

Прогнозирование превышений уровней вибрации в проектируемых зданиях с использованием программного обеспечения MSC Software

авторы: В.Л. Мондрус, д.т.н., зав. Кафедрой строительной механики
МГСУ, профессор,

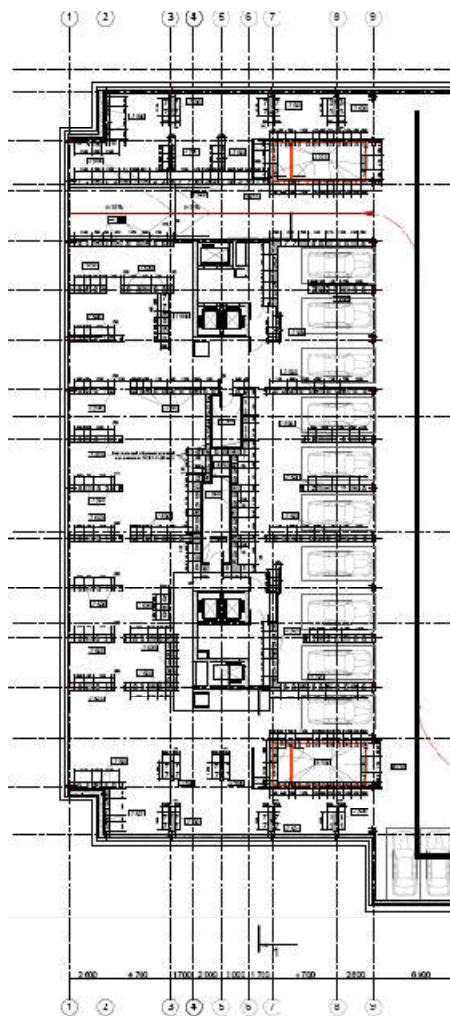
Д.К. Сизов, к.т.н., начальник отдела ООО "ВИБРОСЕЙСМОЗАЩИТА",

С.Н. Шутовский, ведущий инженер ООО "Подземпроект"

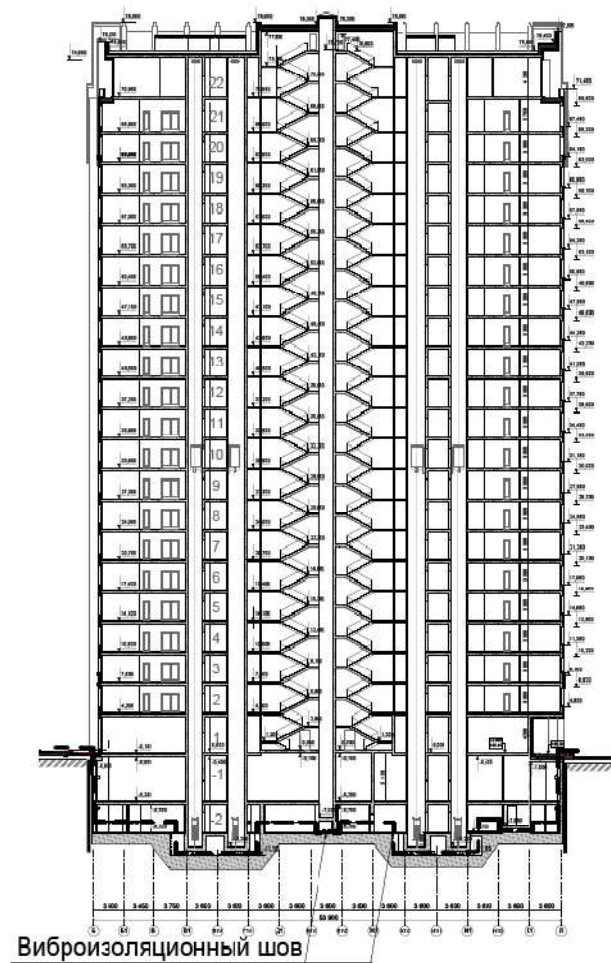
Постановка задачи

В современном строительном комплексе Москвы, помимо освоения новых территорий, и развития новой транспортной инфраструктуры, осуществляется точечная застройка старых районов города с внедрением новых объектов жилой застройки. Осуществлению точечной застройки, помимо вопросов достаточности пропускной способности магистралей, наличия и готовности социальной инфраструктуры и сетей, препятствует одна из весьма важных проблем—это высокая вибронегруженность участков строительства. Одним из преимуществ внедрения объекта в сложившуюся жилую застройку является обеспеченность района транспортными коммуникациями: линиями метрополитена, автомагистралями, трамвайными и автобусными маршрутами. С одной стороны, это позволяет повысить комфортность проживания людей во вновь строящемся здании, с другой--приводит к формированию так называемых "зон отчуждения"-площадей города непригодных для жилой застройки без применения специальных мер, направленных на уменьшение негативного вибрационного воздействия на объект. Чаще всего внедряемый объект точечной застройки возникает на месте сносимого здания, т.е. вопрос рационального размещения объекта будущего строительства относительно сложившейся транспортной инфраструктуры не может быть решен путем корректировки его расположения и единственным путем решения сложившейся проблемы является применение высокоэффективных средств борьбы с вибрацией. На сегодняшний день существует система виброзащиты зданий, основанная на использовании заменяемых отечественных резинометаллических виброизоляторов, устанавливаемых под всеми несущими конструкциями здания. Использование данной системы более чем на 45-ти объекта в г. Москве доказало свою эффективность и экономическую целесообразность. Одним, весьма важным этапом при разработке систем виброзащиты здания является прогноз уровней вибрации, возникающей в проектируемых помещениях на основе выполненных виброизмерений на площадке строительства. Важной составной частью выполняемого при проектировании систем виброизоляции прогноза является выполнение конечно-элементного расчета здания на вибрирующем основании.

План подземной части и разрез рассматриваемого здания

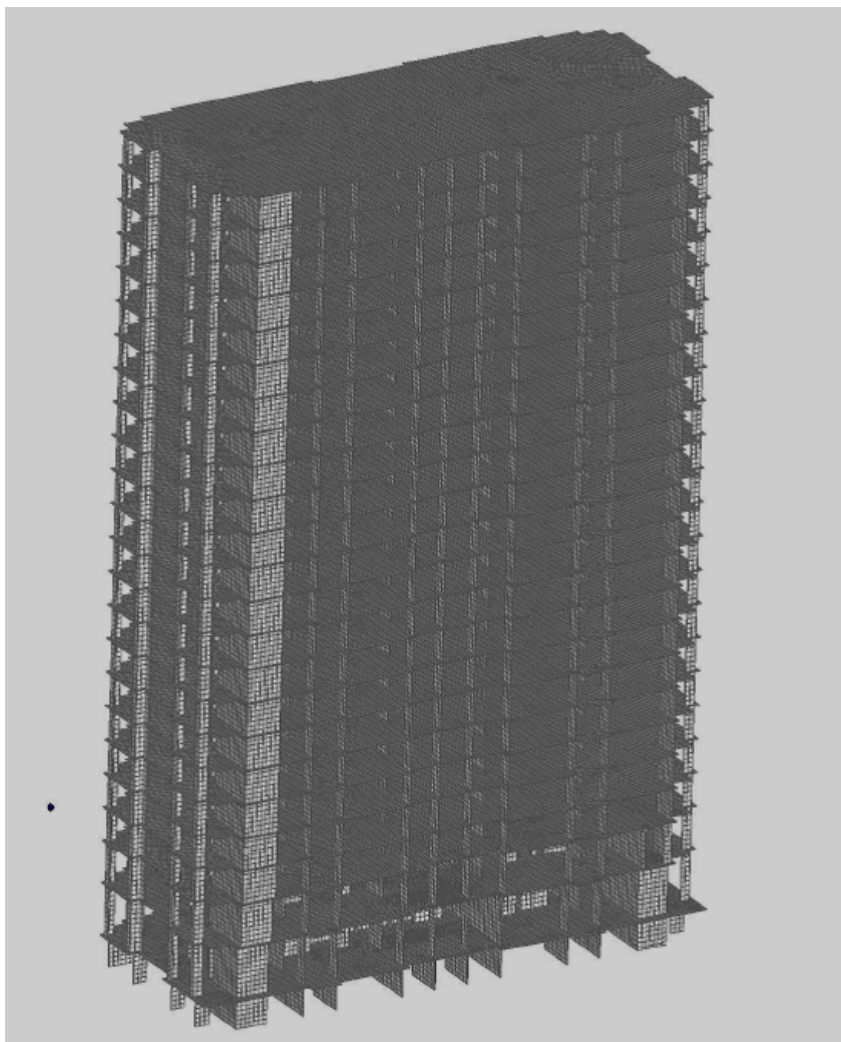


План -2-го этажа



Характерный разрез здания

Описание конечноэлементной модели здания

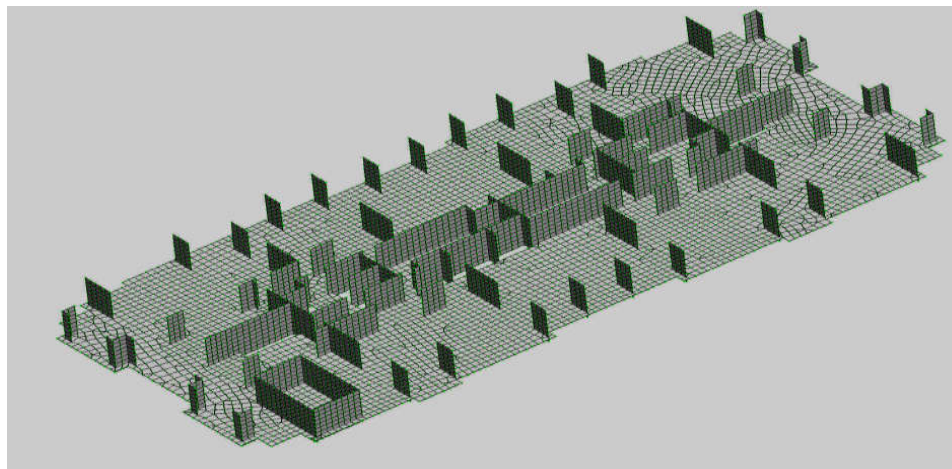


Внешний вид МКЭ модели здания

Для прогнозирования увеличения амплитуд виброускорений на междуэтажных перекрытиях здания (в центре пролетов и в зависимости от высотной отметки) была построена пространственная конечно-элементная модель здания. Расчетная модель представляет собой статически неопределимую систему, моделирующую основные несущие конструкции здания. При создании конечно-элементной модели, преимущественно, использовались четырехугольные конечные элементы.

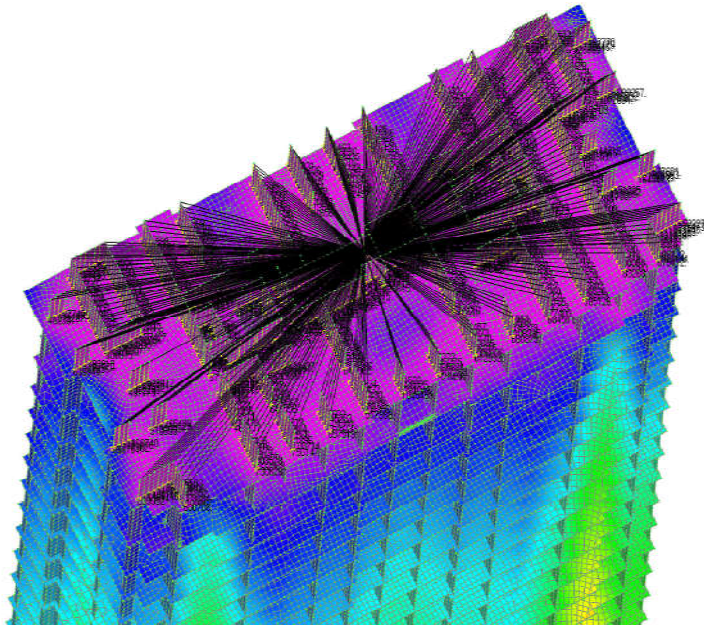
Использование треугольных конечных элементов носило ограниченный характер и обуславливалось необходимостью стыковки перекрытий и стен типового этажа здания. Конечные элементы стен, пилонов и перекрытий обладают шестью степенями свободы

в каждом узле, узлы конечных элементов располагались по центрам соответствующих конструктивных элементов. В рамках решаемой задачи материал конструкций условно принимался однородным, линейно-упругим.



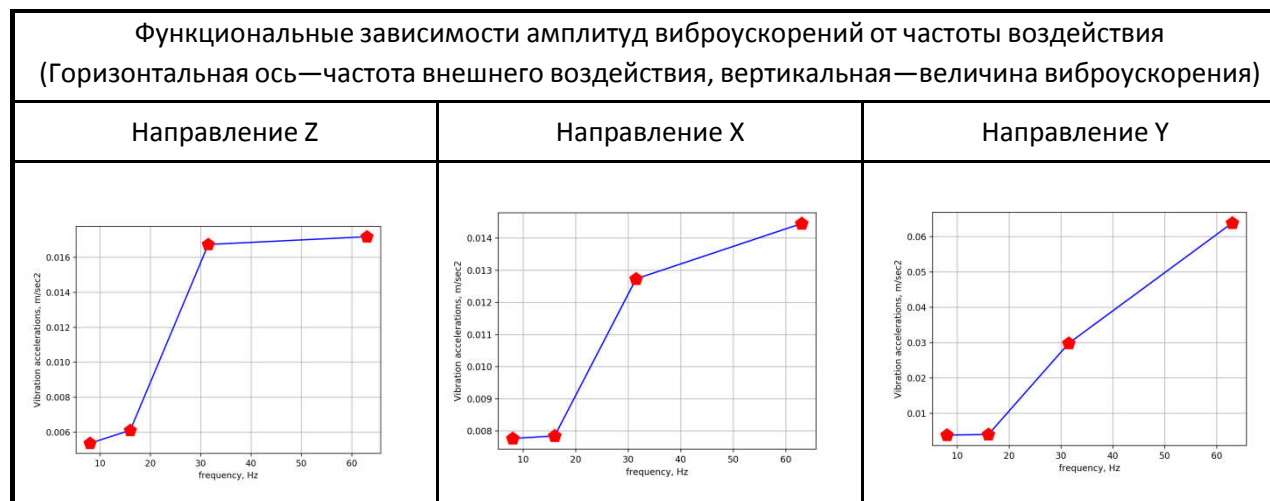
Внешний вид модели типового этажа

Учет вибрирующего основания



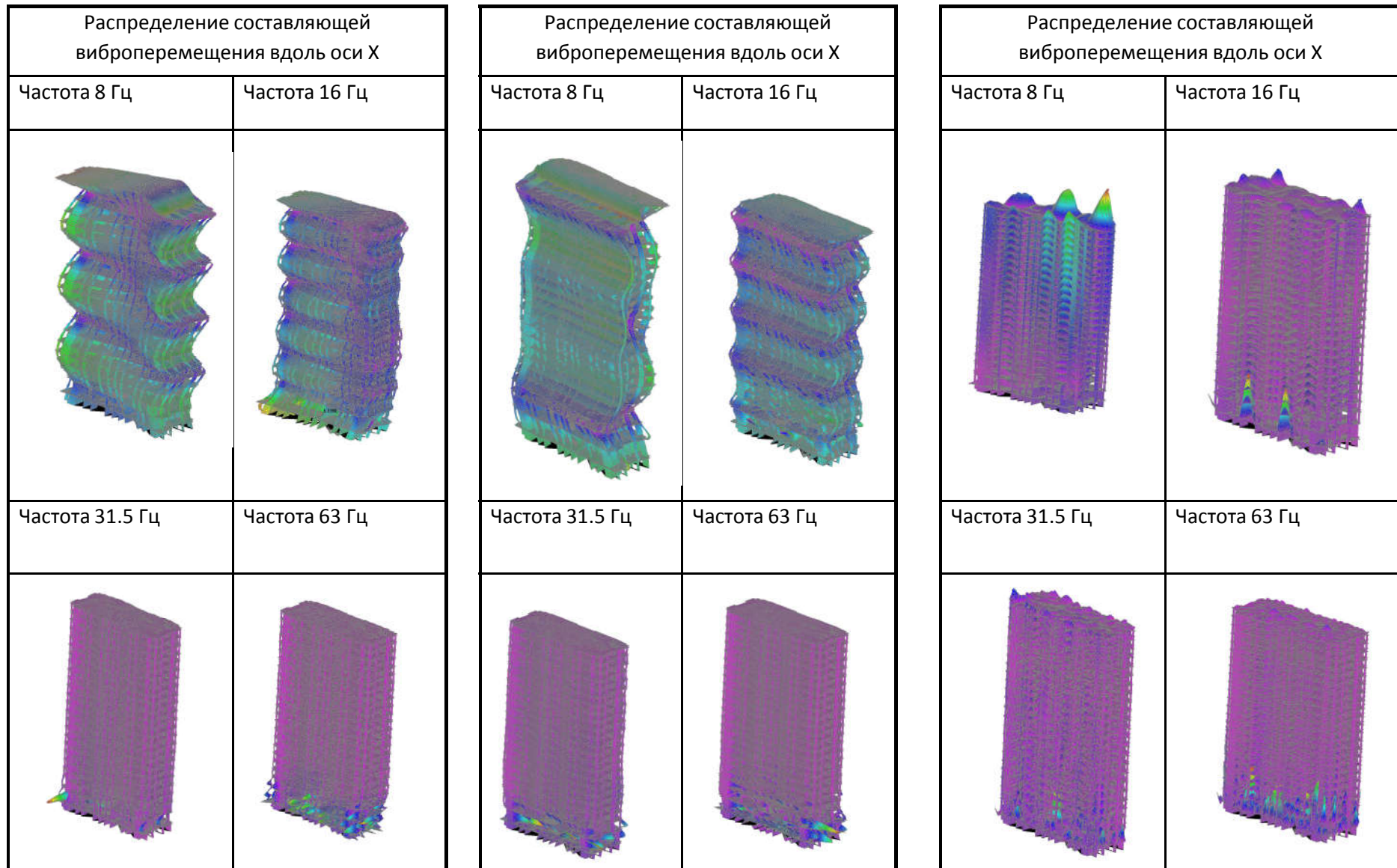
Внешний вид МКЭ модели здания
снизу

- Особенностью разработанной конечно-элементной модели является учёт колебаний вибрирующего основания. В расчете принято, что величины виброускорений являются одинаковыми для всех точек основания, это допущение позволяет соединить все точки подземной части здания в уровне фундаментной плиты с телом большой массы, к которой уже прикладывается изменяющееся в зависимости от частоты динамическое воздействие (виброускорение присоединенной массы).
- На слайде представлен вид на конечно-элементную модель здания снизу (в уровне стен подвала). На рисунке видны абсолютно-жесткие связи между телом большой массы (условно моделирующим землю) и всеми узлами конечно-элементной модели в уровне фундаментной плиты.
- В качестве внешнего воздействия была задана функциональную зависимость амплитуды ускорений основания здания от частоты. Величины виброускорений грунта определялись в процессе натурных виброизмерений с использованием виброизмерительного комплекса, фиксирующего уровни виброускорений одновременно по трем направлениям. В докладе используются величины, полученные путем арифметического усреднения данных натурных замеров, полученных сразу в нескольких точках виброизмерений.

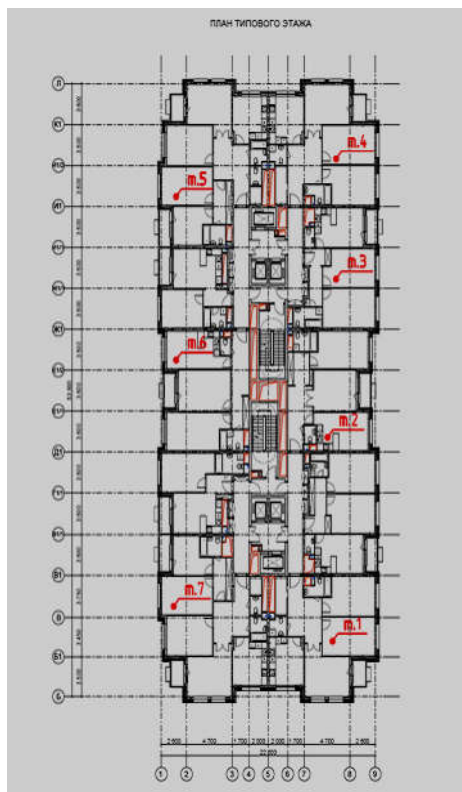


Результаты расчета

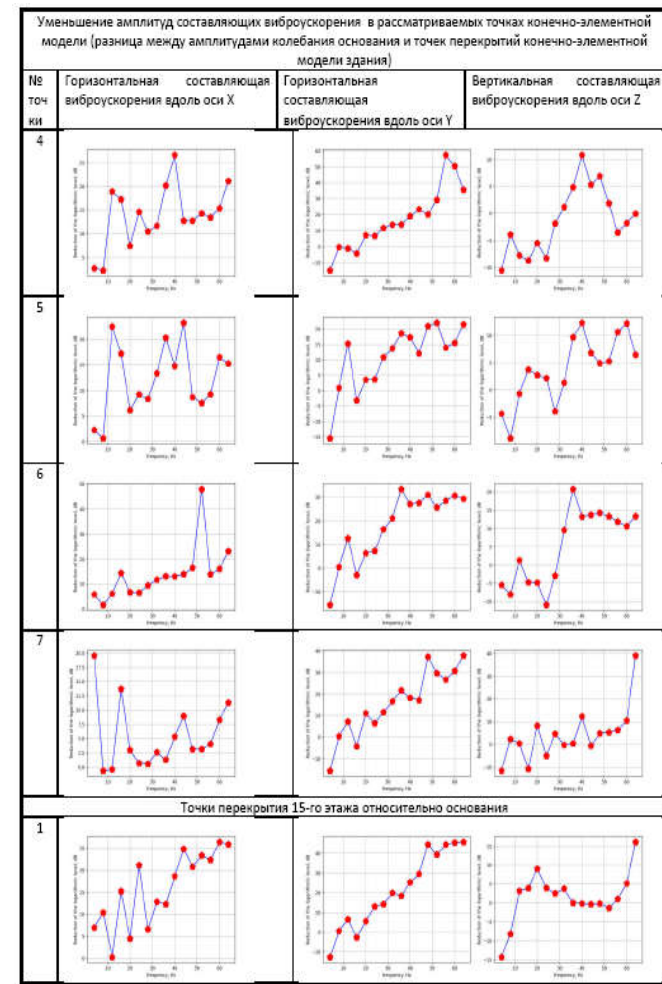
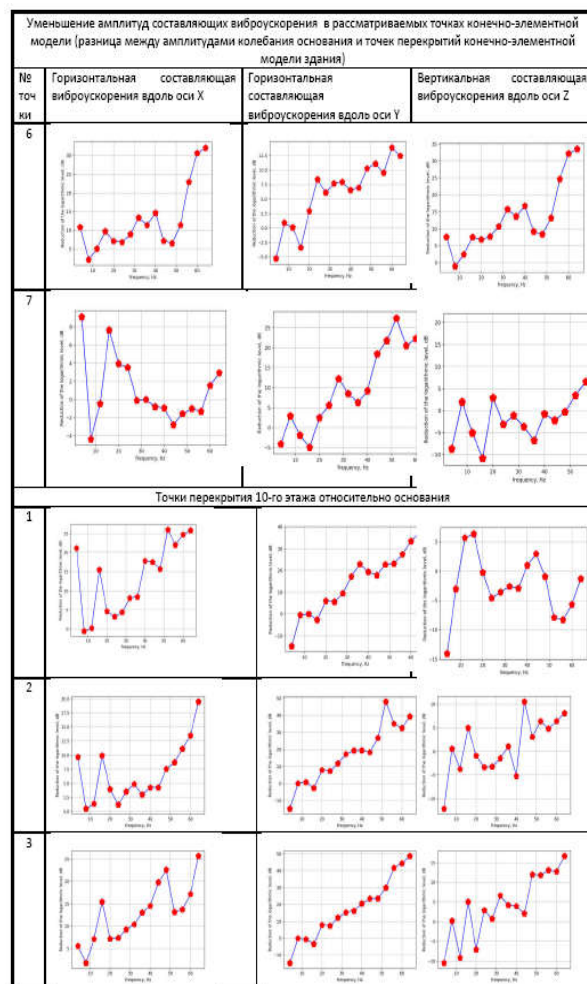
На слайде представлены распределение величин горизонтальных и вертикальных виброперемещений для частот 8,16,31.5 и 63 Гц



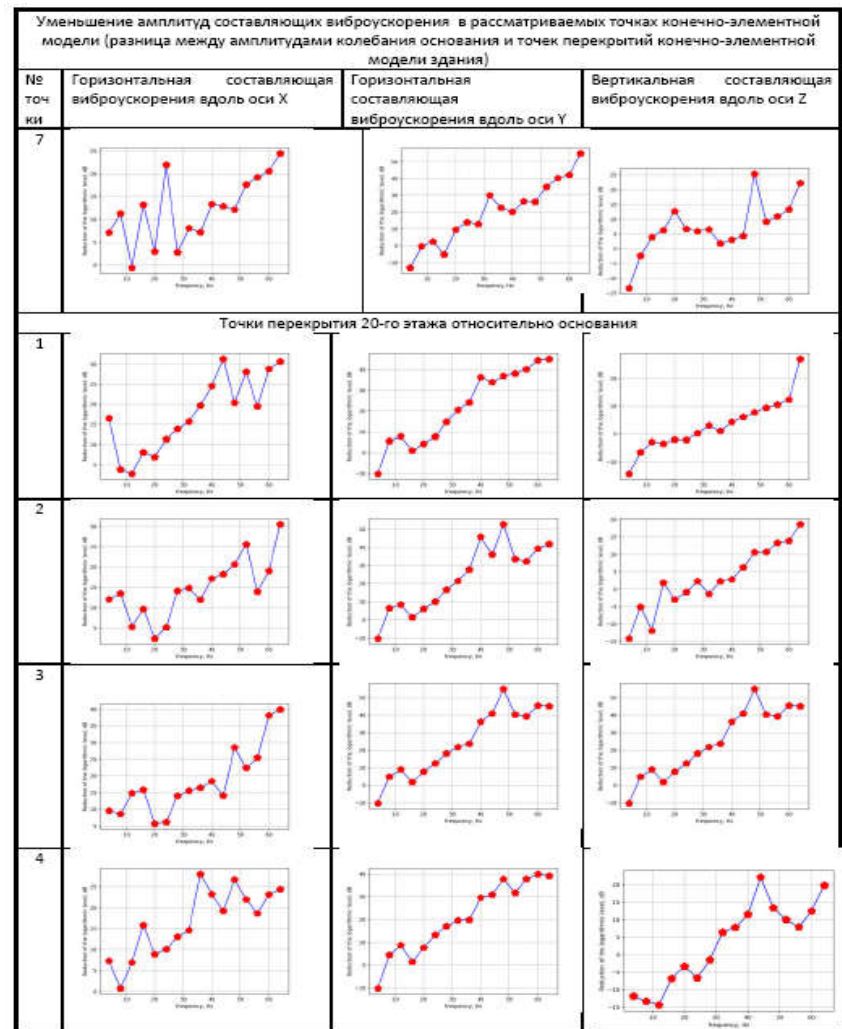
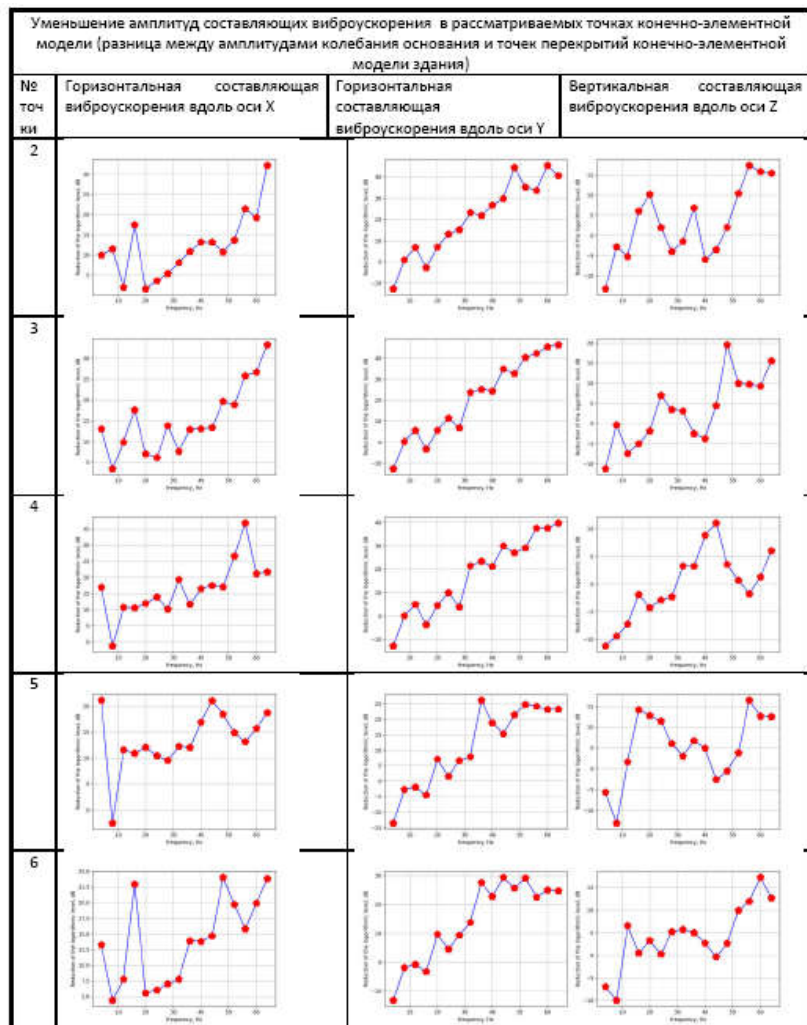
Графики иллюстрирующие изменение логарифмического уровня виброускорений в зависимости от пространственного расположения точек



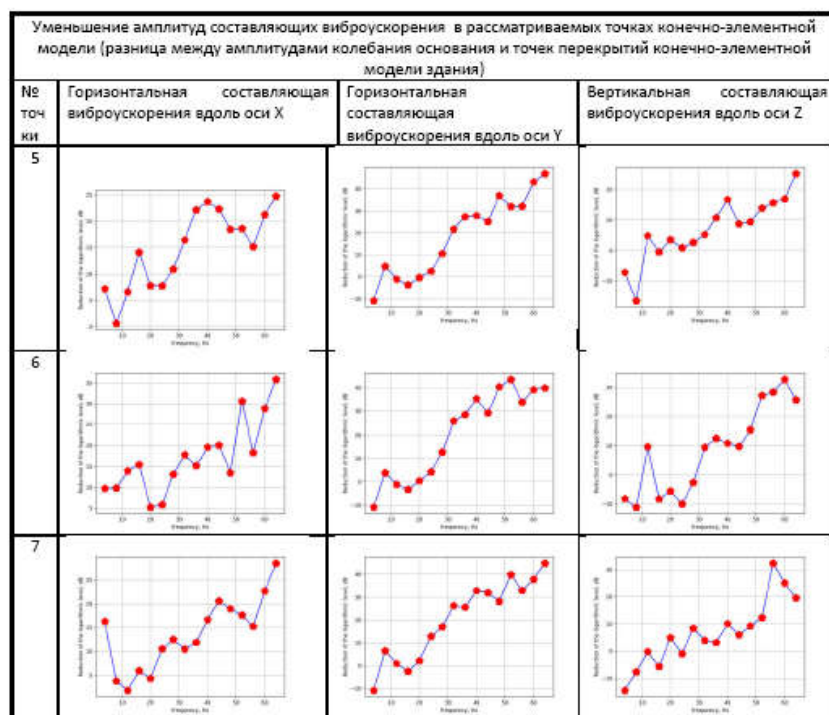
План типового этажа здания с контрольными точками



Графики иллюстрирующие изменение логарифмического уровня виброускорений в зависимости от пространственного расположения точек



Графики иллюстрирующие изменение логарифмического уровня виброускорений в зависимости от пространственного расположения точек. Выводы



Как следует из представленных результатов, при динамическом воздействии на основание в здании возникает сложное напряженно-деформированное состояние, в колебательный процесс вовлекаются все конструктивные элементы здания. В точках, расположенных в центрах соответствующих пролетов междуэтажных перекрытий может наблюдаться увеличение амплитуд виброускорений (особенно вертикальной составляющей и на нижних этажах здания). Для точек, расположенных в непосредственной близости от стен (опорного контура) отдельных помещений явление резонансного увеличения меньше выражено. В ряде точек наблюдается увеличение уровней вибрации по сравнению с уровнями вибрации основания (отрицательные величины на графиках) это связано с резонансными явлениями для точек перекрытий, расположенных в серединах соответствующих пролетов.

Список литературы

1. Рекомендации по виброзащите несущих конструкций производственных зданий, гл.10. Москва, ЦНИИСК, 1988
2. Дашевский М.А., Моторин В.В., Сизов Д.К., Акимова И.В., Шутовский С.Н. Защита зданий и сооружений от транспортной вибрации (теория, проектирование, реализация, 2000-2016 гг.). В сборнике: Защита от повышенного шума и вибрации сборник докладов. Министерство образования и науки Российской Федерации Балтийский государственный технический университет "Военмех", 2017, с. 217-236
3. Мондрус В.Л., Сизов Д.К., Хуэн Л.Т.Т. Снижение уровня сейсмического воздействия при движении грунта основания с использованием сейсмоизоляторов Строительные материалы, оборудование, технологии XIX века. 2011. №1(144), С.48-49.
4. Дашевский М.А., Ковальчук О.А., Мондрус В.Л. Влияние поездного состава метрополитена на поведение крупнопанельных зданий повышенной этажности. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений (ССБС), Москва, 2004, №3.