



УТВЕРЖДАЮ:

Директор
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко –
Институт АО «НИЦ «Строительство»,
д.т.н., проф.

И.И. Ведяков

« » 2024 г.

ПРОТОКОЛ

по теме:

**«Статические и динамические испытания монолитного перекрытия
на сейсмоустойчивость 8-9 баллов по шкале MSK-64»**

Договор № 0169-К-П-1-СК(26/1)-24 от 06.03.2024 г.

Руководитель работы

А.А. Бубис

Москва, 2024

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Лаборатория испытаний конструкций

Руководитель работы
Заведующий лабораторией
к.т.н.

З.З. Закрайлов

Ведущий научный сотрудник
к.т.н.

В.С. Поляков

Ведущий научный сотрудник
к.т.н.

А.М. Кахновский

Заведующий сектором
Научный сотрудник

Ас. И. Доттуев

Старший инженер
Научный сотрудник

Д.Н. Варганов

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие данные.....	4
2. Результаты динамических испытаний.....	11
3. Заключение.....	28
ВЫВОДЫ.....	29

1. Общие данные

Основание для выполнения работ: Договор № 0169-К-П-1-СК(26/1)-23 от 06.03.2023 г., заключенный между ООО «Компания МАРКО» и АО «НИЦ «Строительство».

Исполнитель: Лаборатория испытаний конструкций (ЛИК) ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство».

Объект испытаний: монолитные перекрытия.

Цель проведения испытаний: оценка сейсмостойкости конструктивного решения фрагментов монолитных перекрытий для возможности их применения в районах с сейсмичностью 9 баллов по шкале MSK-64.

Методика испытания: Программа методики проведения испытаний монолитных перекрытий, разработанная ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство» к Договору № 0169-К-П-1-СК(26/1)-23.

Дата испытаний: 22.03.2024 г.

Место проведения испытаний: Испытательная лаборатория (ИЛ) ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство». Фактический адрес ИЛ: Российская Федерация, 109428, г. Москва, ул. 2-я Институтская, д.6, стр. 36. Свидетельство о признании компетентности ОГН5.RU.2605.

Условия проведения испытаний: температура окружающего воздуха: $t = +5 (\pm 2)^\circ\text{C}$, относительная влажность: $\varphi = 50-60\%$, атмосферное давление: $p = 748 - 760$ мм рт. ст.

Описание монолитных перекрытий

Перекрытие (покрытие) над испытываемым фрагментом здания, представляет собой конструкции монолитные железобетонные часторебристые по технологии «МАРКО» в несъемной опалубке из газобетонных блоков («Бонолит») и дополнительным внешним армированием стальным профилем «Атлант» (является несъемной

опалубкой). Перекрытие формируется непосредственно на площадке за счет заполнения бетонной смесью несъемной опалубки.

Балки перекрытия Атлант (БПА) расположены с опиранием на ж.б. пояс в продольном направлении, в поперечном направлении устроены встроенные ригели (ВР) для обеспечения устойчивости балок перекрытия. Технология «Марко» представляет собой монолитную ребристую железобетонную плиту, толщиной 50 мм с армированием стальной сварной сеткой с размерами ячеек 100x100 мм (ГОСТ 23279-2021) из проволоки Вр-1 диаметром 5 мм. Плита выполняется с опиранием на монолитные железобетонные балки перекрытия «АТЛАНТ» (БПА) с шагом 725 мм, шириной по бетону 125 мм и общей высотой 250 мм (с учетом толщины плиты 50 мм).

Несущие элементы БПА армируются треугольными, унифицированными, сварными каркасами (арматурными решетчатыми фермами) заводского изготовления – «ТРИГОНЫ», изготовленные из арматуры периодического профиля класса В500С (ГОСТ Р 52544-2006). Встроенные ригели ВР армируются продольными стержнями из арматуры – А500С по ГОСТ 34028-2016, А500С по ГОСТ 34028-2016.

Заполнение между ребрами монолитного железобетонного перекрытия (балки БПА) выполняется блоками из газобетона (Бонолит), толщиной (высотой в горизонтальном положении) 200 мм, длиной 600 мм, шириной 250 мм и плотностью не менее 500 кг/куб.м марки D500.

Фрагменты образцов монолитных перекрытий монтировались на испытательный стенд.

Фрагменты образцов монолитных перекрытий, выше описанные, стоят на колоннах с монолитным поясом, колонны заполняются из газобетона с армированием, как по горизонтали, так и по вертикали.

На рисунках 1.1-1.4 показаны общие виды смонтированных на испытательный стенд фрагментов образцов монолитных перекрытий до проведения испытаний.

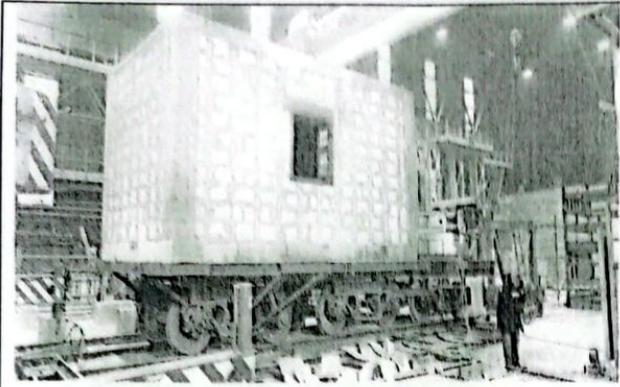


Рисунок 1.1

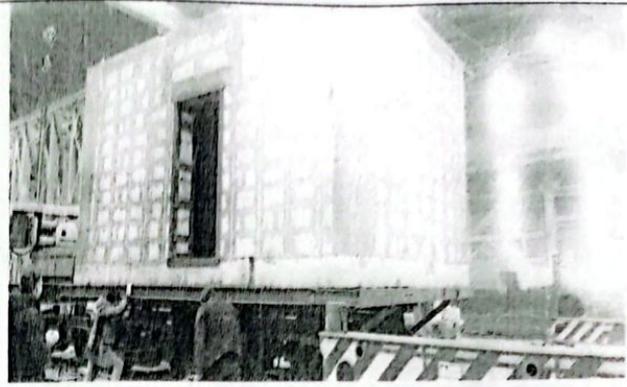


Рисунок 1.2

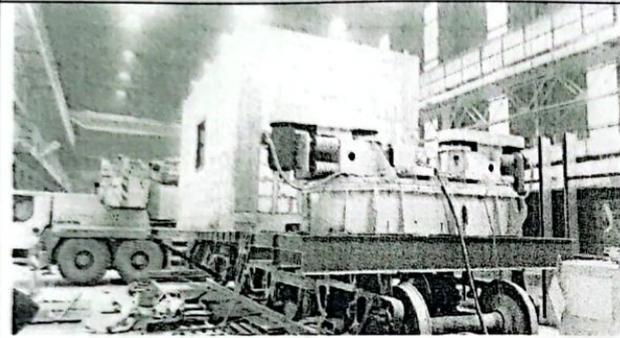


Рисунок 1.3

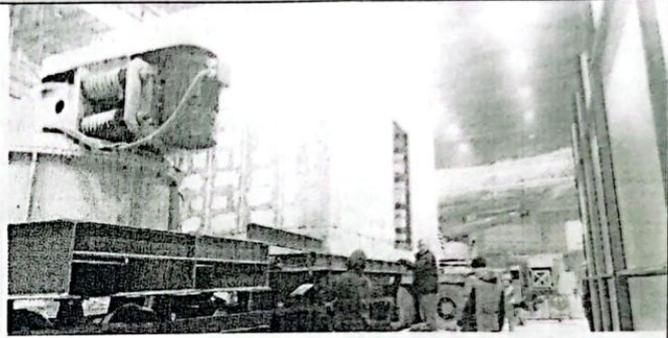


Рисунок 1.4

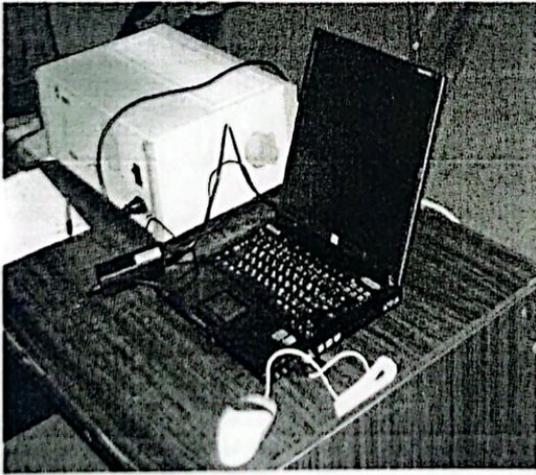


Рисунок 1.5

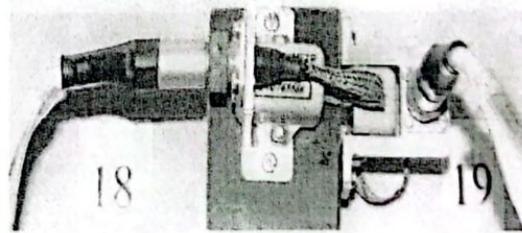


Рисунок 1.6

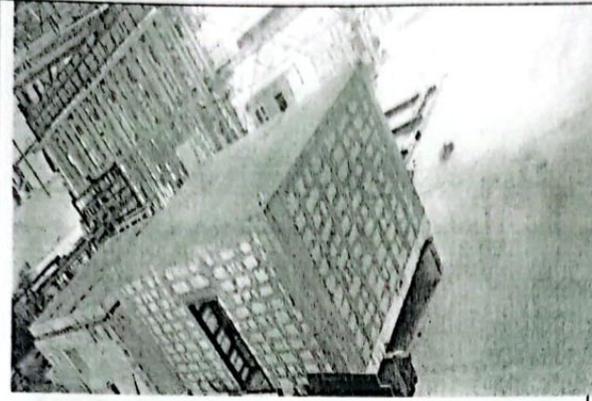


Рисунок 1.7



Рисунок 1.8

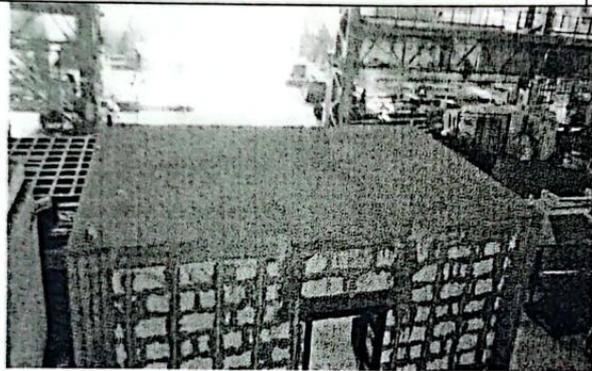


Рисунок 1.9



Рисунок 1.10

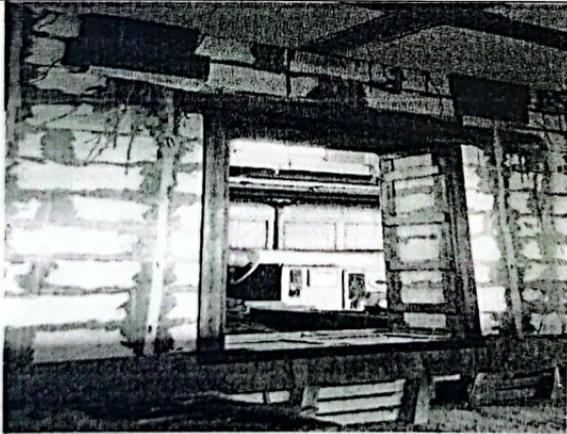


Рисунок 1.11

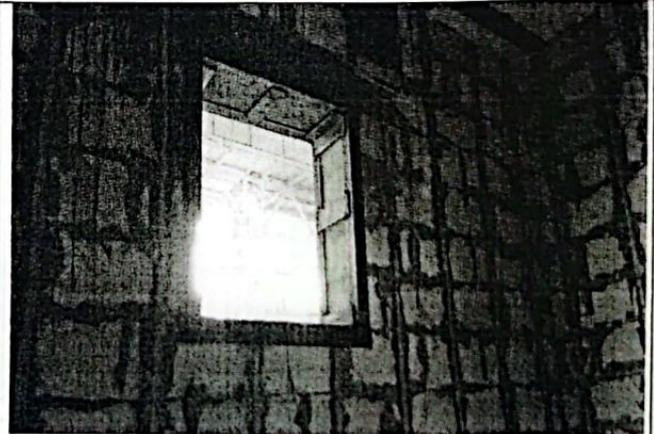


Рисунок 1.12



Рисунок 1.13



Рисунок 1.14

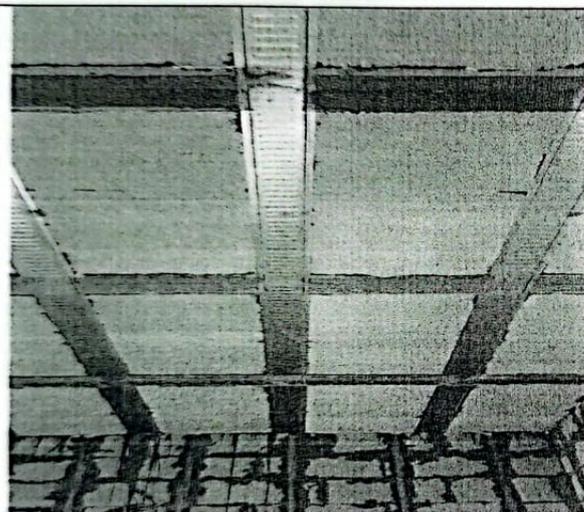


Рисунок 1.15

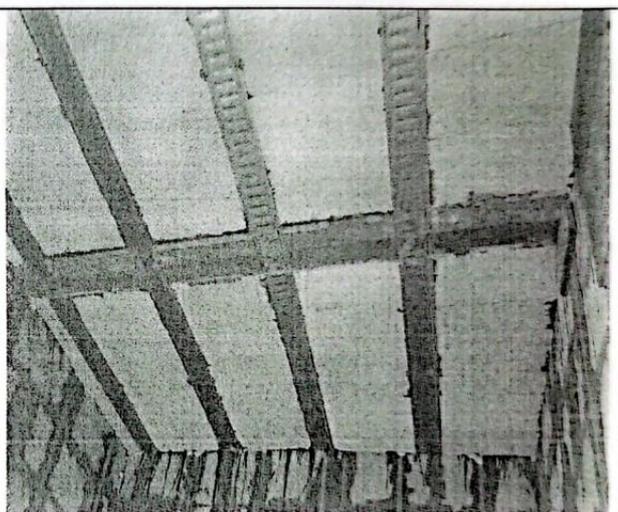


Рисунок 1.16

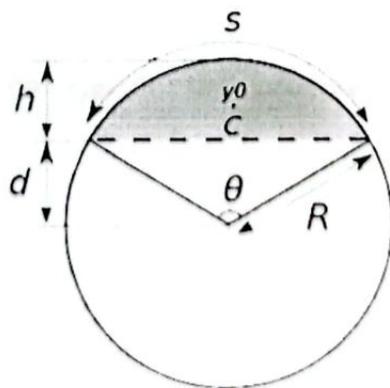


Рисунок 1.17 - Геометрические параметры дебаланса

Оборудование для создания динамических нагрузок на НФС

Для моделирования динамических воздействий на фрагменты НФС использовалась специальная виброплатформа.

В качестве источника воздействия используется виброплатформа на базе вибромашины инерциального действия (РВИД), которая предназначена для натуральных и модельных испытаний строительных конструкций, изделий и оборудования на динамическую устойчивость и сейсмостойкость (рисунок 1.19).

В качестве источника воздействия при проведении динамических испытаний используется вибромашина ВИД-50. ВИД-50 – это инерционно-резонансная машина, предназначенная для натуральных исследований инженерных сооружений. Тип машины дисбалансный, блочный. Вибромашина состоит из двух блоков, каждый из которых развивает инерционную силу до 490 кН. Каждый блок вибромашины имеет отдельный привод. Синхронизация блоков друг с другом осуществляется механически. Инерционная сила при двух блоках 981 кН. Частота воздействия регулируется в диапазоне от 0,5 до 20 Гц.

Сила возбуждения, генерируемая вибромашиной с вращающимися дебалансами, вычисляется по формуле:

$$F(t) = mr\omega^2 \sin(\omega t).$$

Геометрически дебалансы вибромашины ВИД-50 выполнены в форме сегмента окружности. Масса 1-го дебаланса – 41 кг.

Таблица 1.1 – Геометрические параметры дебаланса

Параметр дебаланса		Значение
Радиус, см	R	75(72)*
Высота сегмента, см	h	37,5(38)*
Длина хорды, см	c	129,9(130)*
Угол, радиан	0	2,09
Угол, град	α	120
Длина дуги, см	s	157,08
Площадь сегмента, см ²	S	3454,79
Расстояние до центра тяжести, см	y0	52,88

Таблица 1.2 - Значение $m\gamma$ [кг*см] для элементов вибромашины:

Количество дебалансов	$m\gamma$, [кг*см]
Без дебалансов	2350
1 дебаланс	2054
1 пригруз	234

$$F_{max} = m\gamma\omega^2 [\text{H}] = 490500\text{H} = 490,5\text{кН}.$$

Значения максимально возможной круговой частоты определяются по формуле: $\omega = \sqrt{F_{max}/m\gamma}$.

Зависимость максимальной генерируемой частоты вибромашиной ВИД-50 от количества дебалансов приведена в таблице 2.3 и показана на рисунке 1.18.

Таблица 1.3 - Максимальные генерируемые частоты вибромашины ВИД-50

Режим работы	Количество дебалансов	m_r , кг*см	Круговая частота, рад/с	Частота, Гц
0'	0 дебалансов	2765	133.19	21.20
1	1 дебаланс	4819	100.89	16.06
2	2 дебаланса	6873	84.48	13.45
3	3 дебаланса	8927	74.13	11.80
5	5 дебалансов	13035	61.34	9.76
6	6 дебалансов	15089	57.02	9.07
7	7 дебалансов	17143	53.49	8.51
8	8 дебалансов	19197	50.55	8.04
9	9 дебалансов	21251	48.04	7.65
10	10 дебалансов	23305	45.88	7.30

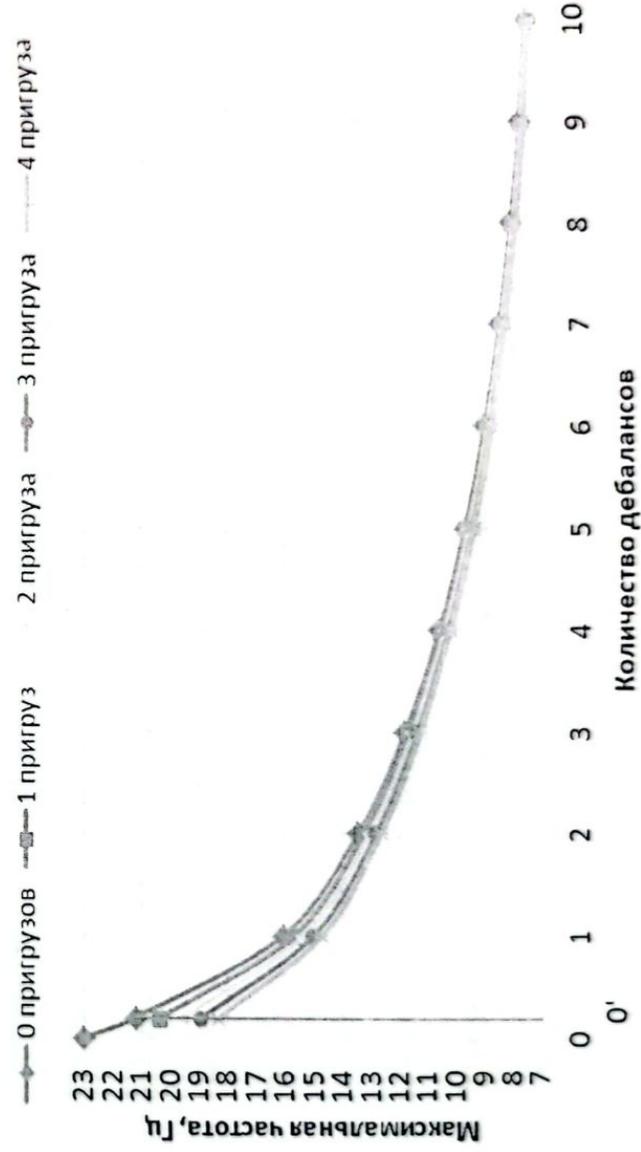


Рисунок 1.18 - Зависимость максимальной частоты вибромашины ВИД-50 от количества дебалансов

В качестве источника воздействия используется виброплатформа на.

базе вибромашины инерционного действия (РВИД), который предназначен для натуральных и модельных испытаний строительных конструкций, изделий и оборудования на динамическую устойчивость и сейсмостойкость.

Нижний пояс железобетонной рамы из бетона В25-30 крепится к силовому полу виброплатформы. Соединения плит между собой выполняется абсолютно жестким.

Инерционная сила вибромашины генерируется вращением дебалансов двух механически синхронизированных друг с другом блоков вибромашины и направлена в горизонтальной плоскости.

Инерционная сила вибромашины на определенной частоте регулируется изменением количества дебалансов в блоках. Максимальное значение инерционной силы 1000 кН, диапазон регулирования частоты колебаний 0,5-20 Гц. Для изменения направления динамического воздействия на испытуемый объект, рамный стенд с закрепленной фасадной системой, после испытаний в одном направлении, отсоединяется от виброплатформы, разворачивается на 90° и заново крепится к ней.

Испытываемые фрагменты образцов монолитных перекрытий крепятся на силовые, таким образом, чтобы условия эксперимента были подобны условиям работы конструкции (оборудования) во время ее эксплуатации при сейсмическом воздействии. Условия, которые не моделируются в процессе проведения эксперимента, необходимо учитывать при анализе полученных результатов.

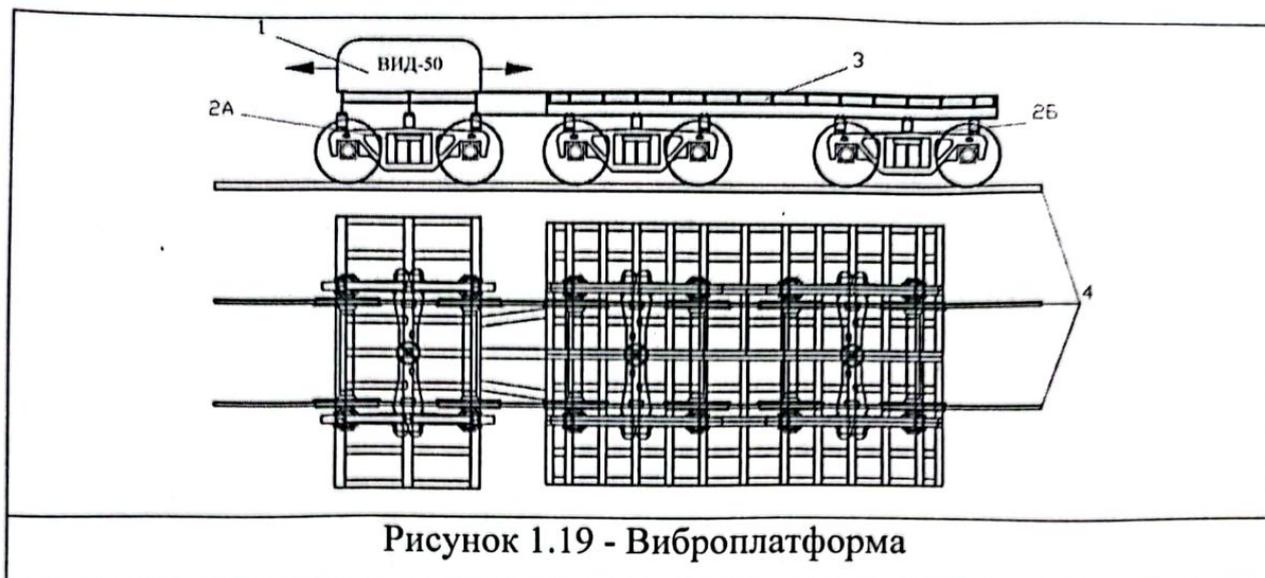


Рисунок 1.19 - Виброплатформа

Средства измерения и регистрации

Регистрация и измерение сигналов проводились при помощи специализированного измерительно-вычислительного комплекса МПС-036, предназначенного для сбора, преобразования, регистрации, обработки, передачи и представления информации, поступающей с датчиков.

Для измерения ускорений, частот колебаний, а также динамических перемещений применяются однокомпонентные датчики – акселерометры АТ 1105.

Для контроля задаваемых нагрузок и сравнения с нормируемыми СП 14.13330.2018 параметрами воздействия, применялись датчики, которые были установлены на платформе вблизи источника динамического нагружения.

Сертификаты о поверке измерительных устройств приведены в Приложении 2.

2. Результаты испытаний

При проведении испытаний № 1 и № 2 основные горизонтальные колебания платформы и соответственно испытуемого одноэтажного образца закрепленного на этой платформе были направлены вдоль оси «Х» (см. рисунок 2.1). Кроме основных горизонтальных колебаний по оси «Х»

при проведении испытаний возникают также колебания по осям «Y» и «Z».

Амплитуды колебаний платформы по указанным выше осям и их соотношение зависит от частоты колебаний и от уровня динамического воздействия на образец, определяемого количеством дисбалансов устанавливаемых в вибрационную машину закрепленной на этой платформе.

Испытание № 1 проводилось при работе вибрационной машины без дисбалансов и при основных колебаниях платформы до ~ 6,7 Гц.

Испытание № 2 проводилось при работе вибрационной машины с 2-мя дисбалансами и при основных колебаниях платформы до ~ 6,0 Гц.

Кроме основных частот колебаний платформы присутствуют также ряд их субгармоник изменяющихся в широком диапазоне частот при изменении основной частоты колебаний платформы.

Горизонтальные колебания платформы и несущей конструкции образца вдоль оси «X»

Датчики колебаний (акселерометры) для регистрации горизонтальных колебаний по оси «X» при проведении испытаний были установлены на несущей конструкции образца по осям «А/2» и «Б/2» на 2-х уровнях (см. схему установки датчиков на рисунке 2.1).

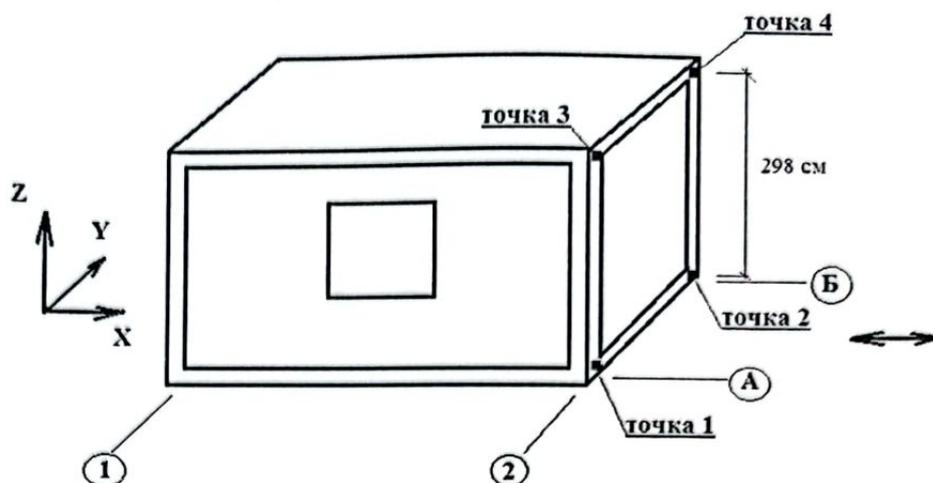


Рисунок 2.1. Схема расположения на несущей конструкции образца точек регистрации горизонтальных колебаний в уровнях «1» и «2»

Уровень «1» (точки 1 и 2) соответствуют нижней части, а уровень «2» (точки 3 и 4) соответственно верхней части конструкции испытываемого образца каркасного типа с заполнением.

Все указанные выше датчики были установлены таким образом, что они регистрировали горизонтальные колебания в направлении основных колебаний платформы.

На рисунке 2.2 приведены спектры (в диапазоне частот до 25 Гц) осциллограмм ускорения горизонтальных колебаний в уровнях «1» и «2» точек несущей конструкции образца, расположенных по оси «А» при проведении испытаний № 1 (а) и № 2 (б), а на рисунке 2.1 соответственно для точек расположенных по оси «Б».

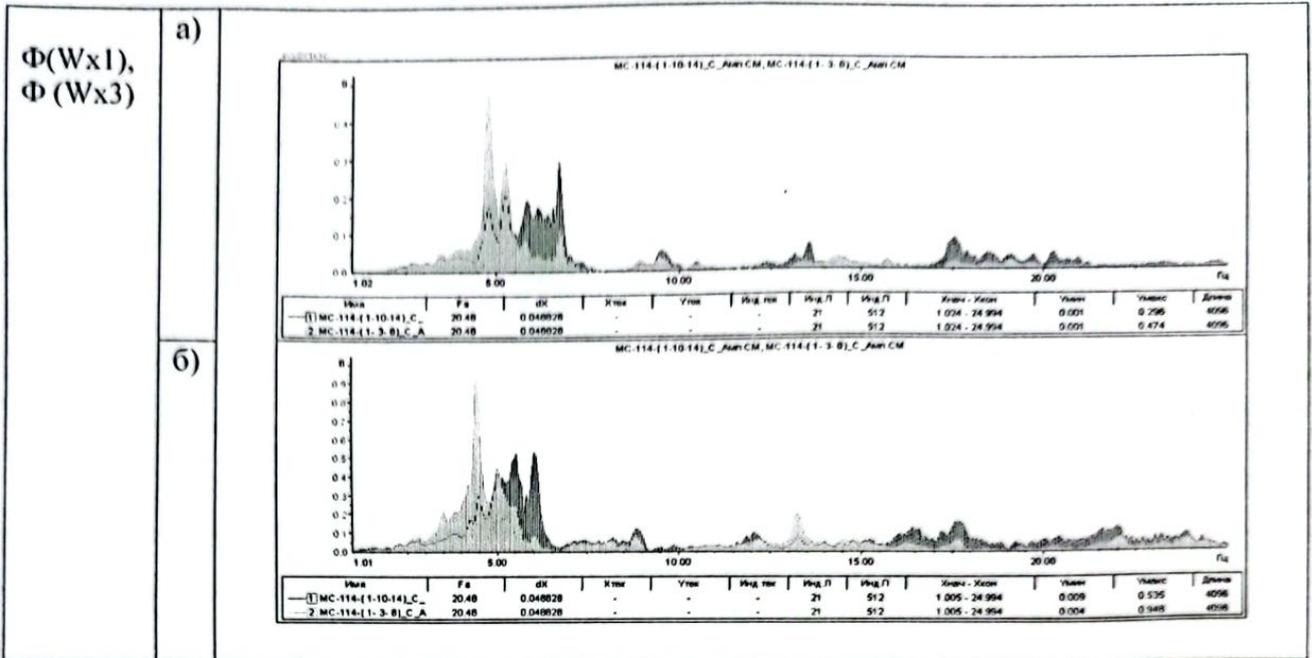


Рисунок 2.2 Спектры осциллограмм ускорения горизонтальных колебаний точки 1 (синий цвет) в уровне «1» и точки 3 (зелёный цвет) в уровне «2» по оси «А» несущей конструкции при проведении испытаний № 1 (а) и № 2 (б).

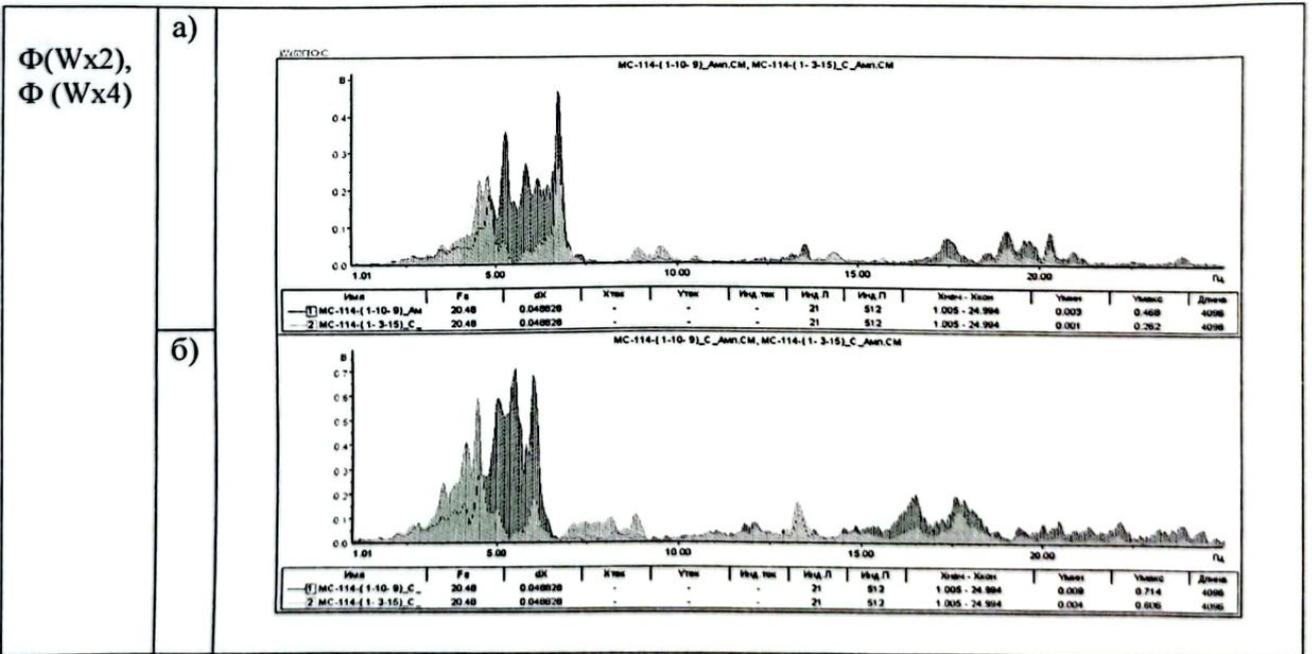


Рисунок 2.3. Спектры осциллограмм ускорения горизонтальных колебаний точки 2 (синий цвет) в уровне «1» и точки 4 (зелёный цвет) в уровне «2» по оси «Б» несущей конструкции при проведении испытаний № 1 (а) и № 2 (б).

Из спектров, приведенных на рисунке 2.2 и рисунке 2.3 следует, что основные колебания верха образца по оси «А» при проведении испытания № 1 происходили в диапазоне частот от 4,5 Гц до 5,4 Гц с максимальными значениями ускорения колебаний на частоте 4,7 Гц; по оси «Б» соответственно от 4,3 Гц до 4,9 Гц и около 6,7 Гц с максимальными значениями ускорения колебаний на частотах 4,7 Гц и 6,7 Гц.

Основные колебания верха образца по оси «А» при проведении испытания № 2 происходили в диапазоне частот от 4,0 Гц до 5,2 Гц с максимальными значениями ускорения колебаний на частоте 4,4 Гц; по оси «Б» соответственно от 3,4 Гц до 4,6 Гц с максимальными значениями ускорения колебаний на частоте 4,4 Гц.

На рисунке 2.4 приведены графики передаточного коэффициента горизонтальных колебаний от нижнего уровня «1» к уровню «2» несущей конструкции образца по крайним осям «А» и «Б» в диапазоне изменения основной частоты колебаний платформы при проведении испытаний № 1 и № 2.

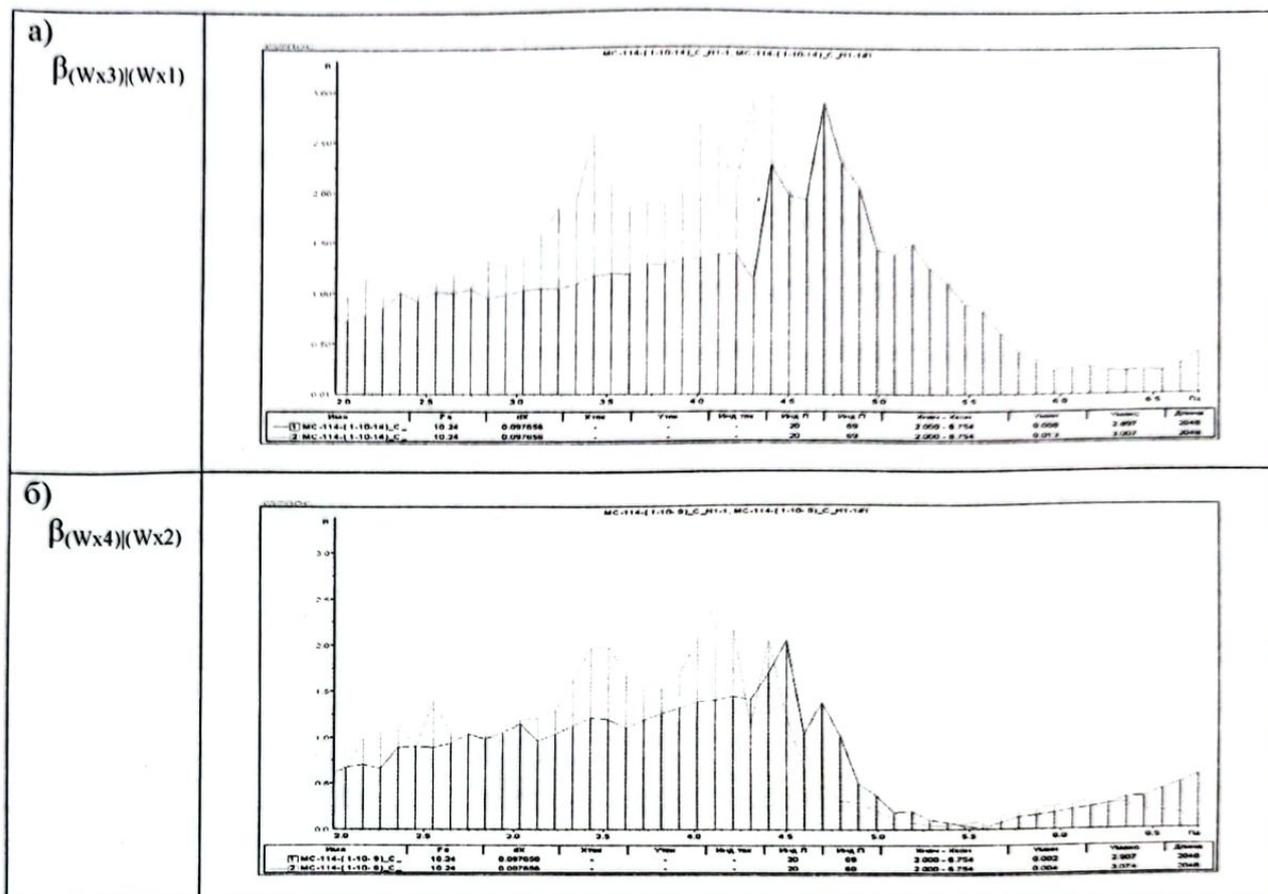


Рис. 2.4. Графики передаточного коэффициента горизонтальных колебаний от нижнего уровня «1» к уровню «2» несущей конструкции образца по крайним осям «А» (а) и «Б» (б) в диапазоне изменения основной частоты колебаний платформы при проведении испытаний № 1 (синий цвет) и № 2 (зелёный цвет).

Совместный анализ спектров осциллограмм ускорения горизонтальных колебаний, приведенных на рисунке 2.2 и рисунке 2.3 и графиков передаточного коэффициента колебаний от нижнего уровня «1» к уровню «2» на рисунке 2.4 показывает, что испытания № 1 и № 2 были выполнены в режиме прохода несущих конструкций образца через резонансные колебания.

Из рисунках 2.2 – 2.4, в частности, следует, что по мере увеличения ускорения платформы и увеличении интенсивности воздействия при переходе от первого испытания ко второму частота резонансных несущей конструкции по оси «А» уменьшается с 4,7 Гц до 4,4 Гц, а соответственно по оси «Б» уменьшается с 4,5 Гц до 4,1 Гц. Данный факт указывает на

падение жесткости стен несущей конструкции в своей плоскости с ростом динамической нагрузки.

Полученные при испытаниях, максимальные значения ускорения горизонтальных колебаний в точках 1 - 4 в уровнях испытываемого объекта по вертикальным осям несущей конструкции образца, установленной на платформу для каждого из проведенных испытаний, приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

№ уровня	№ точки	Испытание 1. Максимальное ускорение колебаний (m/s^2) в диапазоне частот от 0,5 Гц до					
		3 Гц	4 Гц	5 Гц	6 Гц	7 Гц *)	25,0 Гц
«1»	1	0,28	0,47	1,80	2,11	2,18	3,54
	2	0,30	0,56	2,95	3,58	3,65	5,32
«2»	3	0,32	0,67	4,99	5,09	5,11	5,31
	4	0,32	0,78	2,20	2,21	2,23	3,65

Таблица 2

№ уровня	№ точки	Испытание 2. Максимальное ускорение колебаний (m/s^2) в диапазоне частот от 0,5 Гц до					
		2 Гц	3 Гц	4 Гц	5 Гц	6 Гц *)	25,0 Гц
«1»	1	0,28	0,61	1,10	5,38	6,30	9,13
	2	0,26	0,86	1,38	6,35	6,66	11,4
«2»	3	0,31	0,91	2,46	8,90	9,02	12,2
	4	0,57	0,93	3,08	6,22	6,34	9,97

*) В таблицах жирным шрифтом выделены значения ускорения колебаний в точках регистрации, достигнутые в диапазоне изменения основной частоты колебаний платформы.

Для вычисления значений максимального перекося стен несущей конструкции в своей плоскости при проведении испытаний были получены осциллограммы относительных колебаний в уровне «2» по осям «А» и «Б».

Указанные выше осциллограммы относительных колебаний получены численным образом с использованием процедуры двойного интегрирования записей ускорения колебаний в точках регистрации в частотном диапазоне от 2 Гц.

На рисунке 2.5, приведены осциллограммы горизонтальных колебаний несущей конструкции образца по оси «А» и по оси «Б» в уровне

«2» относительно уровня «1» при проведении испытания № 1 и соответствующий им спектр, а на рис. 6 соответственно при проведении испытания № 2.

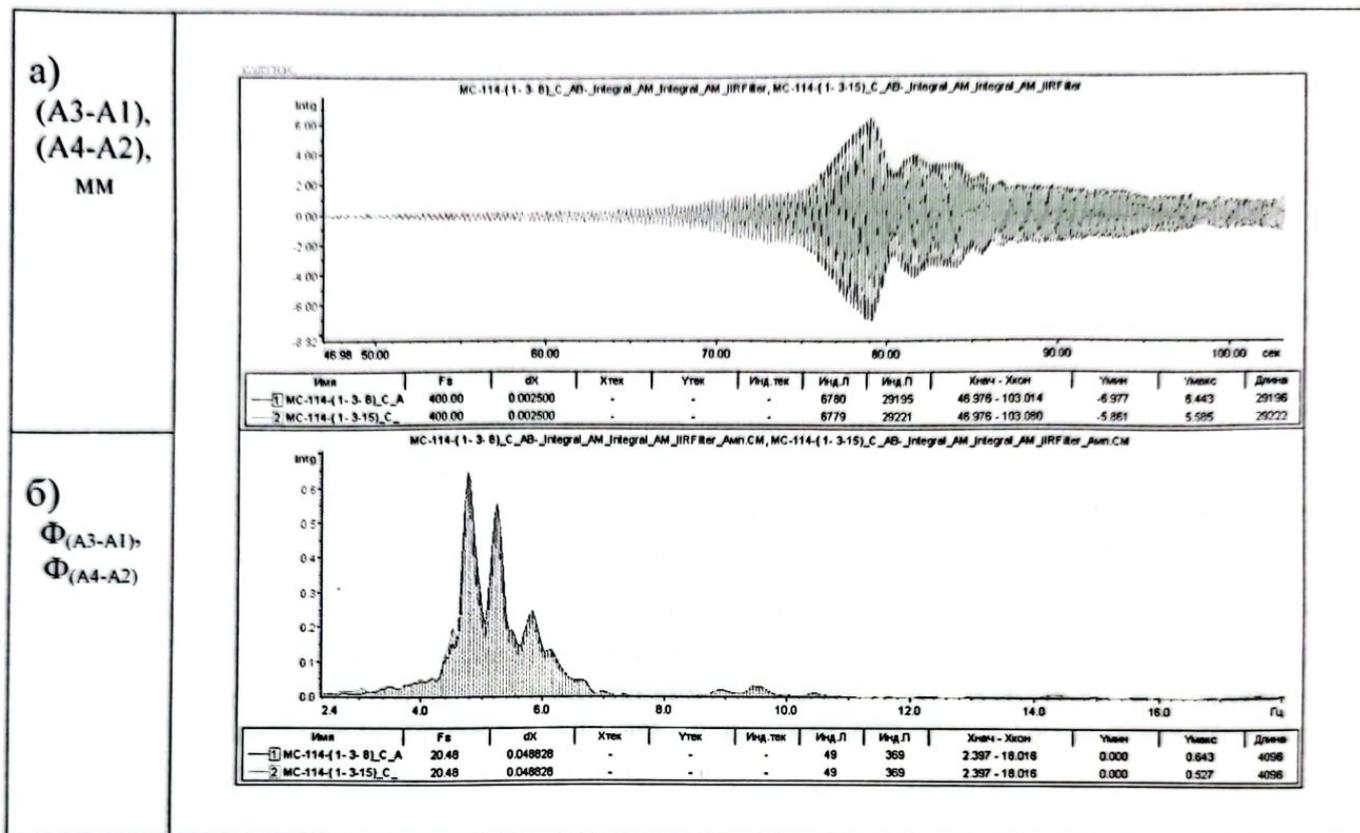


Рисунок 2.5. Осциллограммы горизонтальных колебаний несущей конструкции по оси «А» в уровне «2» относительно уровня «1» (синий цвет) и по оси «Б» в уровне «2» относительно уровня «1» (зеленый цвет) при проведении испытания № 1 (а) и соответствующие спектры (б).

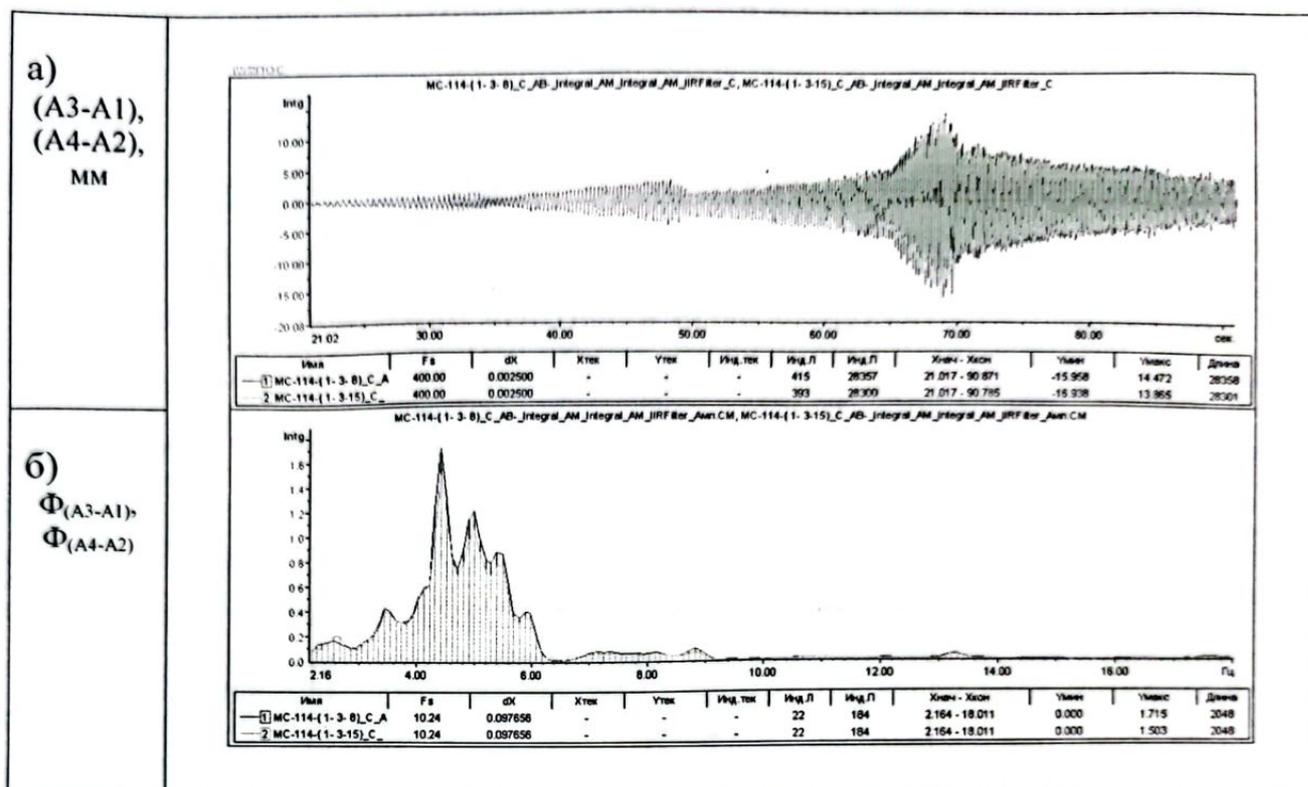


Рисунок 2.6. Осциллограммы горизонтальных колебаний несущей конструкции по оси «А» в уровне «2» относительно уровня «1» (синий цвет) и по оси «Б» в уровне «2» относительно уровня «1» (зеленый цвет) при проведении испытания № 2 (а) и соответствующие спектры (б).

В таблице 3 приведены значения максимальных горизонтальных смещений верхнего уровня «2» по отношению к уровню «1» по осям «А» и «Б» стен образца, а также соответствующие значения перекоса в своей плоскости при их колебаниях во время проведения испытаний № 1 и № 2.

Таблица 3

Стена по оси	№ испытания	Максимальное значение смещения уровня «2» по отношению к уровню «1» стены, мм	Перекося конструкции
«А»	1	6,98	0,00234
	2	16,0	0,00537
«Б»	1	5,86	0,00197
	2	16,9	0,00567

Из данных таблицы 3 следует, что при проведении вибрационных испытаний № 1 и № 2 несущая конструкция образца получила максимальный перекося в направлении основных горизонтальных

колебаний по оси «А» равный $\sim 0,54 \times 10^{-2}$, а по оси «Б» соответственно $\sim 0,57 \times 10^{-2}$.

Вертикальные колебания перекрытия конструкции образца

Датчики колебаний (акселерометры) для регистрации вертикальных колебаний при проведении испытаний были установлены на перекрытии несущей конструкции образца по осям «А», «Б» и между ними в центральной части (см. схему установки датчиков на рисунке 2.7).

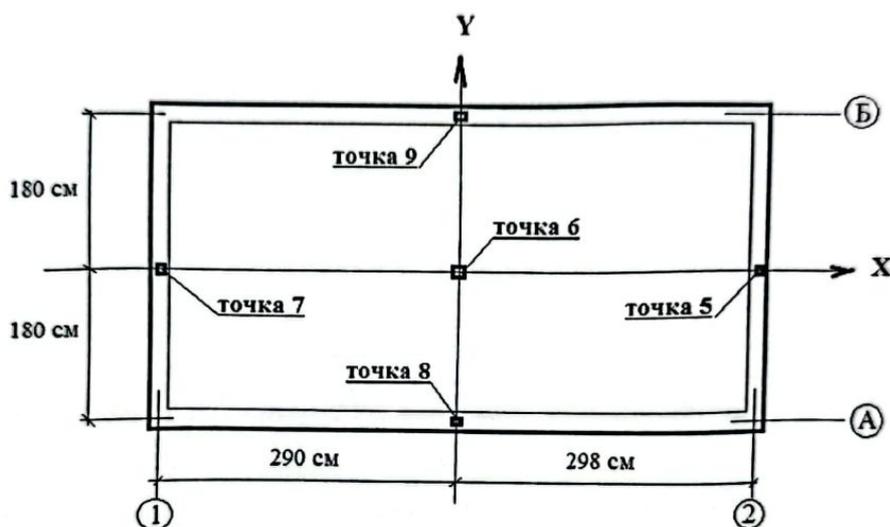


Рисунок 2.7. Схема расположения на перекрытии образца точек регистрации вертикальных колебаний в уровне «2»

Перед проведением испытаний № 1 и № 2 было проведено экспериментальное определение начального значения частоты собственных вертикальных колебаний перекрытия.

Указанные выше значение частоты было получено путем спектральной обработки записи свободных колебаний конструкции перекрытия при нанесении импульсных воздействий по центральной части его поверхности.

На рисунке 2.8 приведена осциллограмма ускорения колебаний в точке 6, находящейся в центральной части перекрытия относительно опорных стен по осям «А» (точка 8) и «Б» (точка 9), полученной при

нанесении ударов по панели в направлении оси «Z», а также спектр соответствующих затухающих относительных колебаний в этой точке.

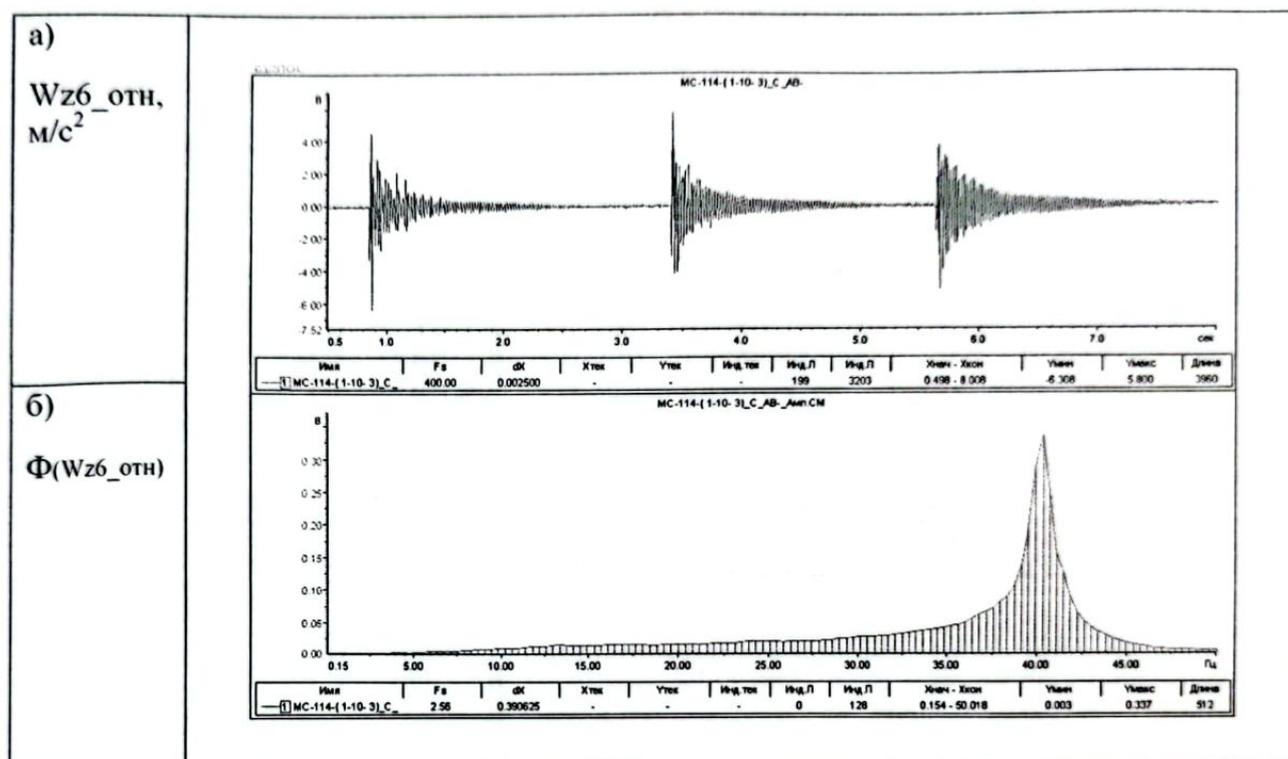


Рисунок 2.8. Оциллограмма ускорения колебаний в точке 6 относительно опорных точек 8 и 9 при импульсном воздействии на перекрытие в направлении оси «Z» (а) и соответствующий спектр свободных затухающих колебаний в этих точках (б).

Из приведенной на рисунке 2.8 оциллограммы и спектра следует, что начальное значение частоты собственных вертикальных колебаний перекрытия закрепленного на несущей конструкции равно ~ 40 Гц.

Необходимо отметить, что такое значение частоты собственных вертикальных колебаний перекрытия говорит о значительной жесткости конструкции перекрытия на изгиб из своей плоскости (обычно в существующих зданиях в не сейсмических районах значение частоты собственных вертикальных колебаний перекрытия не превышает 25 Гц).

На рисунке 2.9 приведены спектры (в диапазоне частот до 25 Гц) оциллограмм ускорения вертикальных колебаний точек перекрытия образца, расположенных по оси «X» (а) и по оси «Y» (б) при проведении

испытания № 1, а на рисунке 2.10 соответственно при проведении испытания № 2.

Полученные при испытаниях, максимальные значения ускорения вертикальных колебаний в точках 5 - 9 перекрытия несущей конструкции образца, установленной на платформу для каждого из проведенных испытаний, приведены в таблицах 4 и 5.

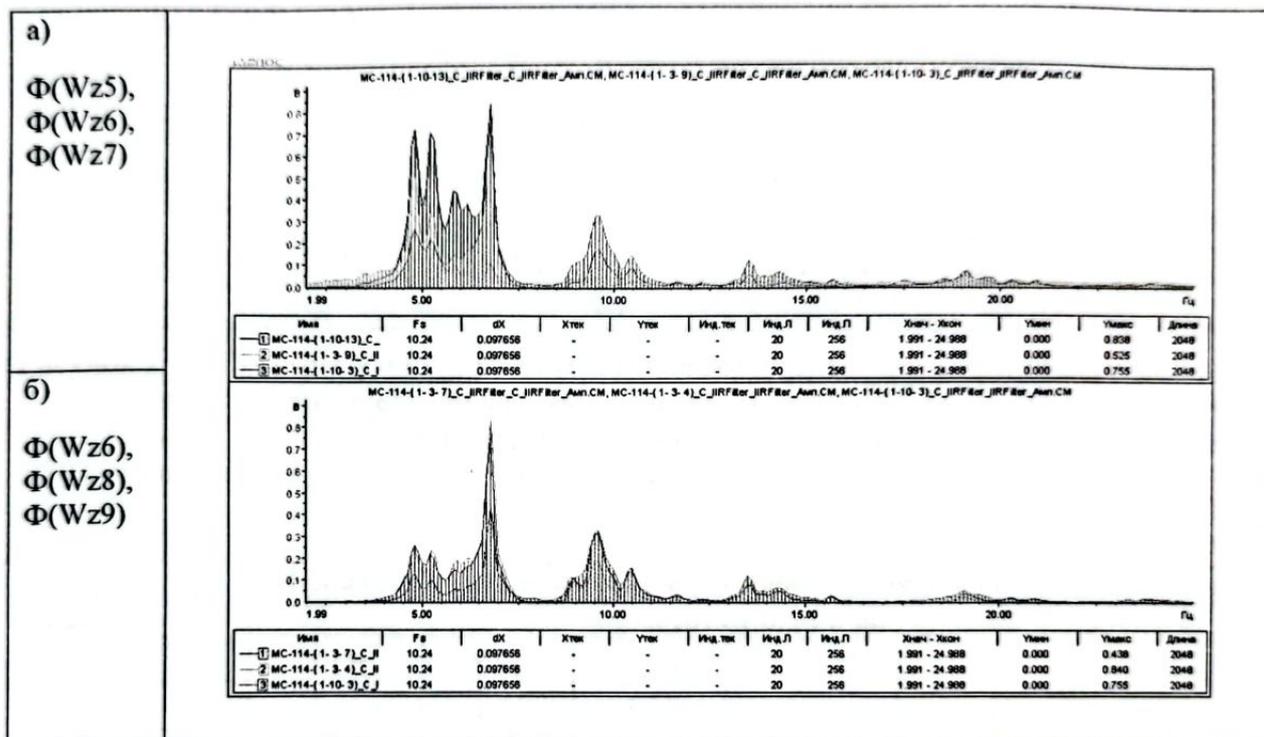


Рисунок 2.9. Спектры осциллограмм ускорения вертикальных колебаний перекрытия в точке 7 (синий цвет), точке 5 (зелёный цвет), в точке 6 (красный цвет) по оси «Х» (а); в точке 8 (синий цвет), точке 9 (зелёный цвет), в точке 6 (красный цвет) по оси «Y» (а) при проведении испытаний № 1.

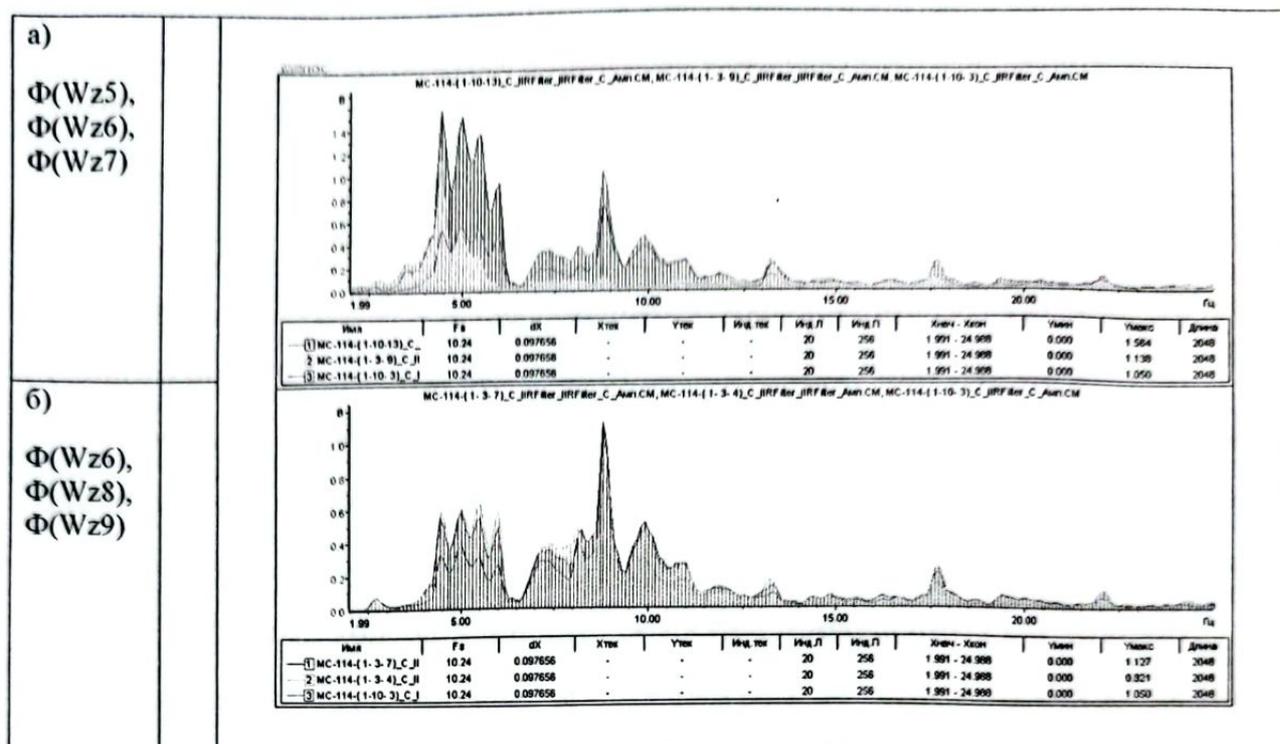


Рисунок 2.10. Спектры осциллограмм ускорения вертикальных колебаний перекрытия в точке 7 (синий цвет), точке 5 (зелёный цвет), в точке 6 (красный цвет) по оси «X» (а); в точке 8 (синий цвет), точке 9 (зелёный цвет), в точке 6 (красный цвет) по оси «Y» (а) при проведении испытаний № 2.

Таблица 4

Расположение точки	№ точки	Испытание 1. Максимальное ускорение колебаний (m/c^2) в диапазоне частот от 0,5 Гц до					
		4 Гц	5 Гц	6 Гц	7 Гц *)	10 Гц	25 Гц
По периметру	5	0,80	4,54	4,60	4,61	4,97	5,04
	7	0,40	7,03	7,72	7,75	9,53	9,98
	8	0,13	1,34	1,54	3,61	5,47	5,94
	9	0,20	2,38	2,73	6,61	6,65	7,35
По центру	6	0,19	2,25	2,53	5,48	5,80	6,55

Таблица 5

Расположение точки	№ точки	Испытание 2. Максимальное ускорение колебаний (m/c^2) в диапазоне частот от 0,5 Гц до					
		4 Гц	5 Гц	6 Гц *)	7 Гц	10 Гц	25,0 Гц
По периметру перекрытия	5	2,39	8,24	8,28	8,62	9,07	11,3
	7	2,26	15,6	16,0	16,4	22,3	27,5
	8	0,66	3,98	4,19	4,20	13,0	15,8
	9	0,92	6,81	7,43	7,57	14,5	16,5
По центру	6	0,76	5,86	6,18	6,19	14,9	18,3

*¹) В таблицах жирным шрифтом выделены значения ускорения колебаний в точках регистрации, достигнутые в диапазоне изменения основной частоты колебаний платформы.

Необходимо отметить, что значения, приведенные в таблицах 4 и 5, являются результатом сложения поступательных вертикальных колебаний платформы и образца с их крутильными колебаниями вокруг оси «Х» как единого целого.

Так как указанные выше крутильные колебания не вызывают деформаций перекрытия, в работе выполнено численное разделение поступательных и крутильных колебаний, что позволяет выполнить оценку изгибных колебаний перекрытия при проведенных испытаниях.

На рисунке 2.11, приведены осциллограммы вертикальных колебаний центральной части перекрытия в точке 6 относительно опорных точек 8 и 9 расположенных по осям «А» и «Б» стен образца при проведении испытания № 1, а на рисунке 2.12 и соответствующий им спектр, а на рисунке 2.12 соответственно при проведении испытания № 2.

В таблице 6 приведены значения максимальных вертикальных смещений перекрытия в центральной точке 6 по отношению к опорным точкам 8 и 9 на стенах образца по осям «А» и «Б», а также соответствующие значения относительного прогиба перекрытия по оси «У» (для пролета 360 см) при его колебаниях во время проведения испытаний № 1 и № 2.

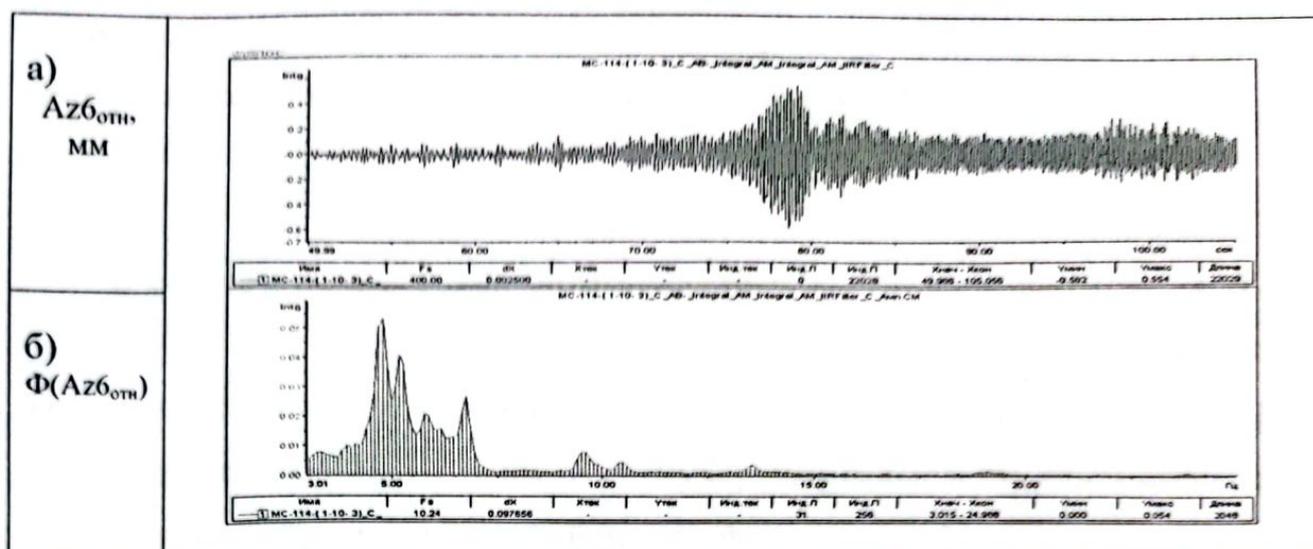


Рисунок 2.11. Осциллограмма вертикальных колебаний центральной части перекрытия относительно стен по осям «А» и «Б» при проведении испытания № 1 (а) и соответствующий спектр (б).

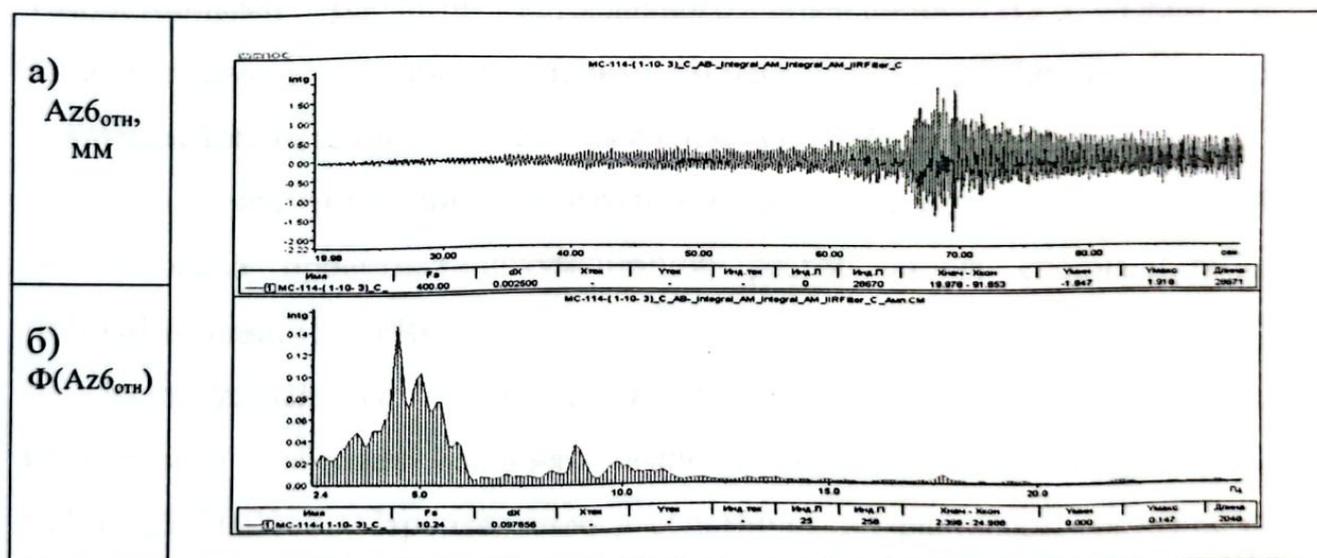


Рисунок 2.12. Осциллограмма вертикальных колебаний центральной части перекрытия относительно стен по осям «А» и «Б» при проведении испытания № 2 (а) и соответствующий спектр (б).

Таблица 6

№ испытания	Максимальное значение смещения центра перекрытия по отношению к опорным точкам по осям «А» и «Б» стен образца, мм	Относительный прогиб перекрытия
1	0,582	0,000162
2	1,92	0,000533

Из данных таблицы 6 следует, что при проведении вибрационных испытаний перекрытие образца при своих вертикальных колебаниях

получила максимальный относительный прогиб равный $\sim 0,53 \times 10^{-3}$, что соответствует $\sim 1/1900$ пролета перекрытия по оси «Y».

3. Заключение

В соответствии с Техническим заданием к Договору № 0169-К-П-1-СК(26/1)-23 от 09.03.2023 г. специалистами Лаборатории сейсмостойкости сооружений и инновационных методов сейсмозащиты АО «НИЦ «Строительство» ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко проведены динамические испытания с применением сеймоплатформы на базе вибромашины ВИД-50 фрагмента монолитного железобетонного ребристого перекрытия по технологии МАРКО с заполнением межбалочного пространства газобетонными блоками автоклавного твердения В3,5 D600 с дополнительным внешним армированием несъемной опалубки перекрытий стальным тонкостенным гнутым профилем АТЛАНТ.

При изготовлении испытываемого фрагмента перекрытий использована проектная документация, разработанная специалистами ООО «Компания МАРКО».

Испытуемый фрагмент перекрытия МАРКО смонтирован на испытуемом образце здания, выполненного в соответствии с СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах», состоящего из стен, выполненных из газобетонных блоков автоклавного твердения В3,5 D600 производства ОАО «БОНОЛИТ – СТРОИТЕЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ» с железобетонными включениями в виде горизонтальных и вертикальных поясов. Кладка стен велась на клее для газобетонных блоков «Клей для газобетона» производства ОАО «БОНОЛИТ – СТРОИТЕЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ».

В соответствии с протоколами № 1, № 2, № 3, № 4, № 5 и научно-техническим отчетом: «Статические и динамические испытания на сейсмоустойчивость 8-9 баллов по шкале MSK-64 фрагмента здания с перекрытиями МАРКО» в ходе испытаний величина максимального

междуэтажного смещения испытываемого фрагмента достигала 5,5 мм. По шкале MSK-64 данное смещение соответствует уровню 9-бального сейсмического воздействия. При этом ускорение верхнего пояса фрагмента достигало $6,1 \text{ м/с}^2$, максимальная сейсмическая сила, действующая в уровне верхнего пояса испытываемого фрагмента здания, достигала 255 кН. После динамического воздействия каких-либо повреждений фрагментов перекрытия и здания не зафиксировано.

По результатам выполненных испытаний, можно сделать вывод, что применяемое в проектах конструктивное решение перекрытий монолитных железобетонных ребристых по технологии МАРКО с заполнением межбалочного пространства газобетонными блоками автоклавного твердения В3,5 D600 с дополнительным внешним армированием несъемной опалубки перекрытий стальным тонкостенным гнутым профилем АТЛАНТ соответствует условиям сейсмостойкости, надежности, безопасности и возможно к применению в сейсмически опасных районах (до 9 баллов включительно) при возведении жилых и общественных зданий.

4. ВЫВОДЫ

Специалистами Лаборатории испытаний конструкций ЦИСС ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко проведены динамические испытания образцов монолитных перекрытий.

По результатам обработки данных, полученных в ходе динамических испытаний, в соответствии с положениями п. 6.20.4 СП 14.13330.2018, можно сделать следующие выводы:

1. Монолитная железобетонная плита перекрытий по технологии «Марко» в несъемной опалубке из газобетонных блоков «Бонолит» с армированием стальным профилем «Атлант» и стены, выполненные с вертикальным армированием и горизонтальным армированием из газобетонных блоков фирмы «Бонолит» толщиной (высотой в горизонтальном положении) 200 мм, длиной 600 мм, шириной

250 мм и плотностью не менее 500 кг/куб.м марки D500 и бетонной смесью.

2. Допускаются применять железобетонные монолитные перекрытия по технологии «Марко» в несъемной опалубке и газобетонных блоков «Бонолит», также стены, выполненные из газобетонных блоков фирмы «Бонолит» в строительстве зданий и сооружений на площадке с сейсмичностью 8÷9 баллов по шкале MSK-64.

Заведующий лабораторией
К.Т.Н.



З.З. Закрайлов

Сертификаты о поверках и калибровках измерительных устройств, аттестации оборудования



ФЕДЕРАЛЬНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ЦЕНТРАЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
ОБОРУДОВАНИЯ И КАЛИБРОВКИ



НИИ строительства



Директор ЦИИСК им. В.А. Кучеренко
доктор технических наук, профессор

И.И. Ведяков

«9» июля 2022 г.

Павлова И.О. по доверенности М.П.
№ 17 от 18.01.2022г.

ПРОТОКОЛ ТАРИРОВКИ №8

однокомпонентных датчиков-акселерометров АТ1105.1-5А в составе измерительно-вычислительного комплекса МС-036

Средства тарировки:

1. Сейсмостенд гидроэлектрический-ВН-100 (АТТЕСТАТ № МА 90001869 действителен до 16.07.2022 г.).
2. Виброметр, анализатор спектра «Экофизика-110В» (СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПОВЕРКЕ № 22/12907 действительно до 2.06.2023 г.).
3. Источник гарантированного питания - 220В-380В

Дата тарировки: 06.06.2022 г.

Условия тарировки:

Температура окружающего воздуха - 21.5 °С.
Относительная влажность - 51%.
Напряжение питания - 220В-380В.

Таблица 1 - Основные технические характеристики акселерометра АТ 1105.1-5А

№	Наименование параметра	Значение
1	Электропитание от источника постоянного тока относительно средней точки, В	±(12±1,2)
2	Диапазон измерения, м/с ² (g)	0-49,1 (0-5,0)
3	Частотная характеристика - нижняя частота, Гц - верхняя частота, Гц	0,3 500
4	Диапазон рабочих температур, °С	от -50 до +60

РЕЗУЛЬТАТЫ ТАРИРОВКИ

Внешний осмотр
Проверка размеров
Проверка кабеля LAN

без повреждений
без повреждений
без повреждений

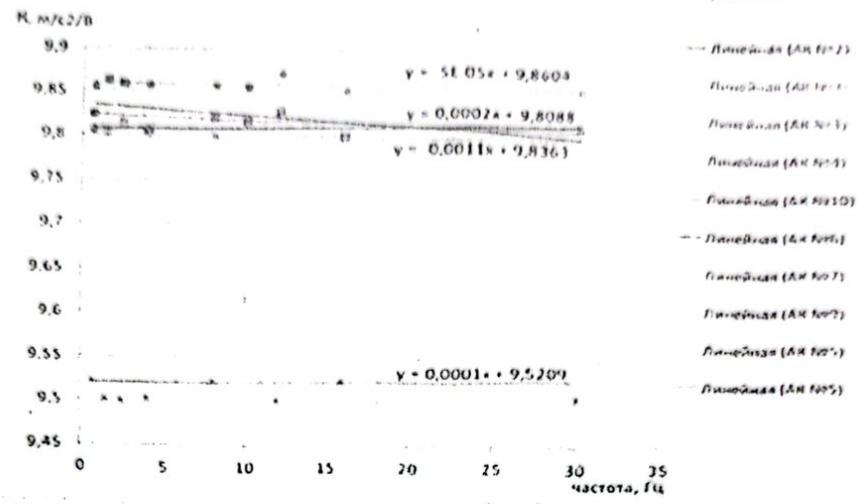


Рисунок 1 – Линейная аппроксимация зависимости тарировочного коэффициента от частоты колебаний платформы

Таблица 2 – Тарировочные коэффициенты акселерометров

№ п/п	№ датчика	Заводской номер	Средний тарировочный коэффициент K (м/с²/В)
1	2	1841156066	9,81
2	1	1840255962	9,86
3	4	1841156064	9,81
4	3	1841156065	9,86
5	10	1841156067	9,52
6	6	1841156068	9,81
7	8	1841156070	9,84
8	7	1841156071	9,81
9	9	1841156072	9,81
10	5	1841156073	9,81

Следующую тарировку провести не позднее 6.06.2023 г.

Исполнители:

Заведующий

Испытательной лаборатории

Заместитель заведующего

Испытательной лаборатории

Инженер Испытательной лаборатории, к.т.н.

[Подпись]
А.А. Бубие

[Подпись]
Э.З. Закранлов

[Подпись]
А.М. Кихновский



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО
ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

Федеральное бюджетное учреждение
«Государственный региональный центр стандартизации,
метрологии и испытаний в г. Москве и Московской области»

АТТЕСТАТ № 441-103524-2022-000010192

Дата аттестации: 11 ноября 2022 г.

Удостоверяется, что Сейсмостена ВИД-50

наименование и тип объекта, подлежащего аттестации

000010192

номер сертификата идентификации объекта

принадлежащее АО "ИПЦ "Строительство"

наименование, юридический адрес и наименование юридического лица, осуществляющего аттестацию

По результатам периодической аттестации, протокол № 441-103524-2022-000010192 от 11 ноября 2022 г., признано пригодным для использования при испытаниях

наименование процедуры

по

наименование и область применения документа на местный испытательный объект (используемый)

Периодичность периодической аттестации 12 месяцев

Начальник лаборатории, лаборатория № 11
должность руководителя
структурного подразделения

М.П.



подпись

Гольшак С. Н.
фамилия и инициалы