

УДК 699.841

DOI: 10.33942/sit042201

КОМПЛЕКСТУУ КОНСТРУКЦИЯ ДУБАЛДАРЫ МЕНЕН КУРУЛГАН ЭКИ КАБАТТУУ ТУРАК ҮЙДҮ ВИБРАЦИЯЛЫК СЫНОО ЖАНА ӨЗДҮК ТЕРМЕЛҮҮ ПАРАМЕТРЛЕРИН АНЫКТОО

Бегалиев У.Т.⁽¹⁾, Абдыкалыков Д.Б.⁽²⁾

⁽¹⁾ *т.и.д. профессор, ЭИТУ ректору, МАЭСС президенти, Бишкек, Кыргызстан,*
utbegaliev@mail.ru

⁽²⁾ *ЭИТУ аспиранты, МАЭСС өндүрүш боюнча координатору, Бишкек, Кыргызстан,*
abdykalykov_17@mail.ru

Аннотация. Макалада комплекстуу конструкция дубалдары менен курулган 2 кабаттуу турак үйдүн имаратын динамикалык тесирлеп изилдөөнүн методикасы жана жыйынтыктары берилген. Имарат Бишкек шаарынын Алтын-Ордо конушунда жайгашкан. Авторлор атайын жасалган салмагы 0.35т болгон титирөө козгогучту жана жаңы муундагы көчмө сейсмикалык станцияны колдонуу менен имараттардын динамикалык параметрлерин аныктап, изилдөөнү сунушташты.

Ачкыч сөздөр: титирөө козгогуч, вибрациялык тесирлөө, өздүк термелүүнүн негизги тону, бекемдик, катуулук, имараттын динамикалык параметрлери, термелүүнүн периоды, инструменталдык жазуулар.

ВИБРОИСПЫТАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ 2-ЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА СО СТЕНАМИ КОМПЛЕКСНОЙ КОНСТРУКЦИИ

Бегалиев У.Т.⁽¹⁾, Абдыкалыков Д.Б.⁽²⁾

⁽¹⁾ *д.т.н., проф., МУИТ (Международный университет инновационных технологий), президент МАЭСС (Международная ассоциация экспертов по сейсмостойкому строительству) Бишкек, Кыргызстан,* utbegaliev@mail.ru

⁽²⁾ *Аспирант МУИТ, координатор по производству МАЭСС, Бишкек, Кыргызстан*
abdykalykov_17@mail.ru

Аннотация. В статье излагается методика и результаты динамических испытаний 2-этажного жилого дома со стенами сложной конструкции. Здание расположено в ж/м Алтын-Ордо города Бишкек. Авторы предложили определять и исследовать динамические параметры зданий с помощью специально разработанного вибровозбудителя массой 0,35 т и мобильной сейсмостанции нового поколения.

Ключевые слова: возбудитель колебаний, вибрационные испытания, основной тон собственных колебаний, долговечность, жесткость, динамические параметры здания, период колебаний, инструментальные записи.

VIBRO-TESTING AND DEFINITION OF OWN VIBRATION PARAMETERS OF THE TWO STORY DWELLING HOUSE WITH CONFINED MASONRY WALLS

Begaliev U.T.⁽¹⁾, Abdykalykov D. B.⁽²⁾

⁽¹⁾ *Ph.D., prof., IntUIT (International University of Innovative Technologies), President of “IAEEE” (International Association of Experts on Earthquake Engineering) Bishkek, Kyrgyzstan,* utbegaliev@mail.ru

⁽²⁾ *graduate student IntUIT, production coordinator «IAEEE», Bishkek, Kyrgyzstan*
abdykalykov_17@mail.ru

Abstract. The article describes the methodology and results of dynamic tests of a 2-storey residential building with walls of complex design. The building is located in Altyn-Ordo residential area of Bishkek. The

authors proposed to determine and study the dynamic parameters of buildings with the help of specially designed vibration exciter weighing 0.35 t and a mobile seismic station of new generation.

Keywords: vibration exciter, vibration tests, fundamental tone of natural vibrations, durability, stiffness, dynamic parameters of a building, vibration period, instrumental records.

Актуальность исследования

Многие актуальные проблемы, связанные с оценкой сейсмостойкости сооружений, еще не имеют теоретического решения. Понятно, что при изучении этих вопросов эксперимент служит одним из важнейших источников информации.

Некоторые важные механические свойства материалов и конструкций и их количественные характеристики могут быть определены только экспериментальным путем, например, диссипативные свойства материалов и конструкций, малоцикловая усталость или иначе говоря, несущая способность при интенсивных повторных нагружениях.

Динамические свойства сооружения полностью определяется спектром периодов и пространственных форм его собственных колебаний, а также его диссипативными параметрами (характеристика без затухания колебаний).

Изучение динамических характеристик зданий и сооружений в естественных условиях актуально, особенно на территории Кыргызстана, учитывая ее высокую сейсмичность, и с точки зрения их безопасной эксплуатации, так как разрушение этих зданий может привести к большим материальным потерям и человеческим жертвам.

Цели и задачи

Основной целью проведенных испытаний являлась оценка динамических характеристик здания комплексной конструкции с помощью мобильной сеймостанции.

Наиболее значимыми задачами испытаний являлись:

- определение фактических динамических параметров исследуемого жилого дома комплексной конструкции и выявление влияния на них интенсивности внешних нагрузок;
- слежение состояния конструкций объекта испытаний при динамических нагрузках, близких по величинам к расчетным нагрузкам;

Исходя из результатов данных экспериментальных испытаний для дальнейших исследований планируется моделирование поведение 2-этажного жилого дома комплексной конструкции при реальных сейсмических воздействиях интенсивностью 7, 8 и 9 баллов.

Объект испытаний

В данном случае изучены колебания 2-этажного здания со стенами комплексной конструкции. Здание было построено в 2022 году, расположено по адресу: ж/м Алтын-Ордо-6, д.3 г. Бишкек (рис. 1).

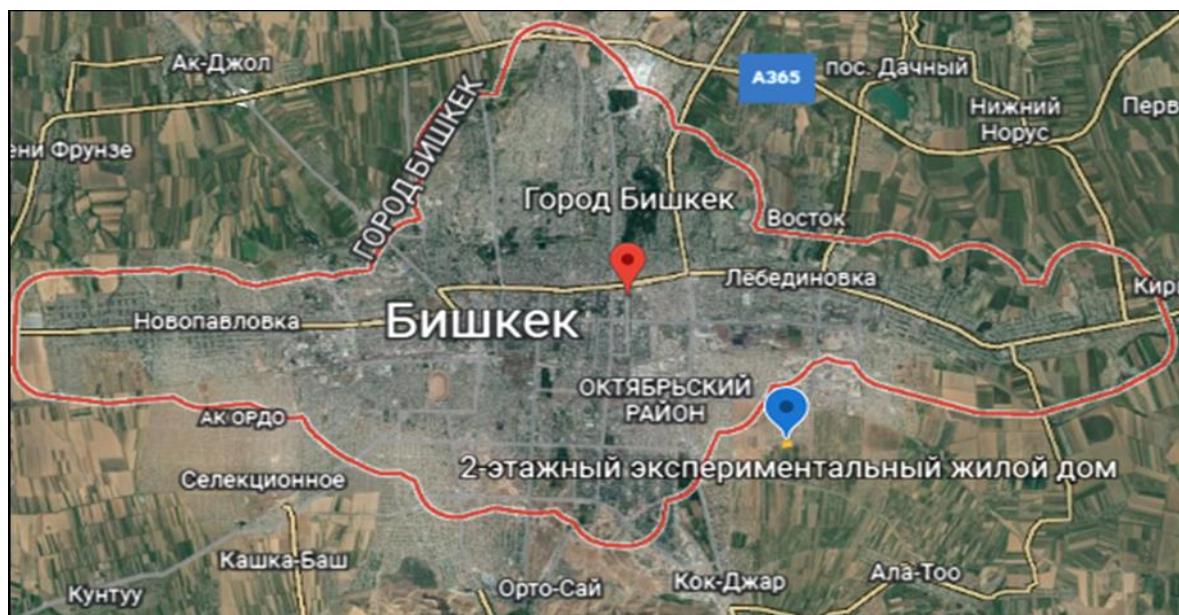


Рисунок 1 – Ситуационная схема расположения объекта

Конструктивно-планировочные решения испытываемого объекта

Конструктивная схема здания решена комплексными конструкциями (несущими кирпичными стенами и железобетонными включениями) со сборными многпустотными железобетонными перекрытиями. Пространственная жесткость и устойчивость конструктивной системы обеспечивалась совместной работой стен и горизонтального диска перекрытий/покрытий.

Сейсмичность площадки строительства согласно таблицы Г.1. [2], для г. Бишкек – 8 баллов.

Схема здания прямоугольной формы в плане с размерами в осях 14,0×11,0 м. Имеется подвал и 2 надземных этажей, общая высота здания составляет 10 м, высота подвала и этажей 3,0 м (рис.2).

Основанием здания является валунно-гравийные грунты с песчаным заполнением.

Конструктивное решение здания

Фундаменты – ленточные монолитные железобетонные (рис.3). Схема установки плит перекрытий приведена на рисунке 4.

Стены подвала выполнены из 4-х рядных сборных блоков типа ФБС 24.6.6-г.

Вертикальные железобетонные включения установлены в местах пересечения несущих стен здания. Все ж/б конструкции армированы горячекатаной арматурой соответствующей по виду профиля класса А-III.

Стены здания выполнены из керамического пустотелого кирпича толщиной – 380мм, перегородки – 120мм. Перекрытия из многпустотных плит без опалубочного формования заводского изготовления толщиной 220 мм (рис.5). Покрытие из деревянных элементов и является гибкой конструкцией.

Жесткость и прочность горизонтальных дисков перекрытий обеспечивалась устройством монолитных армированных участков между многпустотными плитами перекрытий (рис.6).

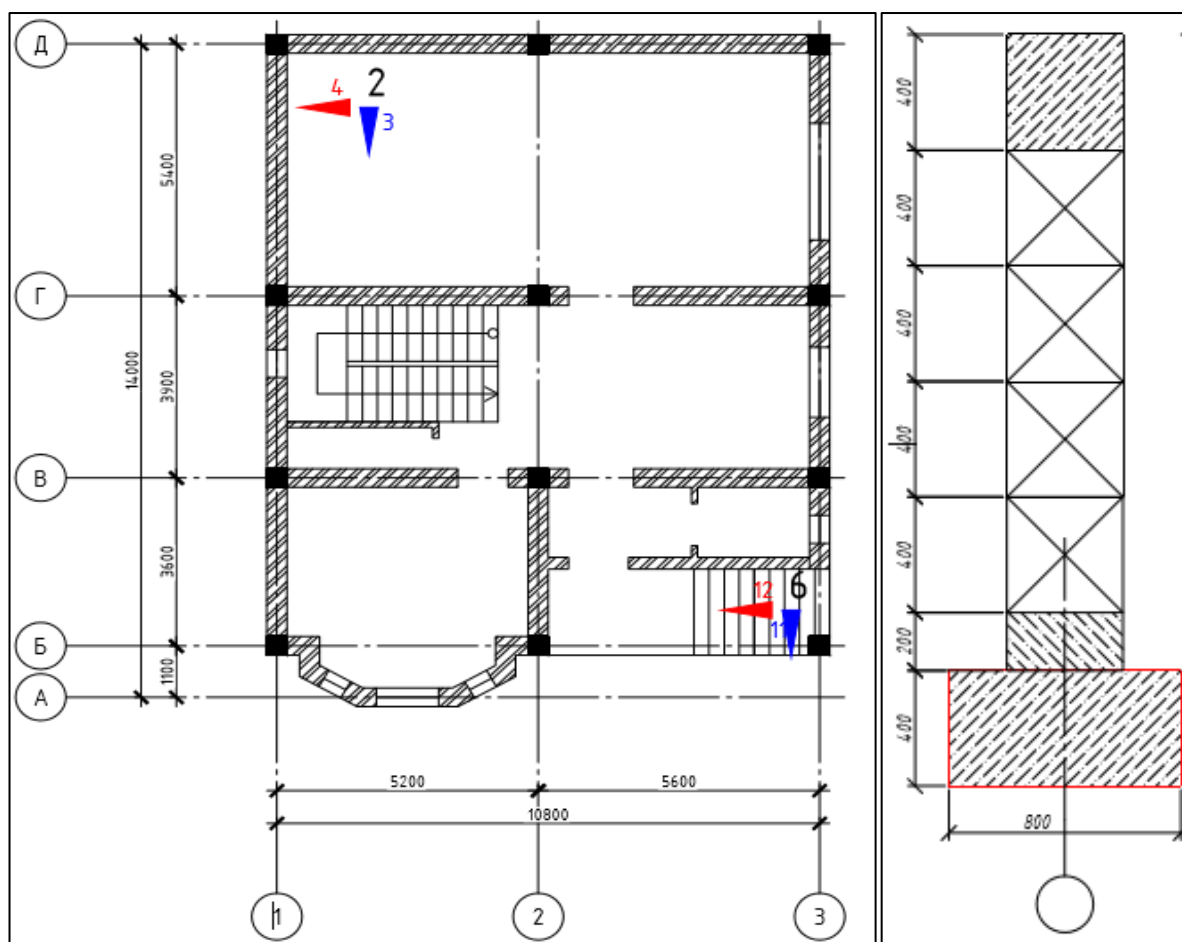


Рисунок 2 – Схема плана 1-этажа

Рисунок 3 – разрез фундамента

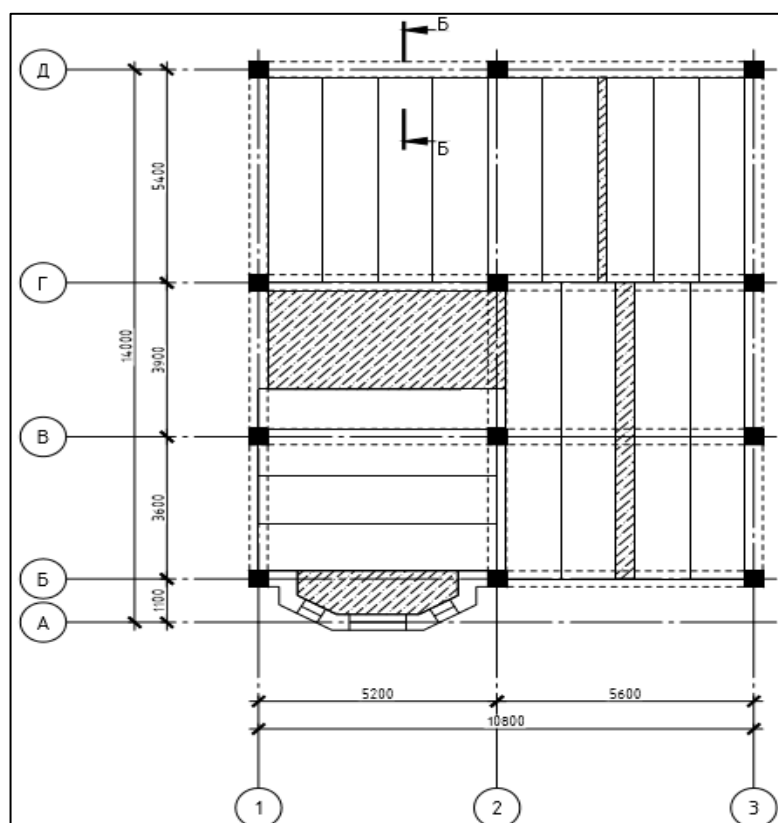


Рисунок 4 – План расположения плит перекрытия 2-этажа

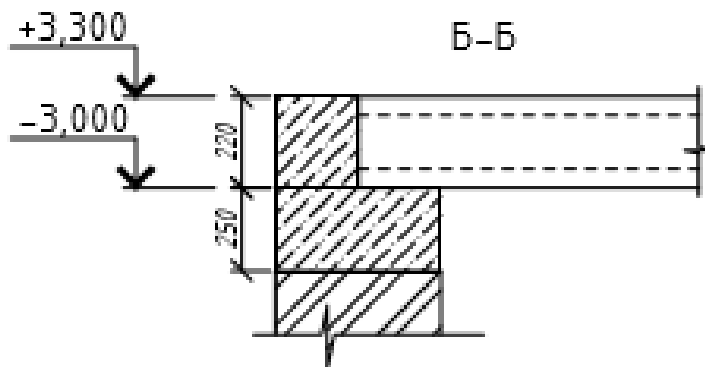


Рисунок 5 – Узел опирания плиты перекрытия на железобетонный сейсмопояс



Рисунок 6 – Фотоснимок и модель общего вида испытанного здания

Методика испытаний

Для определения динамических параметров собственного колебания экспериментального объекта циклическое возбуждение осуществлялось с помощью переносной вибромашины (вибратора) типа В-1.

При испытаниях вибромашина была установлена на уровне пола 2-этажа таким образом, чтобы равнодействующая возбуждаемых ими сил совпала с геометрической осью здания в направлении цифровых осей (рис.7).

Вибромашина и двигатель жестко крепились при помощи сварки и анкерных соединений к перекрытию здания. Включение и выключение вибромашины осуществлялось от пульта управления, расположенного в безопасном месте.



Рисунок 7 – Общий вид установленной вибромашины В-1 на объекте здания В процессе проведения испытаний осуществлялись:

- определение мест и установка акселерометров на разных уровнях здания (рис.8);
- инструментальная регистрация амплитуд колебаний здания;
- оперативная первичная обработка результатов измерений;
- визуальное обследование конструкций здания до и после испытания.
- фотофиксация состояния и видеосъемки поведения конструкций при динамических воздействиях.

Окончательная обработка и анализ экспериментальных данных осуществлялись в лабораторных условиях.

Регистрация инструментальных данных осуществлялись с помощью мобильной сейсмостанции нового поколения, разработанного по техническому заданию специалистов МАЭСС (рис.9).

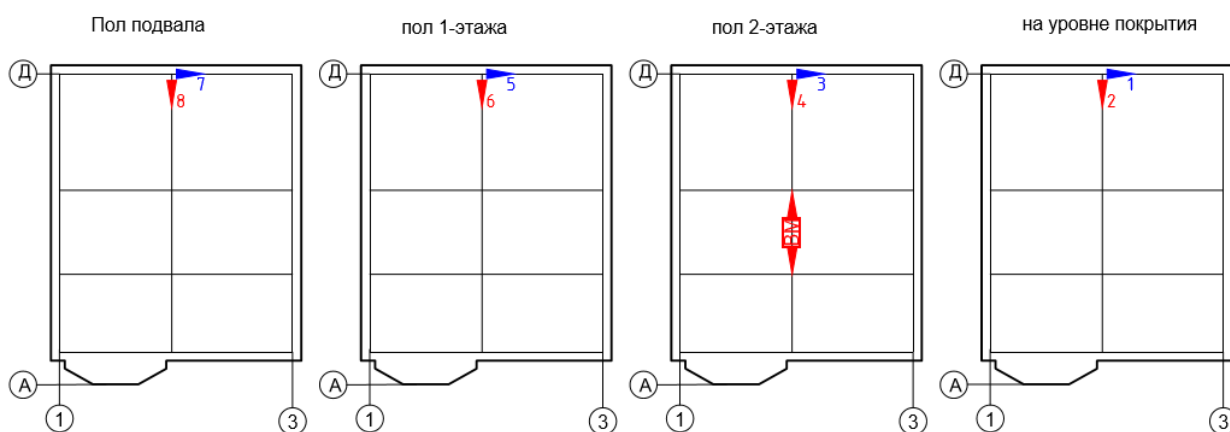


Рисунок 8 – Схема расстановки акселерометров (датчиков), установленных на разных точках по высоте здания

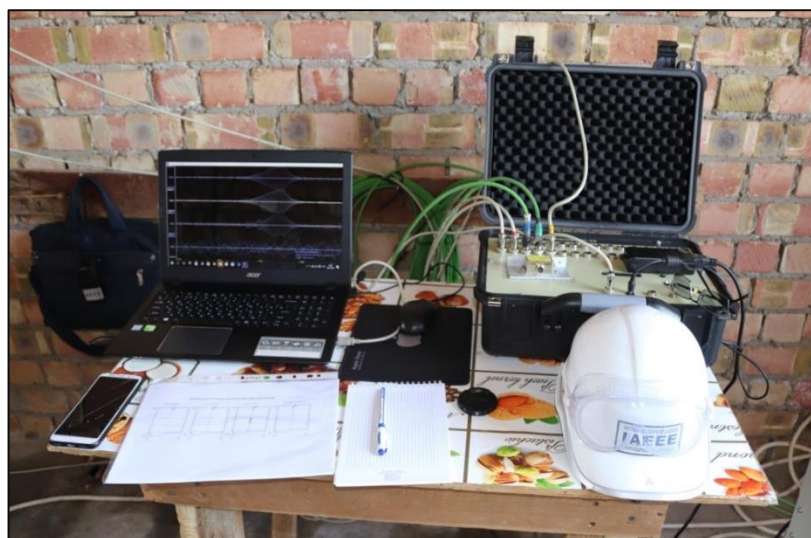


Рисунок 9 – Общий вид программно-аппаратного комплекса в процессе работы

Результаты инструментальных измерений

Определены динамические характеристики (частота, период, амплитуда) здания.

Измерения колебаний здания проводились в 4-точках по высоте здания. В каждой точке центральной части здания измерения проводились по двум взаимно перпендикулярным горизонтальным в продольном (ось X) и поперечном (ось Y) направлениям.

При испытании осуществлены записи горизонтальных ускорений и перемещений (рис.10). По исследованию и расшифровке фрагментов записей получены формы поперечных колебаний в ускорениях и перемещениях по высоте здания (рис.11).

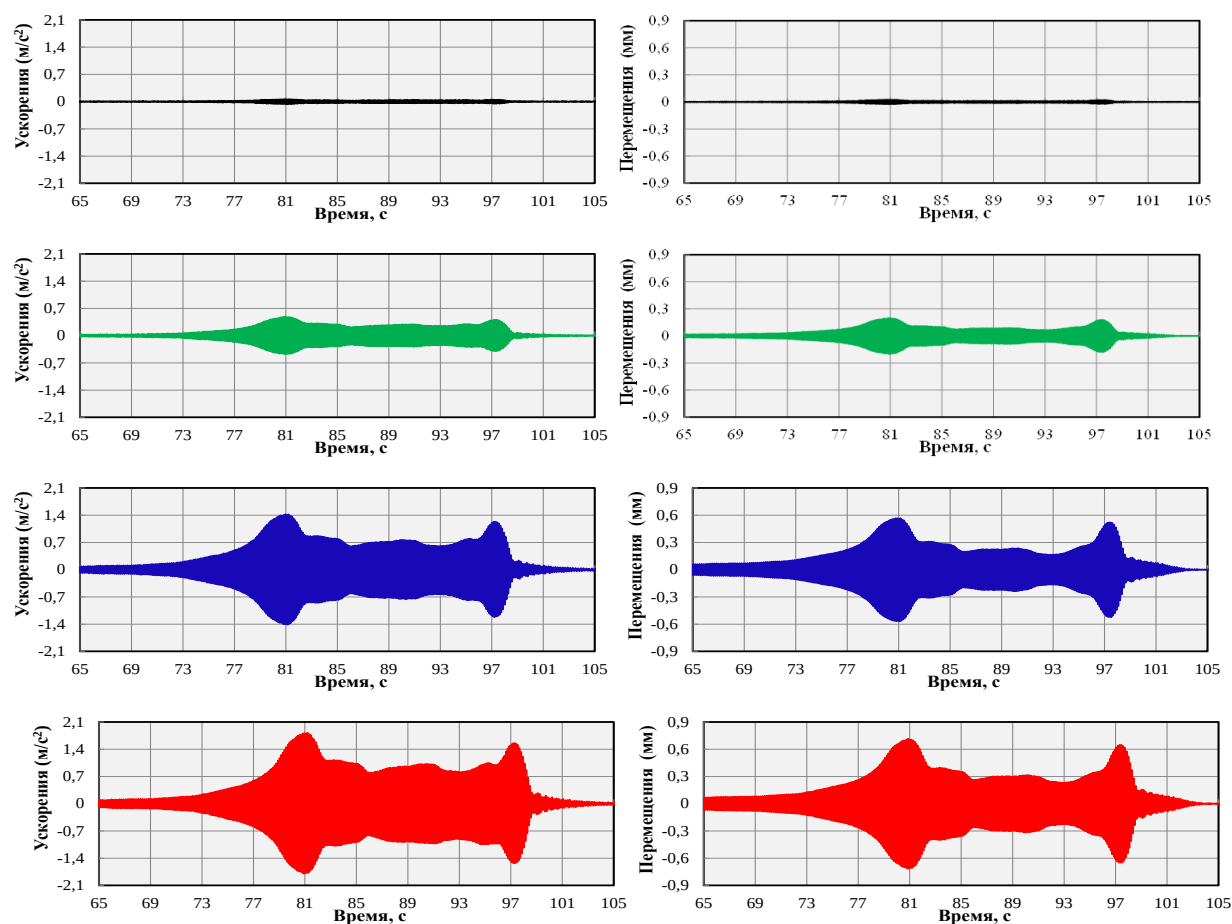


Рисунок 10 – Записи горизонтальных ускорений и перемещений

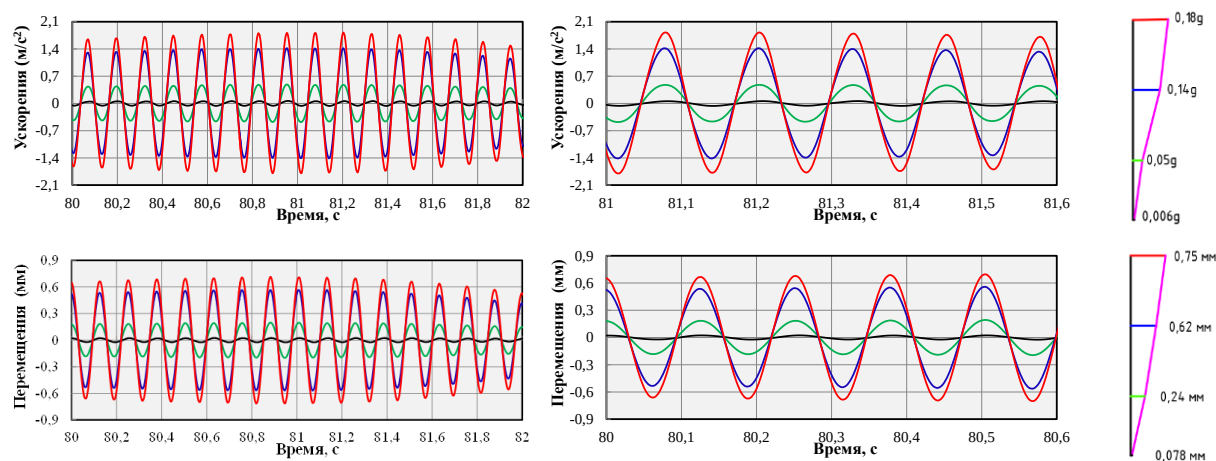


Рисунок 11 – Фрагмент записи горизонтальных ускорений и перемещений и форма поперечных колебаний в ускорениях и перемещениях по высоте здания

Для удобства чтения и анализа кривых записей измерений на рис.11 приведены разноцветные линии ускорений и перемещений на разных уровнях здания: **черные полужирные линии** – на уровне пола подвала; **зеленые линии** – на уровне пола 1 этажа; **синие линии** – на уровне пола 2 этажа; **красные линии** – на уровне покрытия.

При общем анализе можно отметить, что горизонтальные колебания имеют четко выраженные преобладающие частоты при весьма небольших амплитудах.

Численный анализ инструментальных записей проводился с помощью программы SeismoSignal, представляющий собой простой и эффективный способ обработки сигналов данных о сильных движениях, отличающийся удобным визуальным интерфейсом и способный получить ряд параметров сильных движений.

Оригинал записи ускорения считывается программой, отфильтрован и корректирован по основной линии. Можно использовать полиномы до 3-го порядка, и доступны три типа цифровых фильтров, которые способны выполнять фильтрацию верхних и нижних частот и т.д. В результате фильтрации получены спектры упругой реакции Фурье и ускорений (рис.12 и 13).

Максимальное ускорение 1.823g зафиксировано при $t=55.460$ сек, максимальная скорость 57.938 см/сек при $t=53.450$ сек времени. Период колебания 0.187 сек.

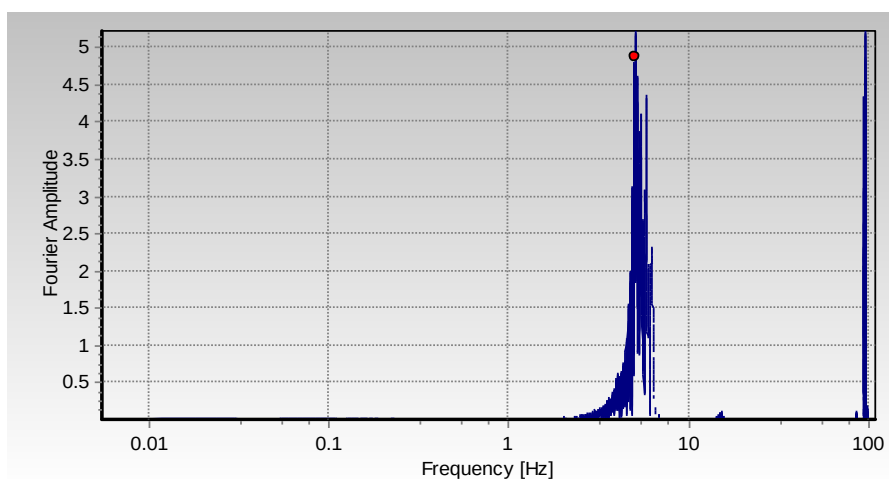


Рисунок 12 – Спектры Фурье после фильтрации

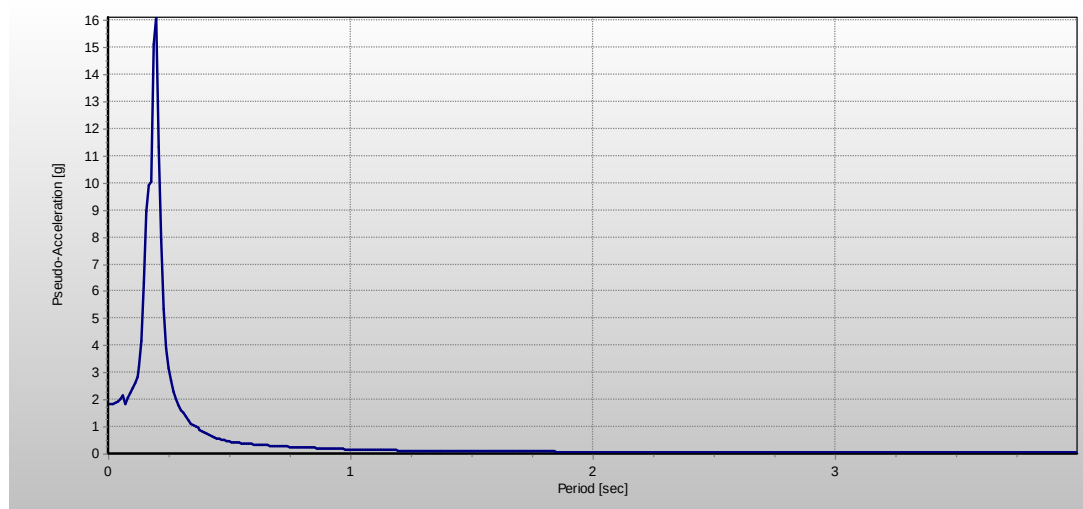


Рисунок 13 – Спектры ускорения после фильтрации

Определенные и приведенные в таблице 1 параметры основного тона собственных колебаний испытанного здания соответствуют ориентировочным данным диапазонов периодов, приведенных в ГОСТ 34081 [1].

Таблица 1 – Период собственных колебаний зданий по горизонтальным осям [1]

Число этажей	Период собственных колебаний, с		
	Крупнопанельные здания	Крупноблочные и кирпичные здания	Каркасные здания
5	0,18 – 0,27	0,22 – 0,35	0,26 – 0,42
9	0,28 – 0,44	0,31 – 0,50	0,46 – 0,71
12	0,36 – 0,57	0,39 – 0,61	0,61 – 0,93

Результаты анализа экспериментальных исследований показаны на рисунке 14.

Динамические параметры собственных колебаний характеризуют здание как относительно жесткую для которой фундаментная часть является жестким основанием. Максимальное перемещение составляет от 0,75мм, и максимальное ускорение 0,182g, период колебаний 0,19 с.

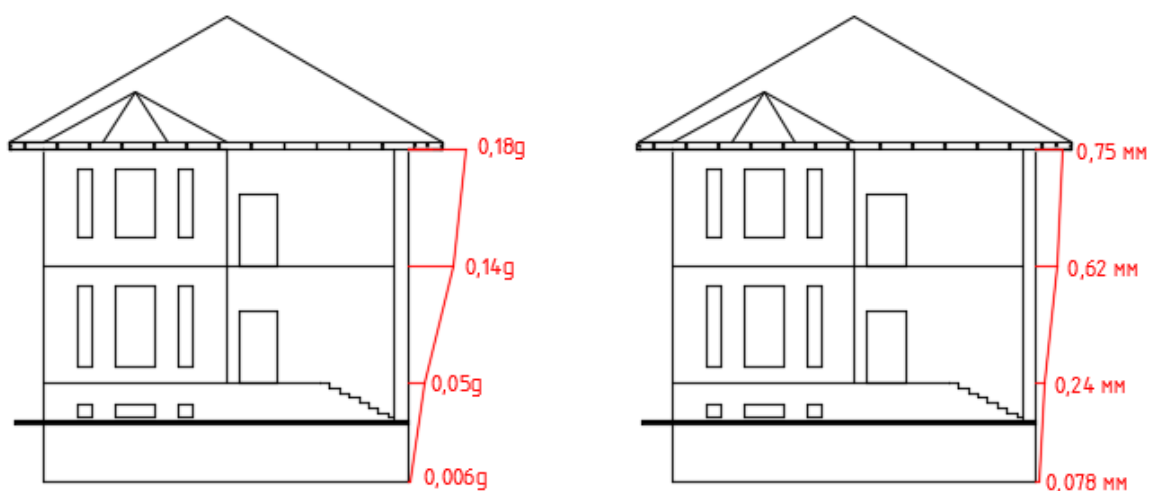


Рисунок 14 – Форма поперечных колебаний здания в ускорениях и перемещениях

Выводы

Проведенное исследование показало уверенную возможность определять динамические характеристики по записям их микроколебаний вызываемых мобильной вибромашиной инерционного действия типа В-1. Собственные частоты и соответствующие формы колебаний получены для данного здания впервые после его строительства.

Динамические параметры собственных колебаний характеризуют здание как относительно жесткую для которой фундаментная часть является жестким основанием.

Максимальное перемещение составляет от 0,75мм, и максимальное ускорение 0,182g, период колебаний 0,19 с.

В дальнейшей эксплуатации испытанного объекта путем периодических проверок динамических характеристик можно будет оценивать стабильность состояния строительных конструкций здания.

Исходя из результатов данных экспериментальных испытаний планировать дальнейшие исследования на основе моделирования поведения 2-3-этажных зданий комплексной конструкции при реальных сейсмических воздействиях интенсивностью 7, 8 и 9 баллов.

Список использованных источников

1. ГОСТ 34081 – 2017 «ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ Определение параметров основного тона собственных колебаний» – М.: Стандартиформ – 2017
2. СН КР 20-02-2018* Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования. – Госстрой КР – 2018
3. СН КР 22-01:2018 Оценка сейсмостойкости зданий существующей застройки – Госстрой КР – 2018
4. Отчет по результатам вибродинамических испытаний фрагмента здания из легких стальных тонкостенных конструкций с заключением о возможности применения зданий испытанного конструктивного типа в районах сейсмичностью 7-9 баллов / И. Е. Ицков, М. К. Абдыбалиев, У. Т. Бегалиев, Д. Б. Абдыкалыков и др. / Международная ассоциация экспертов по сейсмостойкому строительству. – Бишкек – 2019.
5. Абдыкалыков Д.Б. Экспериментальные вибродинамические исследования зданий и сооружений в условиях Кыргызстана. – Наука и инновационные технологии МУИТ. – № 3 (12). – С. 3-12.
6. Абдыкалыков Д.Б. Методика проведения динамических испытаний зданий со стенами комплексной конструкции. – Вестник Международной Ассоциации экспертов по сейсмостойкому строительству. – Б.: МАЭСС, 2021. – № 1 (11). – С. 16-28.
7. Кулбаев Б.Б., Шокбаров Е.М. и др. /Вибродинамические испытания одной секции 3-х секционного 9-ти этажного крупнопанельного жилого дома для муниципального строительства в городе Ташкент/– Вестник Международной Ассоциации экспертов по сейсмостойкому строительству. – Б.: МАЭСС, 2022. – № 2 (14). – С. 37-47.
8. Основы теории сейсмостойкости зданий и сооружений / Под общей редакцией акад. АН Груз. ССР К.С.Завриева, акад. АН Арм. ССР А.Г. Назарова и к.т.н К.Н. Карцивадзе. – М.: Стройиздат – 1970 – 206 с.
9. Вибрационные испытания зданий / Под ред. Шапиро Г.А. / Гос. ком. по делам строит. и арх. при Госстрое СССР. – ЦНИИЭП жилища. – М.: Стройиздат – 1972 – 160 с.
10. Сейсмостойкие каменные конструкции: Учебное пособие для вузов/ Сафргалиев С.М. – Алма-Ата: Ана тілі, 1992. – 236с. – ISBN 5-625-00988-0.

11. Современные методы сейсмозащиты зданий/ В.С. Поляков, Л.Ш. Килимник, А.В. Черкашин. – М.: СТройиздат, 1989. – 320 с.:ил. – ISBN 5-274-00256-0.