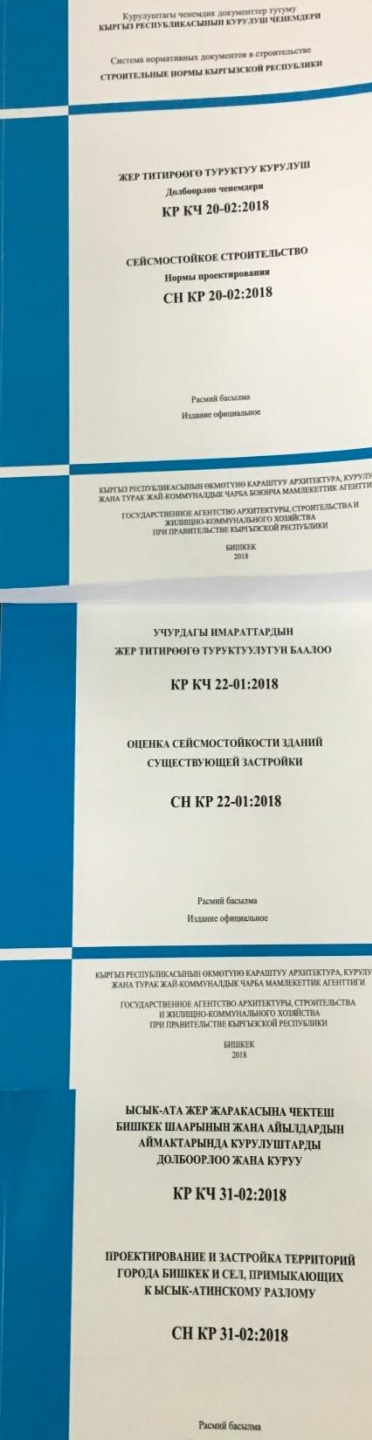


СУЩЕСТВУЮЩИЕ НОРМЫ СЕЙСМОСТОЙКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И ЗДАНИЯ С СИСТЕМАМИ СЕЙСМОИЗОЛЯЦИИ В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Бегалиев У.Т., президент Международной ассоциации экспертов по сейсмостойкому строительству (МАЭСС),
ректор Международного университета инновационных технологий (МУИТ)

Разработчики строительных норм и имеющие научные исследования в области сейсмостойкого строительства

- Государственный институт сейсмостойкого строительства и инженерного проектирования Госстроя КР (ГИССиИП);
- Международная ассоциация экспертов по сейсмостойкому строительству (МАЭСС) (АО «КазНИИСА», Институт сейсмологии НАН КР, КГУСТА им. Н. Исанова, ОАО «Промпроект»; МУИТ);
- Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова (КГУСТА);
- Международный университет инновационных технологий (МУИТ)
- Кыргыско-Российский Славянский Университет.



Новые строительные нормы Кыргызской Республики

За 2018 г. по заказу Госстроя КР были разработаны 22 документа в виде строительных правил (СП) и строительных норм (СН). Из них в области сейсмостойкого строительства:

- СН КР 20-02:2018 «Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования» (введены в действие с 01.03.2019 г. приказом Госстроя КР от 31.12.2018г. №32. Параллельно действует старый СНиП КР 20-02:2009 до 01.03.2021 г.)
- СН КР 22-01:2018 «Оценка сейсмостойкости зданий существующей застройки» (введены в действие с 01.03.2019 г. приказом Госстроя КР от 31.12.2018г. №31)
- СН КР 31-02:2018 «Проектирование и застройка территорий города Бишкек и сел, примыкающих к Ысык-Атинскому разлому» (введены в действие с 01.03.2019 г. приказом Госстроя КР от 31.12.2018г. №33. Параллельно действует старый СНиП КР 31-02:2008 до 02.03.2020 г.)

Требования СН КР 20-02:2018

Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования

- **Введены в СН КР 20-02:2018 следующие документы, разработанные Институтом сейсмологии НАН КР:**
 - Карта распределения максимальной локальной магнитуды M_{LN} активных разломов и их сегментов, генерирующих землетрясения Кыргызстана;
 - Карта пиковых ускорений в скальных грунтах для горизонтальной составляющей сейсмических колебаний на территории Кыргызстана;
 - Карта интенсивности сотрясений земной поверхности в баллах при вероятных максимальных землетрясениях на территории Кыргызстана;
 - Список населенных пунктов Кыргызской Республики с указанием сейсмической опасности их территорий в баллах и пиковых ускорениях.

Требования СН КР 20-02:2018

Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования

- Влияние грунтового основания площадки строительства на сейсмическую реакцию конструкций здания определяется на основании механических свойств грунта.
- Классификация характеристик грунта включает четыре основных типа по сейсмическим свойствам (IA, IB, II, III).
- Типы грунтовых условий дополнительно определяются в зависимости от распространения скоростей поперечных волн в поверхностных 30- и 10-ти метровых толщах

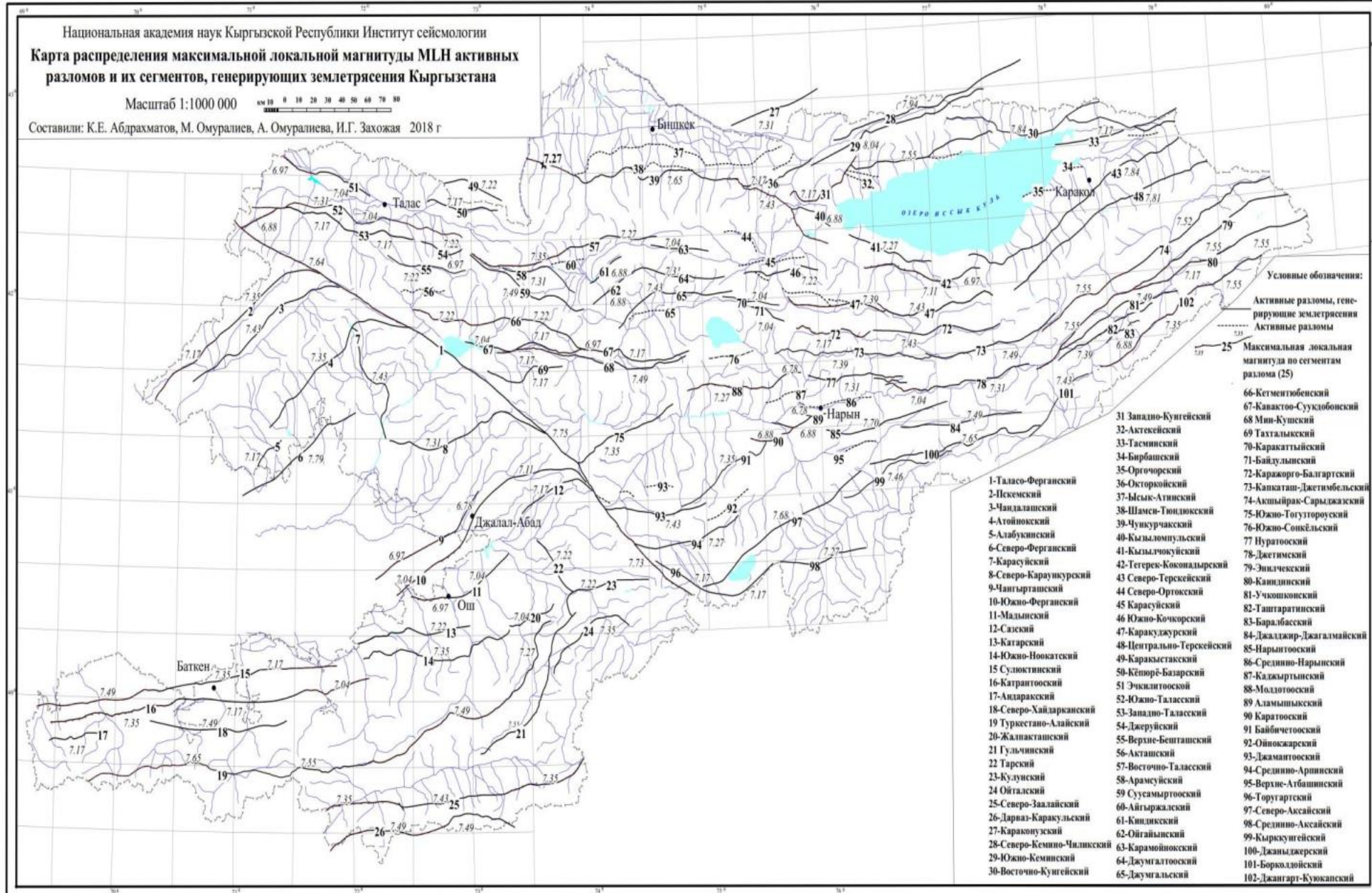
$$v_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{v_i}}, \quad v_{s,10} = \frac{10}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{v_i}},$$

Карта распределения максимальной локальной магнитуды MLN активных разломов и их сегментов, генерирующих землетрясения Кыргызстана, разработанная и утвержденная ИС НАН КР от 29.11.2018г. (Абдрахматов К.Е. и др.)

Национальная академия наук Кыргызской Республики Институт сейсмологии
Карта распределения максимальной локальной магнитуды MLN активных разломов и их сегментов, генерирующих землетрясения Кыргызстана

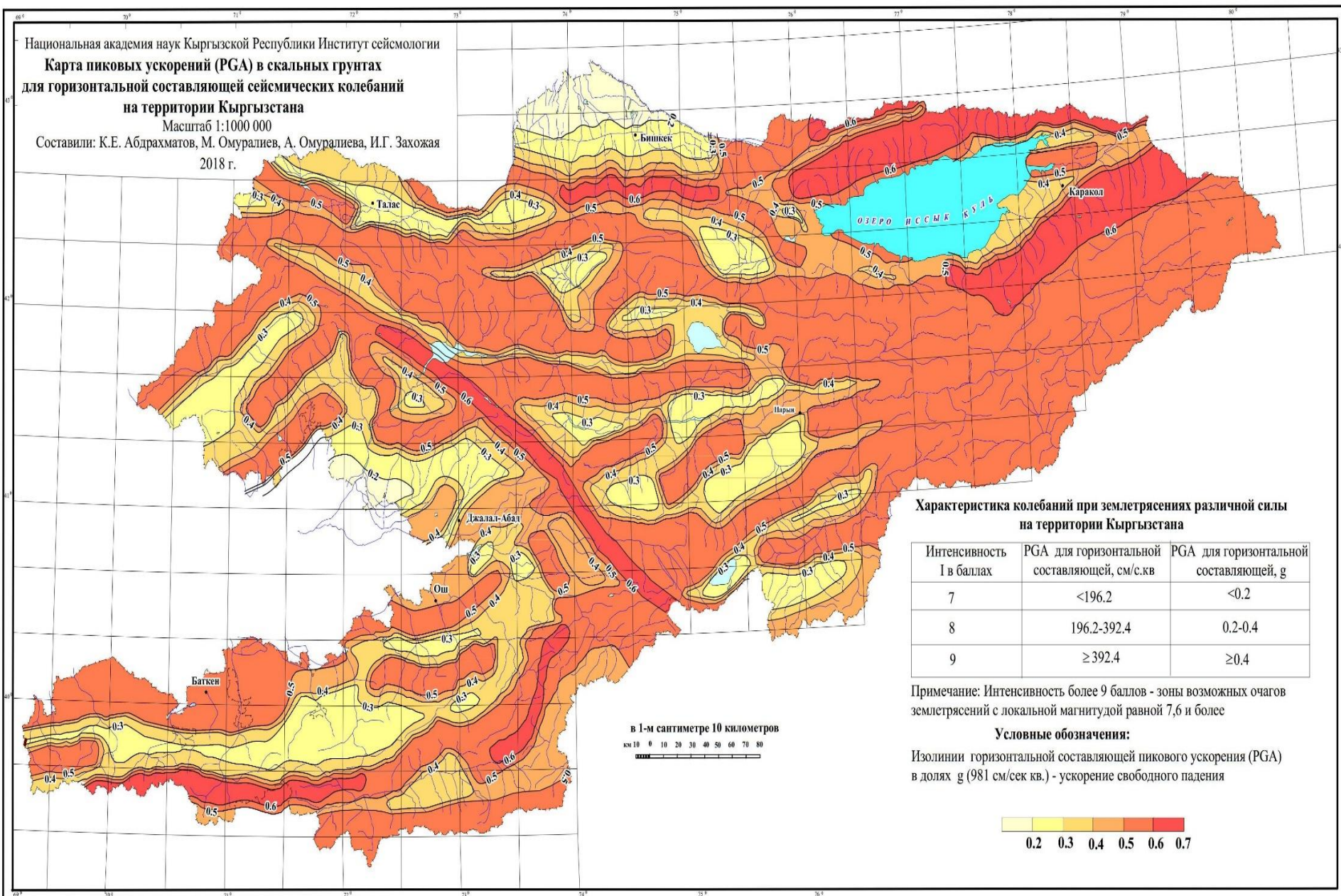
Масштаб 1:1000 000

Составили: К.Е. Абдрахматов, М. Омуралиев, А. Омуралиева, И.Г. Захоя 2018 г



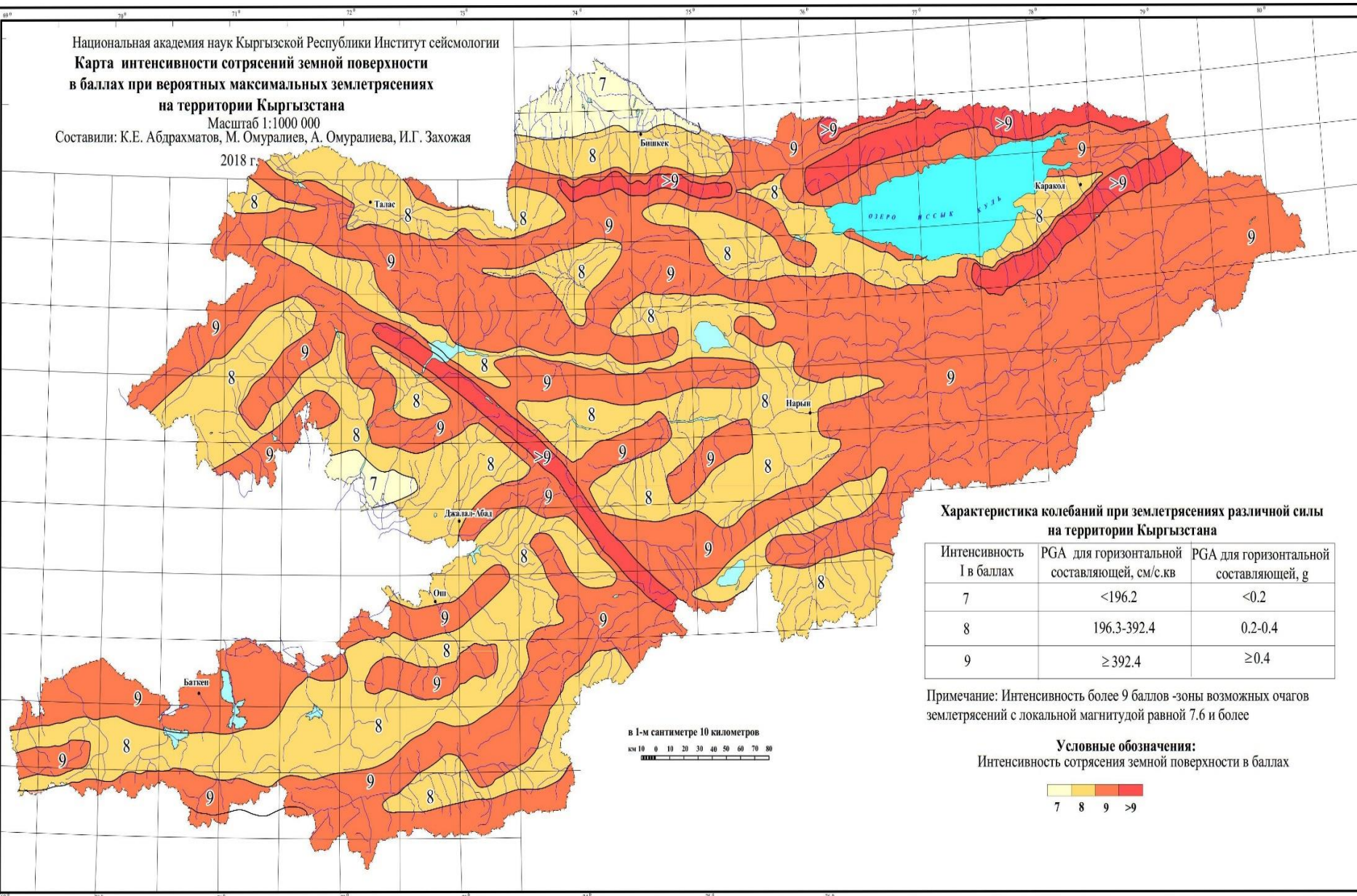
Карта пиковых ускорений в скальных грунтах для горизонтальной составляющей сейсмических колебаний на территории Кыргызстана, разработанная и утвержденная ИС НАН КР от 29.11.2018г. (Абдрахматов К.Е. и др.)

Национальная академия наук Кыргызской Республики Институт сейсмологии
Карта пиковых ускорений (PGA) в скальных грунтах
для горизонтальной составляющей сейсмических колебаний
на территории Кыргызстана
 Масштаб 1:1000 000
 Составили: К.Е. Абдрахматов, М. Омуралиев, А. Омуралиева, И.Г. Захожая
 2018 г.



Карта интенсивности сотрясений земной поверхности в баллах при вероятных максимальных землетрясениях на территории Кыргызстана, разработанная и утвержденная ИС НАН КР от 29.11.2018г. (Абдрахматов К.Е. и др.)

Национальная академия наук Кыргызской Республики Институт сейсмологии
**Карта интенсивности сотрясений земной поверхности
 в баллах при вероятных максимальных землетрясениях
 на территории Кыргызстана**
 Масштаб 1:1000 000
 Составили: К.Е. Абдрахматов, М. Омуралиев, А. Омуралиева, И.Г. Захожая
 2018 г.



Характеристика колебаний при землетрясениях различной силы на территории Кыргызстана

Интенсивность I в баллах	PGA для горизонтальной составляющей, см/с.кв	PGA для горизонтальной составляющей, g
7	<196.2	<0.2
8	196.3-392.4	0.2-0.4
9	≥ 392.4	≥ 0.4

Примечание: Интенсивность более 9 баллов -зоны возможных очагов землетрясений с локальной магнитудой равной 7.6 и более

Условные обозначения:
 Интенсивность сотрясения земной поверхности в баллах



Список населенных пунктов Кыргызской Республики с указанием показателей сейсмической опасности: интенсивность сотрясения (IPE) в баллах, пиковое ускорение (PGA1) в грунтах для горизонтальной составляющей сейсмического колебания в долях $g=981 \text{ см/сек}^2$, которые относятся к "скальным" типам грунтовых условий по сейсмическим свойствам

Населенный пункт	IPE	PGA1, a_{gR}	Значения расчетных ускорений a_g (в долях g) на площадках строительства с типами грунтовых условий			
			IA	IB	II	III
Алмалуу	9	0.50	0.50	0.50	0.55	0.65
Баткен	9	0.49	0.49	0.49	0.54	0.64
Бишкек	8	0.28	0.28	0.32	0.36	0.47
Боконбаево	9	0.49	0.49	0.49	0.54	0.64
Бордунский	9	0.50	0.50	0.50	0.55	0.65
Джалал-Абад	8	0.29	0.29	0.32	0.37	0.47
Каракол	8	0.30	0.30	0.33	0.38	0.48
Нарын	9	0.40	0.40	0.40	0.44	0.52
Ош	9	0.40	0.40	0.40	0.44	0.52
Талас	8	0.29	0.29	0.32	0.37	0.47
Чаувай	9	0.50	0.50	0.50	0.55	0.65

Требования СН КР 20-02:2018

Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования

- Детализированы требования к выбору расчетных моделей здания;
- Расчетные сейсмические нагрузки определяются с учетом пиковых ускорений грунтов;
- Характеристики сейсмической интенсивности в баллах используются при выборе конструктивных решений зданий и сооружений;
- Учет классов ответственности зданий по назначению и этажности выполняется с помощью коэффициента ответственности;
- Для горизонтальных и вертикальных компонентов сейсмического воздействия используются два разных спектра расчетных реакций;
- Конструктивные схемы зданий классифицированы на регулярные, умеренно нерегулярные и чрезмерно нерегулярные в плане и по высоте;
- Изменены условия учета комбинаций модальных реакций от компонент сейсмического воздействия.

Требования СН КР 20-02:2018 Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования

Классы ответственности зданий по назначению

Классы	Здания
I	Здания второстепенной важности для общественной безопасности, например, сельскохозяйственные здания и т.д.
II	Обычные здания, не принадлежащие к другим категориям.
III	Здания, сейсмическое сопротивление которых важно с точки зрения последствий, связанных с их разрушением.
IV	Здания, целостность которых во время землетрясения важна для гражданской защиты и уникальные здания.

Классы ответственности зданий по этажности

Классы	Характеристика класса ответственности	Высота
I	Малоэтажные здания	1-2 этажа
II	Здания средней этажности	3-5 этажей
III	Многоэтажные здания	6-12 этажей
IV	Здания повышенной этажности	13-18 этажей
V	Высотные здания	более 18 этажей

Требования СН КР 20-02:2018 Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования

Значения коэффициентов ответственности

Классы ответственств. зданий		Значения коэффициентов γ_{Ih} и γ_{Iv} , применяемые при определении эффектов сейсмических воздействий	
по назнач.	по этажн.	горизонтальных	вертикальных
I	I	$\gamma_{Ih}=0,5$	$\gamma_{Iv}=0,5$
II	I-II	$\gamma_{Ih}=1,0$	$\gamma_{Iv}=1,0$
	III-V	$1,06 \leq 1,0 + 0,06 \cdot (n-5) \leq 1,8$	$1,04 \leq 1,0 + 0,04 \cdot (n-5) \leq 1,5$
III	I-II	$\gamma_{Ih}=1,25$	$\gamma_{Iv}=1,25$
	III-V	$1,295 \leq 1,25 + 0,045 \cdot (n-5) \leq 1,8$	$1,27 \leq 1,25 + 0,02 \cdot (n-5) \leq 1,5$
IV	I-II	$\gamma_{Ih}=1,5$	$\gamma_{Iv}=1,5$
	III-V	$1,53 \leq 1,5 + 0,03 \cdot (n-5) \leq 1,8$	$\gamma_{Iv}=1,5$

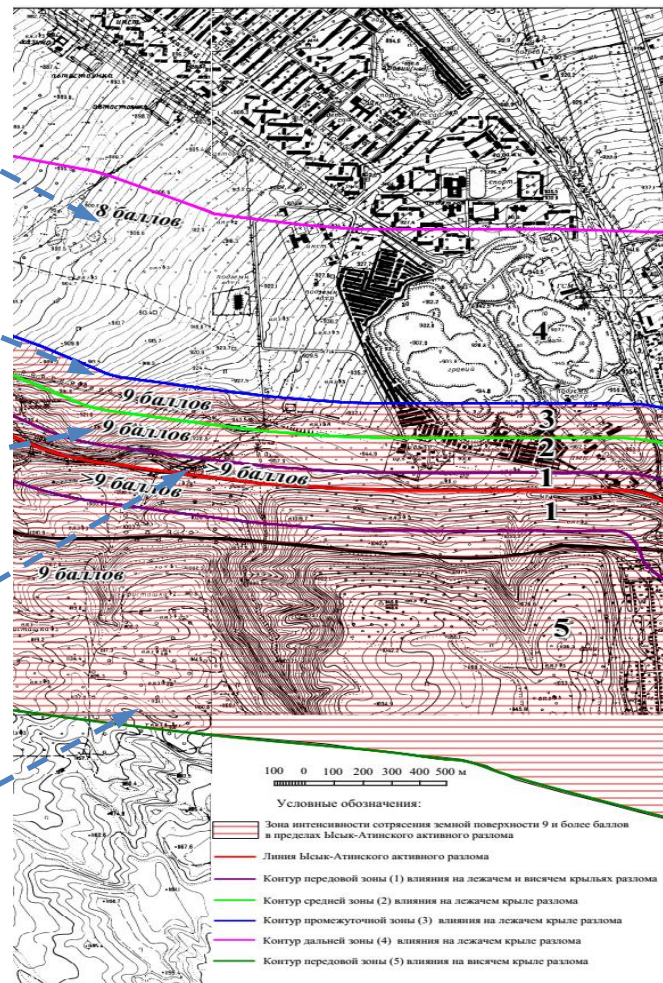
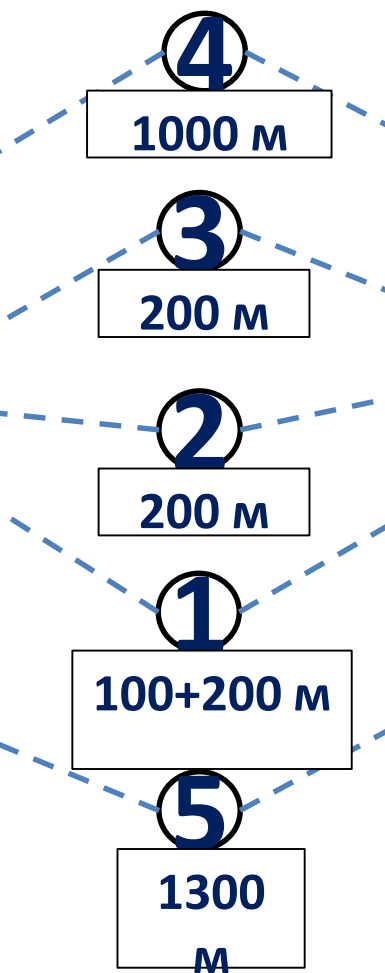
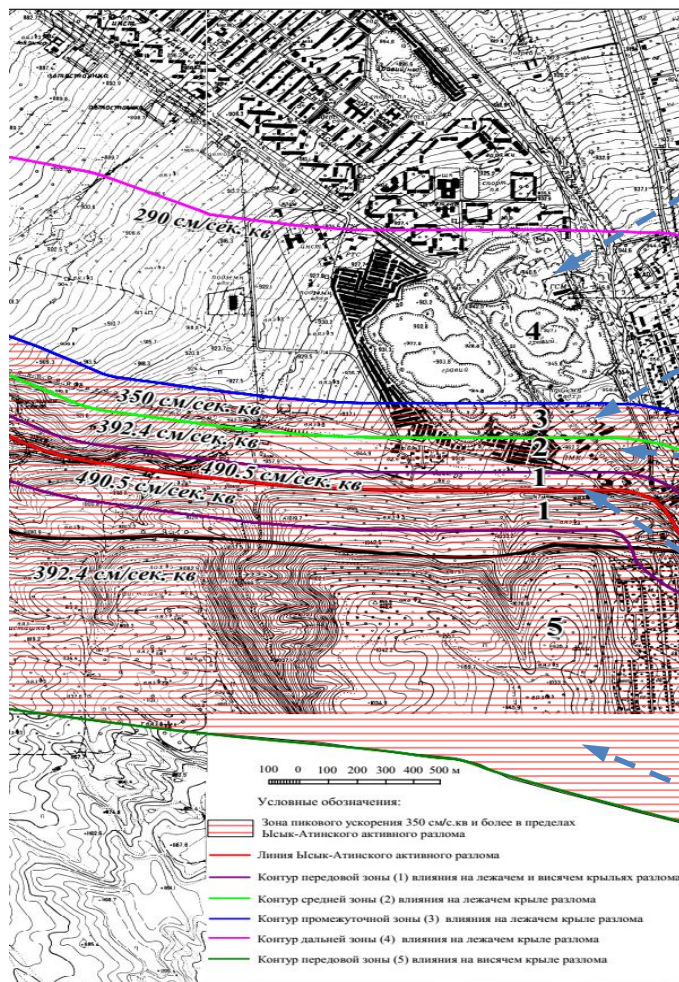
Требования СН КР 31-02:2018

Проектирование и застройка территории г.Бишкек и сел, примыкающих к Ысык- Атинскому разлому

- Разработаны новые карты разлома на основе его исследования;
- Изменены подзоны влияния Ысык-Атинского разлома;
- Положения по расчету зданий и сооружений на основании требований СН КР 20-02:2018;
- Критерии регулярности зданий по высоте и в плане;
- Рекомендуются применение конструктивных систем в виде рамно-связевого и связевого каркаса, и железобетонных стеновых;
- Внесены изменения к требованиям объемно-планировочных решений и предельным значениям размеров отсеков зданий в плане и по высоте.

Требования СН КР 31-02:2018 Проектирование и застройка территории г.Бишкек и сел, примыкающих к Ысык-Атинскому разлому

Зоны влияния разлома, в метрах



Требования СН КР 31-02:2018 Проектирование и застройка территории г.Бишкек и сел, примыкающих к Ысык-Атинскому разлому

- Значение коэффициента $S(agR)$, зависящее от типа грунтовых условий площадки строительства по сейсмическим свойствам и величины пикового ускорения agR соответственно, определяются по СН КР 20-02:2018 «Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования».
- Значение коэффициента $S(agR)$ для площадок строительства, расположенных в зоне 4, следует умножать на коэффициент kgF , учитывающий расстояние от площадки строительства до магистральной линии Ысык-Атинского разлома. Значения коэффициента kgF определяется с помощью выражения:

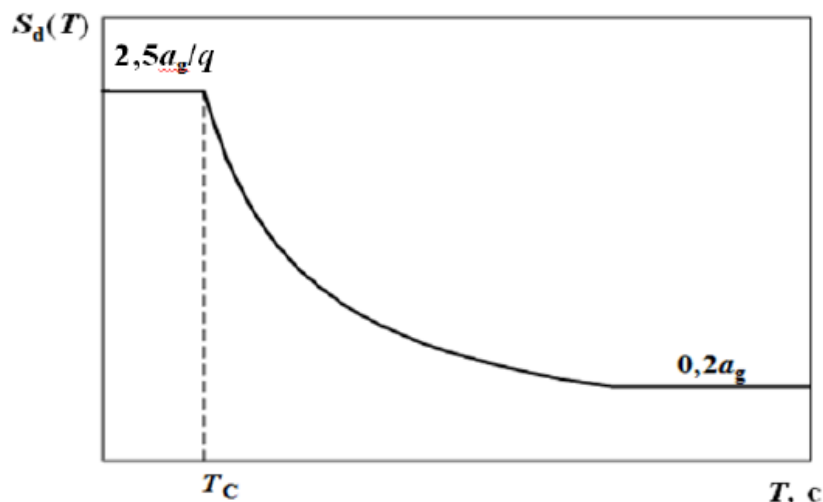
$$1,0 \leq kgF = 1,25 - 0,0002 \cdot R \leq 1,2$$

Требования СН КР 31-02:2018 Проектирование и застройка территории г.Бишкек и сел, примыкающих к Ысык-Атинскому разлому

Спектры расчетных реакций для горизонтальных компонент
сейсмического воздействия

$$0 \leq T \leq T_C: \quad S_d(T) = a_g \cdot \frac{2,5}{q}$$

$$T \geq T_C \quad S_d(T) = a_g \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[\frac{T_C}{T} \right], \text{ но не менее } \beta \cdot a_g$$



Тип грунтовых условий по сейсмическим свойствам	T_C, c
IA	0,48
IB и II	0,72
III	0,96

Требования СН КР 31-02:2018 Проектирование и застройка территории г.Бишкек и сел, примыкающих к Ысык-Атинскому разлому

Несущие конструкции здания	Высота, м (число этажей), при зоне влияния Ысык-Атинского разлома		
	Зоны 2 и 5	Зона 3	Зона 4
1 Железобетонные и металлические каркасы связевые и рамно-связевые	4 (1)	7 (2)	42 (12)
2 Железобетонные стены а) монолитные б) крупнопанельные	8 (2) 8 (2)	16 (4) 16 (4)	42 (12) 32 (9)
П р и м е ч а н и е – За высоту здания принимается разность отметок среднего уровня спланированной поверхности земли, примыкающей к зданию, и верха наружных стен (без учета верхних технических и мансардных этажей) или низа стропильных конструкций			

Требования СН КР 22-01:2018 Оценка сейсмостойкости зданий существующей застройки

Обследование предварительное, локальное и детальное;

Методы и средства проведения обследования;

Сейсмостойкость здания оценивается с помощью коэффициента сейсмостойкости (безопасности):

$$r_s = \frac{C}{D},$$

Классификация зданий существующей застройки по степени сейсмостойкости

ПушOVER анализ конструкций здания

Техника безопасности при проведении инженерного обследования

Требования СН КР 22-01:2018 Оценка сейсмостойкости зданий существующей застройки

Характеристика зданий и сооружений	$r_s = \frac{C}{D}$
1. Здания и сооружения, повреждения которых способны вызвать экологические последствия; здания и сооружения, в которых остаточные деформации и локальные повреждения конструкций не допускаются	1,0
2. Особо ответственные здания и сооружения	
3. Здания и сооружения, функционирование которых необходимо при ликвидации последствий землетрясений и для защиты населения	0,8
4. Здания и сооружения, эксплуатация которых связана с длительным скоплением в них большого количества людей здания музеев; памятники, представляющие большую художественную и историческую ценность	
5. Здания дошкольных учреждений, школ, высших учебных заведений, больниц, домов престарелых и т.п.	
6. Здания и сооружения (жилые, административные, общественные, производственные, сельскохозяйственные и т.п.)	0,5
7. Малоответственные здания и сооружения, повреждения которых не представляют угрозы для безопасности людей, не вызывают прекращения непрерывных технологических процессов или загрязнения окружающей среды	без учета сейсмических воздействий (по согл. с заказчиком)

Вибрационные испытания зданий в г.Бишкек (Фрунзе)

- Фрагмент здания на шаровых опорах на платформе ГИССИП
- 3-этажное кирпичное здание по ул.Мессароша,
- 3-этажное здание с монолитными стенами в 110 квартале,
- 9-этажное крупнопанельное здание со скользящими опорами по ул.Иваницына,
- 2-этажное здание безригельного каркаса по ул.Энгельса,
- 9-этажное крупнопанельное здание в мкрн. Тунгуч



3-этажный дом
с монолитными
стенами
в 110 квартале



Первое использование скользящего пояса в Киргизии началось в 1982 году в двух 3-этажных кирпичных зданиях комплексной конструкции на площадке сейсмичностью более 9 баллов. Затем в 1985 году скользящий пояс был применен в 5-этажном и 9-этажном крупнопанельных зданиях типовой серии 105 с расчетной сейсмичностью 8 баллов.

Все эти здания были подвержены натурным статическим и вибрационным испытаниям с целью: - изучения кинематических параметров деформирования и колебаний надземных конструкций зданий при статических и динамических нагрузках; - и экспериментального определения порогов срабатывания элементов скользящего пояса. Статические испытания проводились с помощью гидравлических домкратов, которые устанавливались в специальные ниши в уровне скользящего пояса. Вибрационные испытания проводились с помощью вибромашины В-3, установленной на покрытии.

В результате исследований была подтверждена работоспособность системы сейсмоизоляции в виде скользящего пояса и физическая реализуемость процессов скольжения при статических и динамических нагрузках. Коэффициент трения на разных этапах испытаний имел достаточно стабильное значение и находился в пределах 0,04 – 0,07.

Скольжение в опорах при вибрационных испытаниях 9-этажного ($T=0,4$ с) было отмечено на этапах нагружений при усилии на валу вибромашины 136 кН. При этом коэффициент динамичности, определенный как отношение перерезывающей силы в уровне скользящего пояса к усилию на валу вибромашины составлял 23, что характерно для крупнопанельных зданий на плотных грунтах. Далее, максимально достигнутое усилие на валу вибромашины составило 356 кН, при этом перерезывающая сила в уровне скользящего пояса составила 2893 кН при весе конструкций здания 47000 кН, а коэффициент динамичности снизился до 5, что характеризует процесс интенсивной диссипации энергии за счет сил сухого трения.

Распределение абсолютных ускорений и перемещений по длине и высоте зданий показал, что максимальные ускорения верха зданий составили 0,12g при амплитуде перемещений 1,68 мм для 5-этажного здания (в продольном направлении $T=0,165$ с) и 0,15g при амплитуде перемещений 7,2 мм для 9-этажного здания (в поперечном направлении $T=0,4$ с). В обоих случаях здания перемещались при незначительных деформациях несущих конструкций по высоте (1,03 мм на 15 м высоты стен для 5 этажей и 2,7 мм на 27 м высоты стен для 9 этажей).

Существенное снижение деформаций несущих конструкций зданий со скользящим поясом по сравнению с обычными крупнопанельными зданиями является основным показателем эффективности системы сейсмоизоляции и происходит вследствие ограничения ускорений и инерционных нагрузок на надземную часть здания при начале скольжения в опорах, резкого увеличения в этой стадии диссипации энергии за счет сил трения скольжения, а также наложения при скольжении двух и более форм колебаний, включая сдвиго-изгибные колебания, качание здания на грунте и плоскопараллельные перемещения надземной части здания по скользящему поясу, что приводит к сдвигам фаз колебаний конструкций разных этажей и, следовательно, к достижению максимальных ускорений в разные моменты времени.

В целом вибрационные испытания 5-ти и 9-этажного объектов подтвердили правильность расчетных предпосылок, принятых на стадии проектирования, идентичность параметров статического и динамического скольжения опор и физическую реализуемость процессов относительного скольжения в опорах с ограничением внутренних усилий в панелях стен и их сопряжениях. Показана эффективность использования скользящих опор совмещенного типа с наклонными участками скольжения, предназначенных для ограничения перемещений и возвращения здания в сторону исходного положения во время динамического воздействия.

Опыт проектирования и строительства в г. Фрунзе (ныне г. Бишкек) двух экспериментальных крупнопанельных домов, результаты их натурных испытаний позволили выполнить комплексную оценку принятых конструктивных решений элементов сейсмоизоляции, технологичности их изготовления и монтажа, соблюдения проектных требований в процессе строительства. Дальнейшее совершенствование конструкций фундаментов и ростверка осуществлено при разработке проектных решений 9-этажных крупнопанельных домов для строительства в 12-ом микрорайоне г. Фрунзе (сейсмичность площадки строительства 9 баллов). В зданиях применены сборно-монолитные конструкции пояса и ростверка, которые собирались из 14 типоразмеров и изготавливались на домостроительном комбинате в специальных формах. До 1990 года в 12-ом микрорайоне было построено 40 домов. Применение скользящего пояса позволило осуществить застройку микрорайона 9-этажными домами вместо 5-этажных. При этом без изменения технологической линии производства были использованы типовые конструкции и изделия крупнопанельных домов для строительства на площадках с сейсмичностью 8 баллов.

Испытательная платформа ГИССИП

Испытательная платформа представляет собой массивную железобетонную фундаментную конструкцию, состоящую из верхней и нижней части. Платформа имеет прямоугольную форму в плане с размерами 6,5 х 5,75 м, а её общий вес составляет 69 тонн. Нижняя часть платформы установлена на грунтовом основании. Верхняя часть платформы является подвижной в горизонтальной плоскости, и опирается на нижнюю часть при помощи четырёх шаровых опор. Шаровые опоры представляют собой шары диаметром 300 мм из ковкого чугуна, расположенные между двумя вогнутыми поверхностями металлических поддонов ($R = 850$ мм). Шаровые опоры расположены в четырех углах платформы.

Динамические испытания платформы ГИССиИП Госстроя КР проводились с помощью вибромашины типа В-3, являющейся единственной созданной и в рабочем состоянии машиной в Кыргызской Республике для экспериментального изучения сейсмостойкости натурных зданий и сооружений.



Общий вид вибромашины и платформы на шаровых опорах

Испытательная платформа ГИССИП



Схема объектов зданий со системами сейсмоизоляции по г. Бишкек

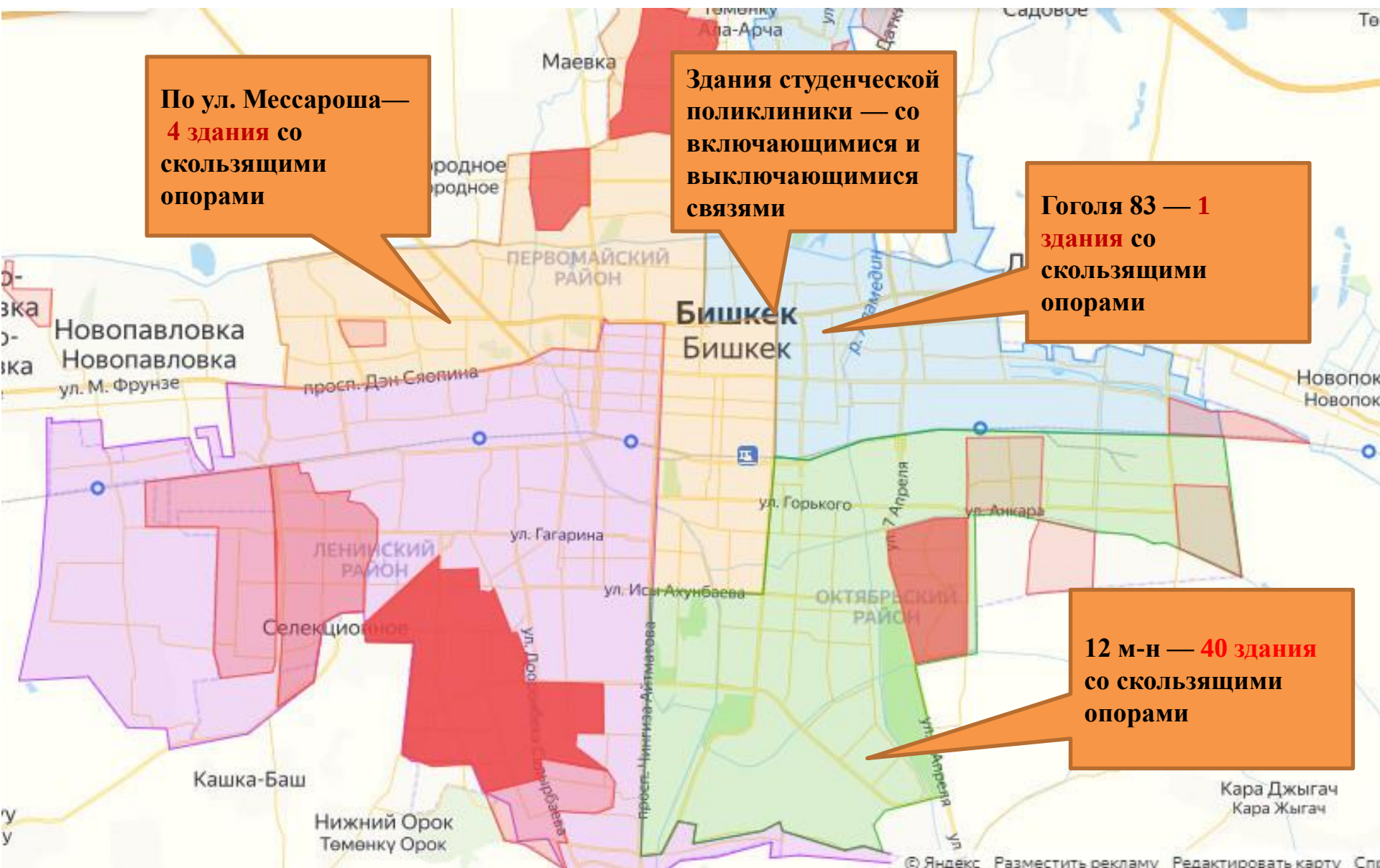
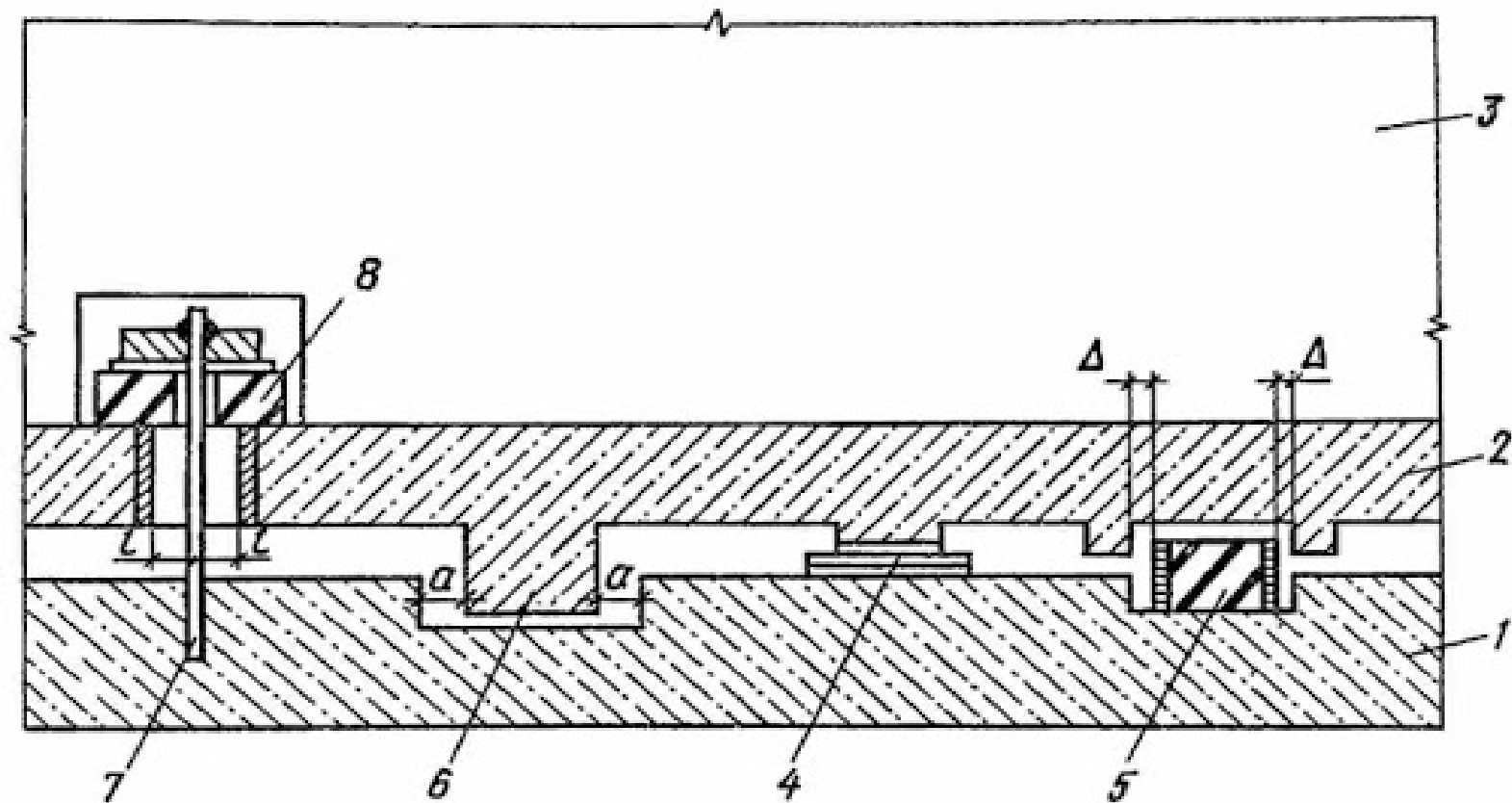
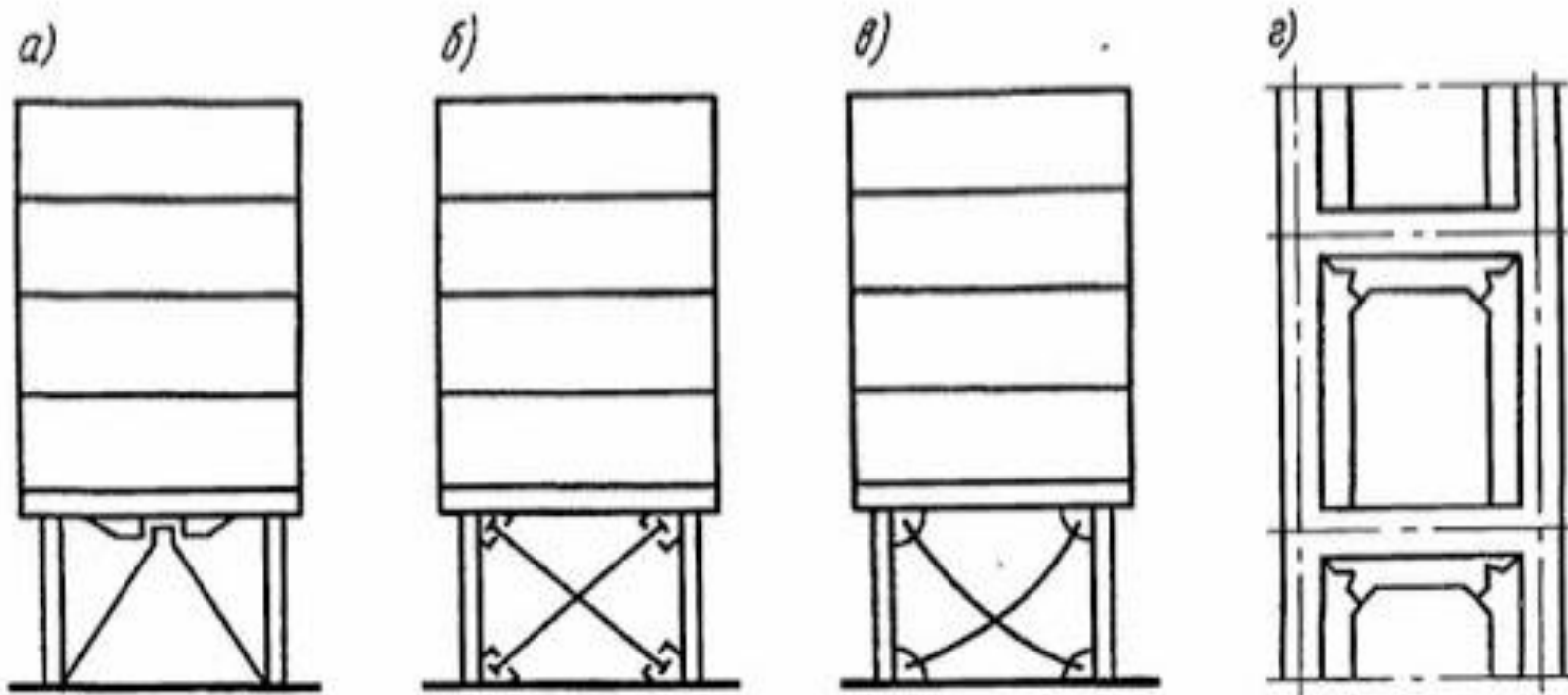


Схема элементов скользящих опор



1 – верхняя обвязка фундаментов (стен подвала или технического подполья); 2 – ростверк; 3 – подземные конструкции здания; 4 – скользящая опора; 5 – упругий ограничитель горизонтальных перемещений (демпфер); 6 – жесткий ограничитель горизонтальных перемещений (упор); 7 – ограничитель вертикальных перемещений (вертикальная связь); 8 – вертикальный амортизатор

Схема элементов сейсмозащита здания с помощью включающихся и выключающихся связей



а) – упоры-ограничители; б) – упругие связи; в) – провисающие растяжки; г) – жесткие панели.



Схема расположения зданий со скользящими опорами по ул. Мессарова



Общий вид зданий со скользящими опорами по ул. Мессароша



Общий вид элементов скользящих опор



Общий вид зданий по ул. Мессароша — на резино-металлических опорах



Общий вид элементов скользящих опор

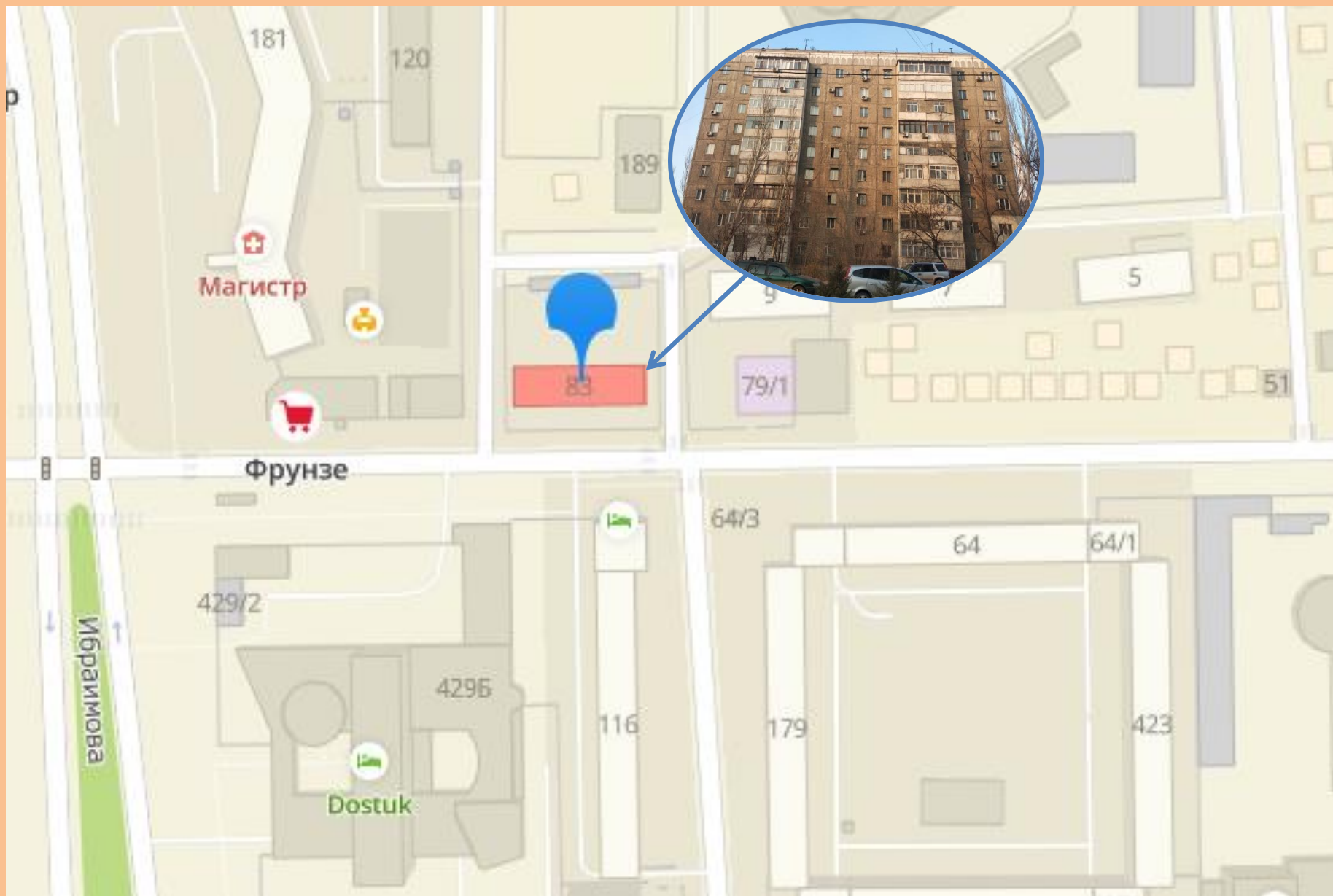
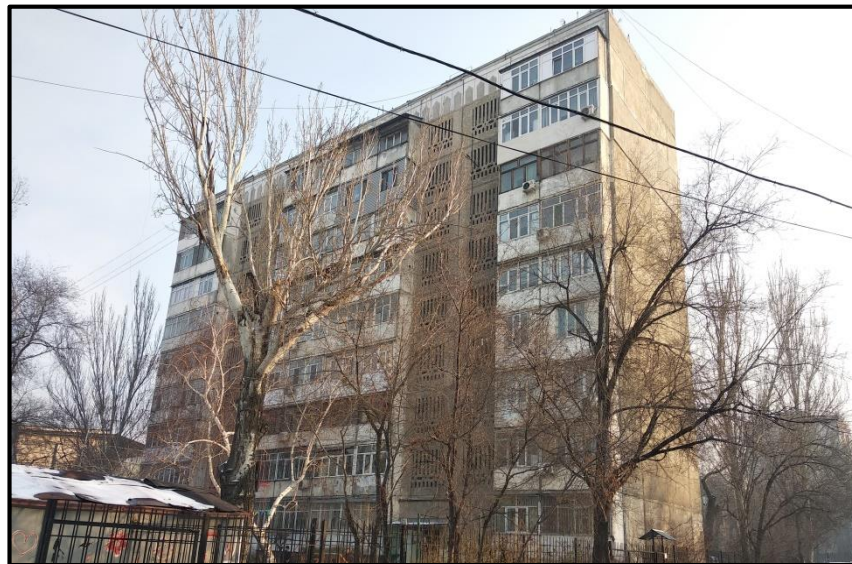
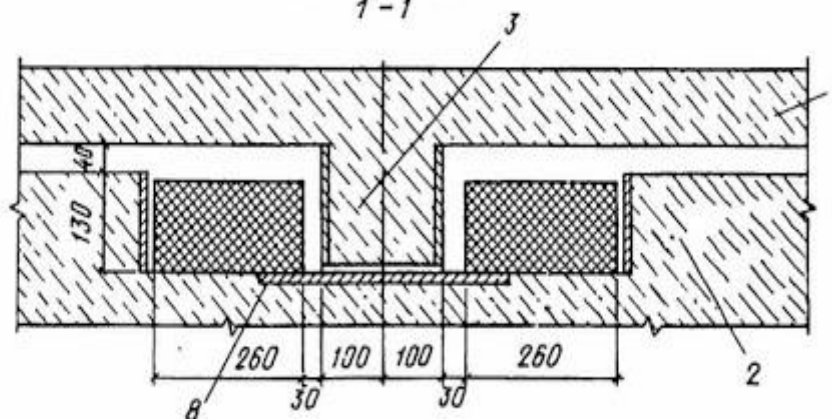
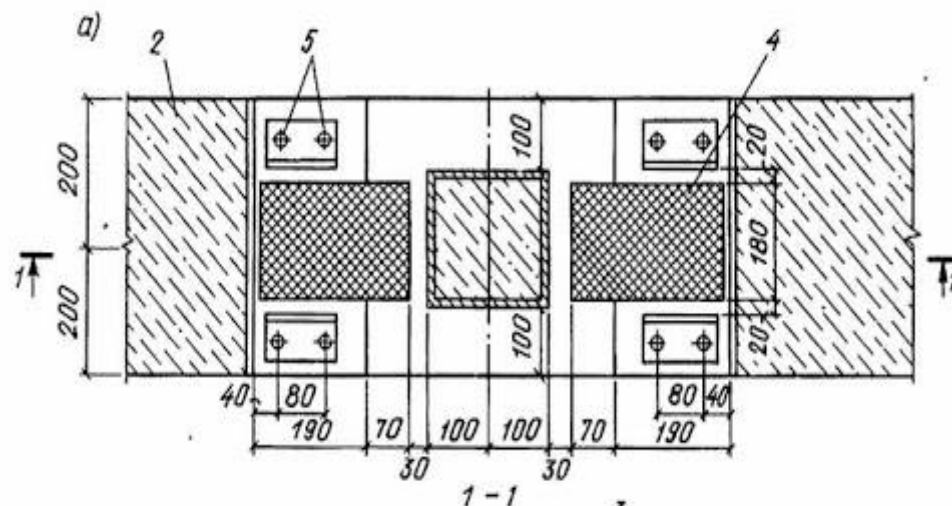


Схема расположения здания по ул. Гоголя 83 — со скользящими опорами

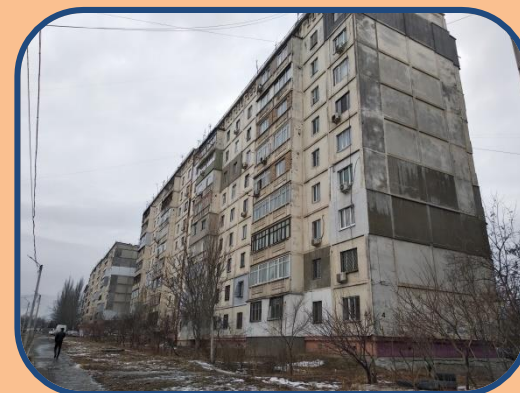


Общий вид здания по ул. Гоголя 83 — со скользящими опорами

Общий вид и схема элементов скользящих опор



1 – железобетонный ростверк; 2 – упор; 3 – скользящая опора; 4 – резинометаллический демпфер; 5 – анкерный болт защитного уголка; 6 – заделка холодной мастикой; 7 – верхняя пластина из фторопласта -4; 8 – нижняя стальная пластина



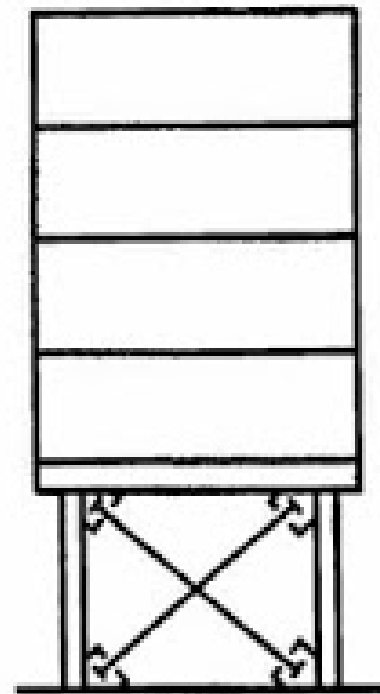
Общий вид зданий - со скользящими опорами

Общий вид элементов скользящих опор





Схема расположения здания городской студенческой поликлиники – со включающимися и выключающимися связями



**Общий вид здания
городской студенческой
поликлиники — со
включающимися и
выключающимися
связями**

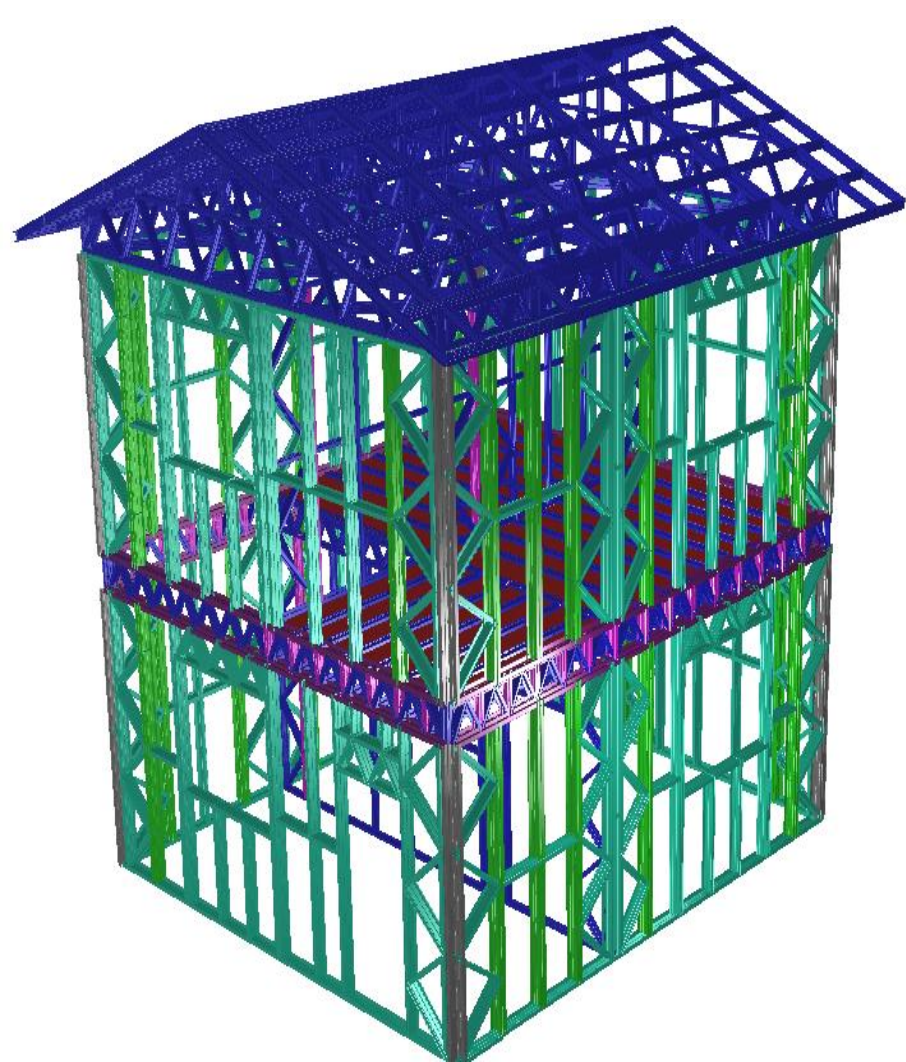
**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ЗДАНИЯ
ИЗ ЛЕГКИХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Требование СН КР 20-02:2018 «Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования»

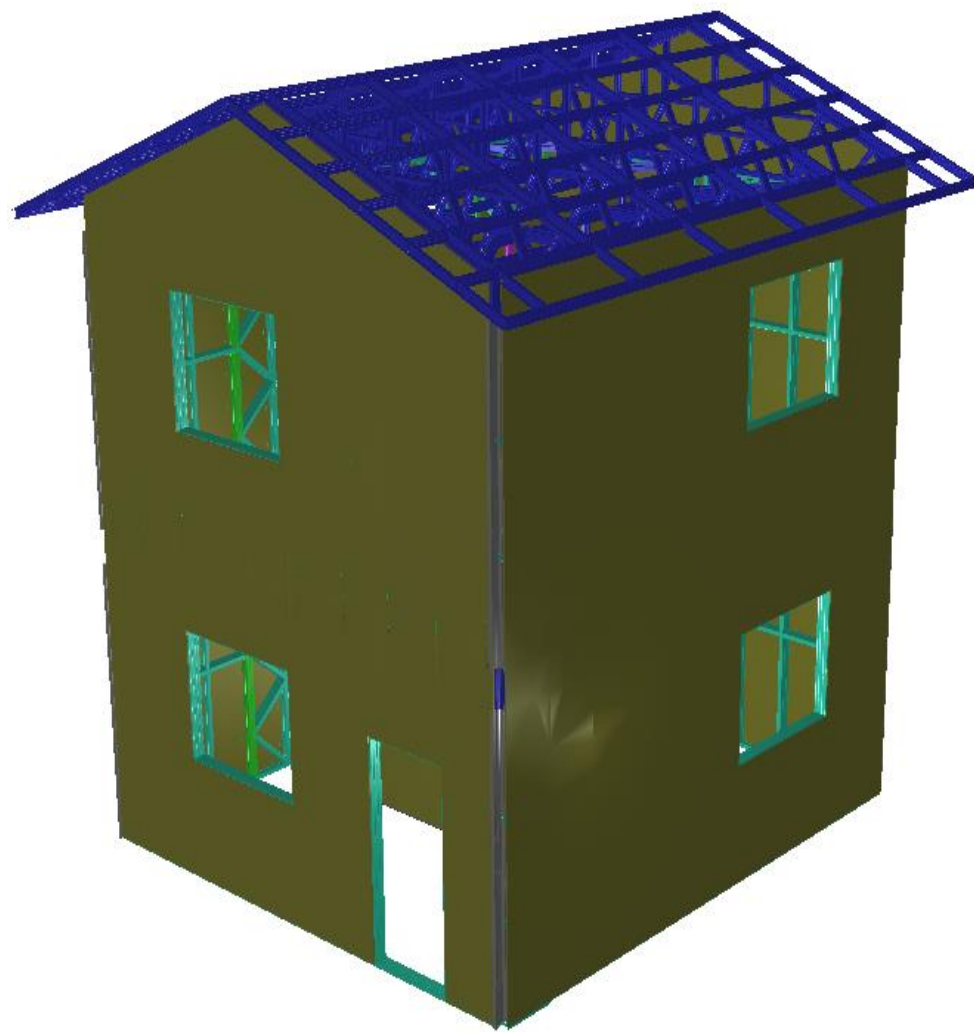
п.1.8 СН КР 20-02:2018

Новые конструктивные системы зданий и сооружений, а также новые материалы и конструкции, до их применения в строительстве должны пройти соответствующую экспериментальную проверку и техническое освидетельствование на пригодность на площадках с сейсмичностью 7, 8, 9 и более 9 баллов.

Результаты расчётов 2-этажного здания из ЛСТК по программе STRAP

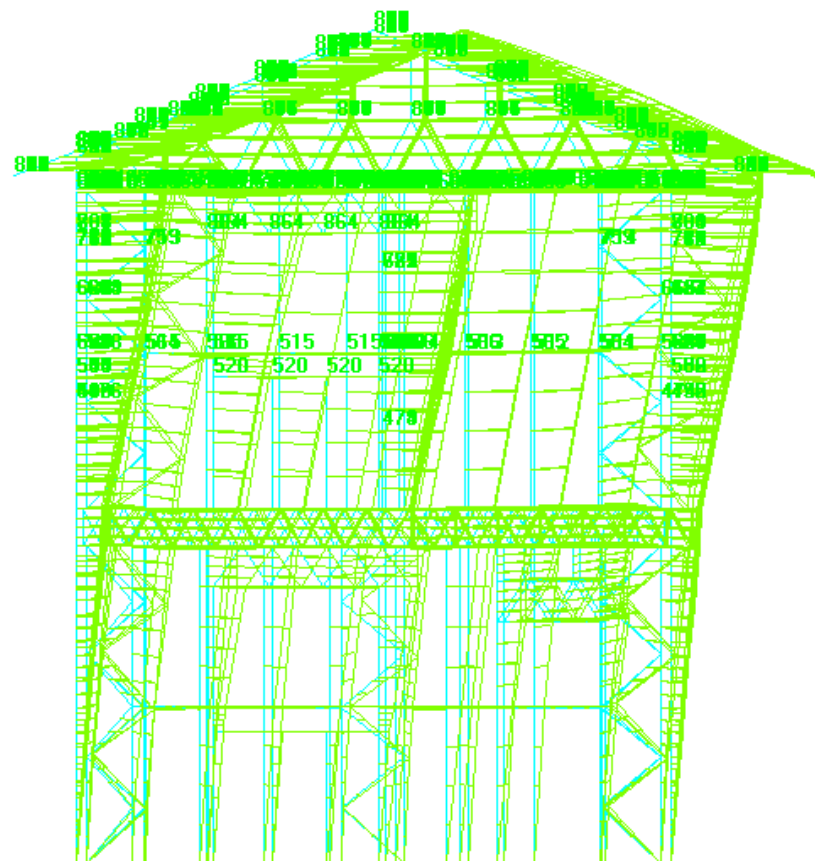
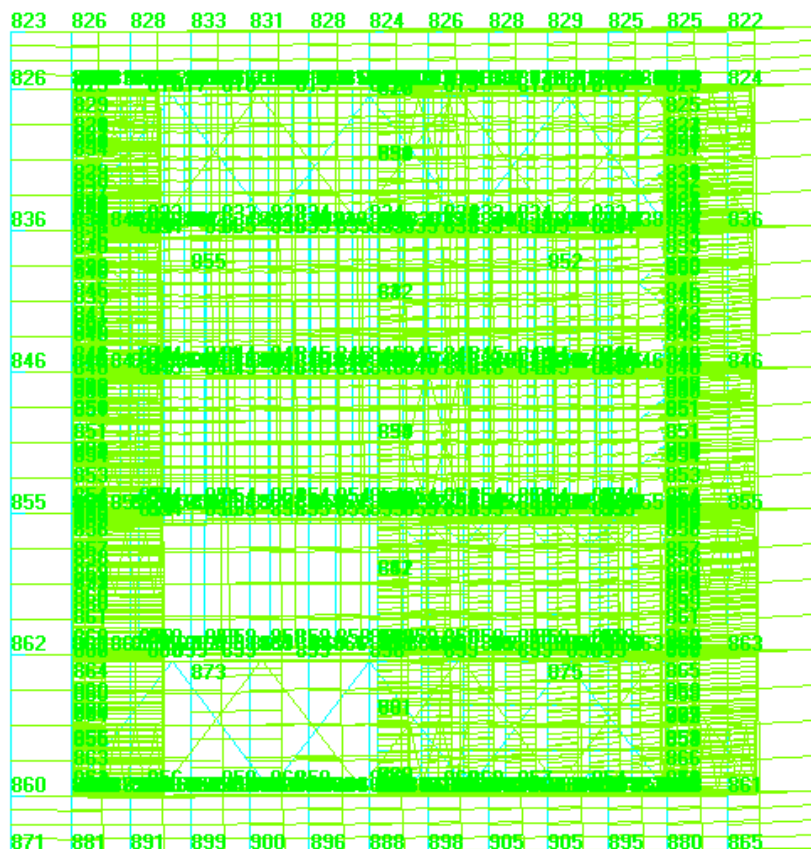


Модель 1 - без обшивки

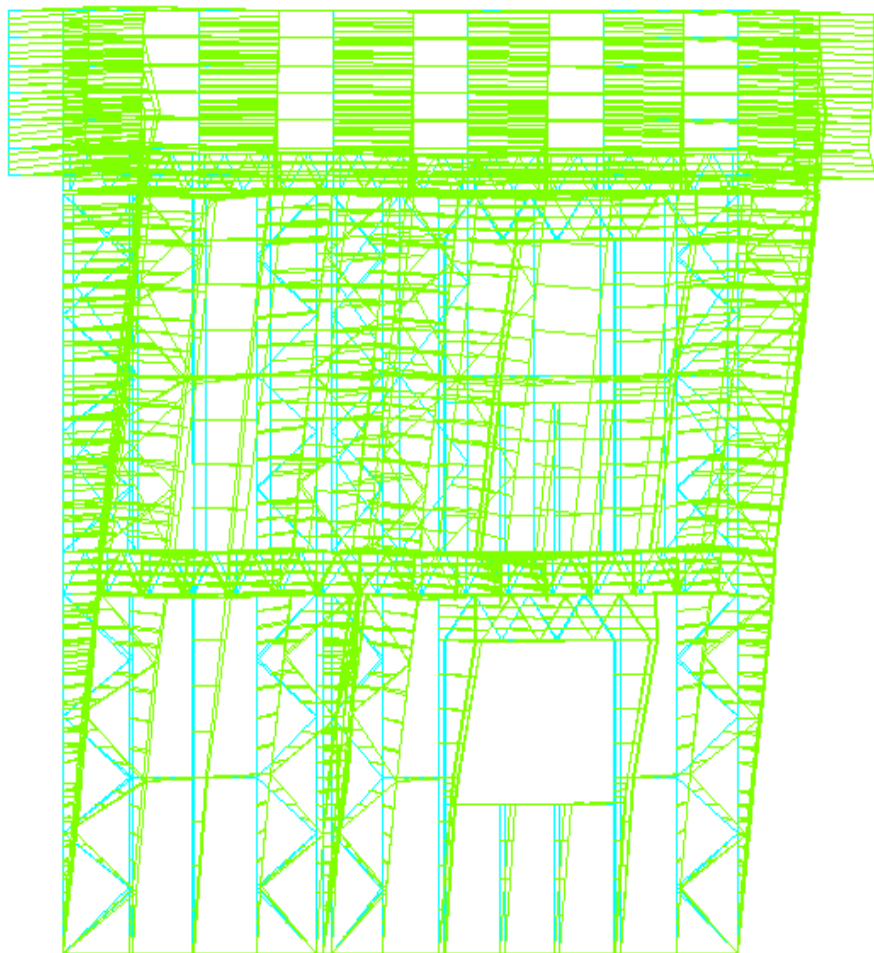


Модель 2 – с обшивкой OSB, $t=15$ мм

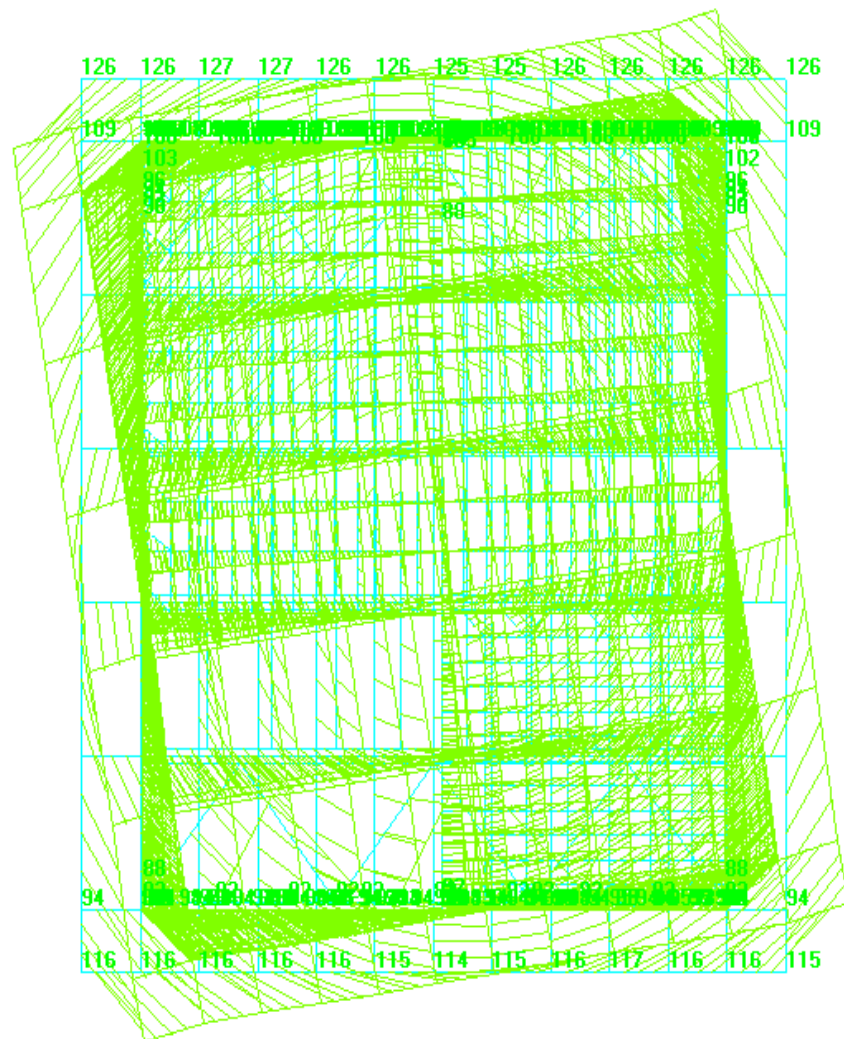
Формы собственных колебаний исходной модели без обшивки



**1-форма собственных колебаний
(в направлении действия вибрационной машины)**



**2-форма собственных колебаний
(в ортогональном направлении
действия вибрационной машины)**



**3-форма собственных
колебаний (крутильная)**

Модальные результаты

Модель 1 – без обшивки

МОДАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ							
Форм	T	Wn/Wtot	Fn	Qn	Vn	An	Fn/Wn
			(τ)	(метр)	(метр/s)	(метр/s**2)	
1	0.4699	0.728	5.23	0.1995	0.8519	3.6366	0.2378
2	0.3223	0.000	0.00	-0.0005	-0.0033	-0.0206	0.2378
3	0.2801	0.000	0.00	-0.0004	-0.0028	-0.0204	0.2378
4	0.1624	0.001	0.00	-0.0004	-0.0045	-0.0553	0.2378
5	0.1593	0.190	1.37	0.0390	0.4911	6.1838	0.2378
6	0.1455	0.024	0.17	0.0036	0.0491	0.6765	0.2378
7	0.1399	0.000	0.00	0.0000	0.0004	0.0053	0.2378
8	0.1321	0.000	0.00	0.0001	0.0011	0.0169	0.2378
9	0.1261	0.000	0.00	0.0001	0.0009	0.0147	0.2378
10	0.1137	0.000	0.00	0.0000	0.0006	0.0114	0.2378
Общая сумма		0.943	6.77				
Результаты RSS			5.41	0.2034	0.9845	7.2060	
Спектры отклика							
Направл.*Коэф.:		(1.000, 0.000, 0.000)					

Модальные результаты

Модель 2 – с обшивкой ОСП плитами, толщиной 15 мм

МОДАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ							
Форм	T	Wn/Wtot	Fn	Qn	Vn	An	Fn/Wn
			(τ)	(метр)	(метр/с)	(метр/с**2)	
1	0.0947	0.843	2.15	0.0011	0.0232	0.4906	0.2378
2	0.0930	0.037	0.09	-0.0004	-0.0081	-0.1753	0.2378
3	0.0619	0.008	0.02	0.0002	0.0079	0.2565	0.2378
4	0.0532	0.000	0.00	0.0000	0.0002	0.0075	0.2378
5	0.0519	0.004	0.01	-0.0003	-0.0109	-0.4202	0.2378
6	0.0501	0.000	0.00	0.0000	0.0006	0.0256	0.2378
7	0.0456	0.024	0.06	0.0005	0.0235	1.0320	0.2378
8	0.0453	0.042	0.11	-0.0011	-0.0492	-2.1787	0.2378
9	0.0432	0.000	0.00	0.0000	-0.0013	-0.0611	0.2378
10	0.0426	0.000	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.2378
Общая сумма		0.959	2.45				
Результаты RSS			2.16	0.0017	0.0613	2.5159	
Спектры отклика							
Направл.*Коэф.:		(1.000, 0.000, 0.000)					

Вибрационное испытание здания из ЛСТК

Результаты измерений поперечных колебаний здания, создаваемых вибромашиной

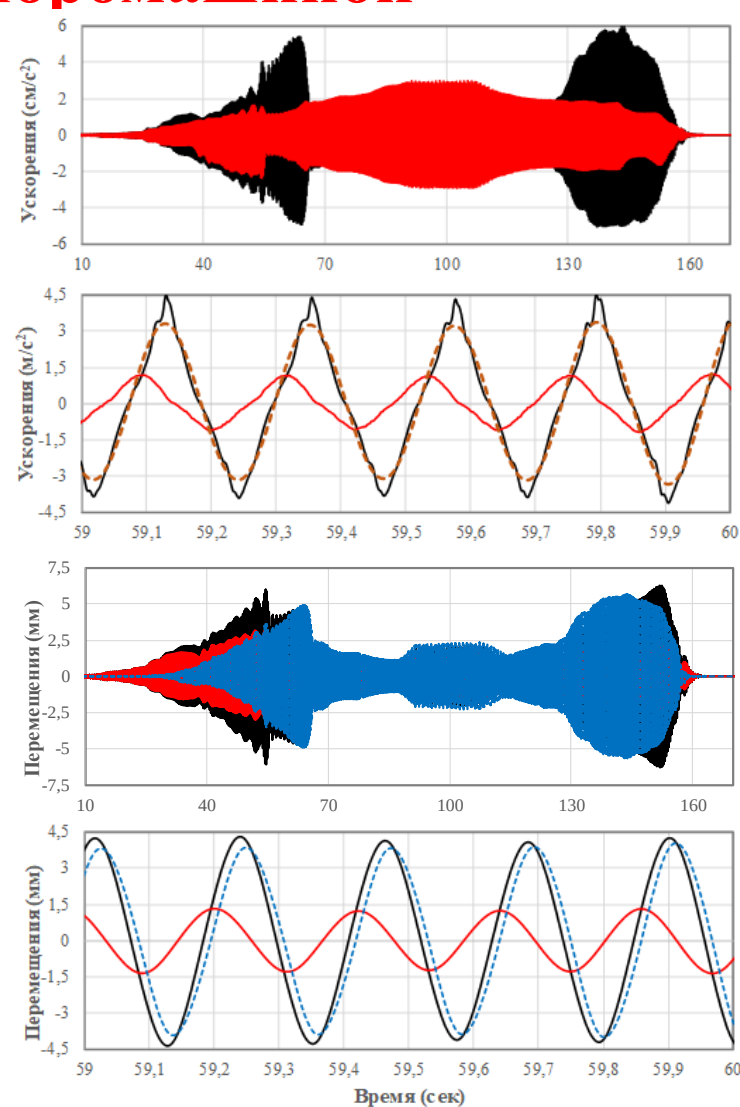
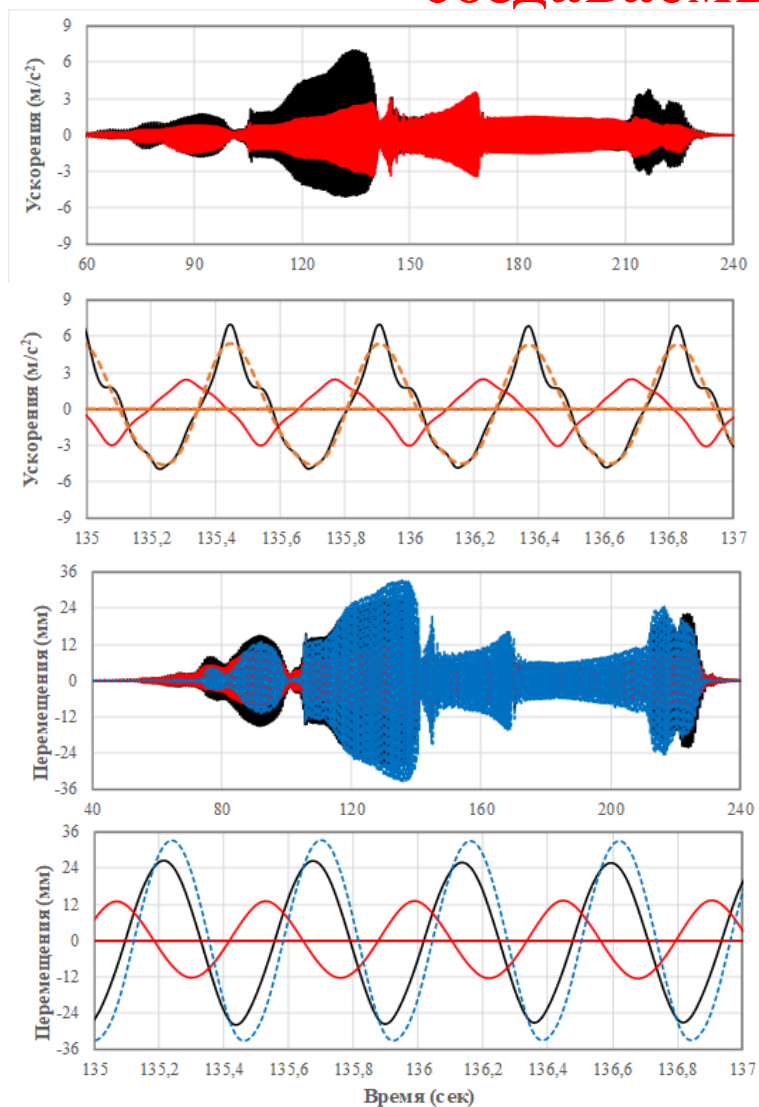


Модель 1 - без обшивки



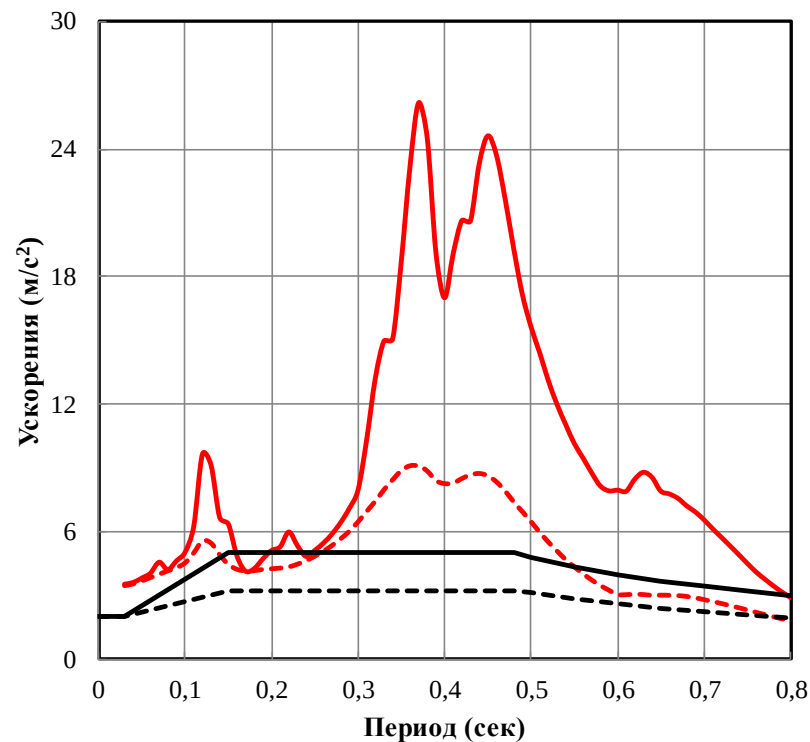
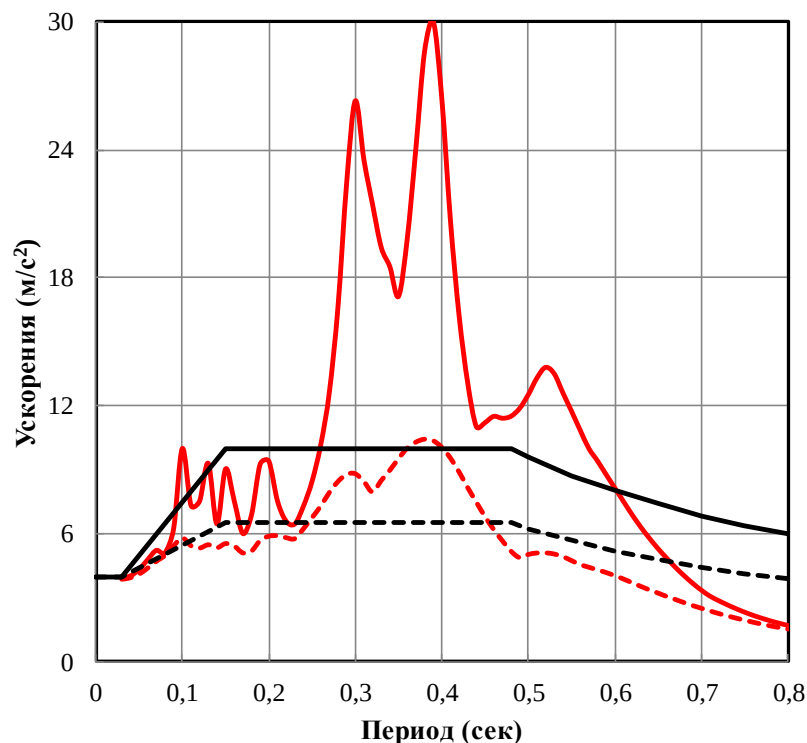
Модель 2 – с обшивкой OSB, $t=15$ мм

Результаты измерений поперечных колебаний здания, создаваемых вибромашиной



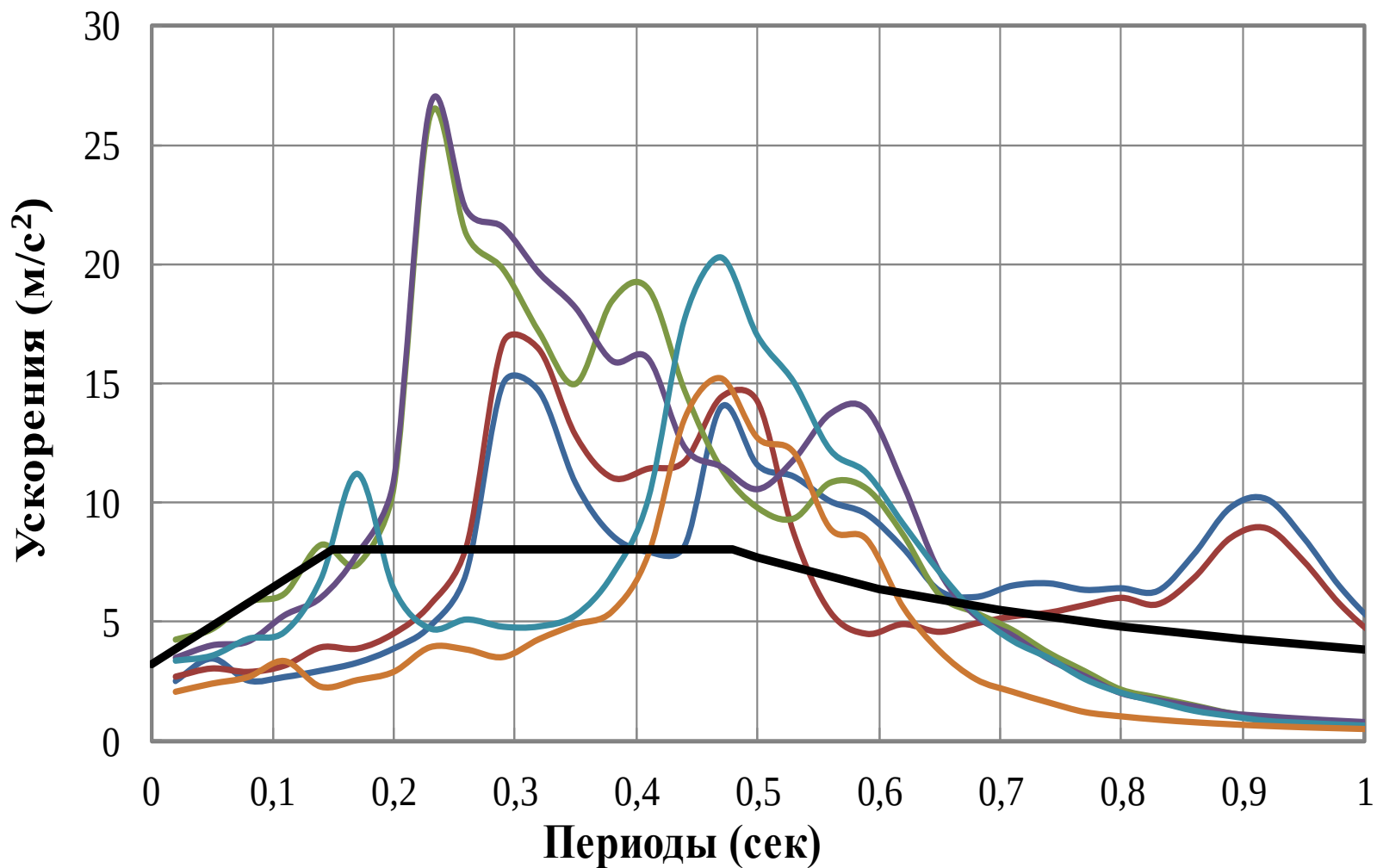
Записи горизонтальных ускорений и перемещений геометрических центров платформы и объекта испытаний в уровне перекрытия над первым этажом в направлении вибрационного воздействия

Спектры реакций, построенные по инструментальным записям на этапах испытаний, и нормативные спектры реакций, построенные при ускорении основания 0,2g и 0,4g.



Черная линия – нормативный спектр при ускорении 0,32 g и коэффициенте поведения 1.

Все остальные линии – спектры, построенные по записям ускорений, полученным на разных этапах испытаний на фундаментной плите.



Жирная черная линия – нормативный спектр при ускорении 0.32 g и коэффициенте поведения 1.

Все остальные линии – спектры, построенные по записям ускорений, полученным на разных этапах испытаний на фундаментной плите.

Выводы

Горизонтальные инерционные нагрузки, действовавшие на объект испытаний при его колебаниях по основным поступательным формам превышали проектную и ускорения достигли **0,45g**, что соответствует интенсивности **землетрясений равной 9 и более баллов** в соответствии со шкалой, приведенной в строительных нормах СН КР 20-02:2018.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!



PresenterMedia