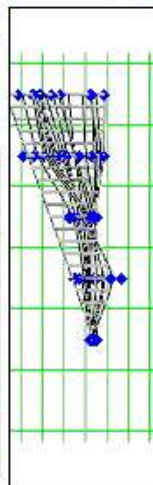
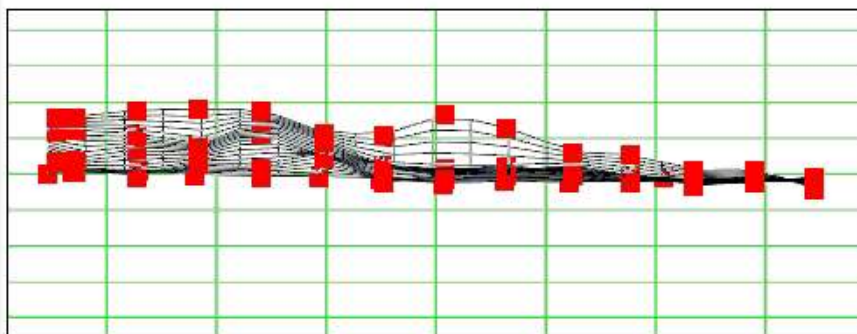
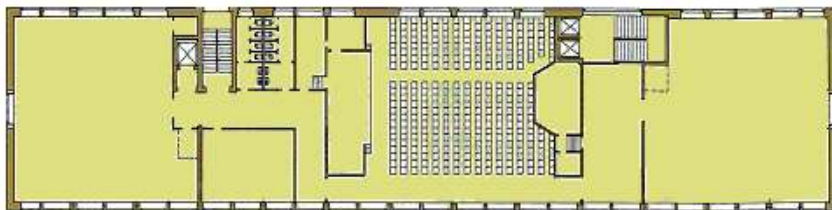
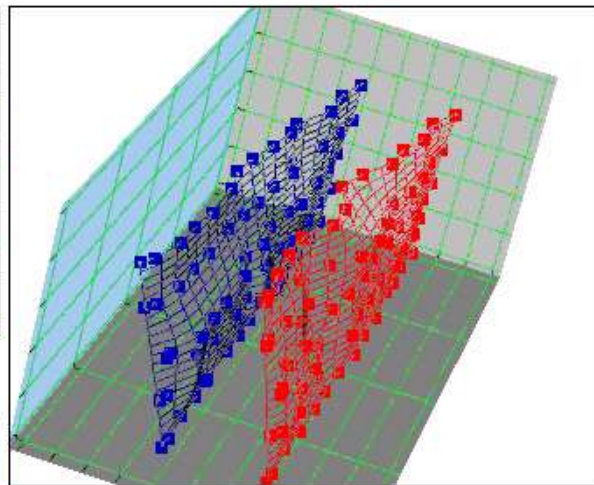


ФОРМА СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ВДОЛЬ ОСИ Y ЗДАНИЯ, ЧАСТОТА 1.95 ГЦ



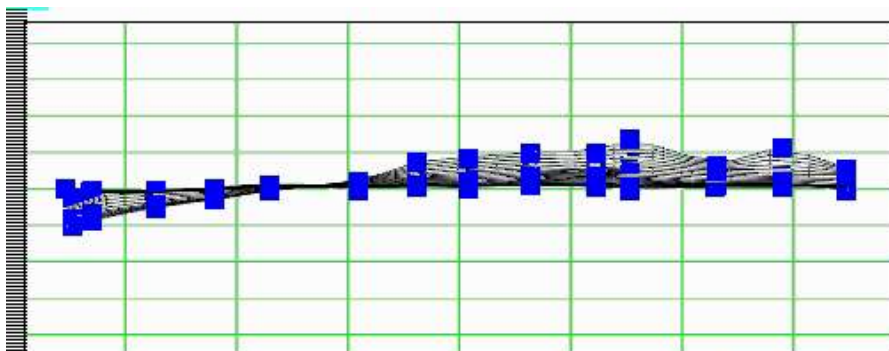
$\psi = 1.95 \text{ Гц}$

Время = 0



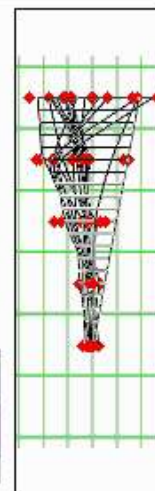
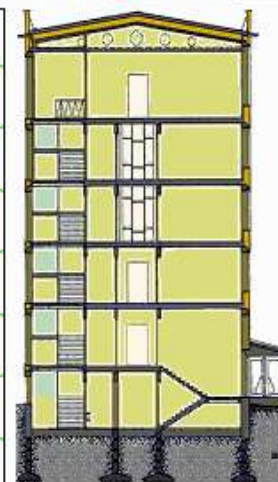
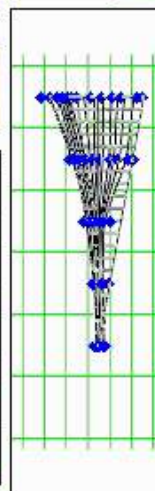
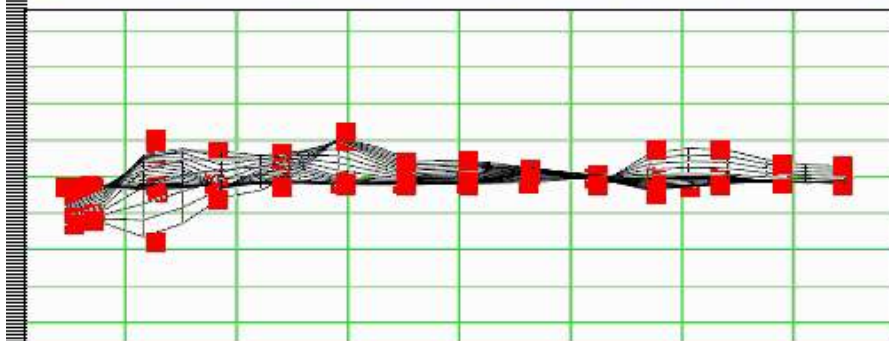
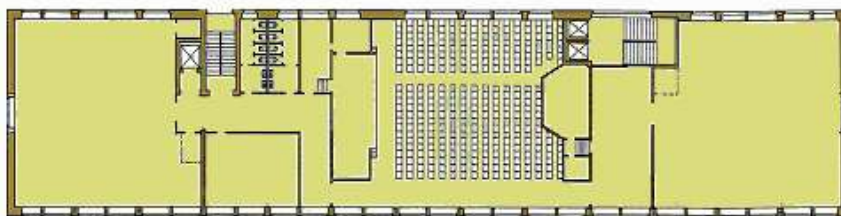
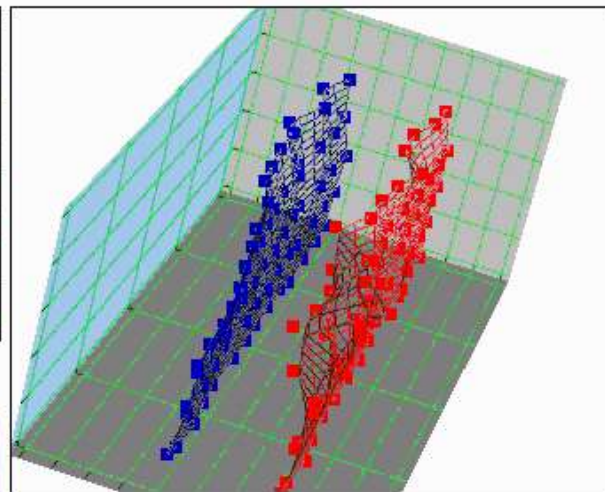


ФОРМА СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ВДОЛЬ ОСИ Y ЗДАНИЯ, ЧАСТОТА 2.44 ГЦ



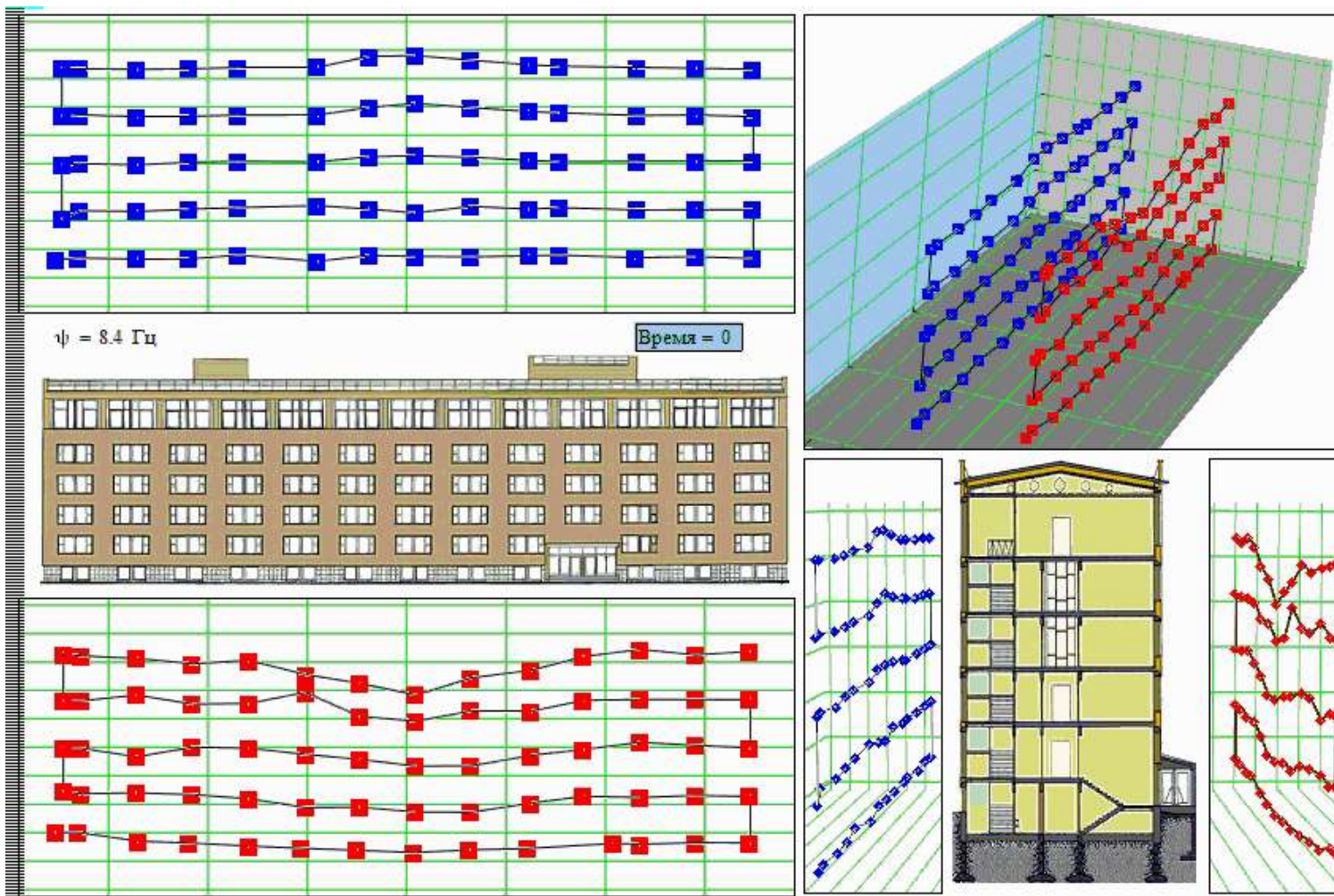
$\psi = 2.44$ Гц

Время = 0



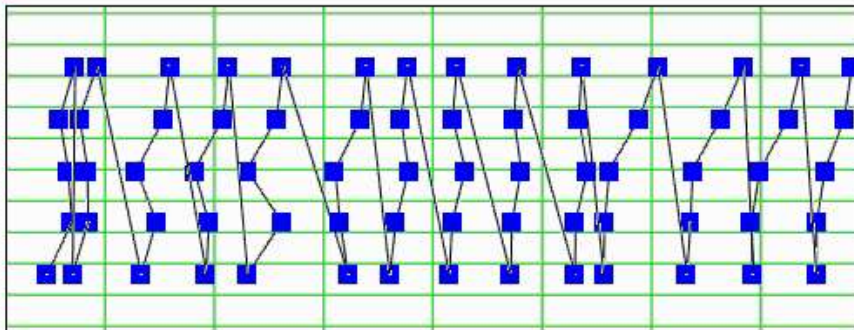


ФОРМА СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ВДОЛЬ ОСИ Z ЗДАНИЯ, ЧАСТОТА 8.4 ГЦ



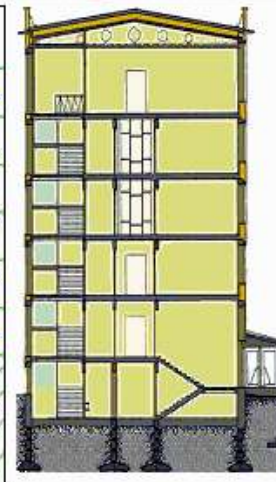
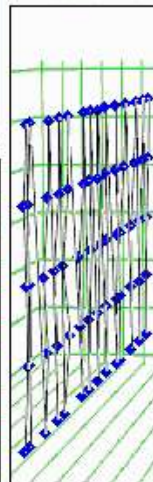
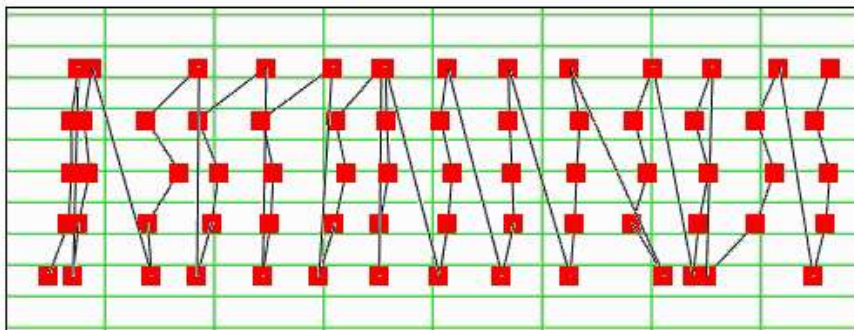
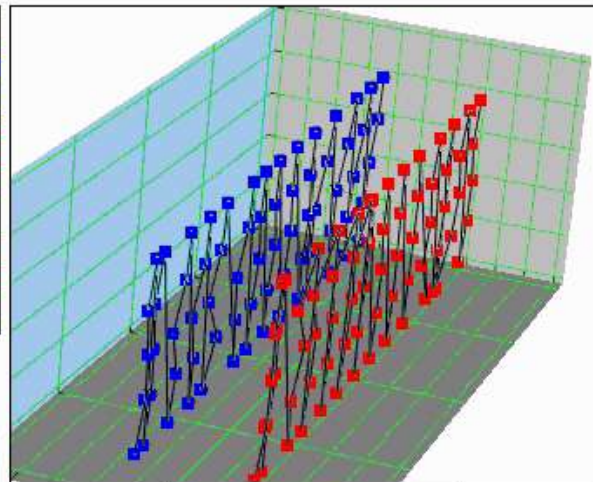


ФОРМА СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ВДОЛЬ ОСИ X ЗДАНИЯ, ЧАСТОТА 2.05 ГЦ



$\psi = 2$ Гц

Время =

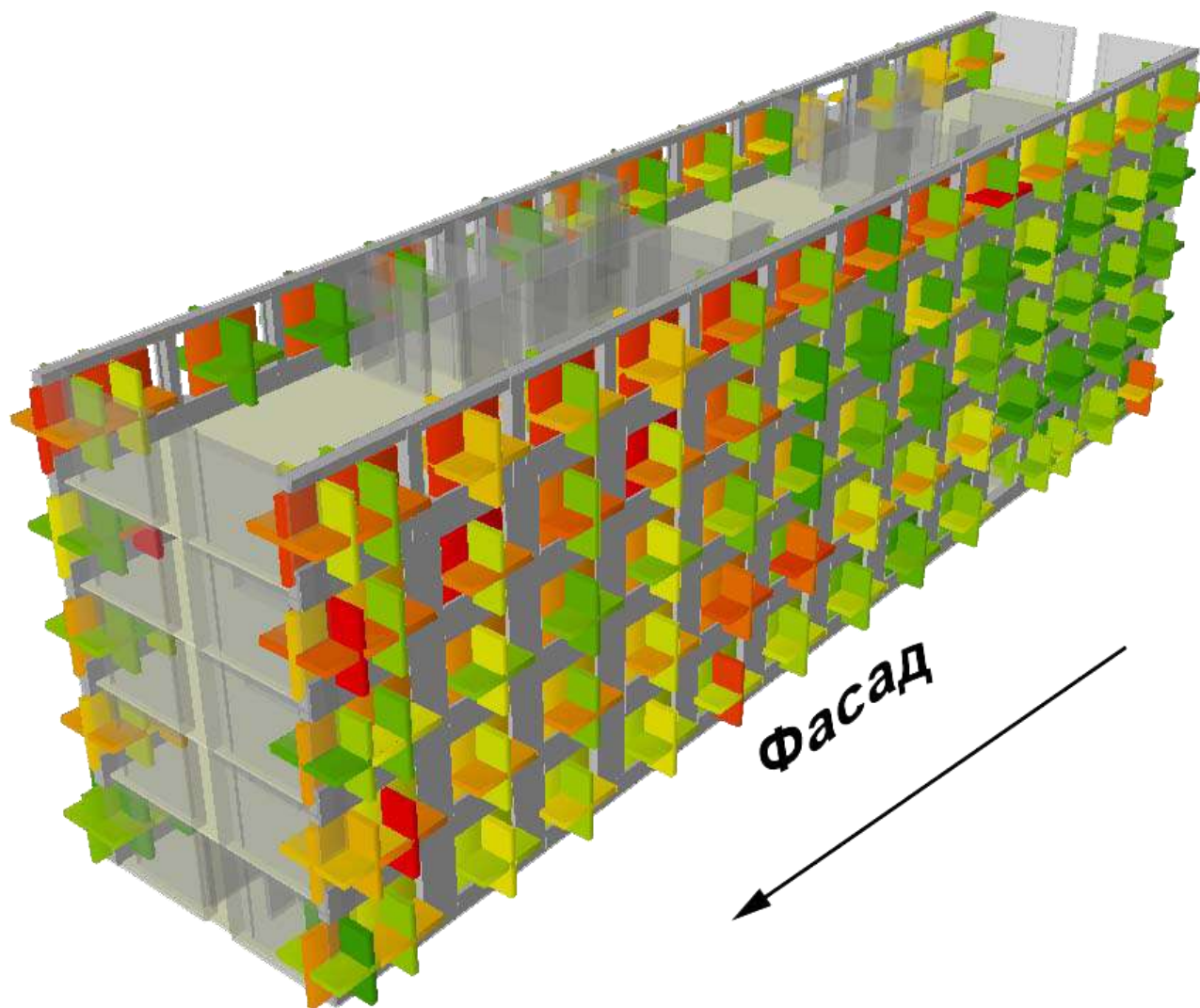




ИСИ

Инженерно-строительный институт
Сибирского федерального университета

ФАЗЫ КОЛЕБАНИЙ ФАСАДА ДЛЯ ПЕРВЫХ ФОРМ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ





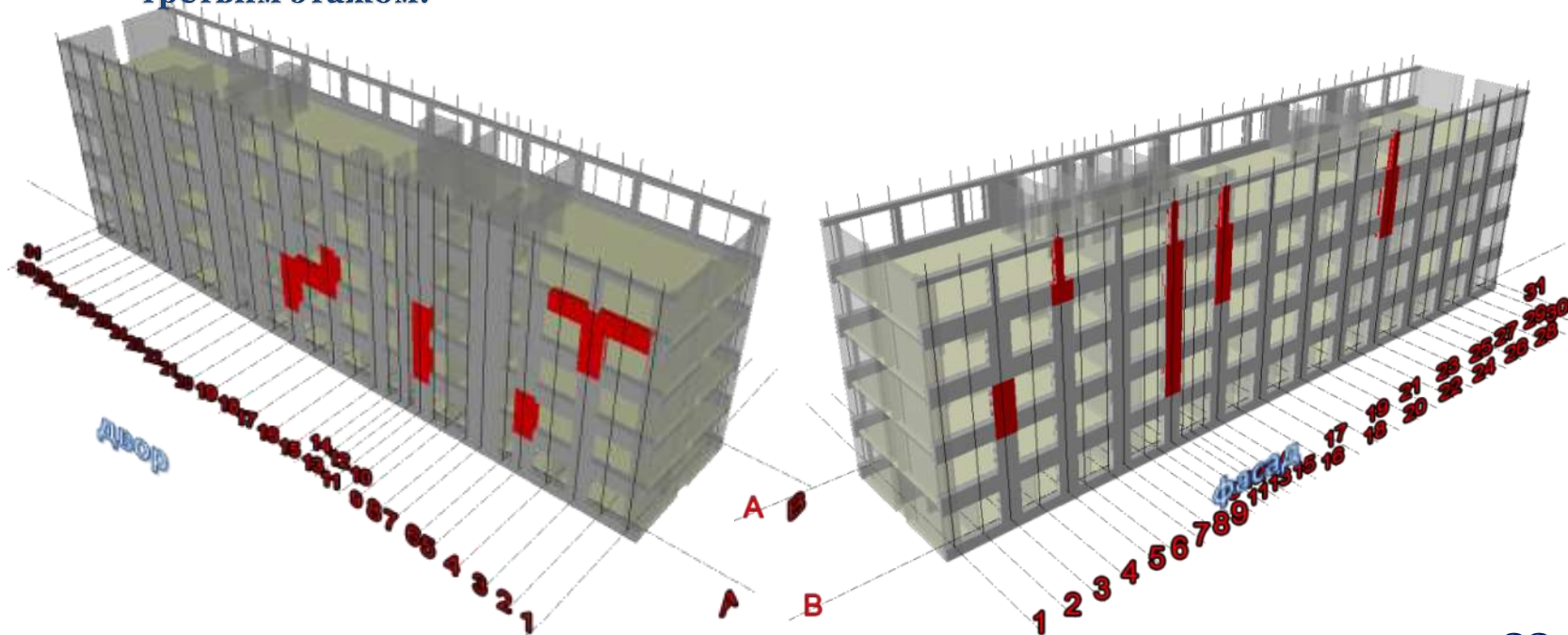
ВЫЯВЛЕННЫЕ НАРУШЕНИЯ СВЯЗЕЙ

В стене со стороны двора:

1. В осях А/3 на 4 этаже;
2. В осях А/1 – А/4 между четвертым и пятым этажом;
3. В осях А/5 на 2 этаже;
4. В осях А/11 со второго по третий этаж;
5. В осях А/17 на 3 этаже;
6. В осях А/19 на 2 этаже;
7. В осях А/17-А/19 между вторым и третьим этажом.

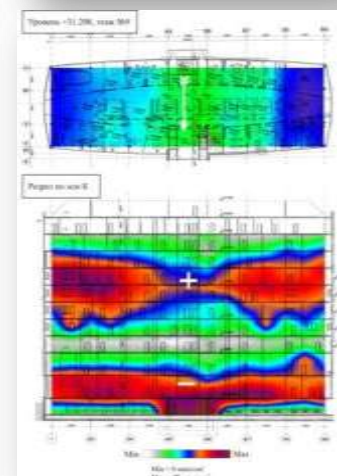
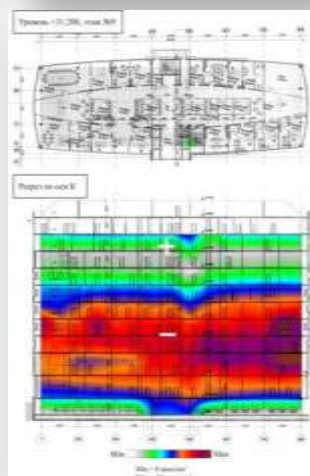
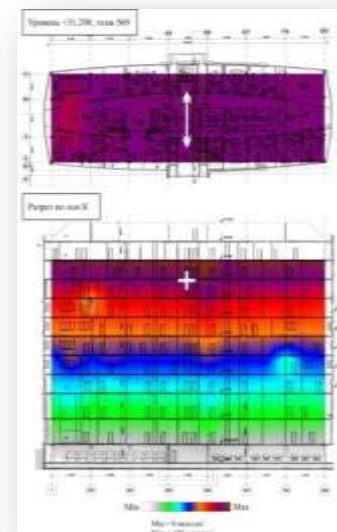
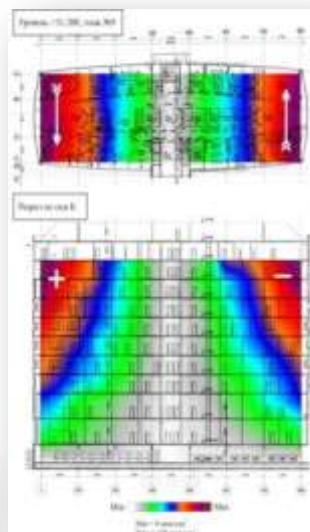
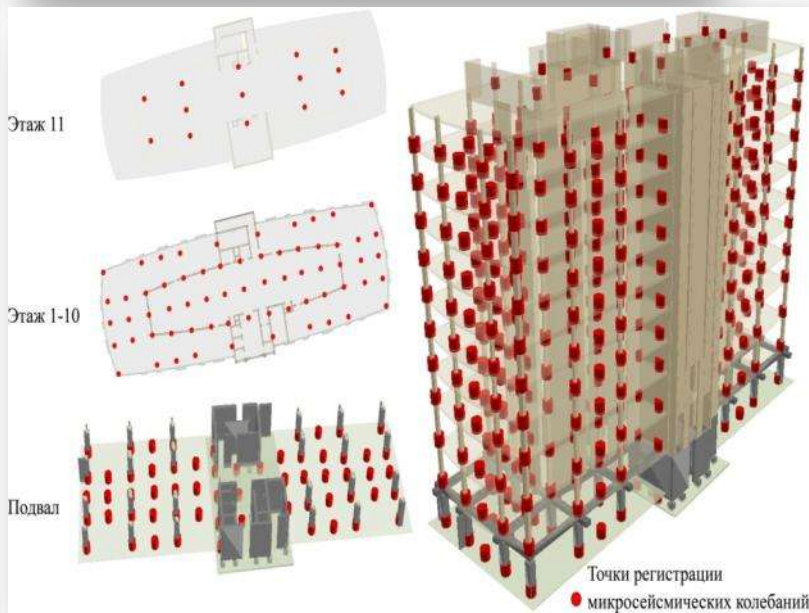
В фасаде здания :

1. В осях В/3 на 3 этаже;
2. В осях В/5 на 5 этаже;
3. В осях В/11 со второго по пятый этаж;
4. В осях В/15 с четвертого по пятый этаж;
5. В осях В/23 четвертого по пятый этаж.



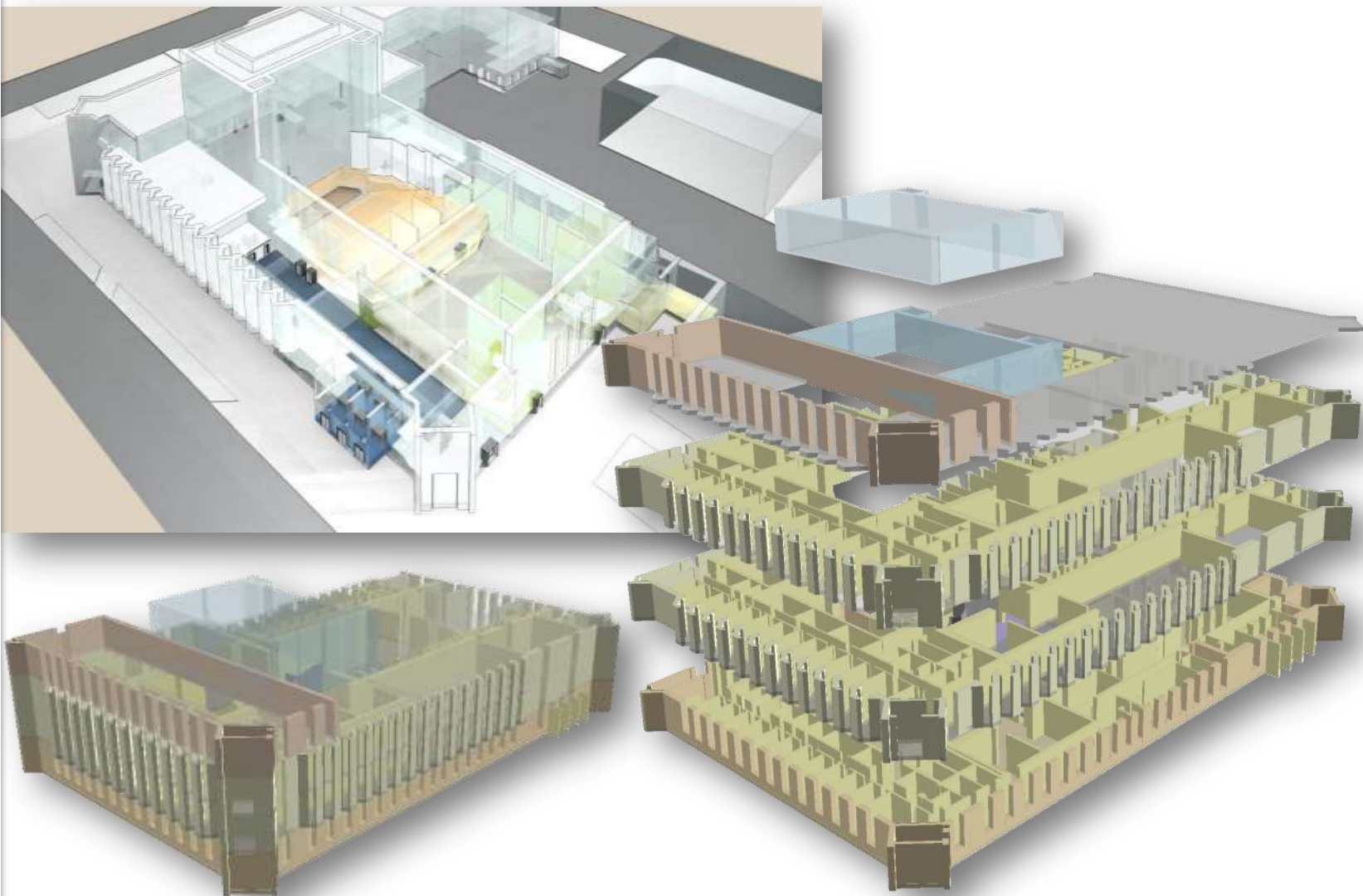


ДИНАМИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ АДМИНИСТРАТИВНОГО ЗДАНИЯ БАНКА СБЕРБАНКА РОССИИ В Г. ИРКУТСКЕ





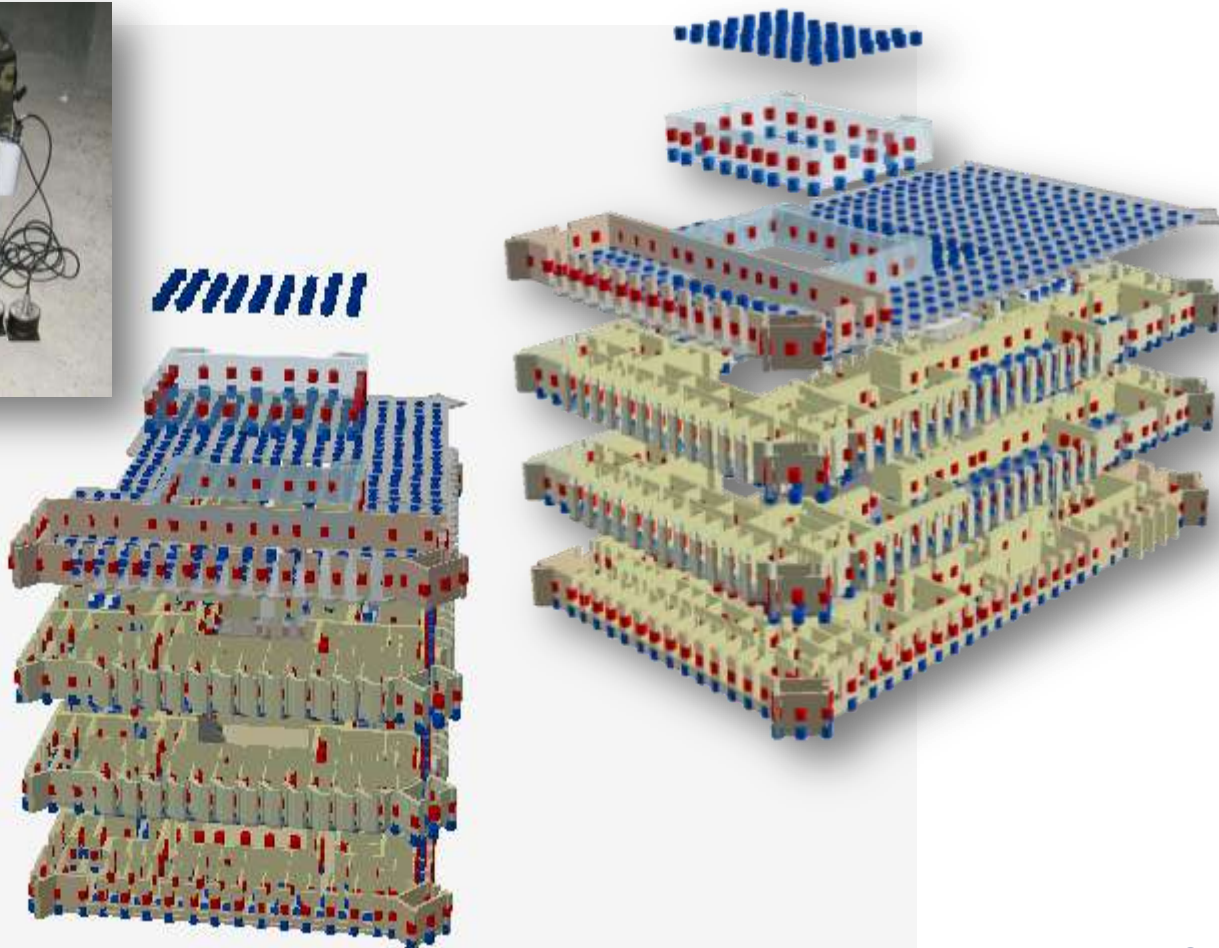
КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕАТР МУЗЫКАЛЬНОЙ КОМЕДИИ





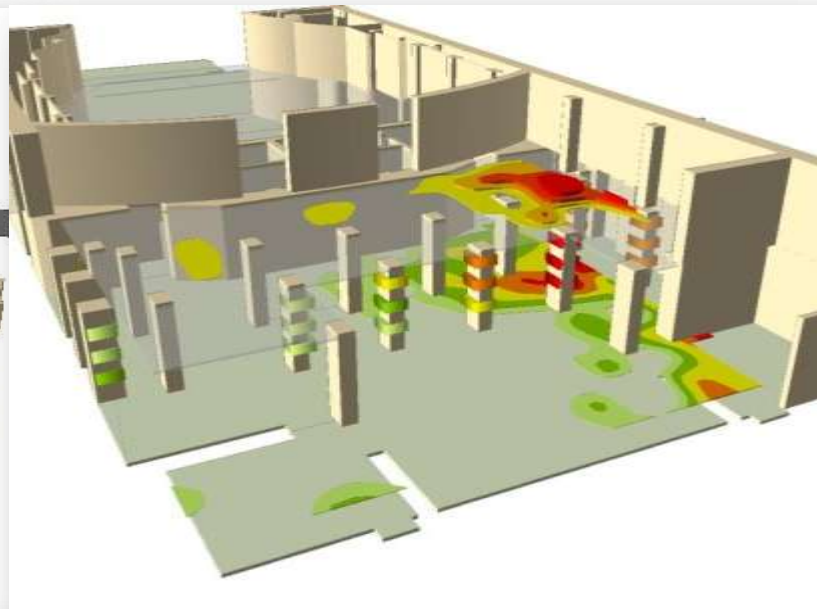
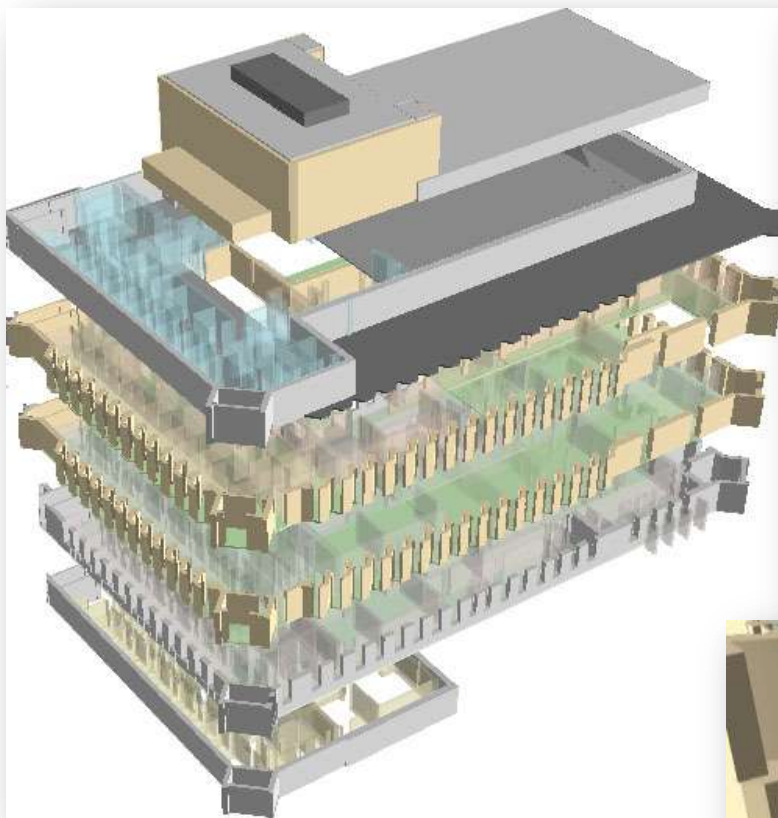
ВЫЯВЛЕНИЕ СКРЫТЫХ ОТДЕЛКОЙ РАЗРУШЕНИЙ И НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЯ

РЕГИСТРАТОРЫ БАЙКАЛ-
АСН8 С ДАТЧИКАМИ А1638

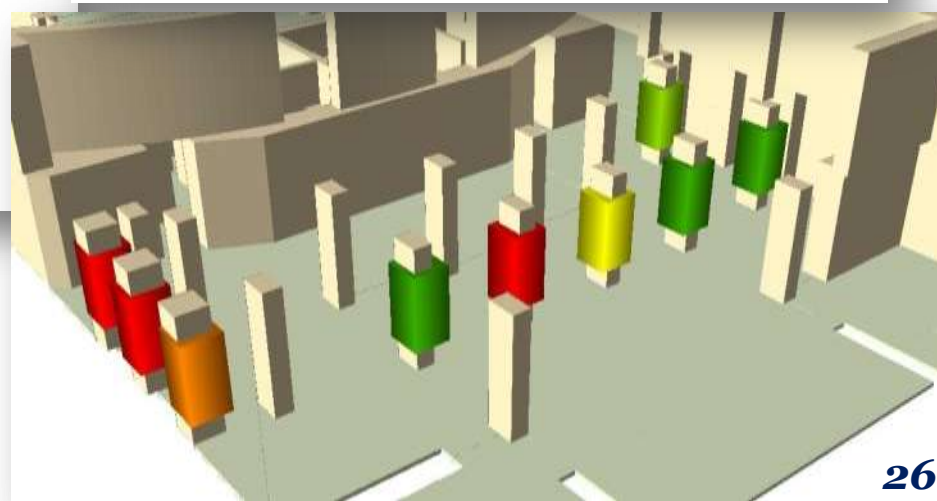




ПРОВЕДЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ЗДАНИЯ ПО ОБЪЕКТУ: «КРАЕВОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «КРАСНОЯРСКИЙ МУЗЫКАЛЬНЫЙ ТЕАТР»

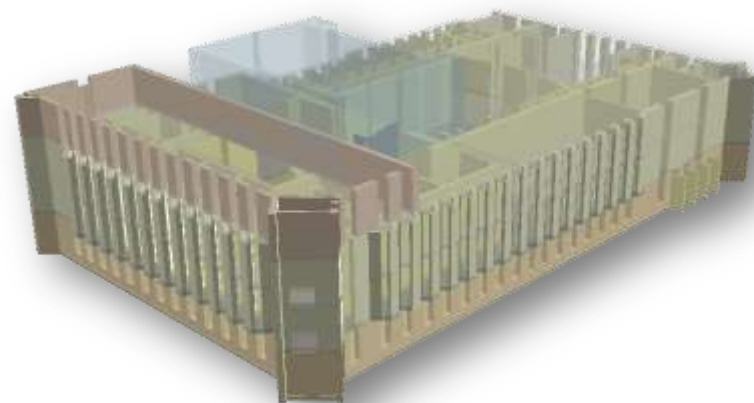
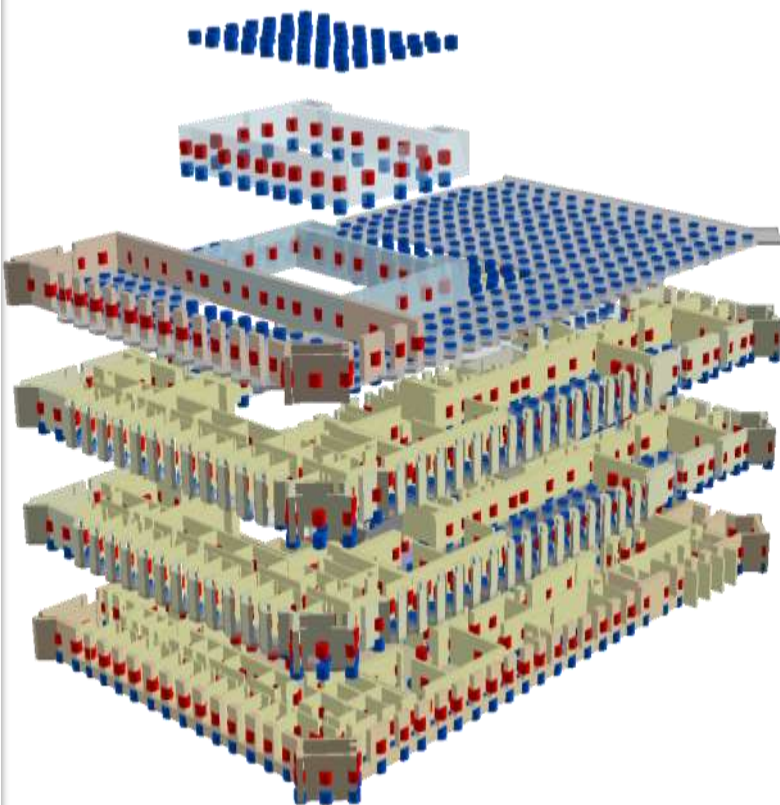


**Ослабление или просадка
фундамента в осях 13-
15/Ж-К (Ж-М)**





ОЦЕНКА СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ЗДАНИЯ ТЕАТРА

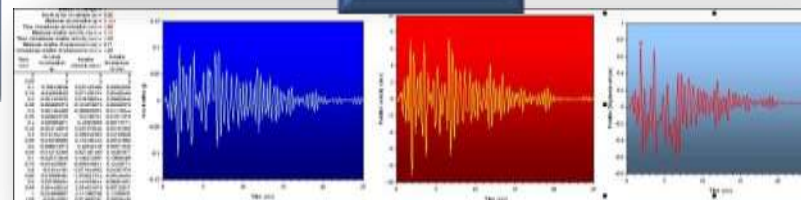


$$h_{1,0,1,z_j} = \frac{B_{1ZP1Z_j} \left(1 - \frac{B_{1ZB2Z_j} \cdot B_{2ZP1Z_j}}{B_{1ZP1Z_j} \cdot B_{2Z_j}} \right)}{B_{1Z_j} \left[1 - \frac{(|B_{1ZB2Z_j}|)^2}{B_{1Z_j} \cdot B_{2Z_j}} \right]}$$

$$h_{2,0,1,z_j} = \frac{B_{2ZP1Z_j} \left(1 - \frac{B_{2ZB1Z_j} \cdot B_{1ZP1Z_j}}{B_{2ZP1Z_j} \cdot B_{1Z_j}} \right)}{B_{2Z_j} \left[1 - \frac{(|B_{1ZB2Z_j}|)^2}{B_{1Z_j} \cdot B_{2Z_j}} \right]}$$

$$\gamma_{0,1,z_j} = \frac{\sqrt{\sum_{w=0}^{NS} (B_{2Z_j,w} \cdot P_{1,z_j,w})^2}}{\sqrt{\sum_{w=0}^{NS} (|B_{2Z_j,w}|)^2 \sum_{w=0}^{NS} (|P_{1,z_j,w}|)^2}}$$

$$\mu_{z_j} = \frac{\sqrt{1 - (\gamma_{0,1,z_j})^2}}{|\gamma_{0,1,z_j}| \sqrt{2 \cdot (NS + 1)}}$$





МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРЕДНАЗНАЧЕН ДЛЯ РАННЕГО ВЫЯВЛЕНИЯ СКРЫТЫХ ДЕФЕКТОВ В ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ, РАЗВИТИЕ КОТОРЫХ МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К ВНЕЗАПНОМУ РАЗРУШЕНИЮ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И МАССОВОЙ ГИБЕЛИ ЛЮДЕЙ

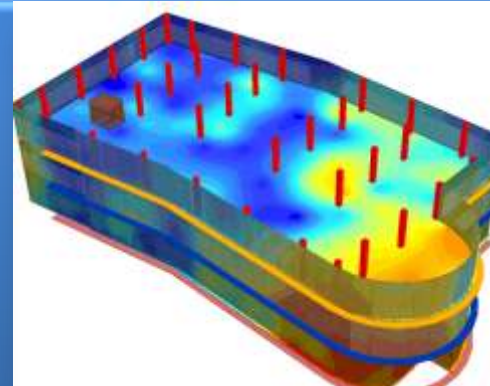




СИСТЕМА МОНИТОРИНГА

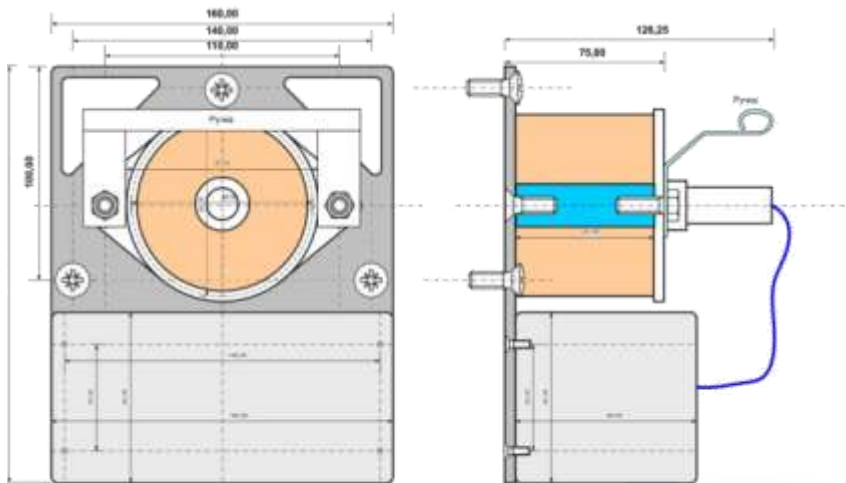
АППАРАТУРНЫЙ
КОМПЛЕКС И СИСТЕМА
ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В
ЦЕНТР ОБРАБОТКИ

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ПО
ОБРАБОТКЕ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ
ДАННЫХ МОНИТОРИНГА
(серверное и клиентское ПО)

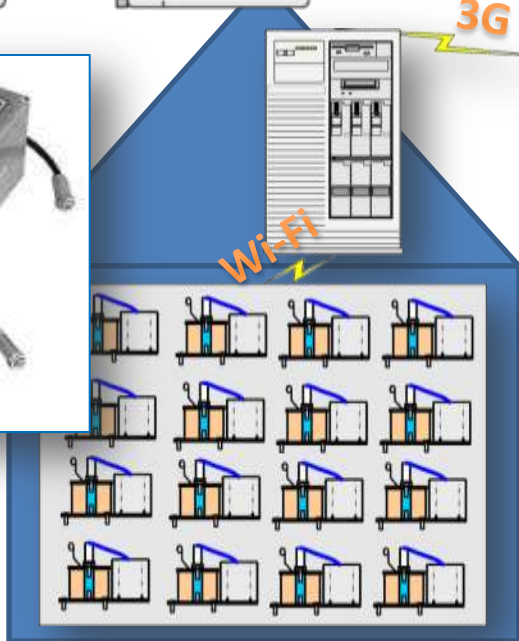




АППАРАТУРНЫЙ КОМПЛЕКС



Пьезоэлектрические
сейсмоприемники



• Автоматическая передача данных мониторинга в здании на локальный сервер сбора данных по каналам Wi-Fi

• Передача данных мониторинга в центр сбора и обработки данных по высокоскоростному каналу 3G (сотовая связь)





МОНИТОРИНГ ДЕСТРУКТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ

**ДЛЯ КОНТРОЛЯ ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ
ДЕСТРУКТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ
КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ
НЕОБХОДИМО ПРОВОДИТЬ РЕГУЛЯРНЫЙ
ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ С
ИНТЕРВАЛОМ НЕ РЕЖЕ 2 РАЗ В ГОД**