

**XXI городская научно-практическая
школьников «Шаг в будущее»**

Исследование сейсмоустойчивости зданий.

**Автор: Астраханцева Александра, 11А
класс МБОУ «СОШ №65»
Руководитель: Савельева
Любовь Анатольевна,
учитель физики высшей категории**

**г. Улан-Удэ
2014г.**



Сейсмоустойчивость - способность построек и конструкций выдерживать землетрясения с минимальными повреждениями.



«...при современном росте урбанизации и увеличении населения, к середине XXI века потребуется более миллиарда жилых строений, а человечество столкнется с новым оружием массового уничтожения - таким оружием станет... обыкновенный жилой дом.»

Профессор университета Колорадо Роджер Билхэм.



Цель работы –

исследовать сейсмоустойчивость зданий.

- Задачи:
 - Ознакомиться с физическими основами антисейсмического проектирования.
 - Изучить различные виды усилительных антисейсмических конструкций зданий.
 - Смоделировать максимально возможное отклонение здания, сделать соответствующие расчёты.
- Найти различные методы постройки зданий и математически анализировать различные типы работы оснований, фундаментов и надфундаментных строений в условиях интенсивных сейсмических воздействий.



Гипотеза исследования:

если существует зависимость сейсмоустойчивости зданий от конструктивных решений и специфических свойств, то на этапе проектирования можно значительно повысить прочностные характеристики зданий, их надёжность.

Объект исследования: объекты гражданского строительства.

Предмет исследования: сейсмоустойчивость зданий.



• **Методы и приёмы**

- обобщение и анализ
- компьютерное моделирование
- наблюдение в ходе моделирования
- систематизация
- сравнение и сопоставление
- исследование






Особенности строительства сейсмоустойчивых зданий

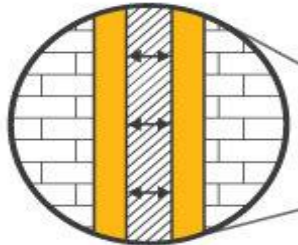
Сейсмоустойчивость – способность построек и конструкций выдерживать землетрясения с минимальными повреждениями

Основные требования

к строительству зданий и сооружений в сейсмоопасных зонах

-  Симметричные конструктивные схемы
-  Равномерное распределение жесткости конструкции и масс
-  Однородность и монолитность конструкций за счет применения укрепленных сборных элементов

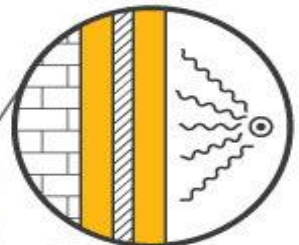
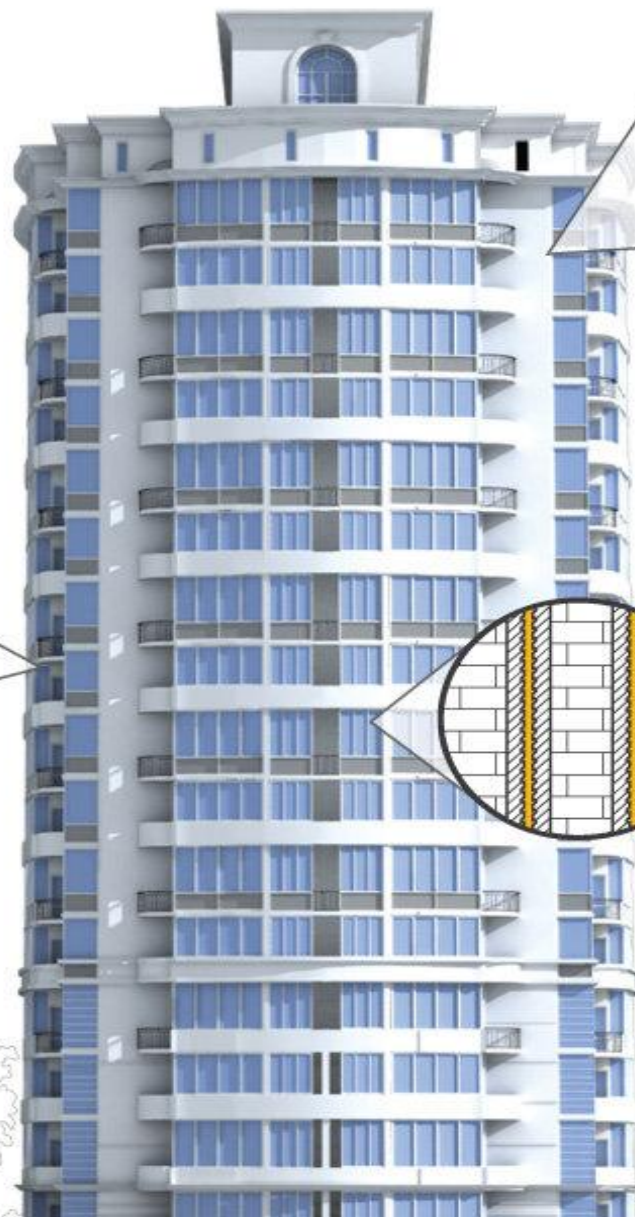
Особенности строительства



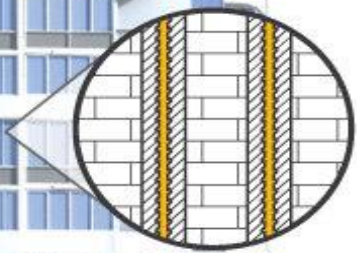
Антисейсмические швы
Это двойные стены или двойные ряды несущих стоек. Они разрезают здание на самостоятельные, независимые друг от друга устойчивые отсеки



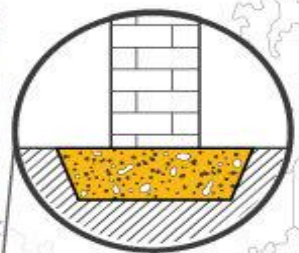
Не допускается
Применение перегородок из кирпичной кладки, выполненной вручную в зданиях более пяти этажей



Материалы
Возведение несущих стен из каменных панелей, блоков, изготавливаемых в заводских условиях с применением вибрации, а также из кирпичной или каменной кладки на растворах со специальными добавками, повышающими сцепление раствора со строительными материалами



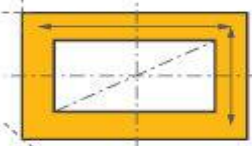
Армирование
Кирпичные или каменные перегородки армируются по всей длине



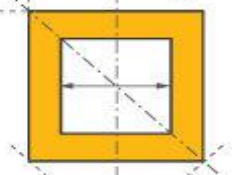
Фундамент
Создание «подушек» из бетона или полимерных материалов, благодаря которым здание скользит или «плавает» во время землетрясения и не разламывается по тем линиям, где создается наибольшее напряжение

Предпочтительные формы сооружений:

прямоугольник
(самая распространенная)



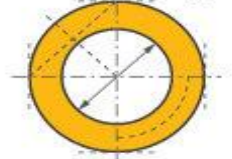
квадрат



многоугольник



круг



Динамические гасители.

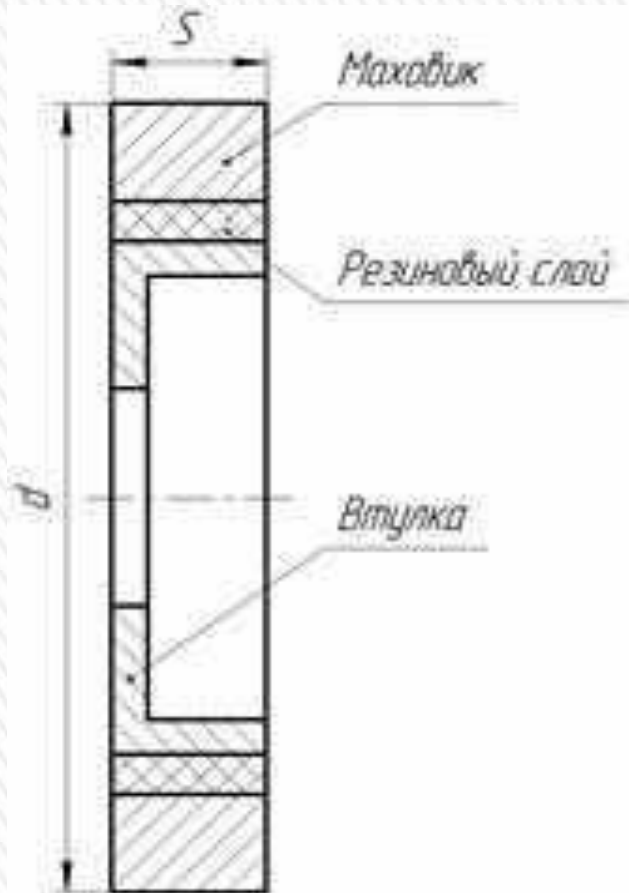


Рис. 2. Демпфер внутреннего трения.

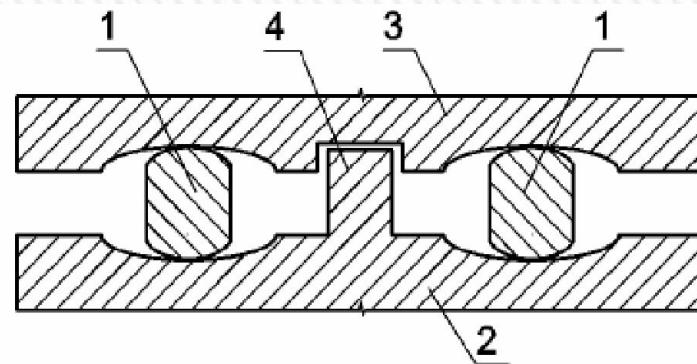


Рис.2.2. Конструктивное решение ОКФ
1 – Кинематические опоры; 2 – Опорный фундамент;
3 – Нижнее перекрытие здания; 4 – демпферы скольжения.

Рис.3. Демпфер трения скольжения.



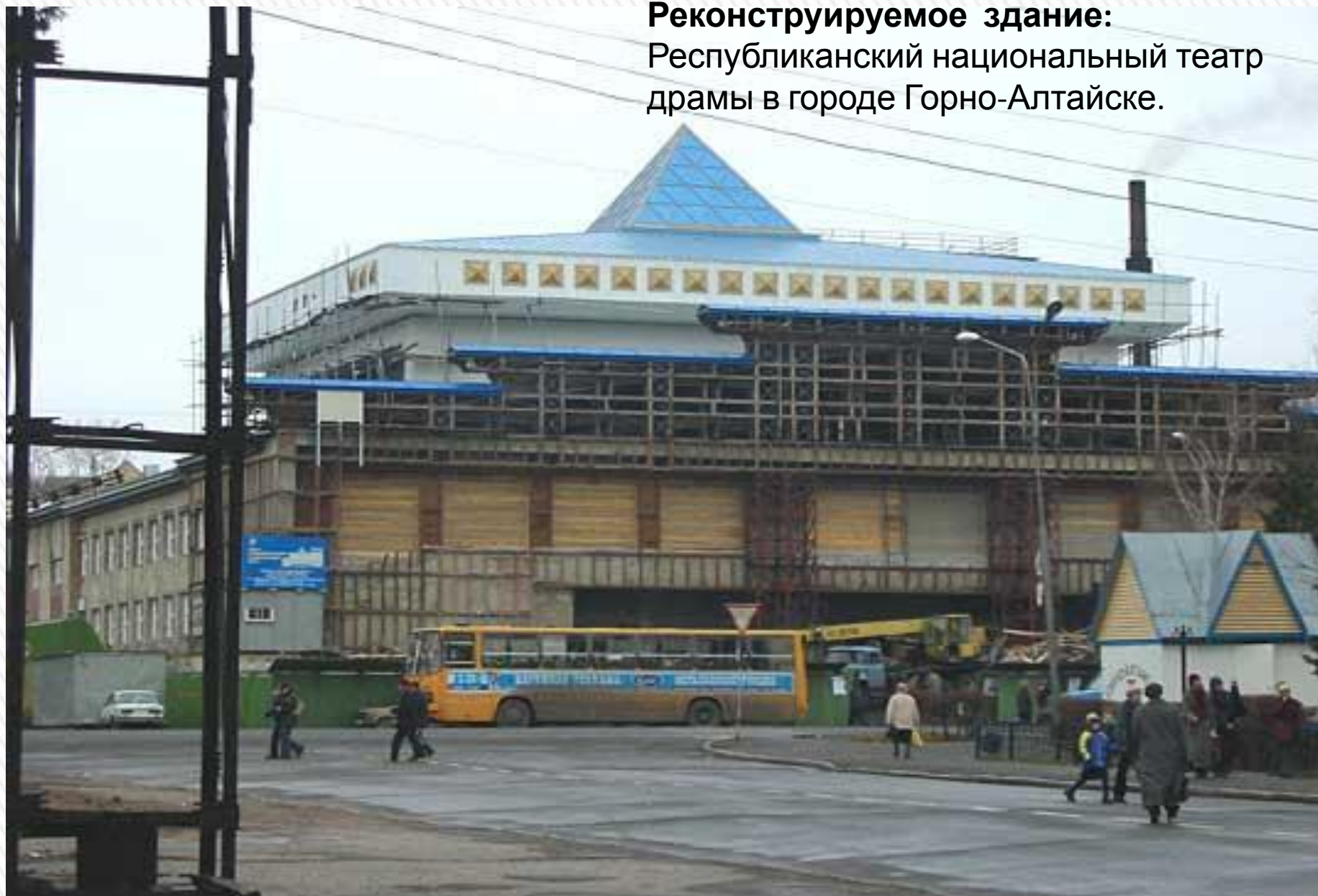
Таким образом, применение сейсмоизоляции и сейсмогашения при правильном проектировании может значительно повысить такие характеристики как:

- ✓ надежность зданий;
- ✓ сохранность и надежность оборудования;
- ✓ экономические показатели зданий;
- ✓ отсутствие необходимости восстановительных работ после сильных землетрясений;
- ✓ комфорт для жителей.

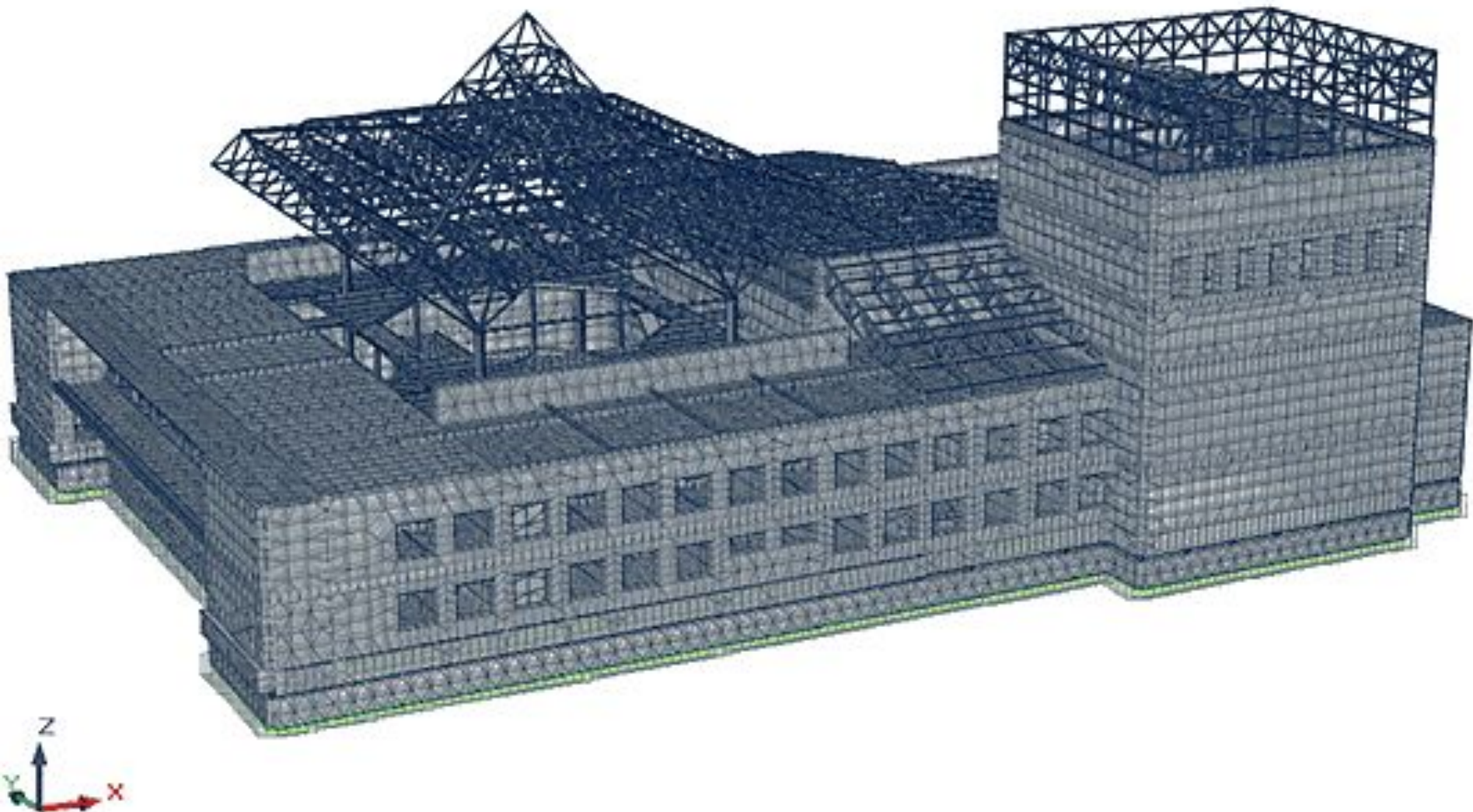


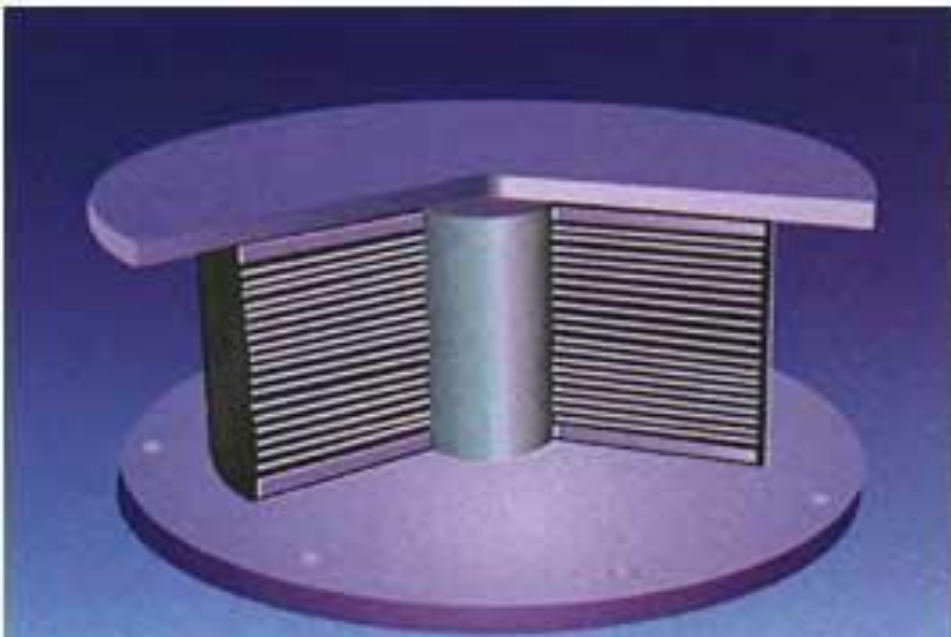
Влияния земных колебаний на здание. Тестирование демпфера для поглощения колебаний путем расчётов.

Реконструируемое здание:
Республиканский национальный театр драмы в городе Горно-Алтайске.

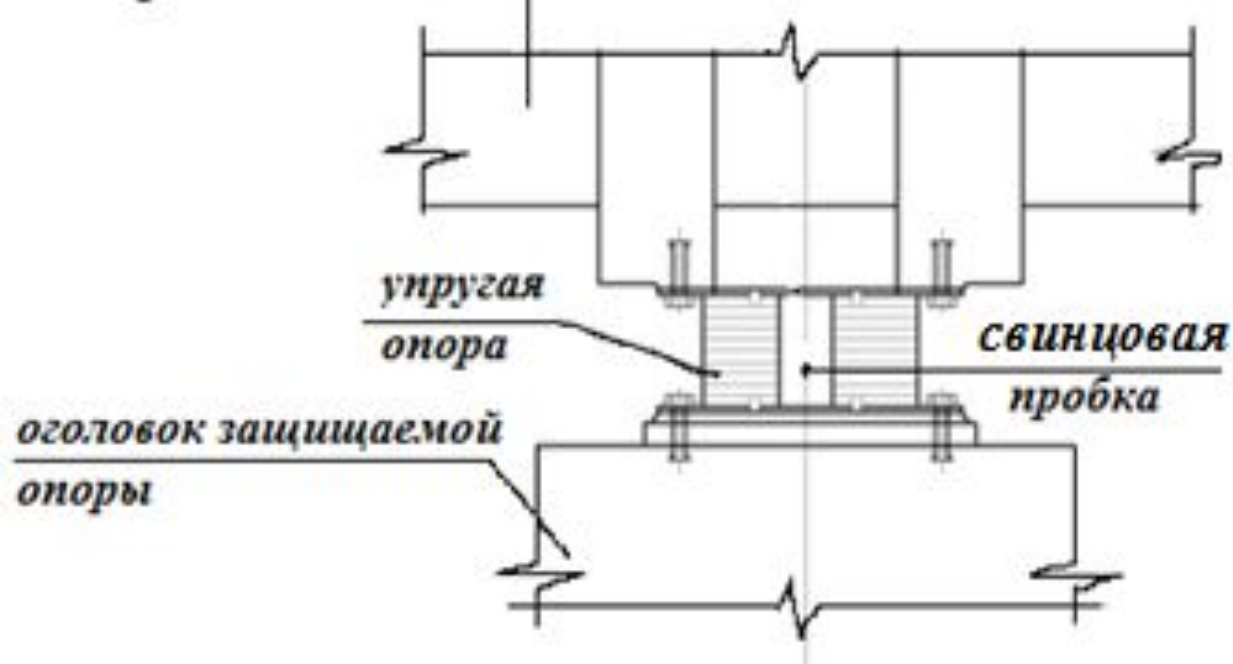


Здание запроектировано и построено
в 1977 году без проведения
антисейсмических мероприятий.



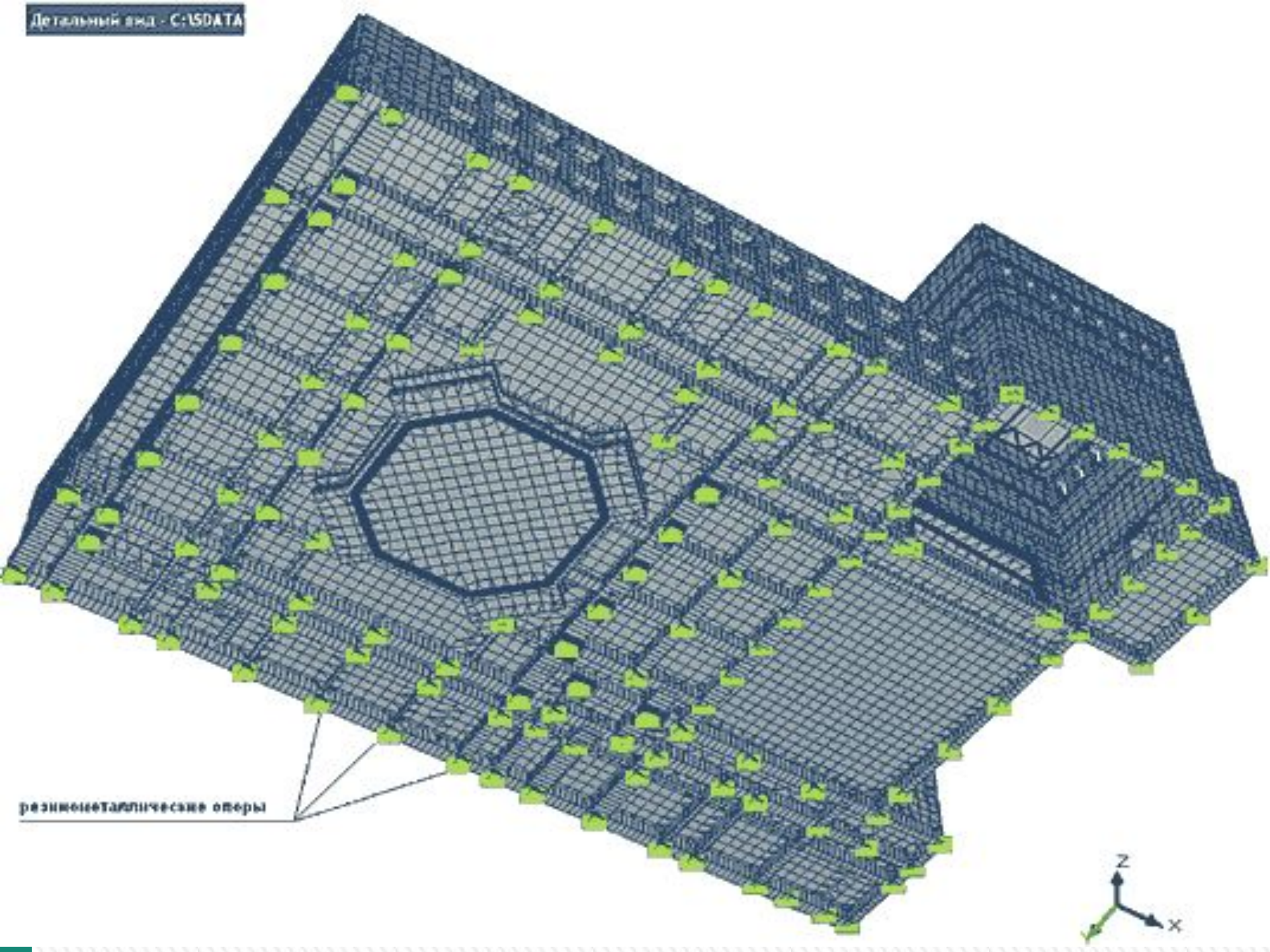


балка пролетного строения

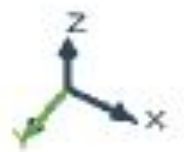


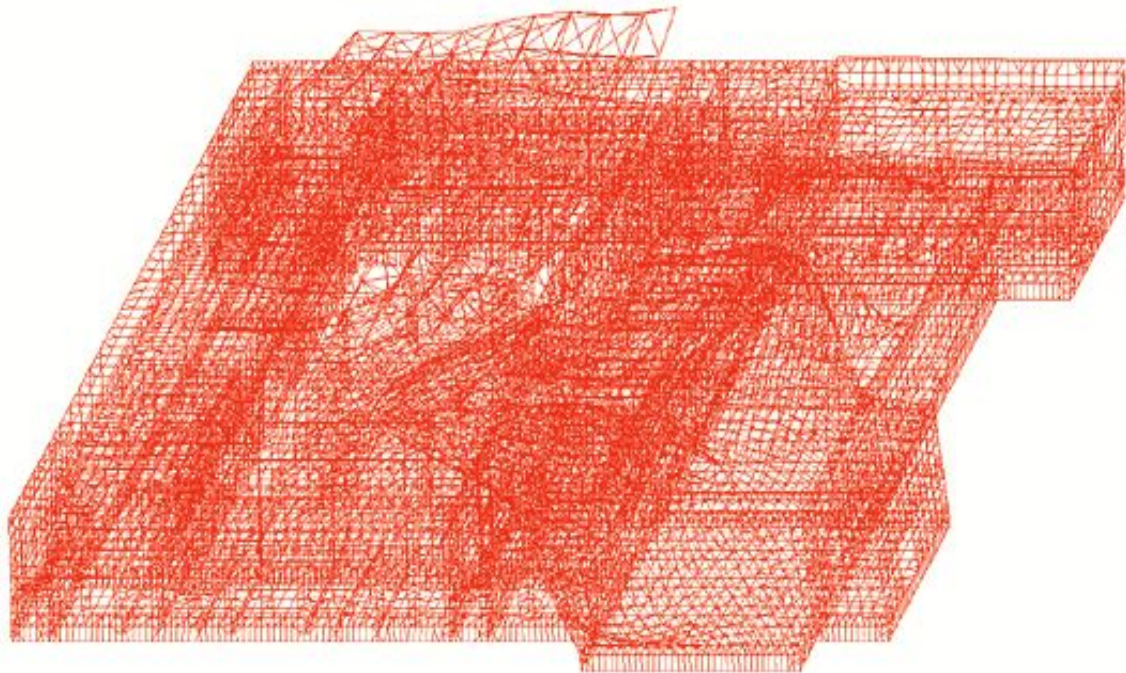
Резинометаллические
и
свинцовые
оголовки (РМОО)





разноцветные отверстия

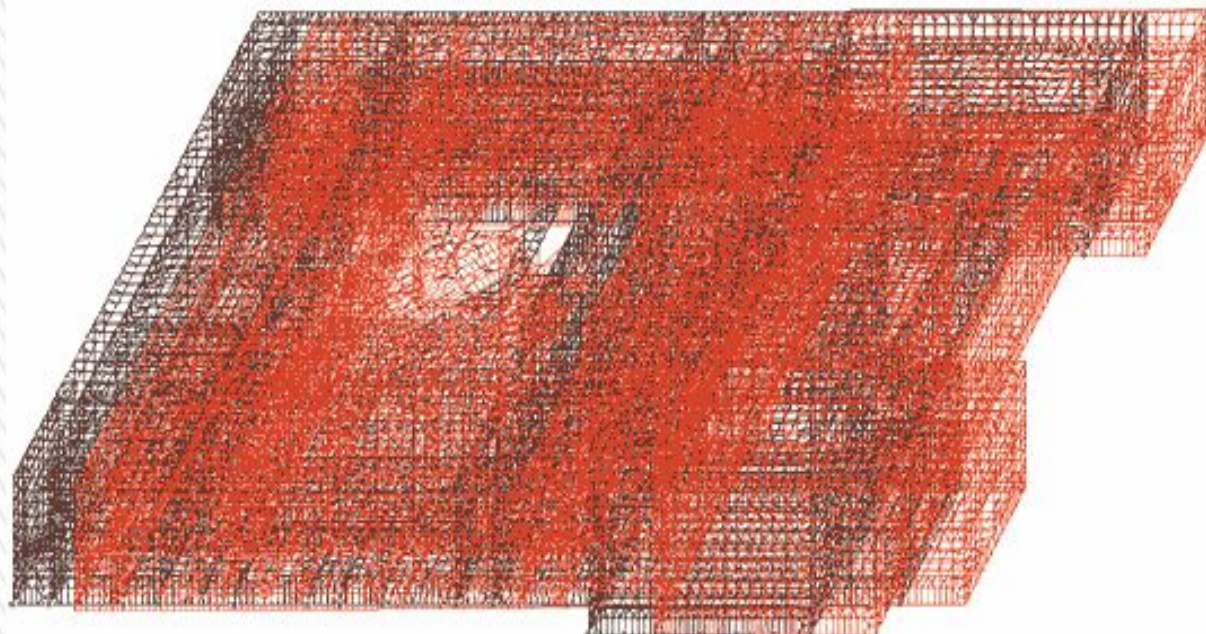




Сверху вниз:

**Деформированная схема
основания здания без системы
РМСО с усиленными
конструкциями наземной части
(10-я форма колебаний)**

**Деформированная схема
основания здания
с РМСО (1-я форма
колебаний)**



Результаты.

Периоды собственных колебаний.

Здание, усиленное традиционными методами	Здание на резинометаллических опорах
$T_1 = 0,173 \text{ с}$	$T_1 = 1,485 \text{ с}$
$T_2 = 0,164 \text{ с}$	$T_2 = 1,397 \text{ с}$
$T_3 = 0,159 \text{ с}$	$T_3 = 1,224 \text{ с}$

*Примечание. В первом варианте речь идет об относительной величине периода (мгновенная частота) собственных колебаний, определенных для сценической коробки.



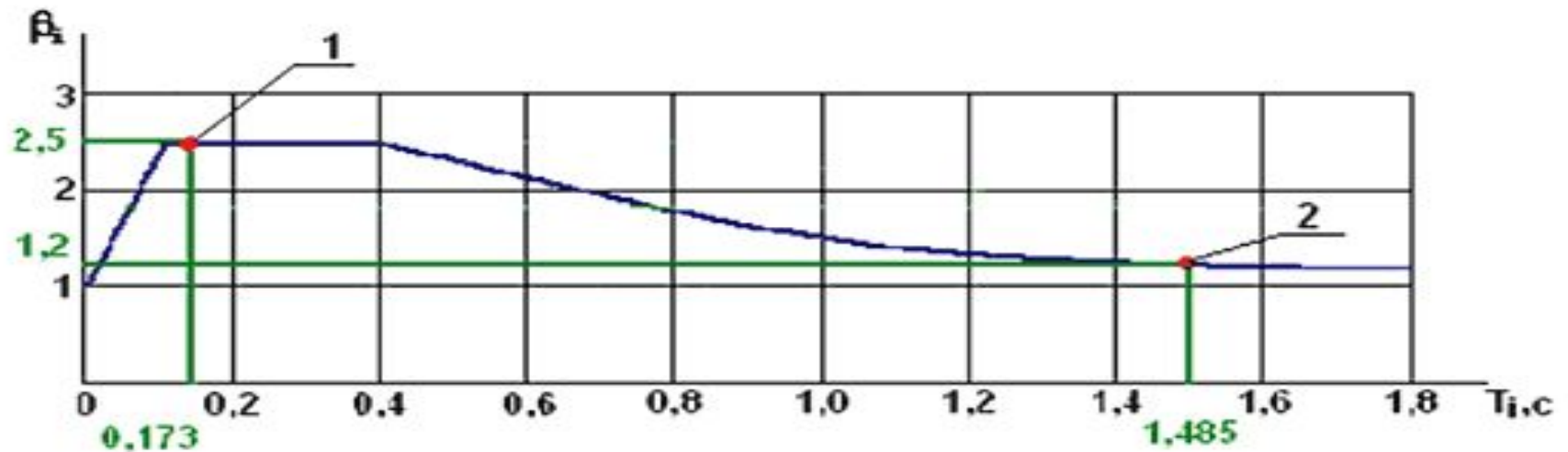
Расчётные нагрузки на элементы и узлы здания.

Параметры		Расчётная модель	
		Здание без РМСО, наземная часть которого усилена традиционными методами	Сейсмоусиленное здание на РМСО
Максимальные нормальные напряжения в простенках (МПа) от особого сочетания нагрузок			
Стена по оси 15(М – У)	<i>горизонт.напряж. сж./раст.</i>	-0,16 (0,12)	-0,11 (0,07)
	<i>вертик.напряж. сж./раст.</i>	-0,59 (0,13)	-0,46 (–)
Стена по оси У (15 – 10)	<i>горизонт.напряж. сж./раст.</i>	-0,18 (0,087)	-0,17 (0,05)
	<i>вертик.напряж. сж./раст.</i>	-0,48 (0,04)	-0,35 (0,04)

Анализ полученных результатов:

Теоретический расчёт

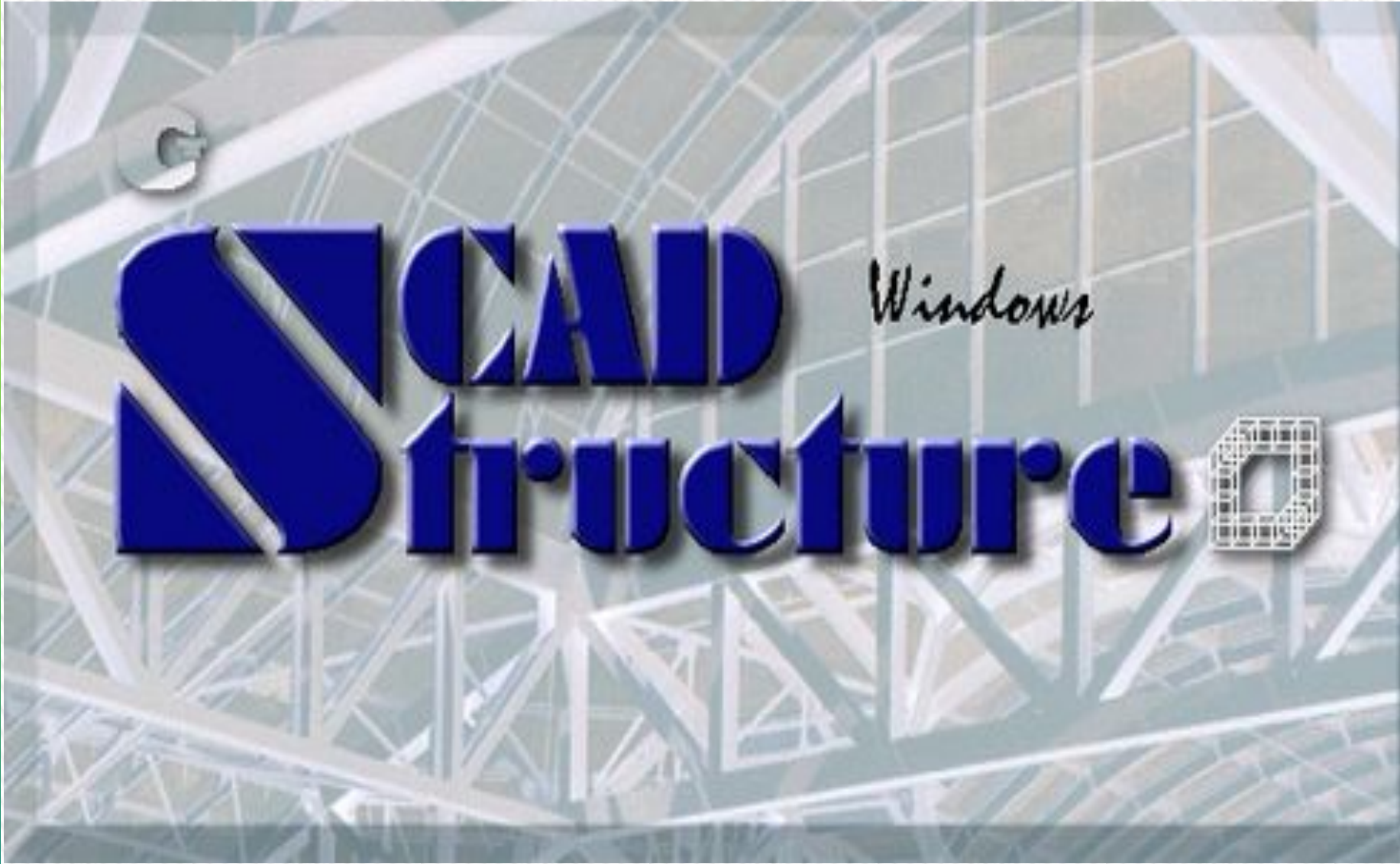
$$T_2/T_1 = 1,485 / 0,173; \quad T_2/T_1 = 8,56$$



Сравнение значений периодов собственных колебаний и напряженного состояния конструкций здания по двум вариантам (соответственно без использования и с использованием РМСО) подтверждает возможность существенного регулирования динамических характеристик и свойств системы.



Моделирование и расчёт максимально возможного колебания и отклонения здания.



Многоквартирный жилой дом



Изм. N _____, Подпись и дата _____, Взам. инв. N _____

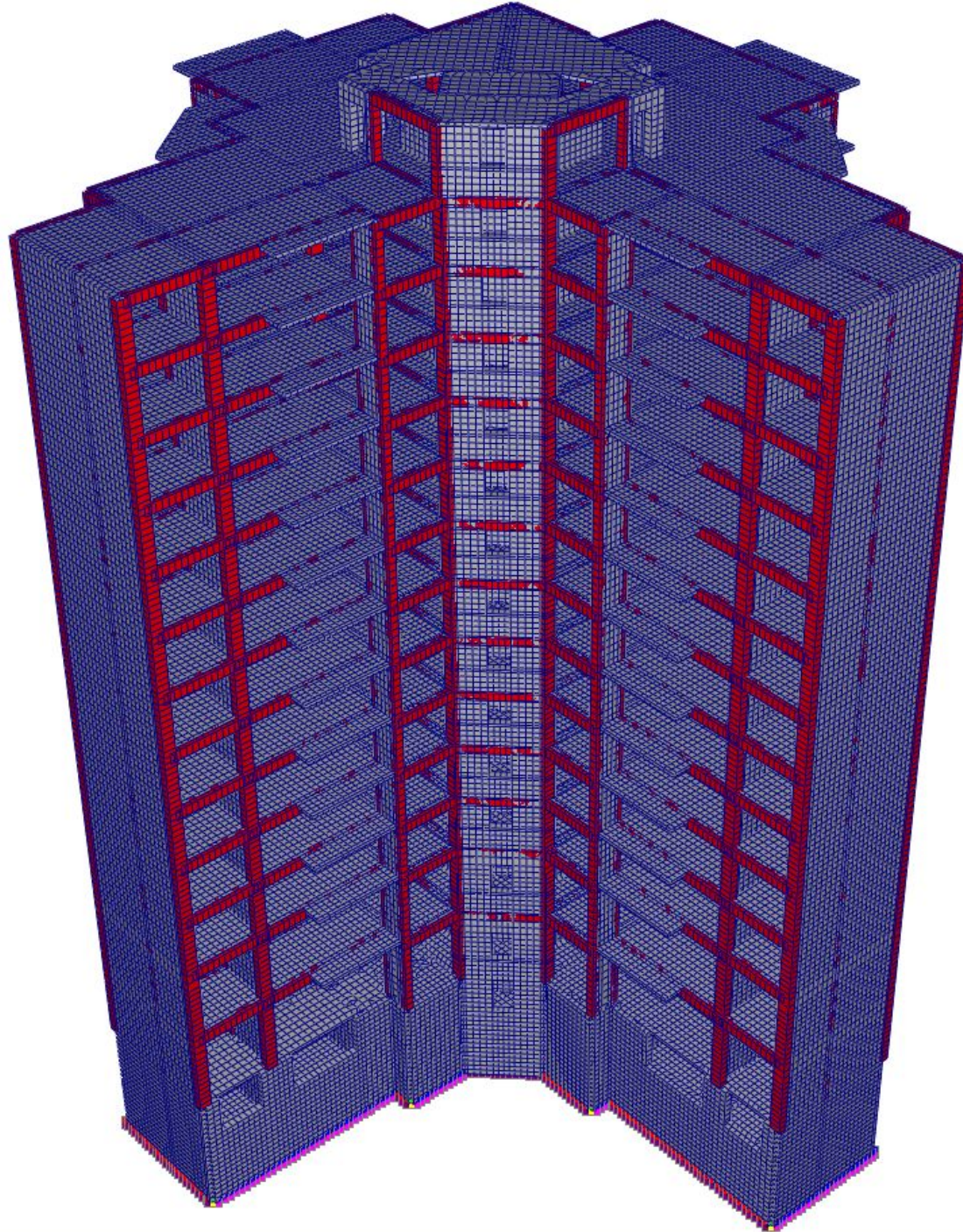
						19-11-1-АР.3.4			
						МНОГOKBAPТИРНЫЕ ЖИЛЫЕ ДОМА П.ОУЛ. БОЕВАЯ, 5в В ОКТЯБРЬСКОМ РАЙОНЕ Г. УЛАН-УДЭ.			
Изм.	Кол.уч.	Лист	N док.	Подпись	Дата	РАЗДЕЛ 3. АРХИТЕКТУРНЫЕ РЕШЕНИЯ. 1-ЫЙ ЭТАП СТРОИТЕЛЬСТВА. БЛОК 3,4	Стадия	Лист	Листов
Разраб.	Ершов	Кушнарева					П	8	
Гл. архит.	Труднев								
Тех. дир.	Ершов								
ГАП	Труднев								
N. контр.	Труднев					ВИЗУАЛИЗАЦИЯ 1	ООО "АРХИТЕКТУРНАЯ СТУДИЯ"		

Строительно-климатические условия:

Место расположения	РБ, г. Улан-Удэ, Октябрьский район, ул. Боевая, 5в, Блок 3
Климатический район	IV
расчетная температура наружного воздуха	-37°C
Ветровой район	III
скоростной напор ветра	0.38кг/м ²
Снеговой район	I
вес снегового покрова	80кг/м ²
Сейсмичность площадки строительства	8балов, по карте ОСР-97-95% СП
Тип местности	Б
Масса здания	1709.7 тонн



Общий вид
расчётной
схемы



Общий вид расчетной

схемы

Спектр жесткостей элементов

Фрагментировать Показать на схеме Выход Справка

Выкл. Стержневые элементы Плоскостные элементы Модуль упругости

№	Имя типа	Значение	Min = 3060000,0
1	0.4	3060000,0	
2	0.18ст	3060000,0	
3	пер0.18	3060000,0	
4	K40ч40	3060000,0	
5	P40	3060000,0	
6	P50	3060000,0	
7	Балка	3060000,0	
8	Паук	30060000,0	
9	К жесткие	3060000,0	
10	К 60x40ж	3060000,0	
11	Кк60ч40	3060000,0	
12	K50ч50	3060000,0	
13	0.38	3060000,0	
14	0.33	3060000,0	
15	K50ч50	3060000,0	

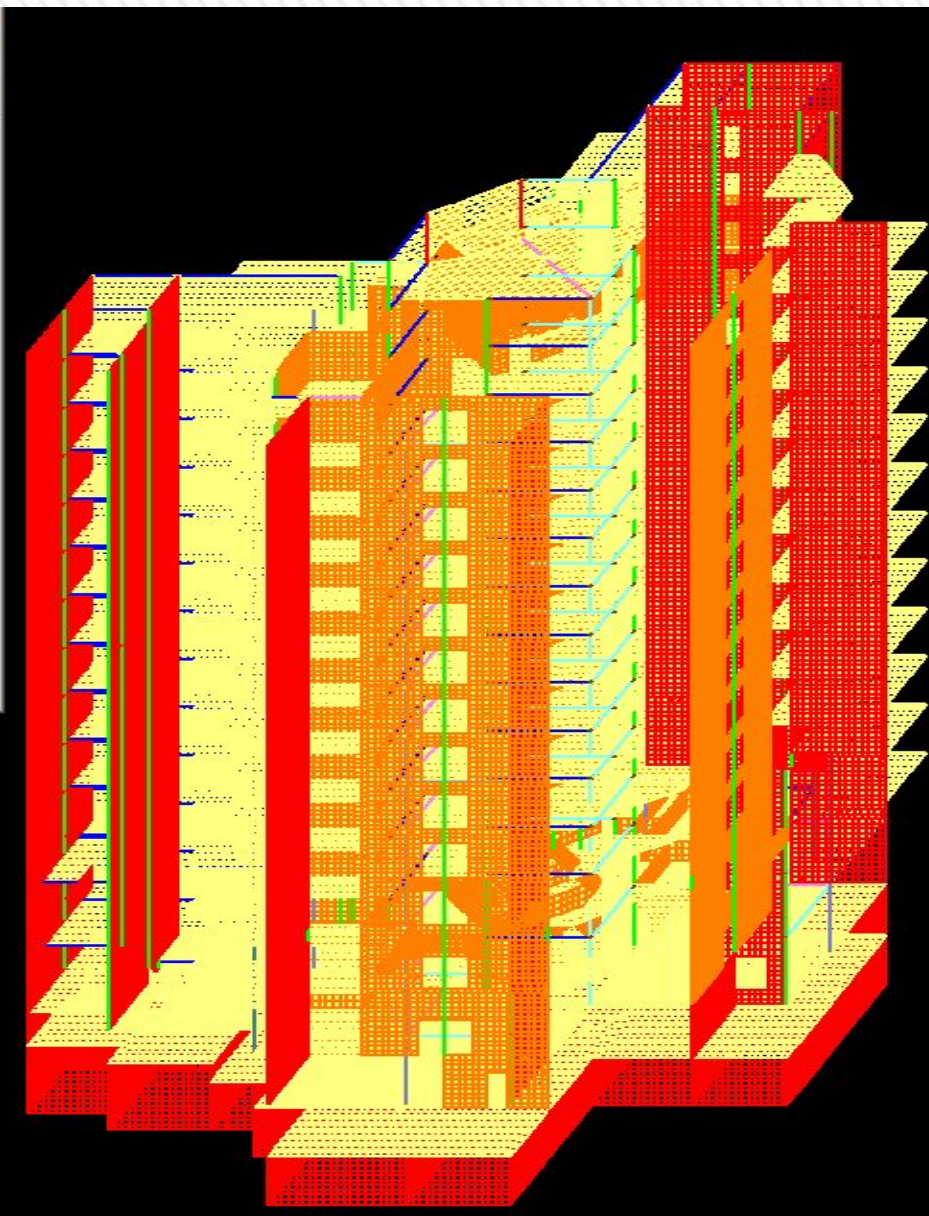
Жесткости

FE FE

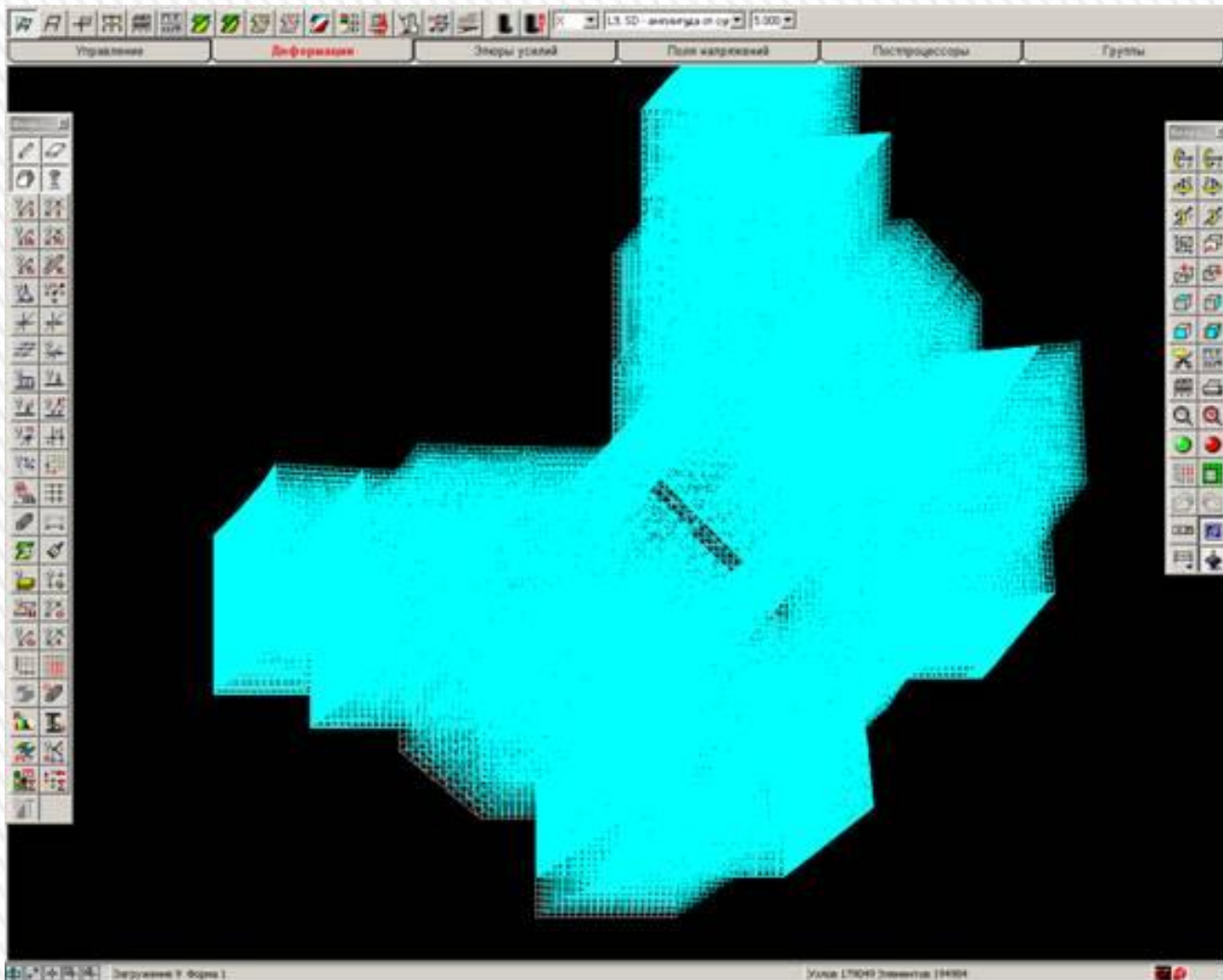
Выкл.

?	<input checked="" type="checkbox"/>	?	?
1	<input checked="" type="checkbox"/>	■	■
2	<input checked="" type="checkbox"/>	■	■
3	<input checked="" type="checkbox"/>	■	■
4	<input checked="" type="checkbox"/>	■	■
5	<input checked="" type="checkbox"/>	■	■
6	<input checked="" type="checkbox"/>	■	■
7	<input checked="" type="checkbox"/>	■	■
8	<input checked="" type="checkbox"/>	■	■
9	<input checked="" type="checkbox"/>	■	■

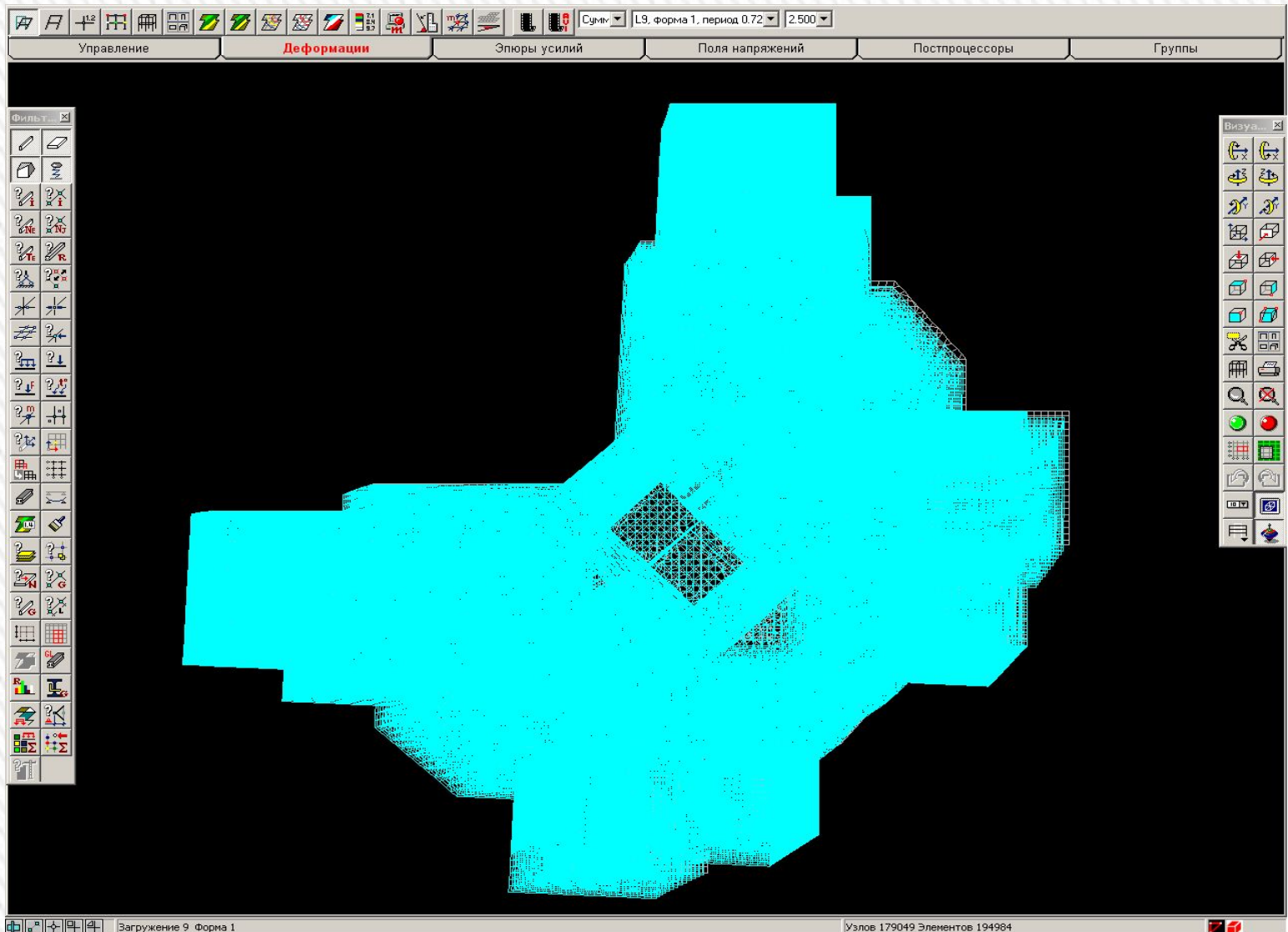
Закреть Применить

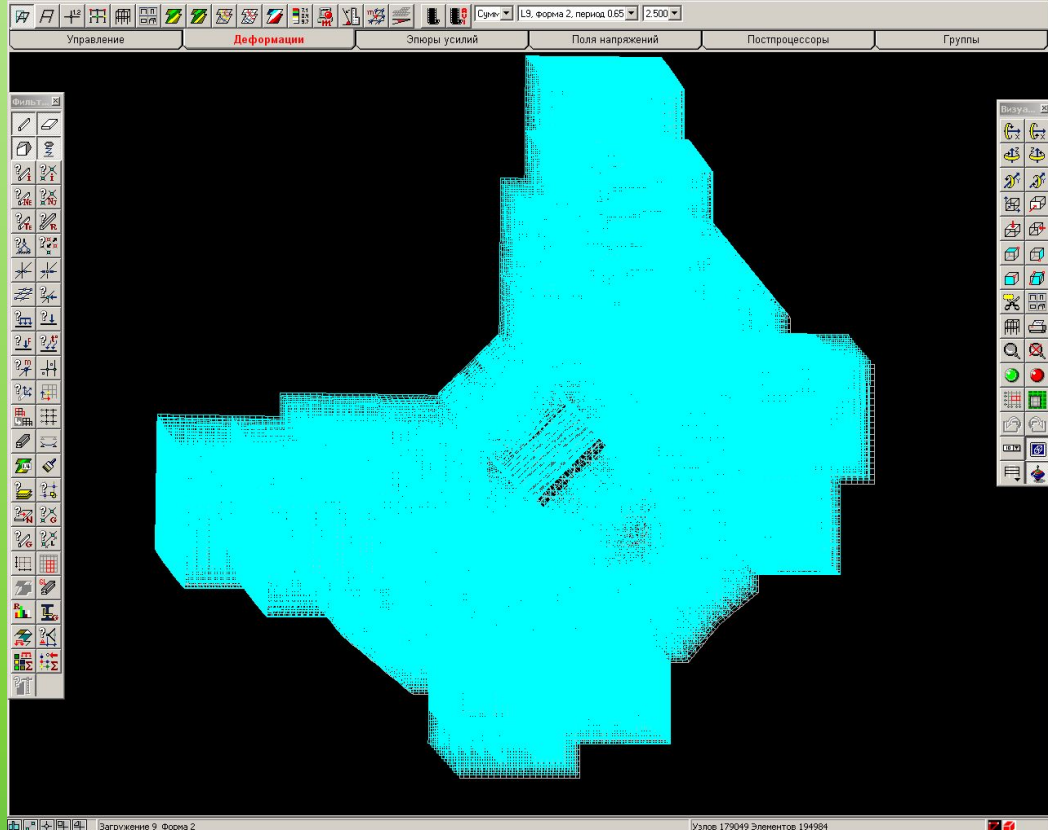


Амплитуда от суммарной динамической нагрузки



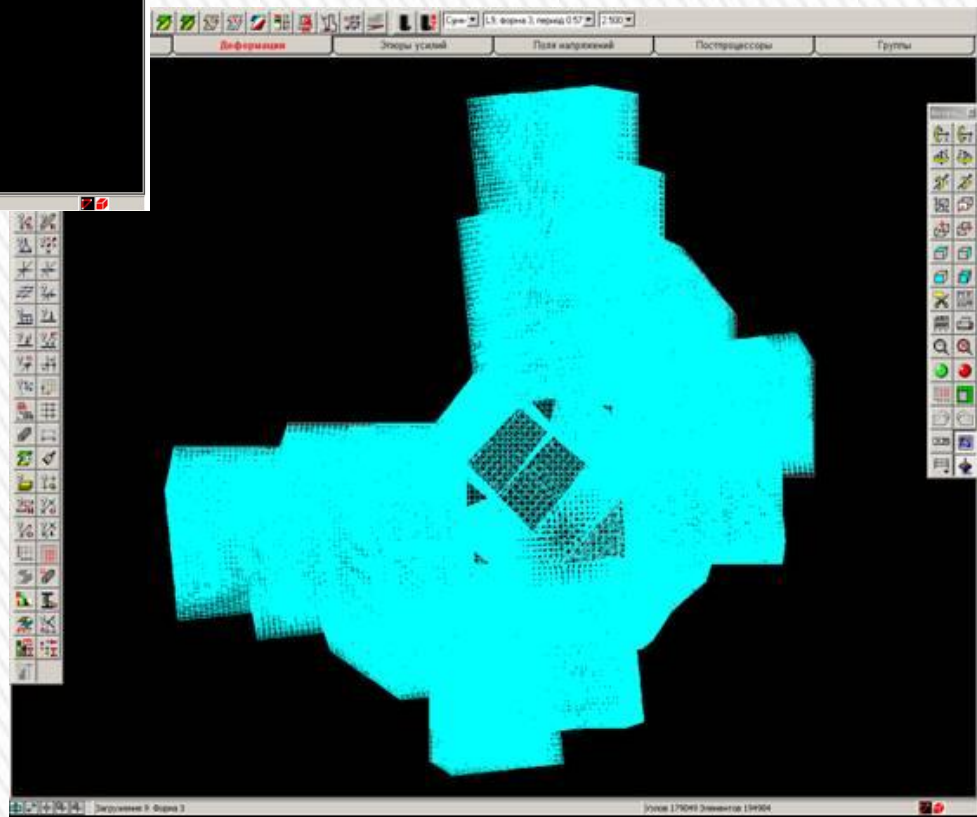
Первая форма колебаний. Поступательная. Период $T=0.726\text{с}$.

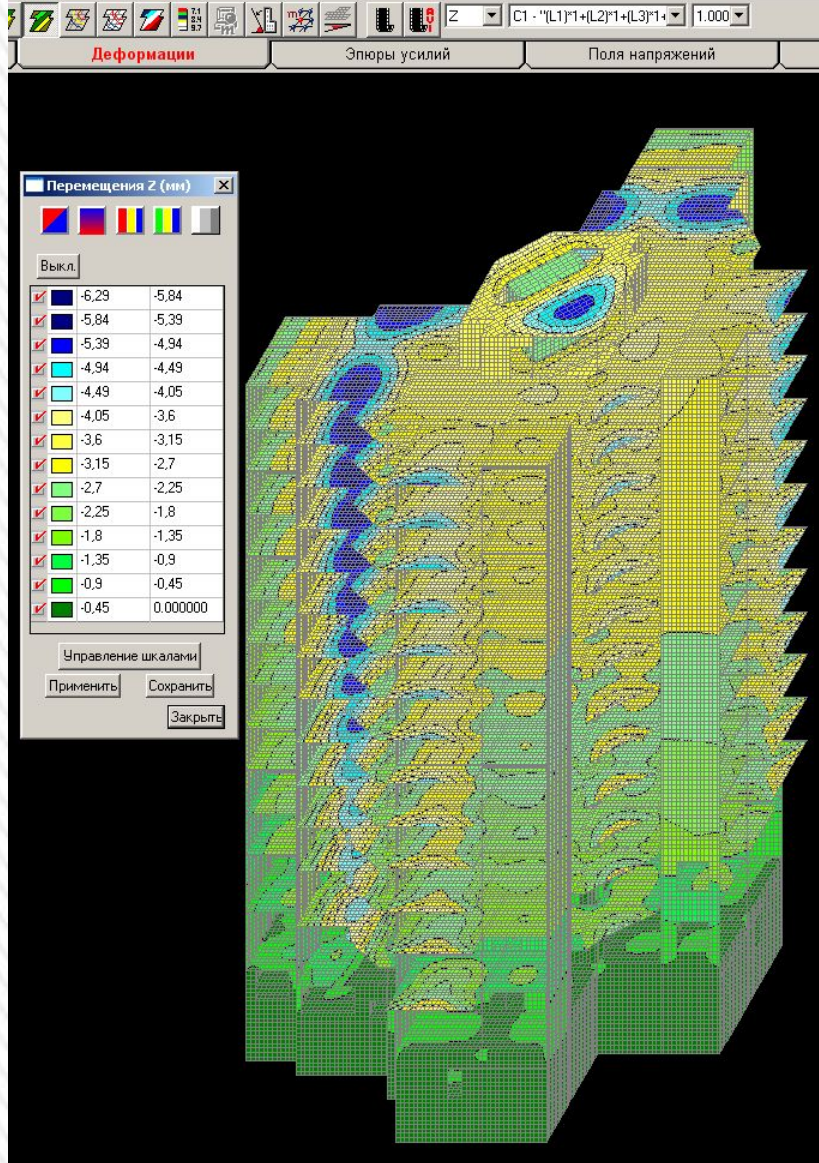




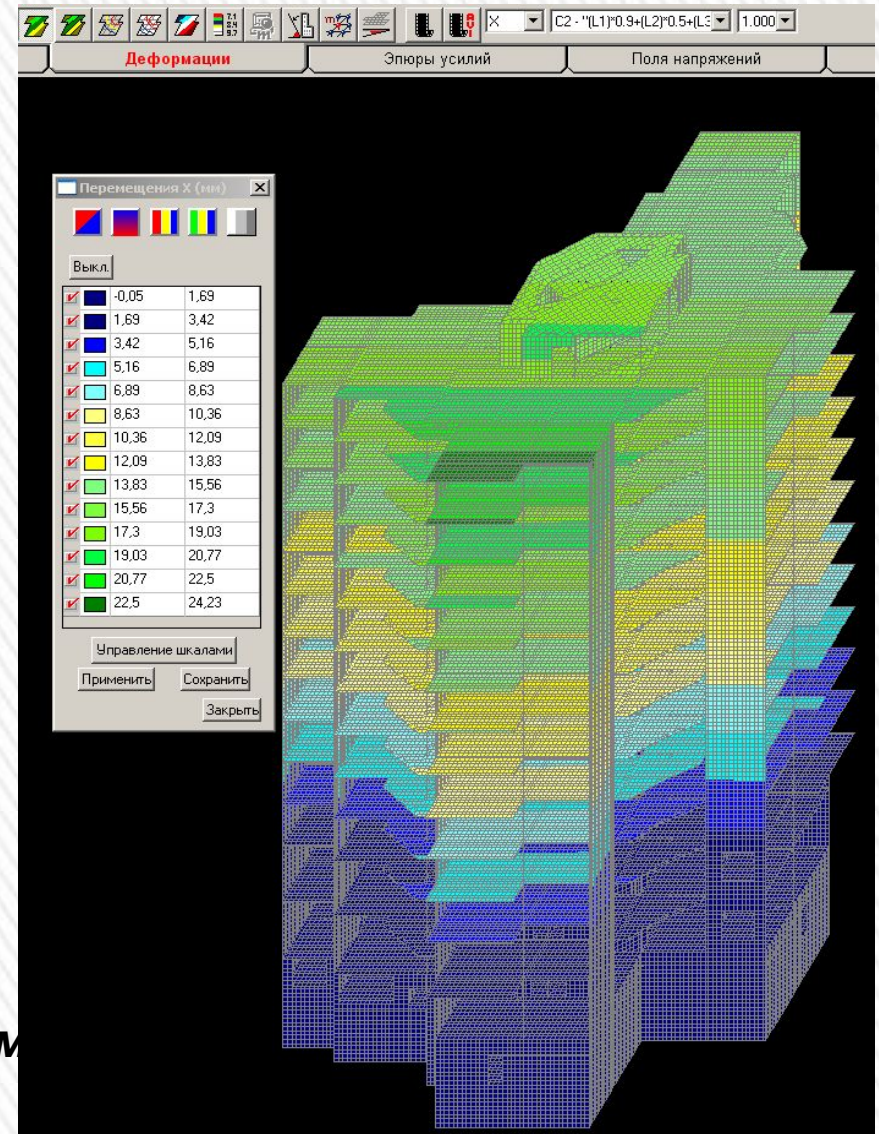
**Вторая форма колебаний.
Поступательная.
Период $T=0.651c$.**

**Третья форма колебаний.
Крутильная. Период $T=0.571c$**





Горизонтальные перемещения узлов конструкций вдоль оси «X» при особом нагружении.



Вертикальные перемещения узлов конструкций (прогибы) при основном нагружении.

Теоретический расчёт:

$S = am$, где

a – ускорение земной поверхности;

m – масса сооружения.

Нормальные амплитудные характеристики колебаний грунтов в районах сейсмичностью 7, 8, 9 и 10 баллов.

	Амплитуды ускорения (см/с²)	Скорости (см/с)	Перемещения (см)
7 баллов	100	8	4
8 баллов	200	16	8
9 баллов	400	32	16
10 баллов	800	64	32



Теоретический расчет силы инерции здания

$S = am$ $m = 1709.7T =$ 1709700 кг	7 баллов	8 баллов	9 баллов	10 баллов
	1709700	3419400	6838800	13677600
$k_c = a/g$	7 баллов	8 баллов	9 баллов	10 баллов
	0,1	0,2	0,4	0,8

Так как $m = P/g$, где

P – вес конструктивного элемента сооружения;

g – ускорение силы тяжести,

$S = am = a \cdot P / g = k_c \cdot P$, где

$k_c = a/g$ - коэффициент сейсмичности, характеризующий интенсивность землетрясения на строительной площадке





**Три
двадцатиэтажн
ых дома по
ул.Сахьяновой
в Октябрьском
районе г.Улан-
Удэ**

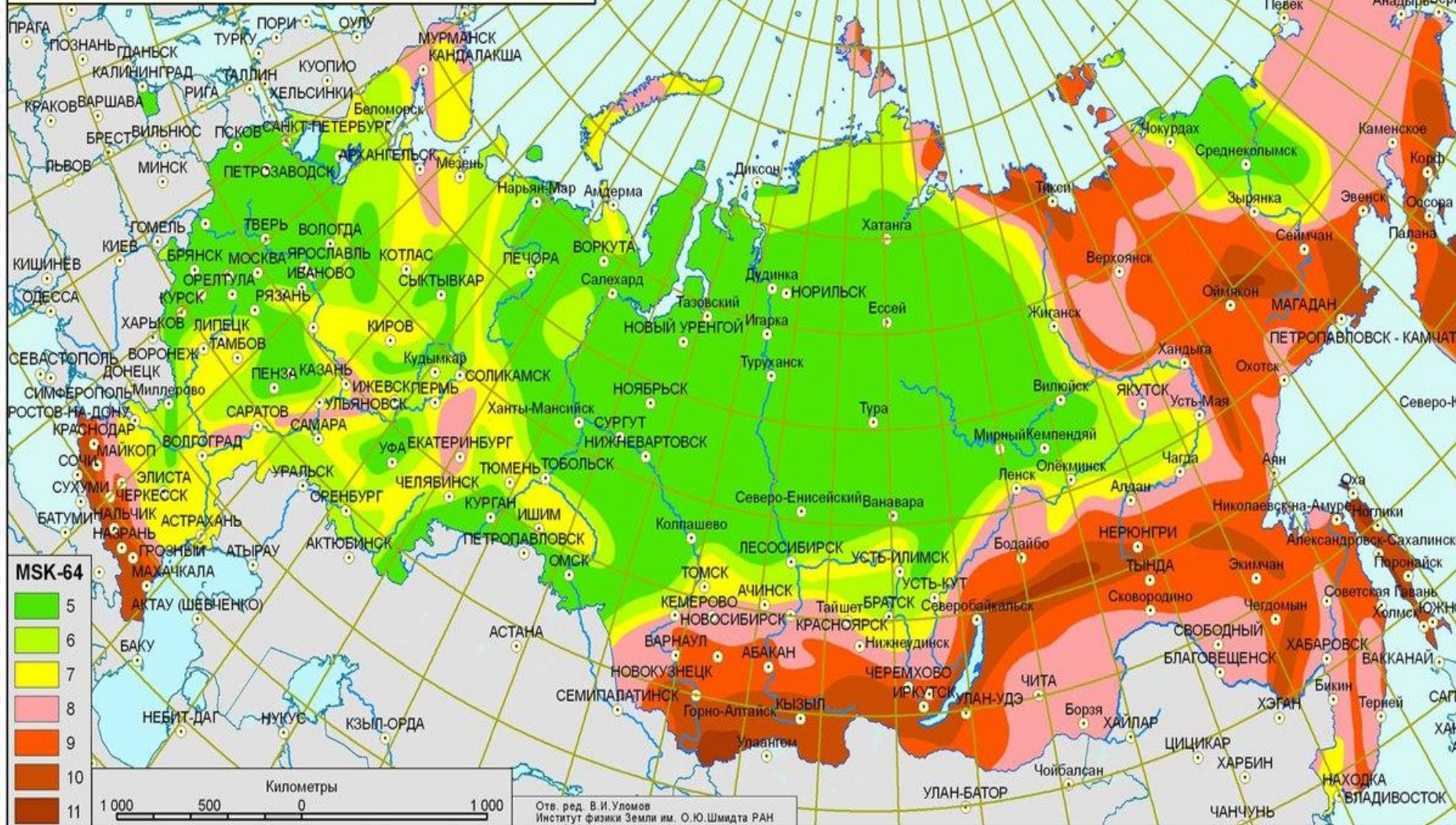
Вывод:

Таким образом, можно смоделировать состояния несущих конструкций зданий, подвергающиеся интенсивным сейсмическим воздействиям. Изучить динамику сооружений, используя данные формулы, можно легко определить максимальные инерционные силы или сейсмические нагрузки.



Сейсмическое районирование России

**СЕЙСМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Карта ОСР-97D с вероятностью 0.5% возникновения
и возможного превышения сейсмической интенсивности
в баллах шкалы MSK-64 в течение 50 лет
(период повторяемости $T=10000$ лет)



Средний интервал времени между землетрясениями в некоторых пунктах Восточной Сибири.

Название региона	Название пункта	Сила землетрясения по карте ОСР-97-В, баллы	Средний интервал времени, лет
Восточная Сибирь	Улан-Удэ	8	650
	Новоселенгинск	8	880
	Кяхта	8	930
	Иркутск	9	2940





**Торгово-досуговый центр по ул.
Бабушкина и гостиница "Верхнеудинск"
по ул.Гражданская г.Улан-Удэ**



Сейсмограф





Спасибо за внимание!