



УТВЕРЖДАЮ:
Директор
ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко
доктор технических наук

И.И. Ведяков
_____ 2017г.

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

по теме: «Экспериментальные исследования по оценке сейсмостойкости конструкций фасадной системы «Альт-фасад 10» производства ООО «Альтернатива» с облицовкой фиброцементными панелями «TORAY толщиной 12 и 16 мм производства «TORAY ACE.Co.,ltd Япония»

(по договору №762/24-32-17/ск от 4 сентября 2017 г.)

Заместитель руководителя ЦИСС

А.А. Бубис

Заведующий лабораторией №24,
к. т. н.

А.В. Грановский

Старший инженер

В.А. Эрдниев

Москва 2017 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
1. Введение	3
2. Задачи проводимых экспериментальных исследований.	5
3. Конструктивное решение фасадных систем НФС «Альт-фасад 10». .	6
4. Программа и методика испытаний НФС «Альт-фасад 10»	36
5. Оборудование для испытаний НФС «Альт-фасад 10» на сейсмические нагрузки. Средства измерения и регистрации динамических характеристик НФС.	38
5.1. Оборудование для создания динамических нагрузок на НФС. ...	38
5.2. Средства измерения и регистрации динамических характеристик конструкций и воздействий на них.	39
6. Подготовка стенда и измерительного оборудования. Монтаж конструкций НФС.	43
7. Динамические испытания НФС «Альт-фасад 10».	45
7.1. Методика проведения испытаний	45
7.2. Назначение параметров загрузки.	45
7.3. Условия проведения динамических испытаний	46
7.4. Параметры оценки работы НФС по результатам натурных испытаний	46
7.5. Результаты динамических испытаний НФС и их анализ	50
8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Выводы и рекомендации.	57
Список литературы	59
Приложение 1. Результаты измерения динамических характеристик конструкций НФС «Альт-фасад 10» с использованием вычислительного комплекса МІС-036 (только в 1-ом экземпляре отчета)	
Приложение 2. Видеосъемка испытаний НФС на сейсмическое воздействие (только в 1-м экз. отчета)	
Приложение 3. Свидетельство	

1. Введение

Настоящий технический отчет составлен по результатам экспериментальных исследований сейсмостойкости навесной фасадной системы с воздушным зазором (далее НФС) «Альт-фасад 10» производства ООО «Альтернатива» с облицовкой фиброцементными панелями «TORAY» толщиной 12 и 16 мм производства «TORAY ACE.Co.,ltd Япония».

Испытания фасадной системы проводились на специально разработанном в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко стенде, представляющем собой виброплатформу маятникового типа (рисунок 1.1).

Цель лабораторных испытаний - оценка эксплуатационной надежности и сейсмостойкости конструкции НФС «Альт-фасад 10», возводимых в сейсмических районах с балльностью 7÷9 баллов по шкале MSK-64 [3];

Отчет оформлен в соответствии с требованиями нормативных документов, технических регламентов и стандартов. При описании методики и результатов экспериментальных исследований сейсмостойкости НФС «Альт-фасад 10» использовались термины и определения, содержащиеся в действующих стандартах и нормативах [3÷6].

Для проведения испытаний Заказчиком были доставлены в Центр исследований сейсмостойкости сооружений ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко экспериментальные образцы элементов несущих подконструкций НФС «Альт-фасад-10» и фиброцементные панели TORAY толщиной 12 и 16 мм. Монтаж конструкций и облицовки НФС на экспериментальный стенд был выполнен специалистами Заказчика.



Рисунок 1.1 Общий вид виброплатформы

2. Задачи проводимых экспериментальных исследований

В соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» новая строительная продукция, разрабатываемая и передаваемая в массовое (серийное) производство, подлежит обязательной оценке и подтверждению на соответствие требованиям безопасности.

Важным этапом таких исследований применительно к вопросам оценки сейсмической безопасности являются испытания, в том числе с применением динамического нагружения на специальных стендах, виброплатформах и с помощью специальных вибромашин.

Полученные в результате испытаний данные позволяют определить физико-механические, эксплуатационные и другие характеристики исследуемой конструкции, включая динамические показатели испытываемой системы, а также являются основанием для оценки возможности расширения области применения исследуемой системы, с учетом требований безопасности, эксплуатационной надежности и долговечности зданий, возводимых в сейсмических районах.

Оценка возможности применения указанной выше НФС в сейсмических районах России на строительных площадках с балльностью 7÷9 баллов включает в себя следующие этапы:

- Комплексные экспериментальные исследования работы НФС «Альт-фасад-10» с их вибродиагностикой: испытания фрагментов образца на виброплатформе.
- Внесение в Стандарт предприятия или в Технические условия [6] и согласование с ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко ОАО «НИЦ «Строительство» изменений (если это потребуется по результатам испытаний) по конструктивному решению НФС «Альт-фасад-10» при использовании их в сейсмических районах РФ.

3. Конструктивное решение фасадной системы «Альт-фасад-10»

Для проведения динамических испытаний Заказчиком были предоставлены конструктивные варианты НФС «Альт-фасад-10» с использованием облицовки в виде фиброцементных панелей TORAY толщиной 12 и 16 мм (рисунок 3.1).

Навесная фасадная система «Альт-Фасад-10» представляет собой систему горизонтальных и вертикальных профилей и кронштейнов.

Несущие элементы подконструкции НФС «Альт-фасад-10», (кронштейны, профили, связевые элементы, направляющие и кляммеры) выполнены из оцинкованной стали.

Каркасы НФС «Альт-фасад-10» были запроектированы в следующих вариантах:

В горизонтально-вертикальной системе крепления НФС «Альт-фасад 10» с облицовкой фиброцементными панелями TORAY толщиной 16 мм использовались кронштейны марок КР 70 и КРУ-2р (рисунок 3.2), вертикальные Г-образные профили ГО (рисунок 3.3а) и горизонтальные П-образные профили ПО (рисунок 3.3б). Кронштейны крепились к стеновому основанию стенда через паронитовую прокладку толщиной 2 мм. На кронштейны устанавливались вертикальные Г-образные профили ГО с помощью вытяжных заклепок А2/А2 4х10 из нержавеющей стали (рисунки 3.4, 3.5а). Затем горизонтальные П-образные профили ПО крепились к вертикальным несущим при помощи заклепок А2/А2 4х10 (рисунок 3.5б).

В угловой зоне производилась установка вертикального профиля марки ГО в виде равнополочного уголка, который крепился к горизонтальным несущим П-образным профилям ПО двух смежных плоскостей с помощью коррозионностойких заклепок (рисунок 3.6б).

a)



б)



Рисунок 3.1

a)



б)

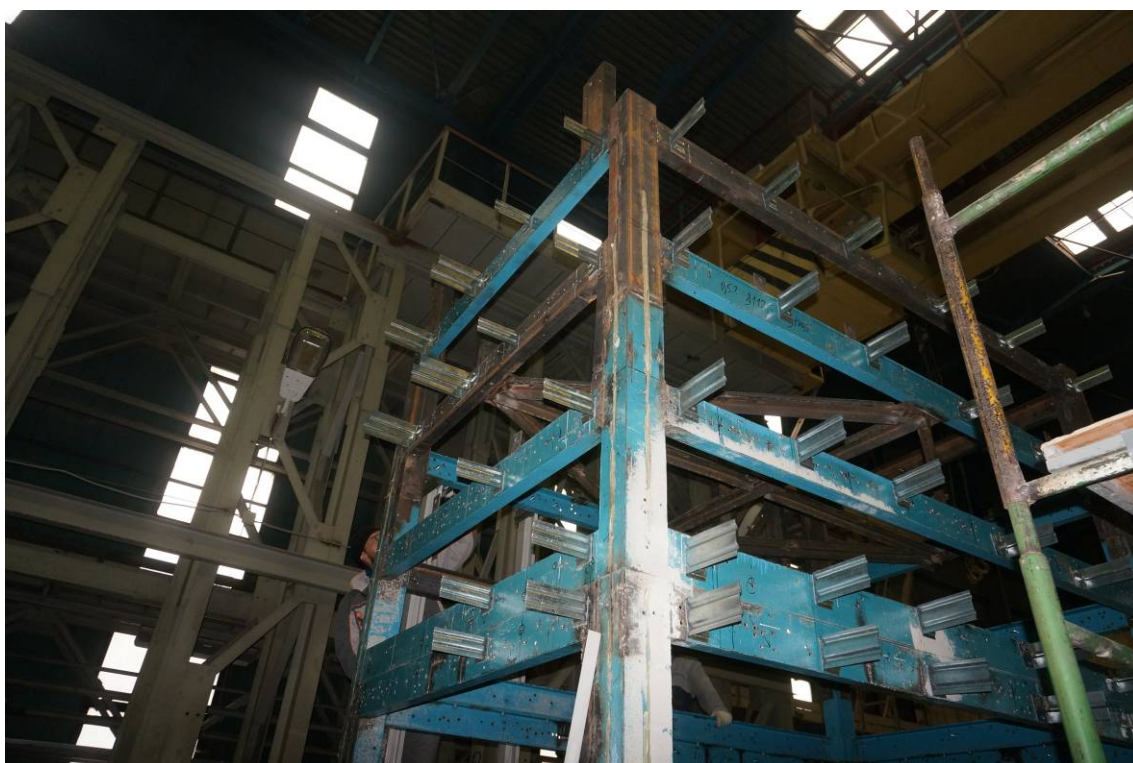


Рисунок 3.2

a)



б)



Рисунок 3.3



Рисунок 3.4

a)



б)

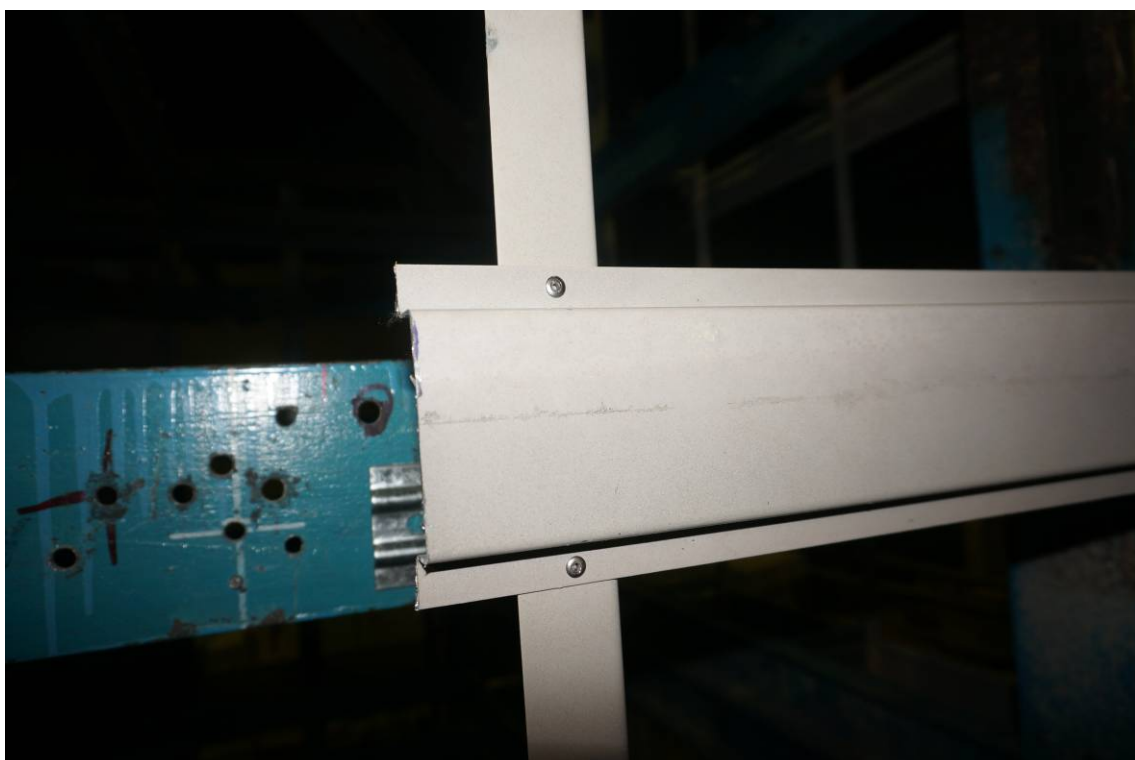
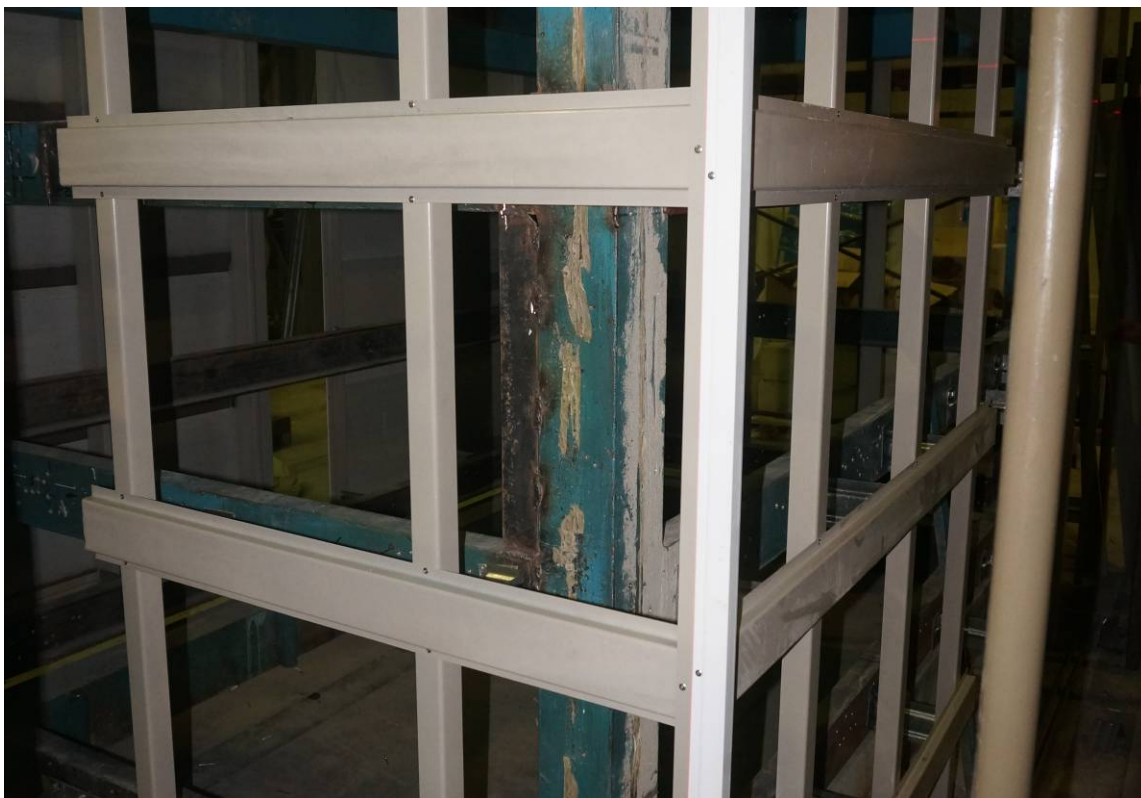


Рисунок 3.5

a)



б)



Рисунок 3.6

Панели TORAY толщиной 16 мм крепились вертикально к горизонтальным профилям ПО с помощью короткой скобы (кляммер рядовой для скрытого крепления) (рисунок 3.7а). Дополнительно панели крепились при помощи шурупа длиной 50 мм через спейсер 5мм (рисунок 3.7б, 3.8а) по центру панели. Короткая скоба (кляммер) крепилась к горизонтальным направляющим ПО с помощью двух заклепок А2/А2 4х10 из нержавеющей стали (см. рисунок 3.7б).

На внешнем углу стыка панелей устанавливалась декоративная планка внешнего угла (рисунок 3.9а). Крепление панелей на внешнем углу осуществлялось при помощи шурупа 50 со спейсером 5 мм (рисунок 3.9б).

На деформационном шве вертикальных профилей между панелями устанавливался стартовый горизонтальный профиль (см. рисунок 3.8б).

В вертикальной системе крепления НФС «Альт-фасад 10» на основе профиля ТО с облицовкой фиброцементными панелями TORAY толщиной 12 мм (см. рисунок 3.1б) использовались кронштейны марок КР 70 и КРУ-2р (см. рисунок 3.2а). На кронштейны устанавливались вертикальные Т-образные несущие профили ТО с помощью вытяжных заклепок А2/А2 4х10 (рисунок 3.10).

В угловой зоне производилась установка вертикального профиля марки ГО в виде равнополочного уголка, который крепился с помощью угловых полок марки ПУ к ближайшим вертикальным несущим профилям двух смежных плоскостей с помощью вытяжных заклепок А2/А2 4х10 (рисунок 3.11).

Горизонтально расположенные панели TORAY толщиной 12 мм крепились непосредственно к вертикальным Т-образным несущим профилям с помощью шурупов длиной 50 мм (рисунок 3.12).

На внешнем углу стыка панелей устанавливалась декоративная планка внешнего угла (рисунок 3.13а).

На деформационном шве вертикальных профилей между панелями устанавливался стартовый горизонтальный профиль (рисунок 3.13б)

a)



б)

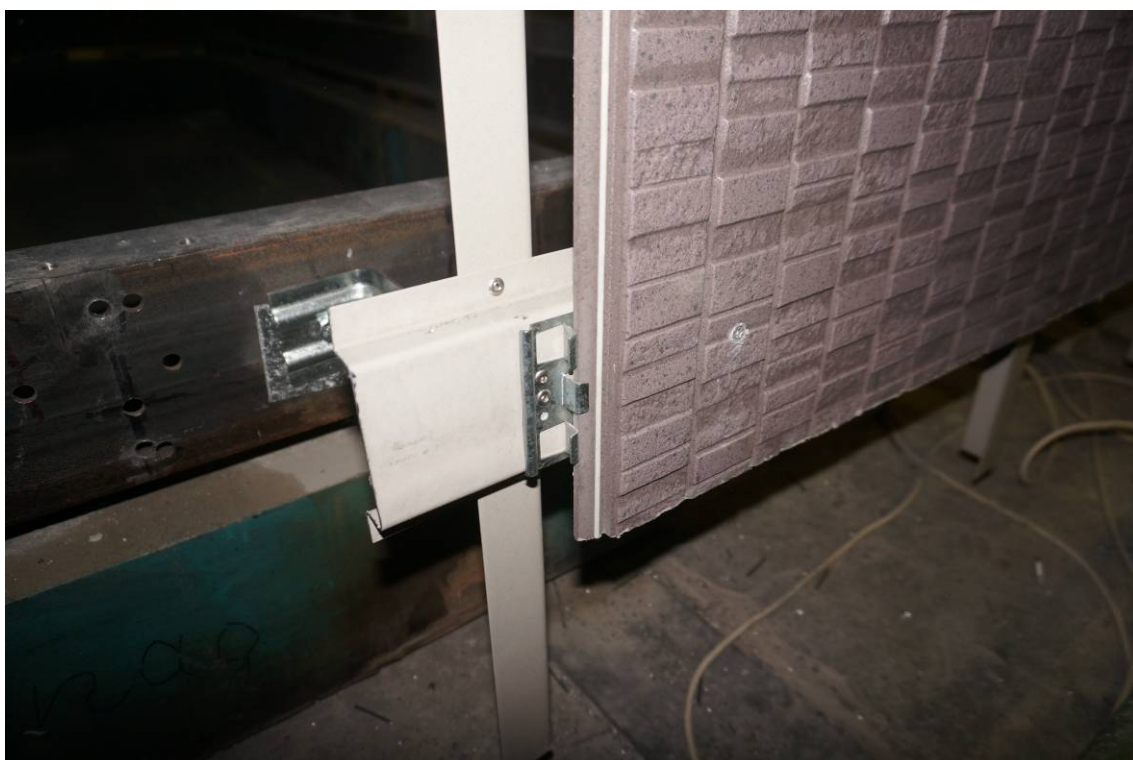


Рисунок 3.7

a)



б)



Рисунок 3.8

a)



б)



Рисунок 3.9

a)



б)



Рисунок 3.10

a)



б)



Рисунок 3.11

a)



б)



Рисунок 3.12

a)



б)



Рисунок 3.13

В вертикальной системе крепления НФС «Альт-фасад 10» на основе профиля СО с облицовкой фиброцементными панелями TORAY толщиной 16 мм (см. рисунок 3.1б) использовались кронштейны марок КР-С (рисунок 3.14а). К данным кронштейнам крепились удлинители кронштейнов УД-КР-С с помощью вытяжных заклепок А2/А2 4х10 (рисунок 3.14б). На удлинители кронштейнов устанавливались вертикальные несущие С-образные профили СО с помощью вытяжных заклепок А2/А2 4х10 (рисунок 3.15).

В угловой зоне производилась установка вертикального профиля марки ГО в виде равнополочного уголка, который крепился с помощью угловых полок марки ПУ к ближайшим вертикальным несущим С-образным профилям марки СО двух смежных плоскостей с помощью вытяжных заклепок А2/А2 4х10.

Горизонтально расположенные панели TORAY толщиной 16 мм крепились к вертикальным направляющим при помощи длинной скобы (планка ООО Альтернатива) (рисунок 3.16). Первый ряд панелей снизу, а также первый ряд после деформационного шва устанавливались на стартовую длинную скобу (длинный кляммер скрытого крепления) (рисунок 3.17а), которая закреплялась непосредственно к несущим С-образным профилям с помощью вытяжных заклепок А2/А2 4х10 (рисунок 3.17б).

На внешнем углу стыка панелей устанавливалась декоративная планка внешнего угла. На вертикальном обрезе системы устанавливалась декоративная планка вертикального шва для предотвращения смещения фиброцементных панелей в горизонтальной плоскости (рисунок 3.18а).

На деформационном шве вертикальных профилей между панелями устанавливался стартовый горизонтальный профиль (рисунок 3.18б)

a)



б)



Рисунок 3.14

a)



б)



Рисунок 3.15

a)



б)



Рисунок 3.16

а)



б)



Рисунок 3.17

a)



б)



Рисунок 3.18

В вертикальной межэтажной системе НФС «Альт-фасад 10» с облицовкой фиброцементными панелями TORAY толщиной 16 мм (см. рисунок 3.1б) использовались кронштейны марки КНс-28/1 (рисунок 3.19). Кронштейны марки КНс-28/1 крепились к стеновому основанию стенда через паронитовую прокладку 2мм.

Вертикальные несущие П-образные профили ПК/1 крепились к кронштейнам с помощью вытяжных заклепок А2/А2 4х10 (рисунок 3.20а). Вертикальные несущие П-образные профили ПК/1 соединялись между собой при помощи фиксирующей накладки ФН-ПК/1. При этом фиксирующая накладка жестко крепилась только к верхнему вертикальному профилю, обеспечивая таким образом компенсацию температурных расширений профиля (рисунок 3.20б).

С одной смежной стороны горизонтально расположенные панели TORAY толщиной 16 мм крепились к вертикальным направляющим при помощи короткой скобы - кляммера TORAY артикул СР-205 (рисунок 3.21), с другой смежной стороны крепились при помощи короткого рядового кляммера ООО Альтернатива скрытого крепления (рисунок 3.22). Первый ряд панелей снизу, а также первый ряд после деформационного шва устанавливались на длинную стартовую скобу (рисунок 3.23а). Короткая и длинная скобы крепились к вертикальным направляющим при помощи вытяжных заклепок А2/А2 4х10.

На внешнем углу стыка панелей устанавливалась декоративная планка внешнего угла (рисунок 3.23б). На вертикальном обрезе системы устанавливалась декоративная планка вертикального шва для предотвращения смещения фиброцементных панелей в горизонтальной плоскости (рисунок 3.24).

На деформационном шве вертикальных профилей устанавливался стартовый горизонтальный профиль. При этом нижняя панель, не имеющая замкового соединения, устанавливалась на профиль при помощи шурупа длиной 50 мм со спейсером 5 мм.

a)



б)

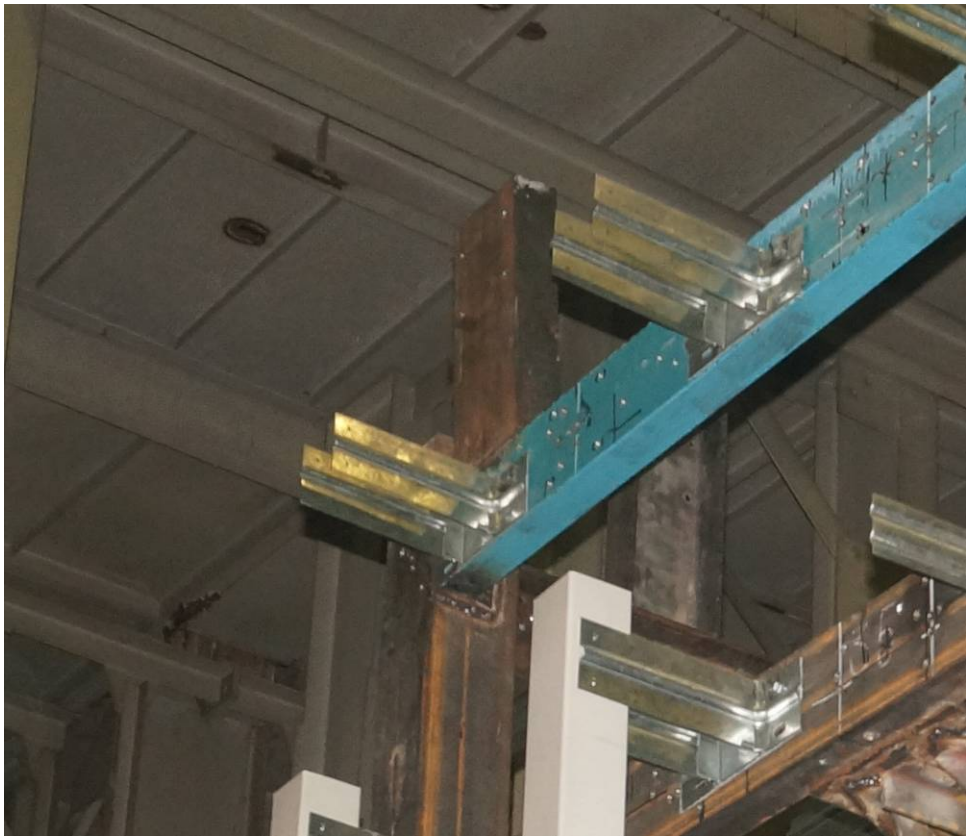


Рисунок 3.19

a)

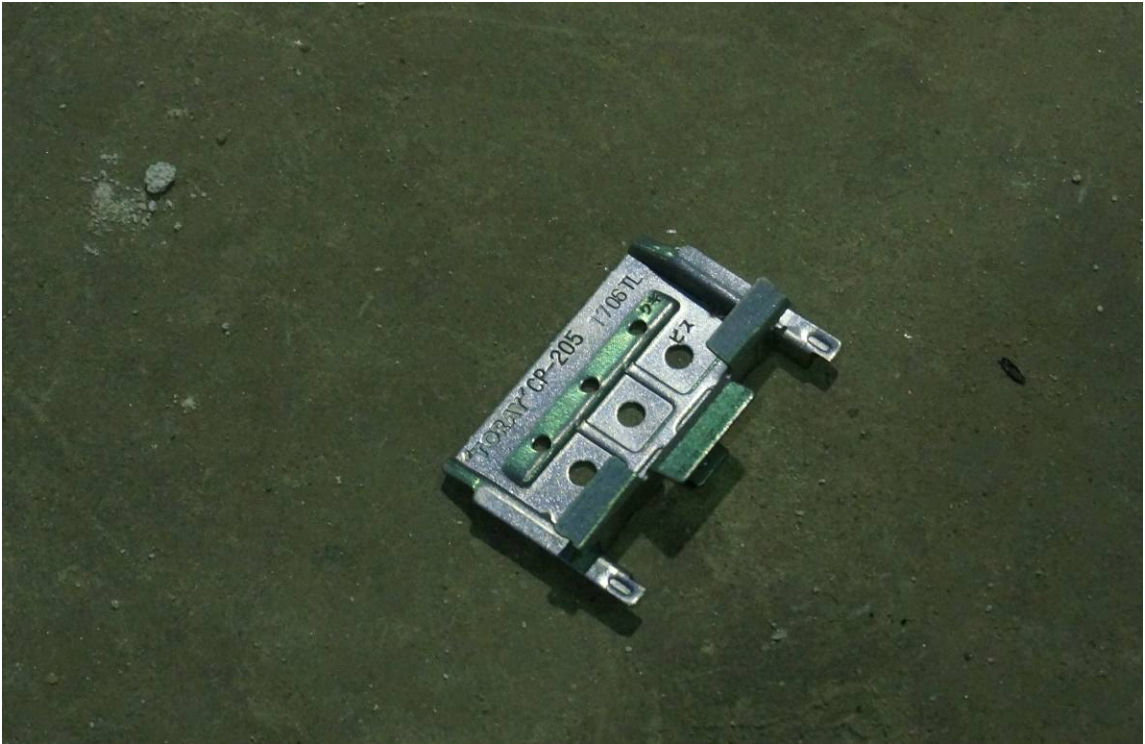


б)



Рисунок 3.20

a)



б)



Рисунок 3.21

a)



б)



Рисунок 3.22

a)



б)

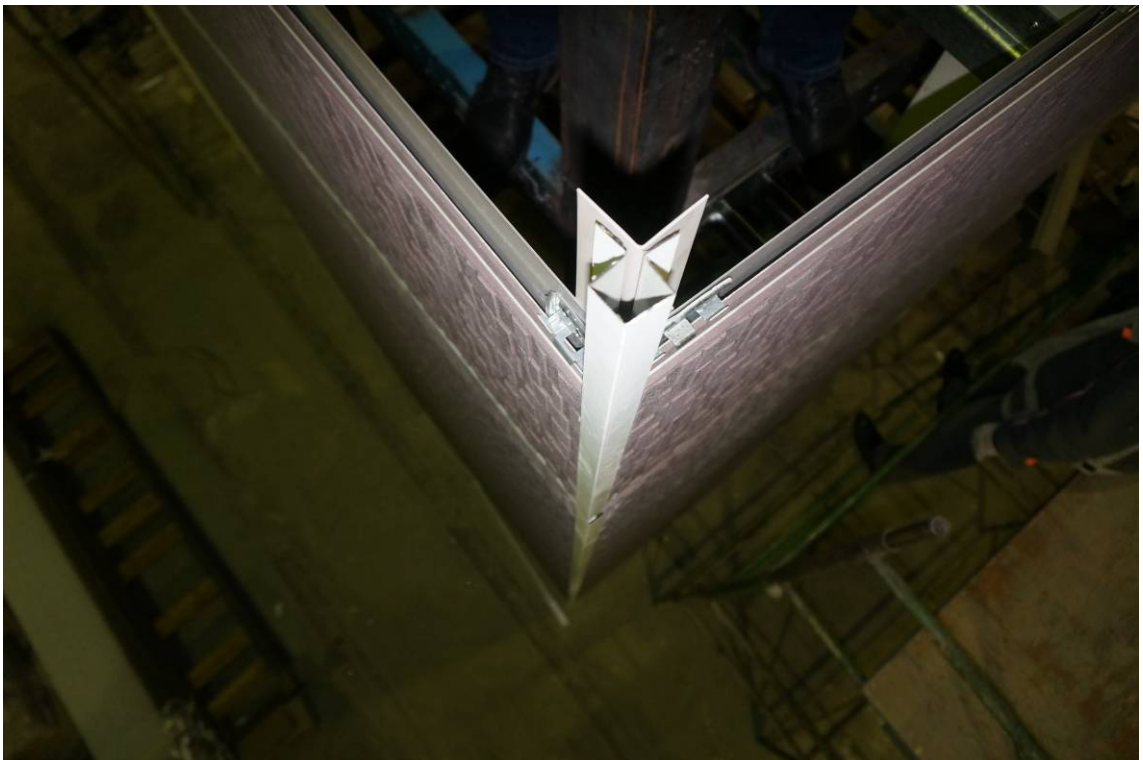


Рисунок 3.23

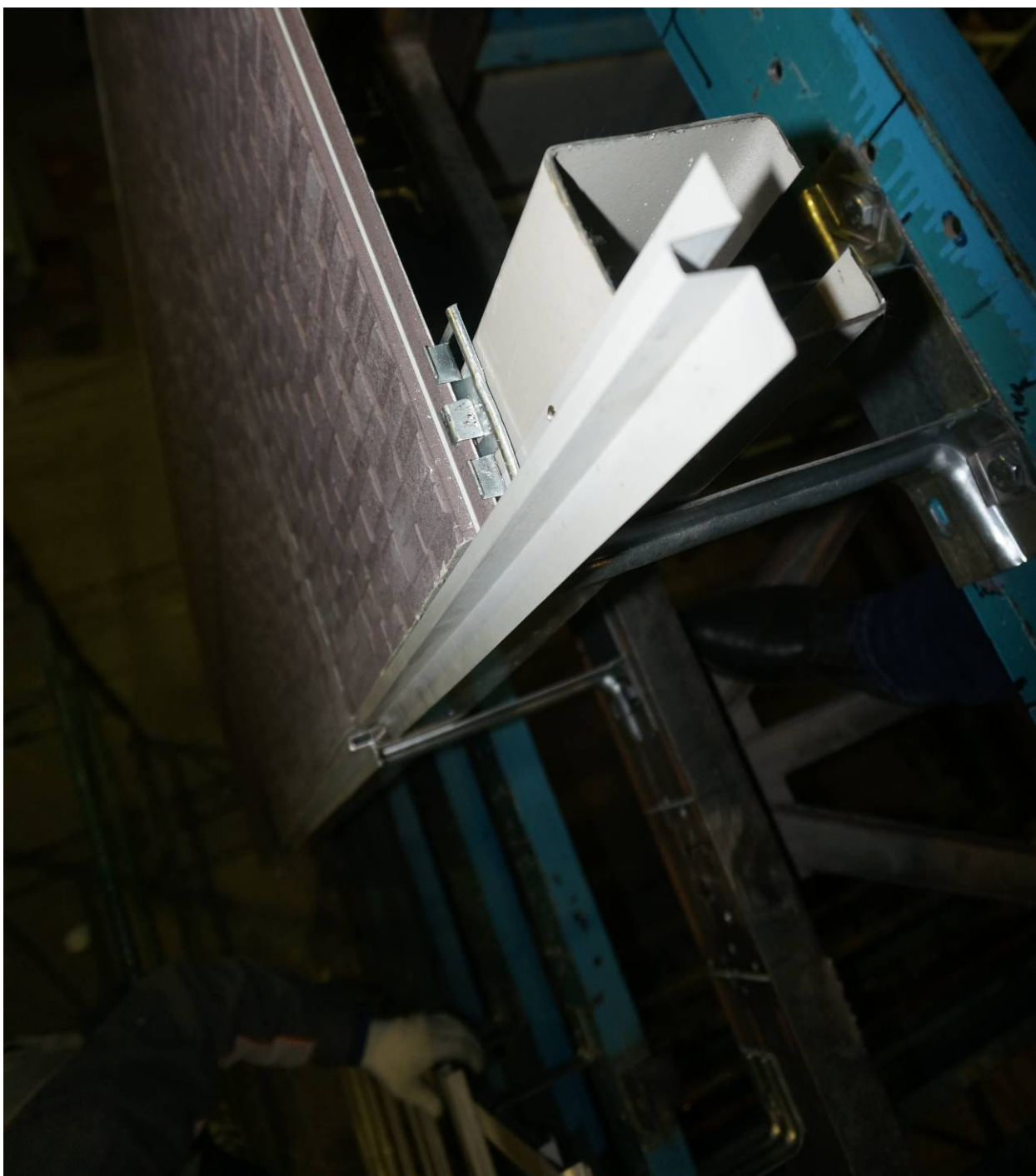


Рисунок 3.24

На рисунках 3.25-3.26 показана смонтированная на стенде и готовая к испытаниям навесная фасадная система с воздушным зазором «Альт-фасад 10» производства ООО «Альтернатива» с облицовкой фиброцементными панелями TORAY толщиной 12 и 16 мм.

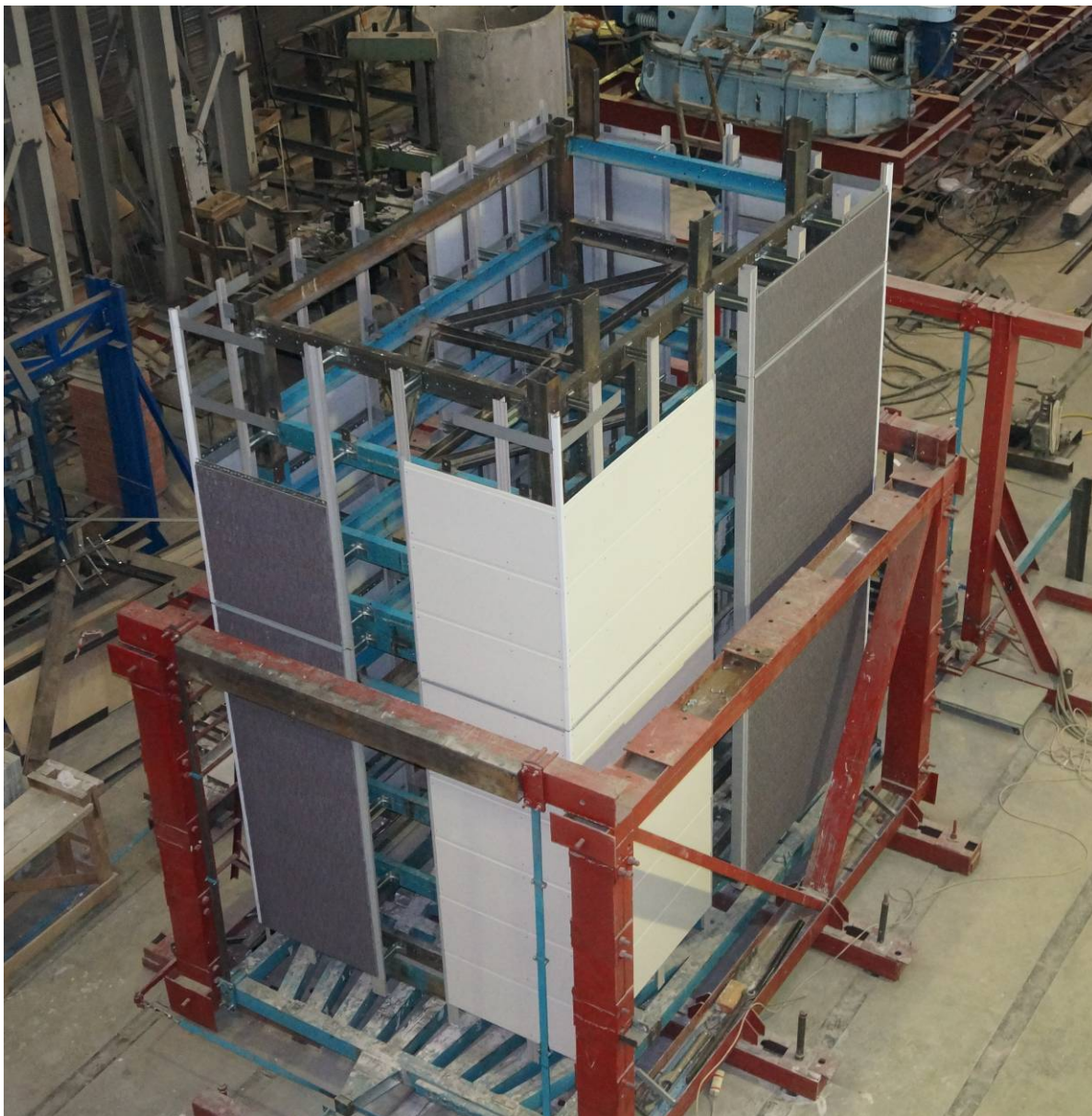
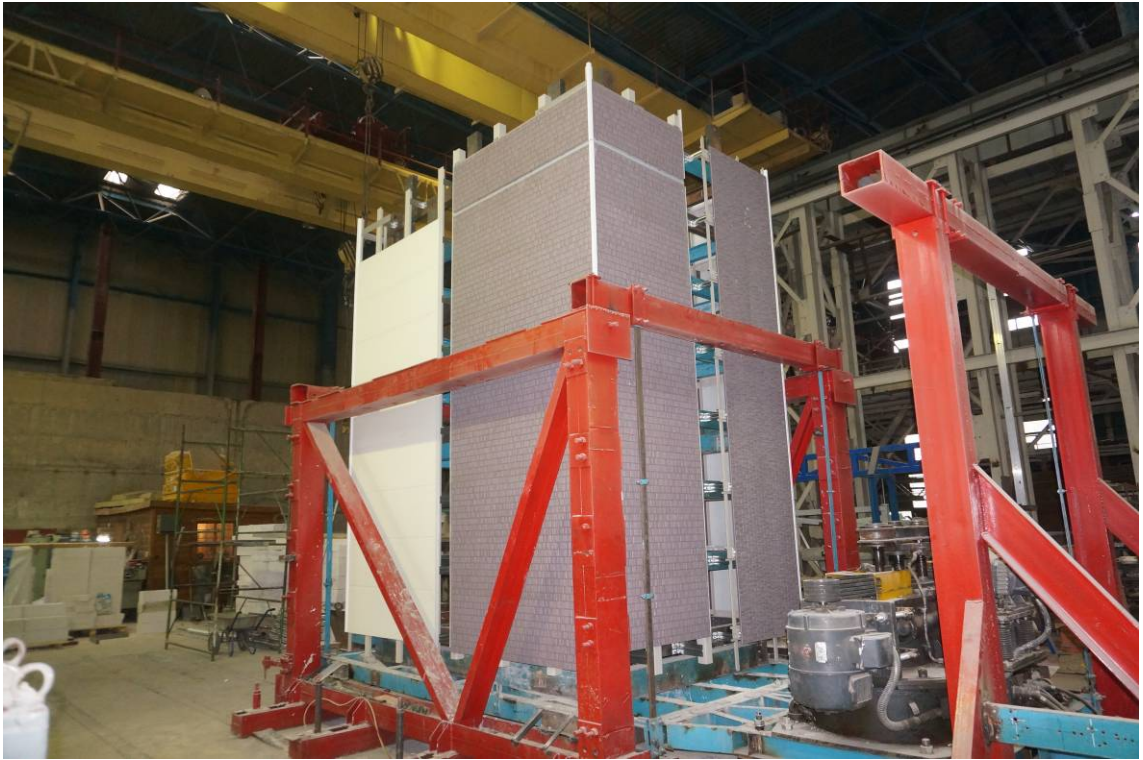


Рисунок 3.25

а)



б)



Рисунок 3.26

4. Программа и методика испытаний НФС

Программа экспериментальных исследований по оценке сейсмостойкости НФС «Альт-фасад 10», включала в себя следующие этапы:

1. Анализ конструктивных особенностей испытательных образцов.
2. Выбор и согласование с Заказчиком конструктивных параметров и самих элементов испытательных образцов для назначения экспериментальных фрагментов.
3. Подготовка вибростенда и измерительного оборудования для проведения динамических испытаний.
4. Назначение режимов нагружения фрагментов облицовочных панелей и их систем крепления динамической нагрузкой, соответствующей силовым воздействиям на сооружения при землетрясениях различной интенсивности (от 7 до 9 баллов).
5. Обработка и анализ результатов экспериментальных исследований испытательных образцов.
6. Составление технического отчета по результатам испытаний фрагментов НФС с рекомендациями по обеспечению эксплуатационной надежности фасадных систем при сейсмических воздействиях.

Методика испытаний. Возбуждение колебаний экспериментальных моделей осуществляется с использованием различных устройств. При проведении динамических испытаний потолочных систем возбуждение колебаний осуществлялось с помощью вибромашины ВИД-12М, установленной на специальную виброплатформу маятникового типа (рисунок 1.1).

С учетом отмеченного выше программа динамических испытаний НФС на виброплатформе включала в себя следующие этапы:

1. Испытания систем с изменением частотного спектра от 0 до 10 Гц при фиксированной амплитуде перемещения виброплатформы. Далее задавалось значение амплитуды и осуществлялось изменение частот в

указанном выше спектре. Длительность каждого из указанных этапов динамического нагружения (при фиксированных амплитуде и частоте) системы составляла в эксперименте от 25 до 30 сек.

2. По результатам 1-го этапа испытаний (п.1) устанавливались уровни воздействий, соответствующие резонансным колебаниям систем, и уровни ускорений виброплатформы, соответствующие 7÷9-ти балльным воздействиям по шкале MSK-64.
3. После завершения испытаний НФС в соответствии с заданной программой изменения амплитудно-частотного спектра виброплатформы проводились повторные испытания экспериментальных образцов при соотношениях амплитудно-частотных параметров виброплатформы, соответствующих резонансным колебаниям систем и 7÷9-ти балльным воздействиям. Длительность динамических испытаний при указанных выше сочетаниях составляла 40-50 сек. Указанный этап испытаний позволял оценить сейсмостойкость систем в зависимости от характера и времени сейсмического воздействия.

Программа испытаний учитывала следующий фактор: если в процессе испытаний происходило разрушение или изменение конструктивной схемы НФС совместно с Заказчиком разрабатывались способы повышения надежности экспериментальных образцов за счет внесения в конструктивную систему изменений. После этого испытания повторяются согласно п.п. 2 и 3 настоящего раздела.

5. Оборудование для испытаний систем конструкций НФС «Альт-фасад 10» на сейсмические нагрузки. Средства измерения и регистрации динамических характеристик НФС

5.1. Оборудование для создания динамических нагрузок на НФС

Как уже отмечалось, для создания динамических воздействий на испытываемые образцы использовалась специальная виброплатформа.

Маятниковая платформа подвешена на гибких (из полосовой стали) силовых связях к опорной силовой раме. Рама жестко закреплена в силовой пол лабораторного корпуса. Активация платформы осуществляется вибромашиной ВИД-12М, установленной на консоли маятниковой платформы (см. фото на рисунке 1.6).

Вибромашина ВИД-12М позволяет обеспечить необходимые параметры динамических воздействий на исследуемые образцы в широком диапазоне частот и инерционных нагрузок путем возбуждения механических колебаний платформы в горизонтальной и вертикальной плоскостях. На фото рисунков 3.25-3.26 показан общий вид виброплатформы с установленным на ней стендом, к которому крепятся экспериментальные образцы.

Основные технические данные машины ВИД-12М

Таблица 5.1.

№№	Наименование параметра	Значение
1	Инерционная сила, развиваемая машиной при наибольшем радиусе дебалансов: - при 60 об/мин (1 Гц) - при 180 об/мин (3 Гц) - при 240 об/мин (4 Гц) - при 300 об/мин (5 Гц)	0,8 т 7,0 т 12,5 т 20,0 т
2	Частотная характеристика - нижняя частота, Гц - верхняя частота, Гц	0,4 25
3	Характер изменения частот	Бесступенчатый

Примечание: по соображениям прочности отдельных деталей и веса вибромашины при любой скорости вращения инерционная сила ограничена величиной 12т.

Управление ВИД-12М осуществляется с пульта управления, расположенного в электрошкафу. Основные технические характеристики вибромашины ВИД-12М приведены в таблице 5.1.

5.2. Средства измерения и регистрации динамических характеристик конструкций и воздействий на них

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

Комплекс выполняет следующие функции:

- измерение, регистрацию и первичную обработку сигналов (частотных, дискретных и пр.), полученных в результате испытаний;
- отображение значений измеряемых величин или преобразованных параметров на мониторе;
- контроль значений измеряемых величин или преобразованных параметров; оценка результатов их измерения и преобразования;
- самодиагностику проводимых измерений (анализ работоспособности с возможностью вызова диагностических программ);
- архивацию результатов измерения и преобразования (хранение данных с возможностью просмотра и анализа);
- вывод текущих значений измеряемых параметров, кодов аварий и технологических сообщений на ЭВМ верхнего уровня;
- возможность подключения печатающих устройств, в том числе для оформления протоколов результатов измерений;
- возможность связи с другими системами (подключение в существующую локальную вычислительную сеть);
- возможность выдачи сигнала типа «сухой контакт» для включения сигнализации и использования в системах защиты;

- возможность выдачи тестовых аналоговых сигналов.

Измерительно-вычислительный комплекс МПС – 036 дополнительно укомплектован ноутбуком со специализированным пакетом прикладных программ и периферийных устройств, необходимых для автоматизированного процесса обработки сигналов, а также для документирования результатов обработки (рисунок 5.1, а).

Для измерения ускорений, частот колебаний, а также динамических перемещений применяются однокомпонентные датчики – акселерометры АТ 1105 – 10м (рисунок 5.1, б).

Характеристики датчиков (акселерометров) представлены в таблице 5.2.

Основные технические данные акселерометра АТ 1105 – 10м

Таблица 5.2.

№	Наименование параметра	Значение
1	Электропитание от источника постоянного тока относительно средней точки, В	±12
2	Диапазон измерения, м/с ² (g)	98,1 (10,0)
3	Частотная характеристика - нижняя частота, Гц - верхняя частота, Гц	0 700
4	Диапазон рабочих температур, °С	от +5 до +35

Количество датчиков на виброплатформе и испытываемых образцах назначалось таким образом, чтобы можно было измерить вертикальные и горизонтальные ускорения и деформации виброплатформы и элементов экспериментальных образцов.

Точки расположения акселерометров выбирались из следующих условий:

- места, где по результатам расчетов ожидается развитие максимальных ускорений и перемещений;
- возможность одновременного определения относительных деформаций в разных координатных плоскостях;

Для контроля задаваемых нагрузок и сравнения с нормируемыми (СП 14.13330.2014) параметрами воздействия датчики были установлены на платформе, вблизи источника загрузки.

Общее количество контролируемых точек (количество акселерометров) – 4.

Схема расстановки датчиков показана на рисунок 5.2.

а)



б)



Рисунок 5.1

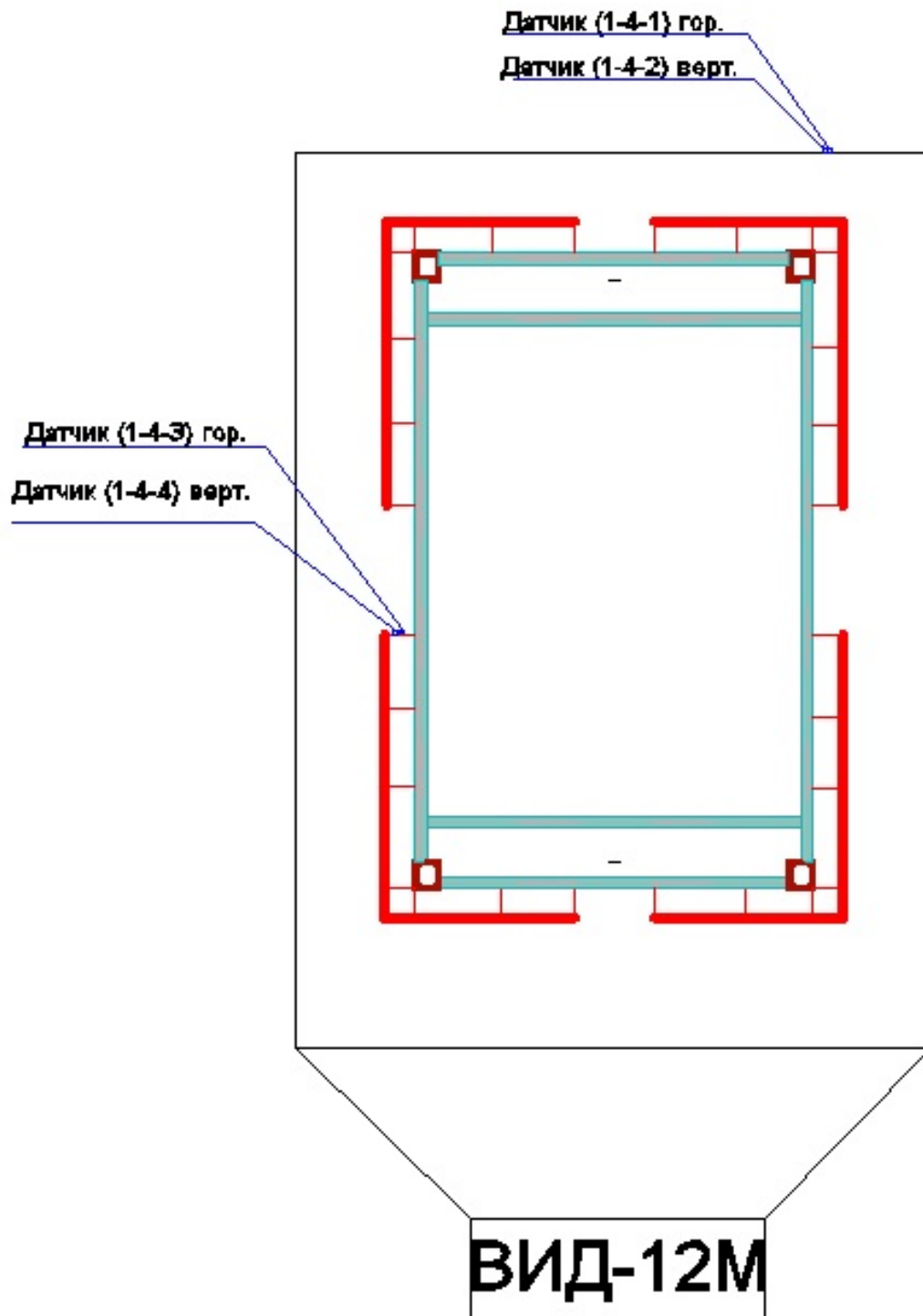


Рис. 5.2. Схема расстановки акселерометров на стенде и НФС

6. Подготовка стенда и измерительного оборудования.

Монтаж конструкций НФС

Параметры стенда для проведения испытаний назначались исходя из состава экспериментальной базы Центра исследований сейсмостойкости сооружений ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, а также конструктивных особенностей принятых опытных образцов (см. выше).

Для проведения испытаний, моделирующих сейсмические воздействия, был сконструирован специальный стенд, который представляет собой две металлические рамы, связанные между собой металлическими швеллерами для обеспечения общей жесткости конструкции стенда (рисунок 6.1). Компоновка несущих элементов стенда проводилась с учетом монтажных схем установки кронштейнов.

Монтаж НФС «Альт-фасад 10» с применением в качестве облицовочного материала фиброцементных панелей TORAY толщиной 12 и 16 мм для проведения испытаний осуществлялся силами Заказчика. Приемка образцов для монтажа, оценка их соответствия требованиям, установленным нормативными и техническими документами до и после установки на испытательный стенд, осуществлялась представителями Заказчика совместно со специалистами Центра исследований сейсмостойкости сооружений ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко.

Монтаж конструкций НФС «Альт-фасад 10» с применением в качестве облицовочного материала фиброцементных панелей TORAY толщиной 12 и 16 мм на стенд осуществлялся по следующей схеме:

1. Система навешивалась на кронштейны, которые крепились к металлическим элементам стенда с помощью болтов.
2. В зависимости от модификации системы несущие вертикальные направляющие профили жестко крепились к несущим кронштейнам с помощью вытяжных заклепок из нержавеющей стали.
3. С помощью крепежных элементов осуществлялась установка облицовки в виде панелей из фиброцемента.

После монтажа элементов систем, облицовочных плит специалистами ЦНИИСК проводилась проверка всех узлов крепления конструкций НФС.

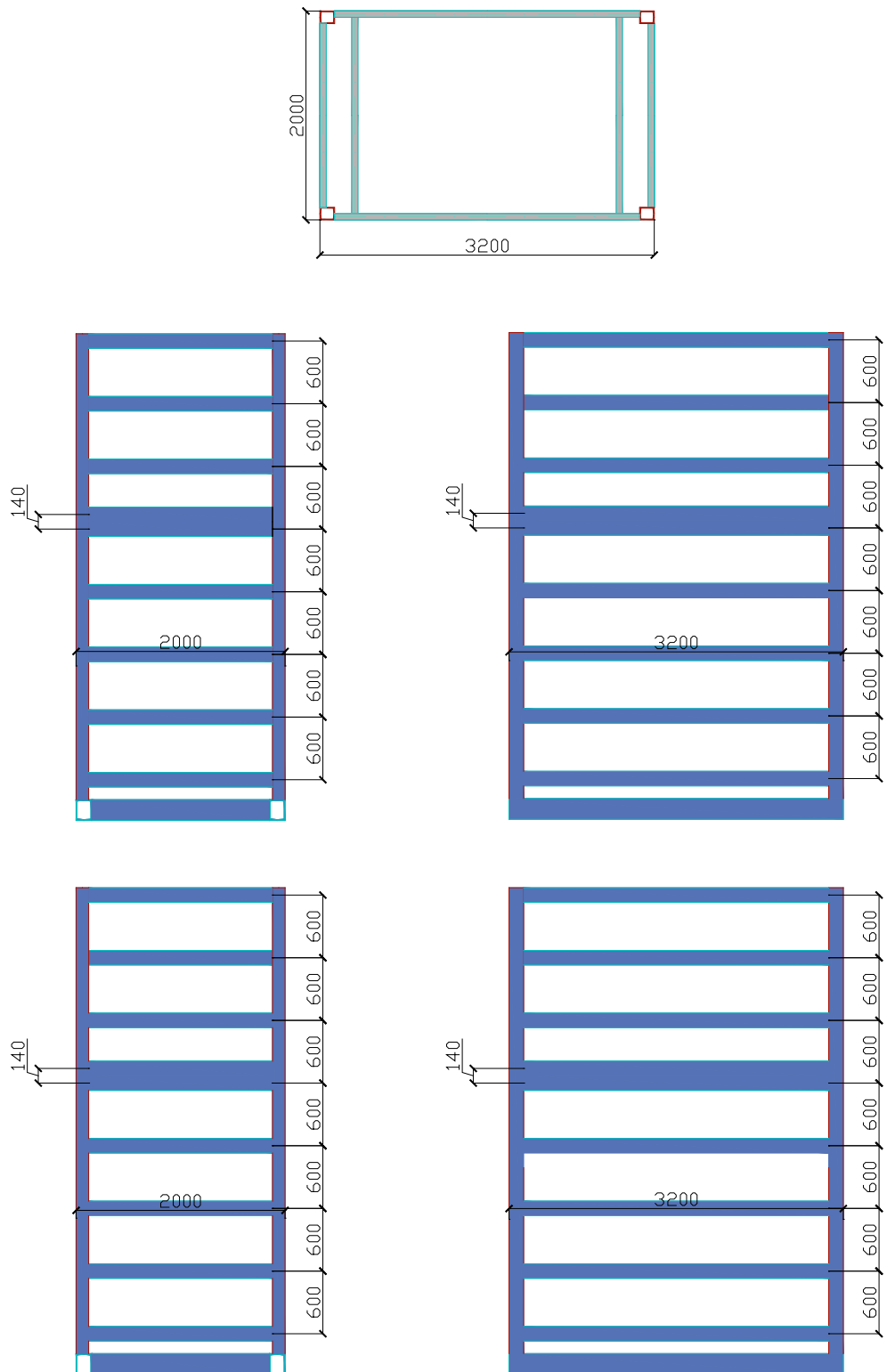


Рис. 6.1. Схема стенда для испытаний.

7. Динамические испытания НФС «Альт-фасад 10»

7.1. Методика проведения испытаний

Испытания фрагментов экспериментальных образцов проводились вибрационным (резонансным) методом, который позволяет измерить количественно силовую нагрузку, имитирующую сейсмическое воздействие в широком диапазоне частот.

По данным вибрационных испытаний для конкретных уровней нагружения были определены амплитудно-частотные характеристики испытуемых фрагментов. Кроме этого, по результатам обработки на ЭВМ с использованием специального программного комплекса «WinПОС» записей были построены графики зависимости изменения ускорений в различных точках модели от времени.

По характеру изменения частоты воздействия и амплитуды колебания платформы, оценивались динамические характеристики (частоты основного тона колебаний, диссипативные свойства и пр.), а также принципиальный характер работы экспериментальных моделей.

7.2. Назначение параметров загрузки

Длительность сейсмического воздействия. По данным [6,7] продолжительность основной части процесса колебаний составляет 10÷40 сек (землетрясение в Сан-Франциско 18.04.1906 – сильные колебания продолжались 25 сек, Мехико – 28.07.1957–15 сек).

Периоды колебаний. По наблюдениям Б.К. Карапетяна [8] максимальные ускорения почвы при землетрясениях соответствовали периодам 0.05 и 0.1 сек ($f=20$ и 10 Гц). По данным И.Л. Корчинского [9]:

- при жестких системах ($T=0\div 0.05$) максимальные ускорения возникают почти мгновенно с началом колебаний (зона наиболее высоких значений коэффициента динамичности);

- наиболее характерные периоды сейсмического воздействия находятся в диапазоне короткопериодного спектра от 0.1 до 0.5 сек ($f \rightarrow$ от 10 до 2 Гц);
- в [7] отмечается, что как показывают многочисленные экспериментальные исследования, независимо от частот внешнего воздействия сооружение обычно колеблется с частотой, отвечающей частоте их собственных колебаний. Периоды же свободных колебаний большинства зданий составляют 0.1–2.0 сек. Т.е. частота динамической нагрузки, испытываемой сооружением в условиях землетрясений, будет находиться в основном в пределах 0.5–10 Гц.

Число циклов нагружения. Под руководством И.Л. Корчинского [9,11] Р.С. Бердяевой, Г.В. Беченовой и В.А. Ржевским были проведены испытания железобетонных и стальных балочных образцов при нагружениях со скоростью 300÷1000 циклов в минуту, что, как указывается в [10], отвечает скорости нагружения строительных конструкций при сейсмических нагрузках.

Этапы загрузки выбраны так, чтобы иметь возможность оценить поведение испытательного образца при резонансе.

7.3. Условия проведения динамических испытаний

Вибрационные испытания проводились с 3 ноября 2017г. в дневное время при температуре воздуха - не ниже +15 °С. Условия проведения вибрационных испытаний соответствуют нормальным и рабочим условиям применения используемого типа акселерометров АТ1105–10м.

7.4. Параметры оценки работы НФС по результатам натуральных испытаний

Основным свойством, определяющим надежность испытательных образцов при воздействии динамических нагрузок, является их способность

сохранять определенные эксплуатационные свойства, характеризующуюся предельными состояниями в соответствии с ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований».

Предельные состояния НФС в связи с отсутствием нормативных документов, определяющих надежность облицовочных конструкций в процессе их эксплуатации в сейсмоопасных районах РФ, условно разделены на две группы:

- первая группа включает предельные состояния, достижение которых ведет к полной непригодности к эксплуатации конструкции испытательных образцов или к полной (частичной) потере несущей способности их основных элементов и креплений;
- вторая группа включает предельные состояния, затрудняющие нормальную эксплуатацию испытательных образцов из-за значительных деформаций конструкции и больших горизонтальных и вертикальных их перемещений.

Предельные состояния первой группы характеризуются:

- разрушением креплений и элементов облицовочных систем любого характера (пластическим, хрупким, усталостным);
- потерей устойчивости формы составных элементов НФС, приводящей к полной непригодности системы;
- качественным изменением конфигурации испытательных образцов;
- другими явлениями, при которых возникает необходимость прекращения эксплуатации (например, чрезмерными деформациями в результате сдвига в соединениях, раскрытия швов и пр.).

Параметры предельных состояний непосредственно элементов испытательных образцов для идентификации их технического состояния в настоящее время отсутствуют и являются предметом отдельного исследования. В связи с этим, а также для целей настоящего исследования

специалистами ЦИСС ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко предложен следующий подход.

1. Уровень внешнего воздействия определяется по результатам натуральных испытаний и принимается в сравнении с данными инструментальной части макросейсмической шкалы MSK-64 по ГОСТ Р 22.0.03-95, которые приведены в таблицах 7.1 и 7.2.
2. За 1-е предельное состояние конструкций, испытанных образцов металлических конструкций, принимается такое техническое состояние, при котором происходит разрушение элементов конструкции и узлов крепления облицовки к направляющим или разрушение самой облицовки. 2-му предельному состоянию соответствует смещение облицовочных панелей относительно друг друга на $\Delta \geq 10$ мм. Этому уровню смещения соответствует (как показал эксперимент) вырыв элементов крепежа из тела облицовки.

Соответствие уровня воздействия инструментальным значениям ускорения

Таблица 7.1.

I, балл, MSK-64	Ускорения A[10], м/с ²	Ускорения A согласно MSK-64, м/с ²	Ускорение A _p по СНИП-II-7-81*, м/с ²
5	-	-	-
6	0,28-0,56	0,25-0,50	0,50
7	0,56-1,12	0,50-1,00	1,00
8	1,12-2,24	1,00-2,00	2,00
9	2,24-4,48	2,00-4,00	4,00
10	-	-	-

**Соответствие уровня воздействия инструментальным
значениям ускорения**

Таблица 7.2.

Интенсивность динамического воздействия в баллах	Интервалы максимальных ускорений грунта, см/с ² , при периоде 0,1 с и более	Интервалы максимальных скоростей колебаний грунта, см/с	Интервалы максимальных смещений маятника сейсмометра СБМ с периодом колебаний 2.5 сек мм
5	-	-	-
6	30 – 60	3,0 – 6,0	1,5 – 3,0
7	61 – 120	6,1 – 12,0	3,1 – 6,0
8	121 – 240	12,1 – 24,0	6,1 – 12,0
9	241 – 480	24,1 – 48,0	12,1 – 24,0

7.5 Результаты динамических испытаний НФС «Альф-фасад 10» и их анализ

Анализ результатов лабораторных динамических испытаний НФС «Альф-фасад 10» позволяет отметить следующее.

- 1. В таблицах 7.3-7.4 приведены параметры динамического нагружения платформы в горизонтальной и вертикальной плоскостях, установленные по акселерометрам, закрепленным в уровне платформы, а в таблицах 7.5-7.6 - параметры динамического нагружения фрагментов образцов в горизонтальной и вертикальной плоскостях, установленные по акселерометрам, закрепленным непосредственно к несущим вертикальным направляющим. Приведенные в табл. 7.3-7.4 значения по цветовой гамме соответствуют зонам сейсмичности, указанным на карте сейсмического районирования территории РФ (рисунок 7.2).**
- 2. В процессе испытаний ускорение виброплатформы по данным акселерометров (таб. 7.5-7.6), установленных на ней, изменялось в интервале от 0,3 до 11,8 м/с² - в горизонтальном направлении, и от 0,1 до 7,9 м/с² - в вертикальном направлении. Ускорения фрагментов образцов по данным акселерометров (таб. 7.5-7.6) изменялись в интервале от 0,5 до 21,7 м/с² в горизонтальном направлении и от 0,1 до 11,6 м/с² – в вертикальном. Полученные значения горизонтальных ускорений виброплатформы превышают значения нормативных ускорений, соответствующих 9 баллам (по шкале MSK-64 – 4 м/с²). При этом коэффициент динамичности, полученный по результатам обработки акселерограмм, составил $\beta = a_v/a_n = 21,7/11,8 = 1,8$.**
- 3. Частота колебания системы изменялась в интервале от 1,0 до 9,2 Гц. Максимальная амплитуда горизонтальных колебаний виброплатформы составила 22,6 мм, а вертикальных колебаний – 27,1 мм. Максимальная амплитуда горизонтальных колебаний фрагментов испытательных образцов по данным приборов составила 48,2 мм, а вертикальных - 12,5 мм.**

- 4. При действиях динамических нагрузок разрушений и смещений не произошло, параметры нагрузок соответствовали 9-балльной сейсмике, а на отдельных режимах нагружения превышали нормативные значений более чем в 2 раза.**
- 5. В процессе динамических испытаний НФС «Альф-фасад 10» с использованием облицовки из фиброцементных панелей прочность эксплуатационная надежность системы не была нарушена.**

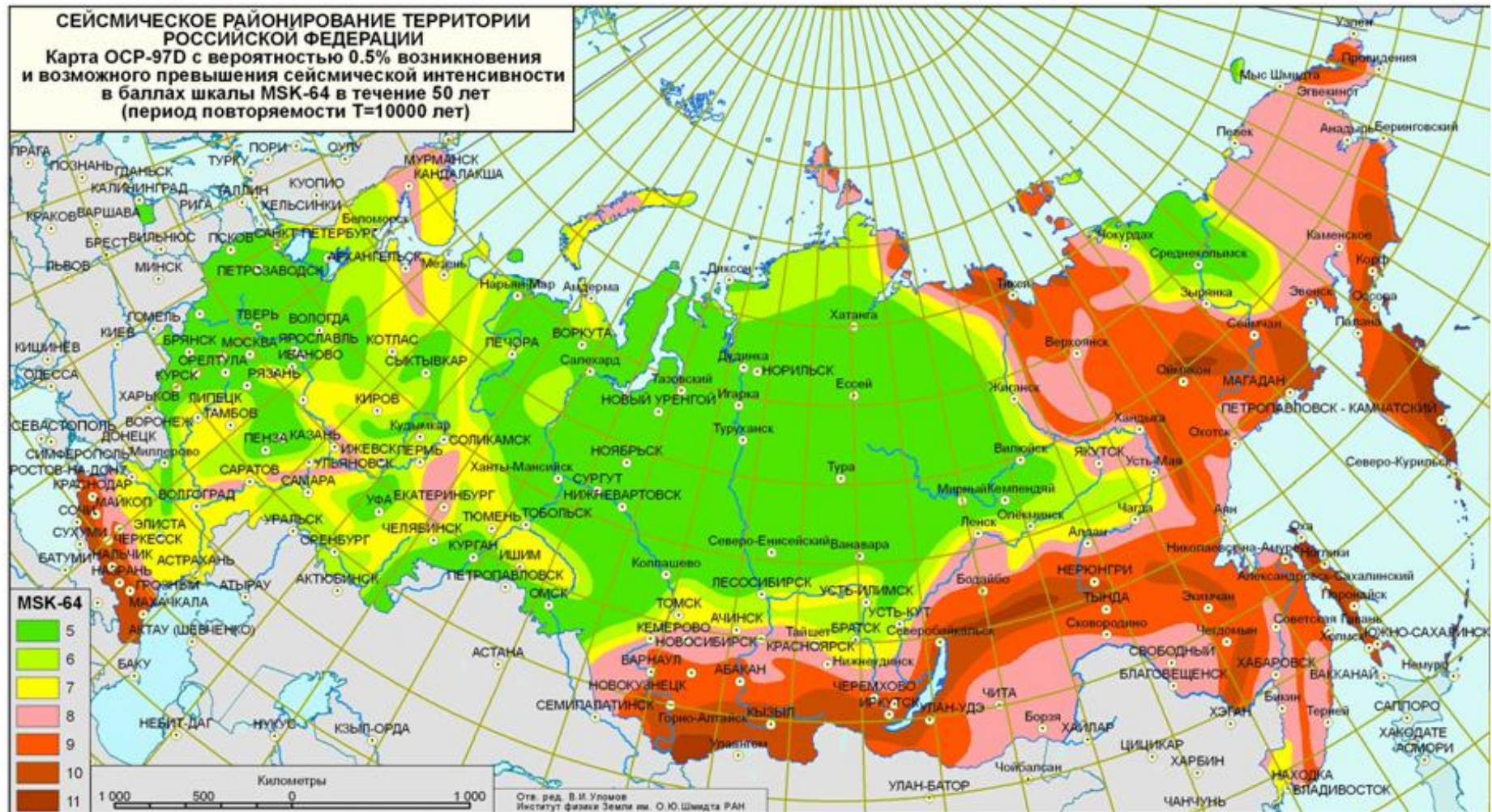


Рисунок 7.2

**Параметры динамического нагружения виброплатформы
в горизонтальной плоскости (датчик 1-4-1)**

Таблица 7.3

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (м/с ²)
1	2,1	1,9	0,5
2	3,1	2,6	0,8
3	4,0	2,1	1,1
4	5,1	3,1	1,6
5	1,6	3,5	0,3
6	3,2	3,5	1,1
7	4,1	2,5	1,5
8	5,0	4,2	3,0
9	1,5	5,7	0,5
10	7,5	5,2	1,0
11	3,2	5,4	1,8
12	4,0	4,6	2,4
13	4,8	4,2	4,0
14	1,5	10,0	0,8
15	2,2	11,0	1,8
16	3,1	10,7	3,0
17	3,8	8,7	3,9
18	4,1	8,2	4,4
19	1,0	13,0	0,7
20	2,5	15,4	3,1
21	3,1	12,9	4,0
22	3,5	11,3	4,9
23	3,7	11,1	5,7
24	1,2	18,3	1,0
25	2,2	17,5	3,0
26	2,8	14,3	3,6
27	3,4	16,5	7,6
28	3,5	16,9	7,4
29	1,3	22,6	1,6
30	2,1	21,6	3,5
31	2,6	16,1	4,4
32	2,9	16,2	5,9
33	5,9	7,7	8,0
34	7,2	6,2	7,4
35	8,2	4,6	7,8
36	9,2	3,8	10,0
37	6,0	6,8	7,4
38	7,3	9,9	10,9
39	7,9	9,0	11,8

**Параметры динамического нагружения виброплатформы
в вертикальной плоскости (датчик 1-4-2)**

Таблица 7.4

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (м/с ²)
1	2,1	0,3	0,3
2	3,1	0,2	0,2
3	4,0	0,6	0,5
4	5,1	1,6	1,8
5	1,6	0,1	0,3
6	3,2	0,3	0,3
7	4,1	0,8	0,7
8	5,0	2,4	3,3
9	1,5	0,2	0,1
10	7,5	0,1	0,2
11	3,2	0,3	0,2
12	4,0	1,2	1,1
13	4,8	5,7	4,4
14	1,5	0,3	0,1
15	2,2	0,2	0,2
16	3,1	0,5	0,4
17	3,8	6,9	5,4
18	4,1	9,9	6,2
19	1,0	0,4	0,1
20	2,5	0,4	0,4
21	3,1	0,9	0,8
22	3,5	7,6	4,2
23	3,7	14,1	7,9
24	1,2	0,6	0,1
25	2,2	0,8	0,8
26	2,8	1,6	1,3
27	3,4	21,7	7,3
28	3,5	27,1	7,6
29	1,3	0,6	0,1
30	2,1	0,5	0,6
31	2,6	1,8	1,6
32	2,9	2,5	2,7
33	5,9	2,8	2,3
34	7,2	2,0	2,0
35	8,2	1,0	1,5
36	9,2	10,8	7,3
37	6,0	6,0	2,2
38	7,3	3,6	2,6
39	7,9	8,8	7,1

**Параметры динамического нагружения опытного образца
в горизонтальной плоскости (датчик 1-4-3)**

Таблица 7.5

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (м/с ²)
1	2,1	4,0	2,8
2	3,1	3,5	2,3
3	4,0	5,5	5,7
4	5,1	15,2	13,9
5	1,6	4,2	0,5
6	3,2	5,0	2,2
7	4,1	8,1	7,4
8	5,0	21,5	18,6
9	1,5	6,4	0,6
10	7,5	7,0	3,7
11	3,2	9,5	3,3
12	4,0	15,7	9,9
13	4,8	1,4	21,2
14	1,5	11,1	0,9
15	2,2	12,4	4,0
16	3,1	18,7	6,0
17	3,8	33,2	14,3
18	4,1	36,2	18,7
19	1,0	13,5	1,0
20	2,5	20,8	6,3
21	3,1	23,9	7,6
22	3,5	33,0	15,6
23	3,7	34,3	17,1
24	1,2	19,2	1,2
25	2,2	28,9	9,1
26	2,8	40,1	12,1
27	3,4	40,5	18,7
28	3,5	36,8	17,2
29	1,3	24,8	2,2
30	2,1	37,0	9,7
31	2,6	44,1	12,7
32	2,9	48,2	16,3
33	5,9	20,9	20,9
34	7,2	10,5	12,4
35	8,2	3,7	7,3
36	9,2	9,9	14,3
37	6,0	19,1	21,7
38	7,3	9,2	12,6
39	7,9	8,4	7,7

**Параметры динамического нагружения опытного образца
в вертикальной плоскости (датчик 1-4-4)**

Таблица 7.6

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (м/с ²)
1	2,1	0,5	0,6
2	3,1	0,3	0,4
3	4,0	1,0	1,0
4	5,1	2,2	3,7
5	1,6	0,1	0,1
6	3,2	0,2	0,4
7	4,1	1,0	1,0
8	5,0	3,5	7,1
9	1,5	0,1	0,1
10	7,5	0,3	0,5
11	3,2	0,5	0,3
12	4,0	1,1	15
13	4,8	5,2	9,5
14	1,5	0,2	0,1
15	2,2	0,5	0,4
16	3,1	0,9	0,6
17	3,8	5,6	6,2
18	4,1	6,1	10,9
19	1,0	0,3	0,1
20	2,5	1,1	1,6
21	3,1	1,4	1,1
22	3,5	3,6	4,3
23	3,7	9,0	10,6
24	1,2	0,4	0,1
25	2,2	1,2	1,8
26	2,8	2,4	3,6
27	3,4	8,2	10,6
28	3,5	12,5	11,6
29	1,3	0,6	0,2
30	2,1	1,7	2,2
31	2,6	2,3	4,6
32	2,9	4,5	6,6
33	5,9	3,5	3,7
34	7,2	1,8	1,6
35	8,2	5,0	7,5
36	9,2	7,4	10,9
37	6,0	4,2	4,2
38	7,3	4,9	6,5
39	7,9	11,4	13,3

8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Выводы и рекомендации.

На основе анализа результатов динамических исследований сейсмостойкости навесной фасадной системы с воздушным зазором «Альт-фасад 10» производства ООО «Альтернатива» с облицовкой фиброцементными панелями «TORAY» толщиной 12 и 16 мм производства «TORAY ACE.Co.,ltd Япония», представляющая собой систему горизонтальных и вертикальных профилей и кронштейнов можно отметить следующее:

- 1. В соответствии с программой экспериментальных исследований на виброплатформе Центра исследований сейсмостойкости сооружений были проведены динамические испытания указанных выше навесной фасадной системы с воздушным зазором «Альт-фасад 10». При динамических испытаниях моделировались нагрузки, соответствующие сейсмическим воздействиям 7-9 баллов.**
- 2. По результатам испытаний НФС «Альт-фасад 10», каркасы которой запроектированы в 4 различных вариантах (см. Раздел 3 Настоящего отчета):**
 - горизонтально-вертикальной системе крепления НФС «Альт-фасад 10» с облицовкой фиброцементными панелями TORAY толщиной 16 мм;**
 - вертикальной системе крепления НФС «Альт-фасад 10» на основе профиля ТО с облицовкой фиброцементными панелями TORAY толщиной 12 мм;**
 - вертикальной системе крепления НФС «Альт-фасад 10» на основе профиля СО с облицовкой фиброцементными панелями TORAY толщиной 16 мм;**
 - вертикальной межэтажной системе НФС «Альт-фасад 10» с облицовкой фиброцементными панелями TORAY толщиной 16 мм**

допускается их применение в сейсмоопасных регионах с балльностью площадки 7-9 баллов без каких-либо конструктивных изменений.
- 3. При применении навесной фасадной системы с воздушным зазором «Альт-фасад 10» производства ООО «Альтернатива» с облицовкой**

фиброцементными панелями «TORAY» толщиной 12 и 16 мм в сейсмических районах при балльности площадки строительства 7-9 баллов должны соблюдаться требования, касающиеся долговечности, коррозионной и огнестойкости элементов фасадной системы.

Список литературы

1. ТС 5048-16 О пригодности для применения в строительстве новой продукции и технологий, требования к которым не регламентированы нормативными документами полностью или частично и от которых зависит безопасность зданий и сооружений. Конструкция навесной фасадной системы с воздушным зазором «Альт-фасад 10».
2. АТР. Навесная фасадная система с воздушным зазором «Альт-фасад 10» для облицовки фиброцементными панелями со скрытым и видимым креплением.
3. MSK-64. Шкала сейсмической интенсивности MSK. 1964.
4. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 30546.1-98 «Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям и методы расчета их сложных конструкций в части сейсмостойкости».
5. СП 14.13330.2014 Строительство в сейсмических районах СНиП II-7-81* (Актуализированного СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах» (СП 14.13330.2011)) с Изменением №1).
6. Поляков С.В., «Сейсмостойкие конструкции зданий», Изд. «Высшая школа», М., 1969г., 335 с.
7. Корчинский И.Л. и др., «Сейсмостойкое строительство зданий», Изд. «Высшая школа», М., 1971г., 319 с.
8. Карапетян Б.К. «Колебание сооружений, возведенных в Армении», Изд. «Айостан», Ереван, 1967.
9. Корчинский И.Л., Беченева Г.В. «Прочность строительных материалов при динамических нагружениях», Стройиздат, М., 1966г.
10. Методические рекомендации по инженерному анализу последствий землетрясений. ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко ГОССТРОЯ СССР. - М., 1980, 62 с.
11. Назаров А.Г., С.С. Дарбинян. Шкала для определения интенсивности сильных землетрясений на количественной основе. // В. кн.: Сейсмическая шкала и методы измерения сейсмической интенсивности. Академия наук СССР. Междуведомственный совет по сейсмологии и сейсмостойкому строительству (МСССС) при президиуме АН СССР. М.: Наука, 1975.
12. ГОСТ 8829-94.Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости.

РЕЗУЛЬТАТЫ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ
ФАСАДНЫХ СИСТЕМ

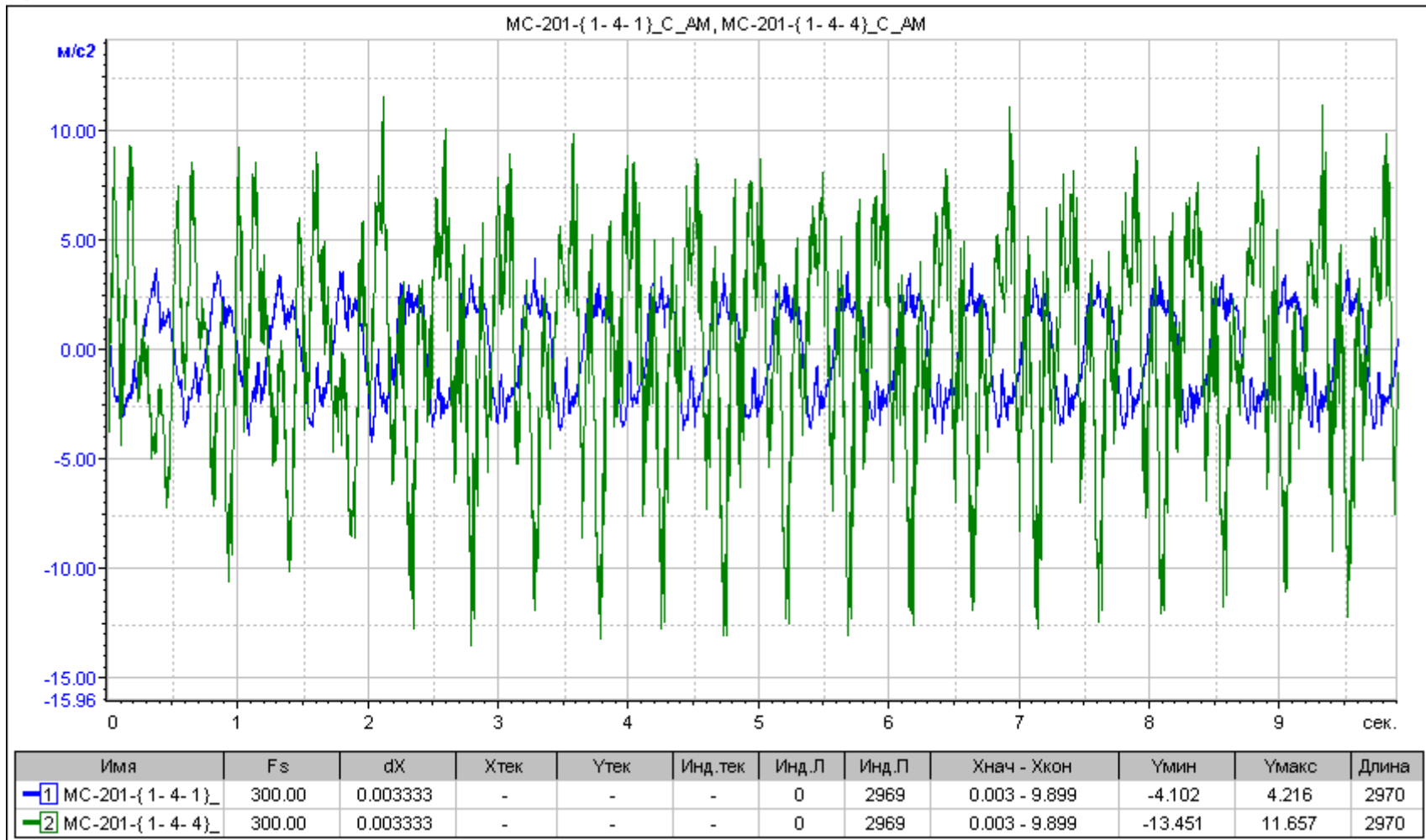


Рис. П1.1 Акселерограмма горизонтальных ускорений. Режим 30.

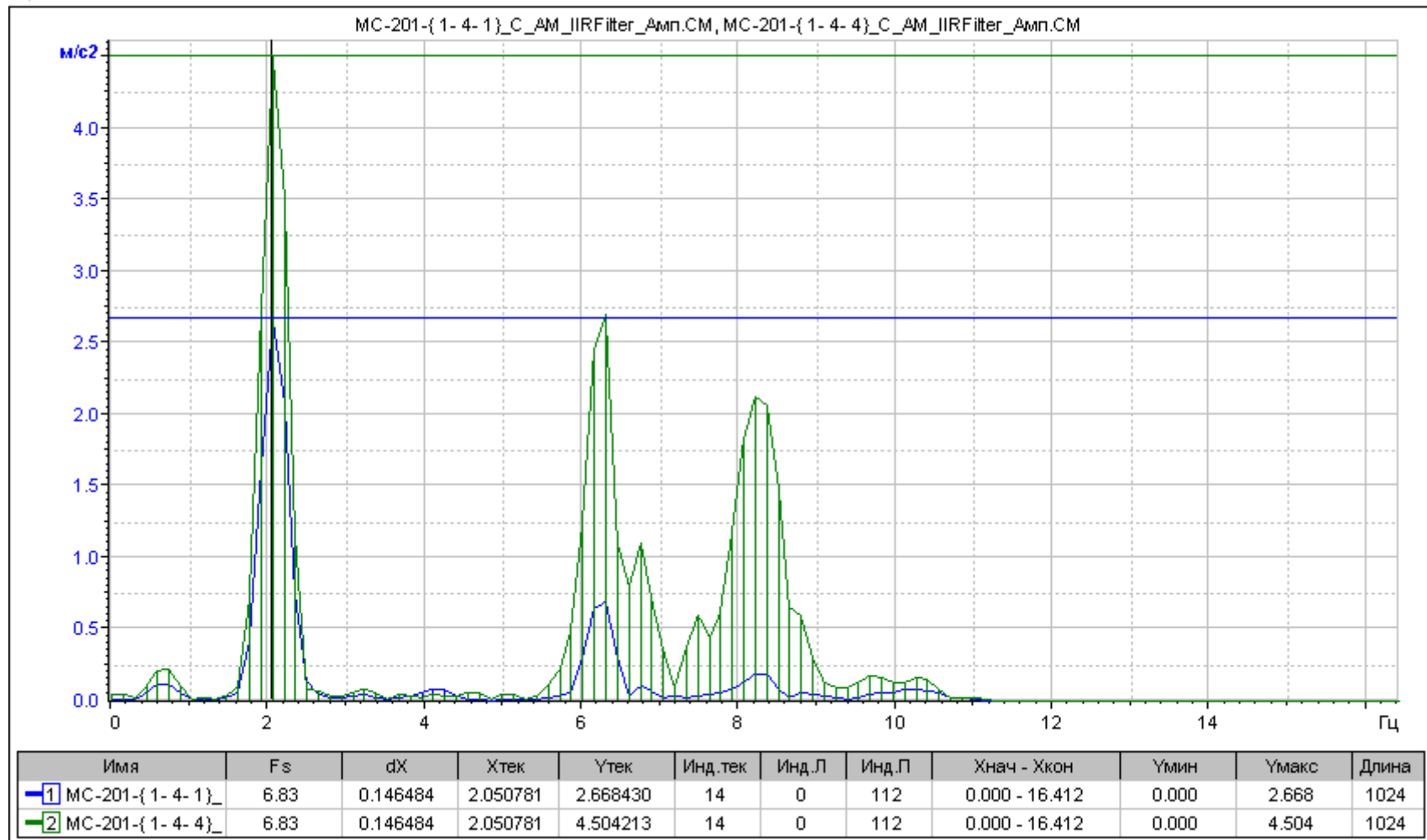


Рис. П1.2 Спектр пиковых значений горизонтальных ускорений. Режим 30.

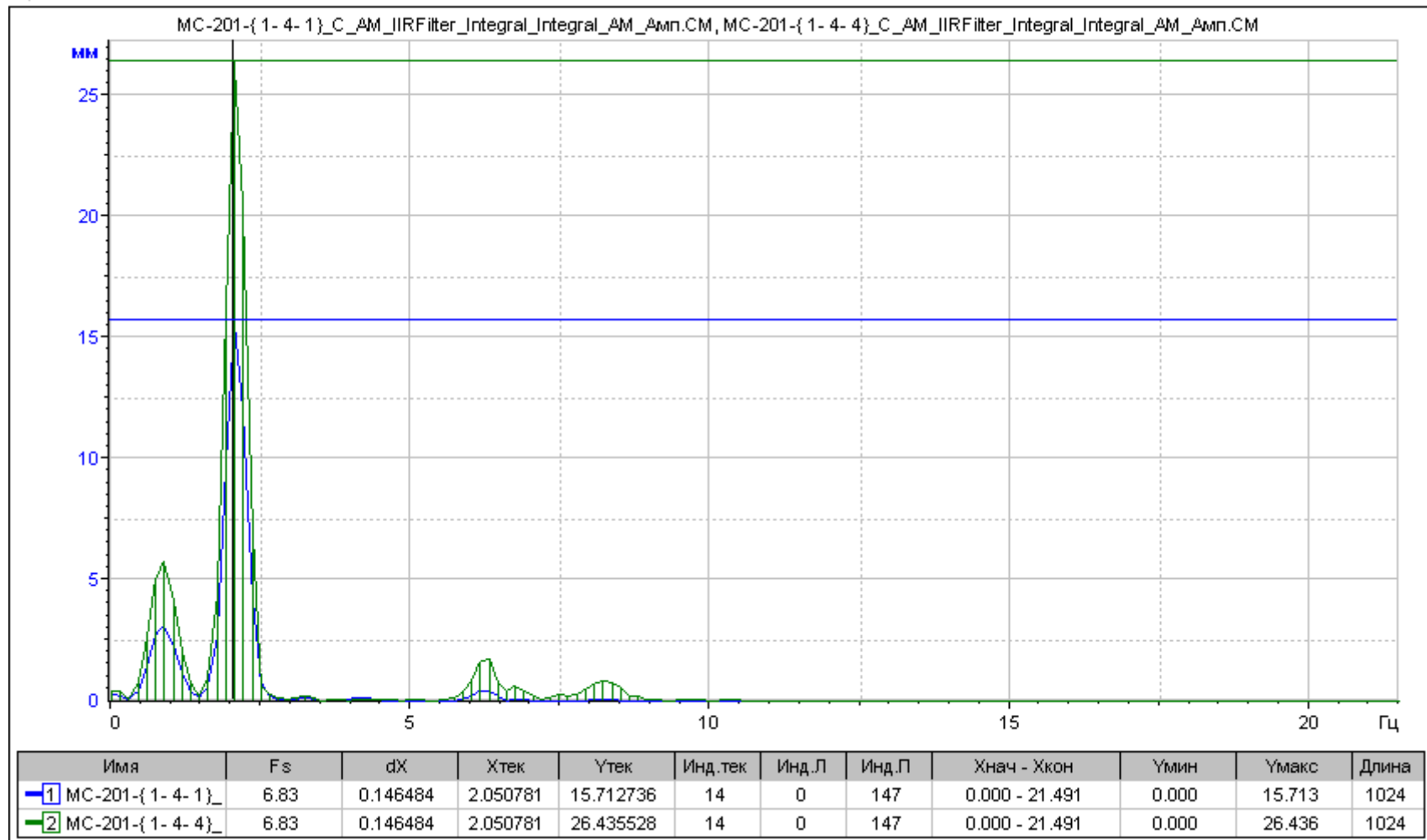


Рис. П1.3 Спектр пиковых значений горизонтальных перемещений. Режим 30.

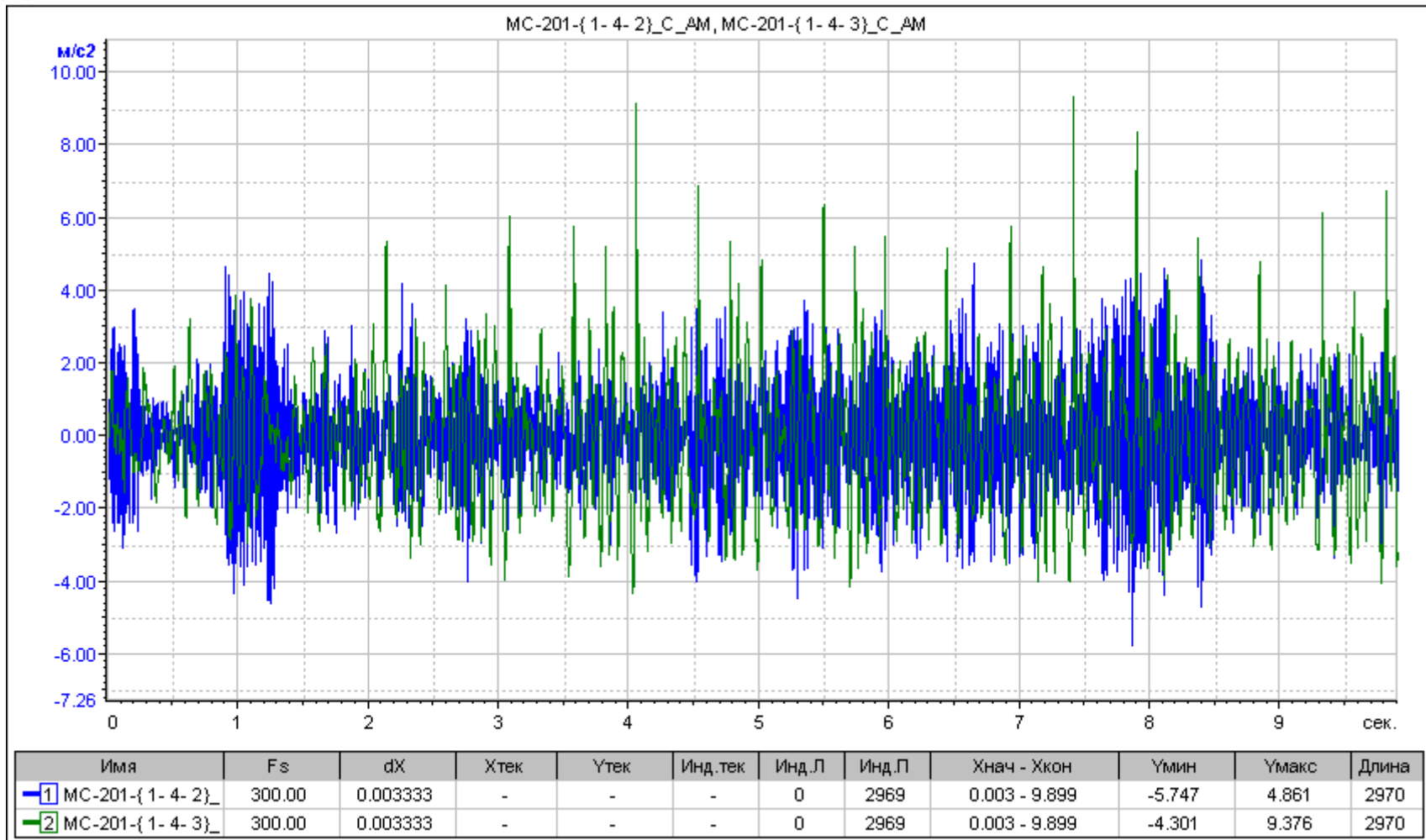


Рис. П1.4 Акселерограмма вертикальных ускорений. Режим 30.

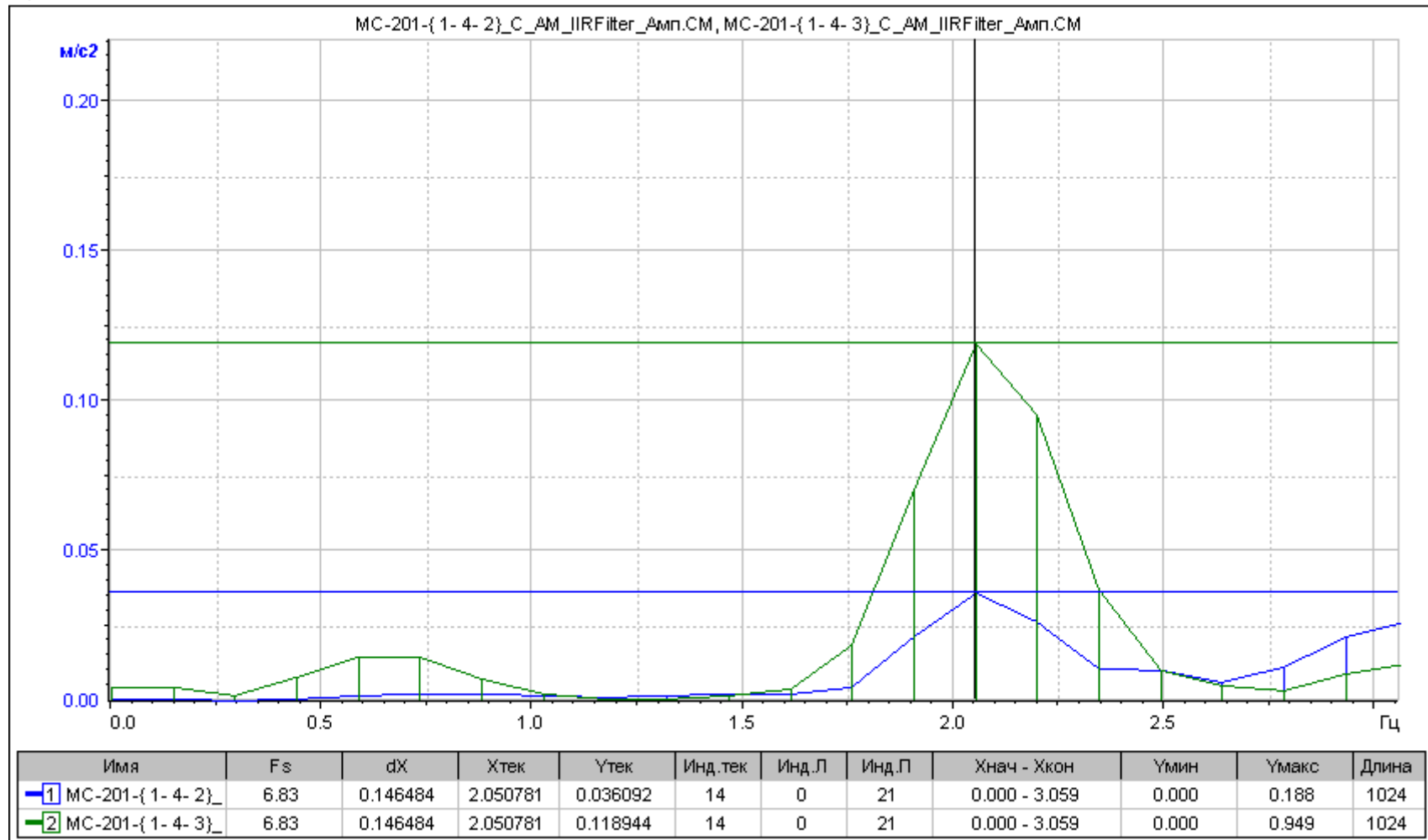


Рис. П1.5 Спектр пиковых значений вертикальных ускорений. Режим 30.

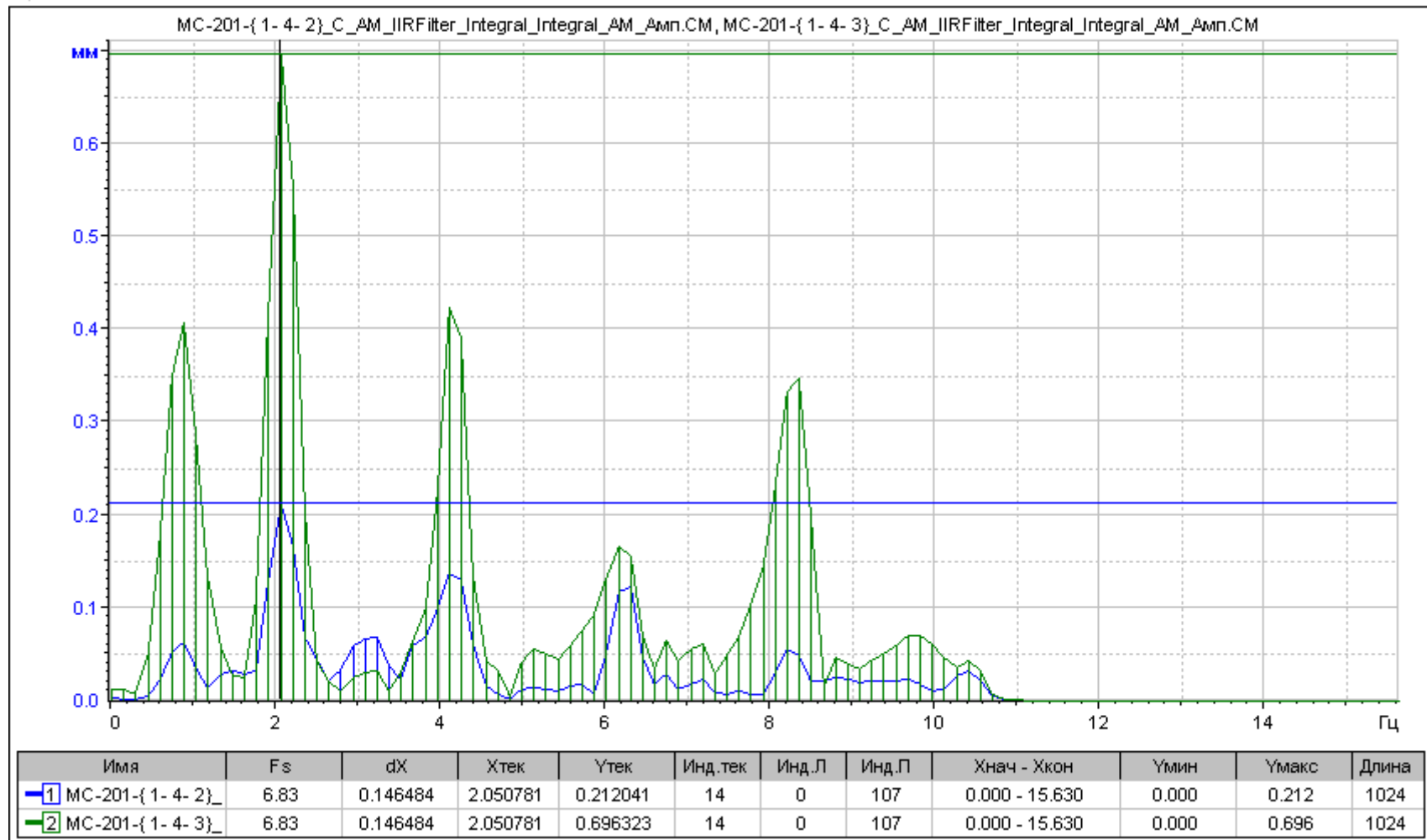


Рис. П1.6 Спектр пиковых значений вертикальных перемещений. Режим 30.

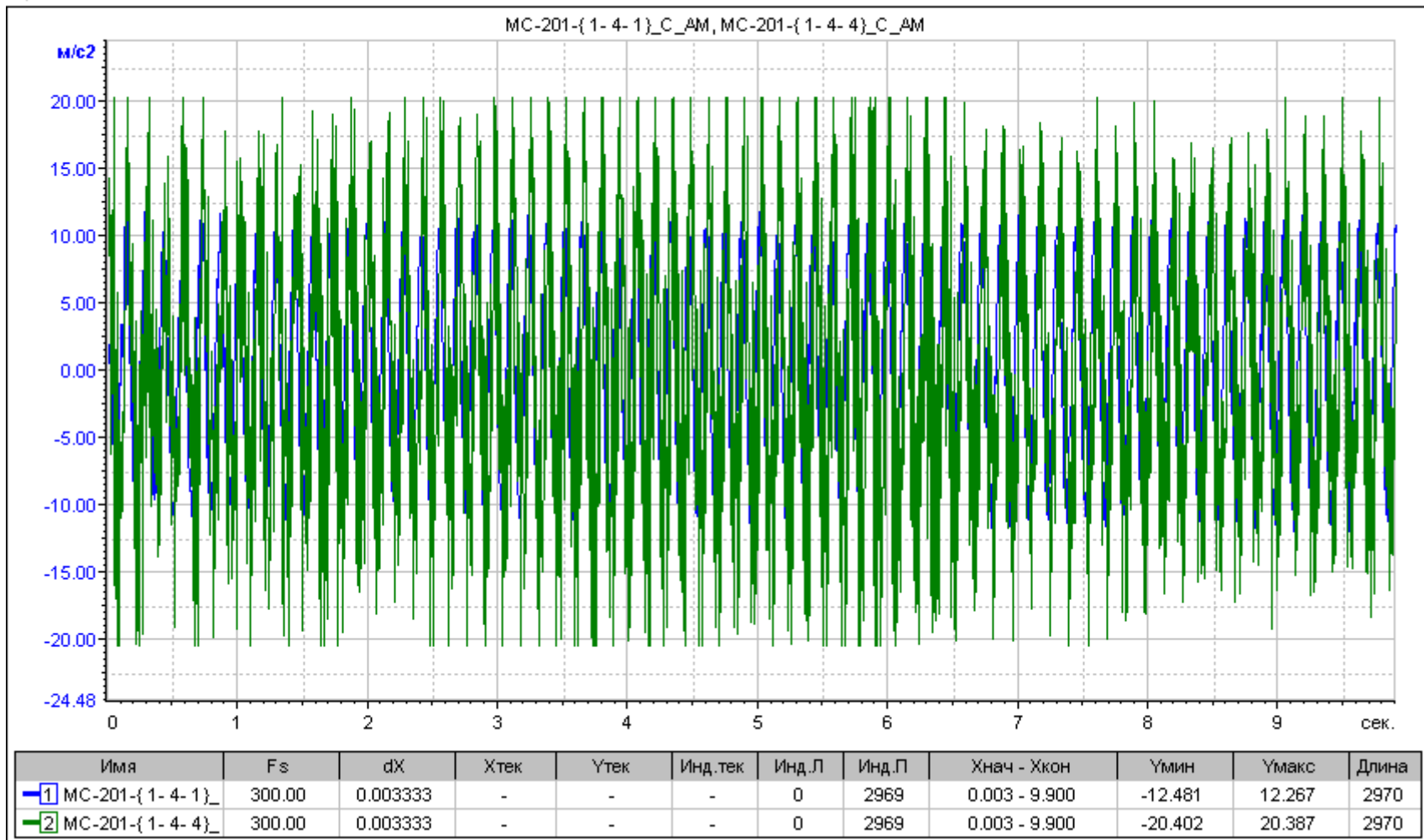


Рис. П1.7 Акселерограмма горизонтальных ускорений. Режим 38.

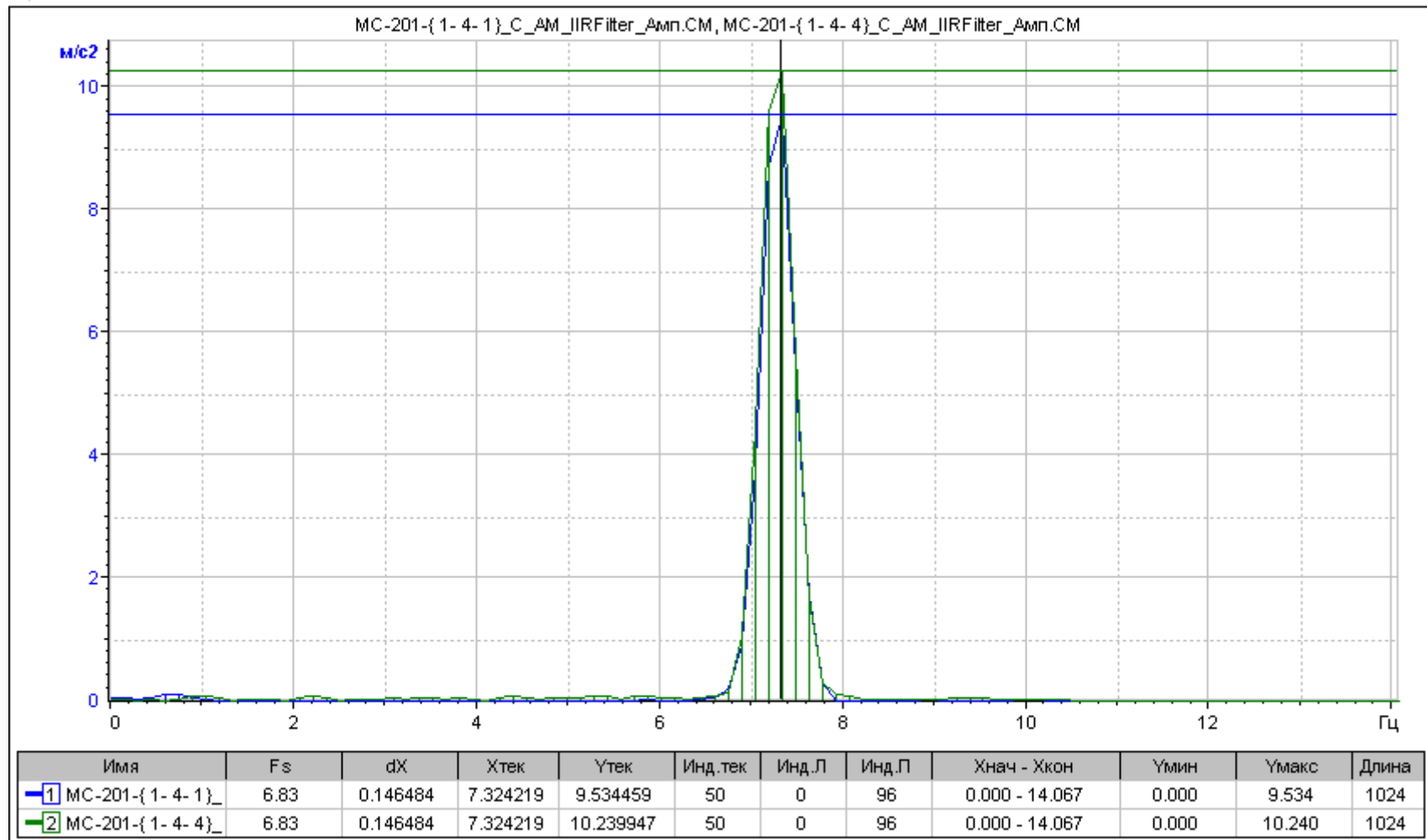


Рис. П1.8 Спектр пиковых значений горизонтальных ускорений. Режим 38.

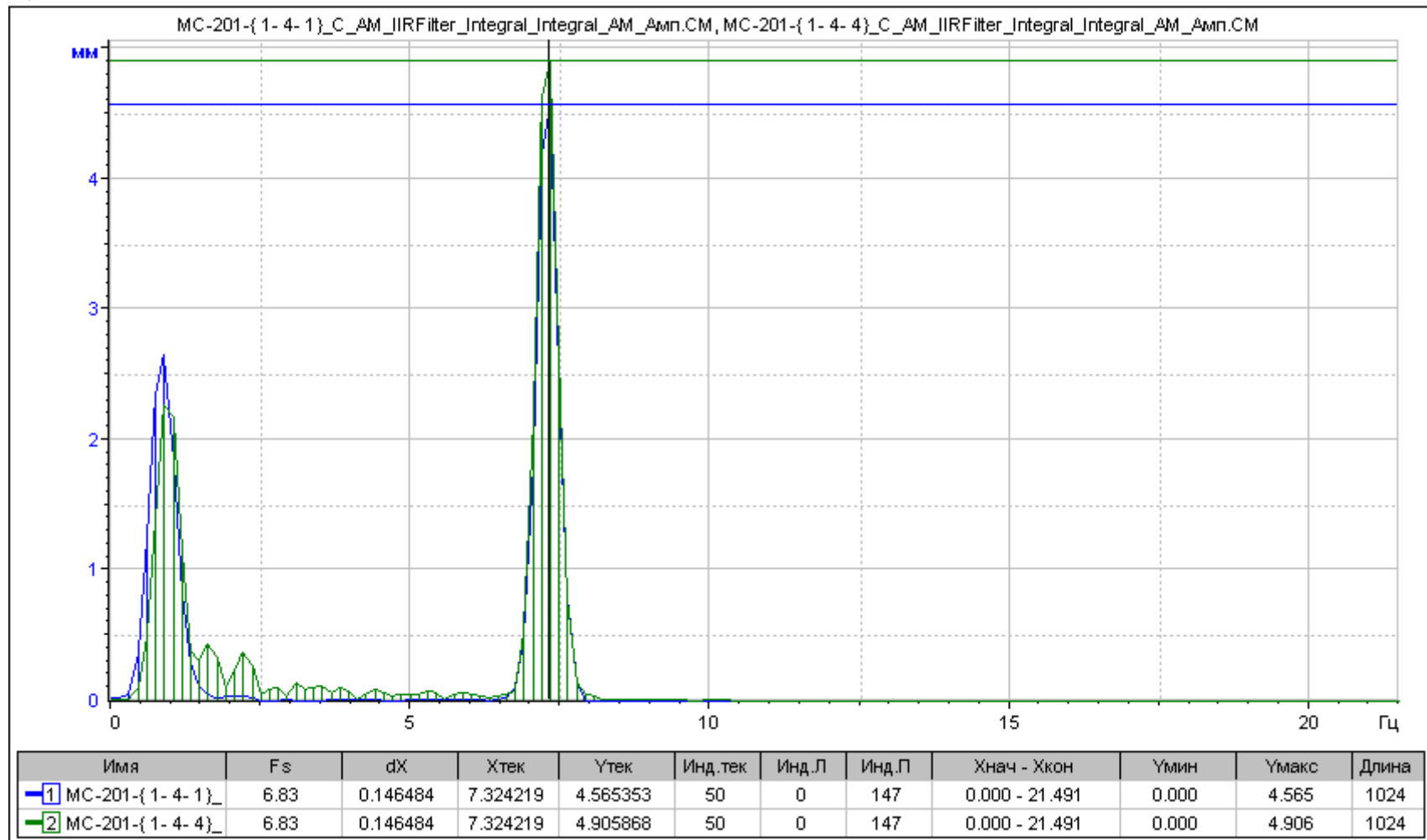


Рис. П1.9 Спектр пиковых значений горизонтальных перемещений. Режим 38.

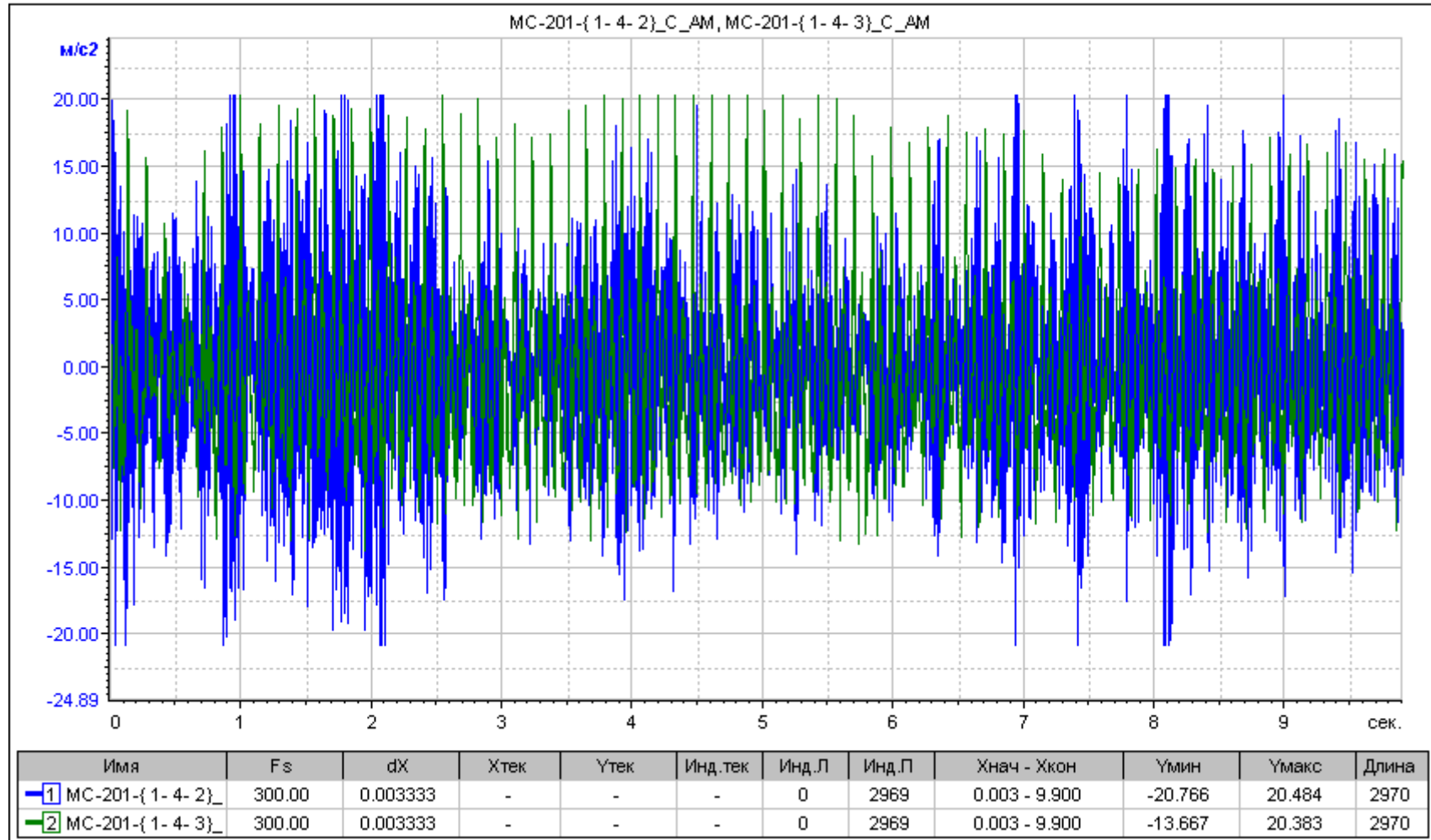


Рис. П1.10 Акселерограмма вертикальных ускорений. Режим 38.

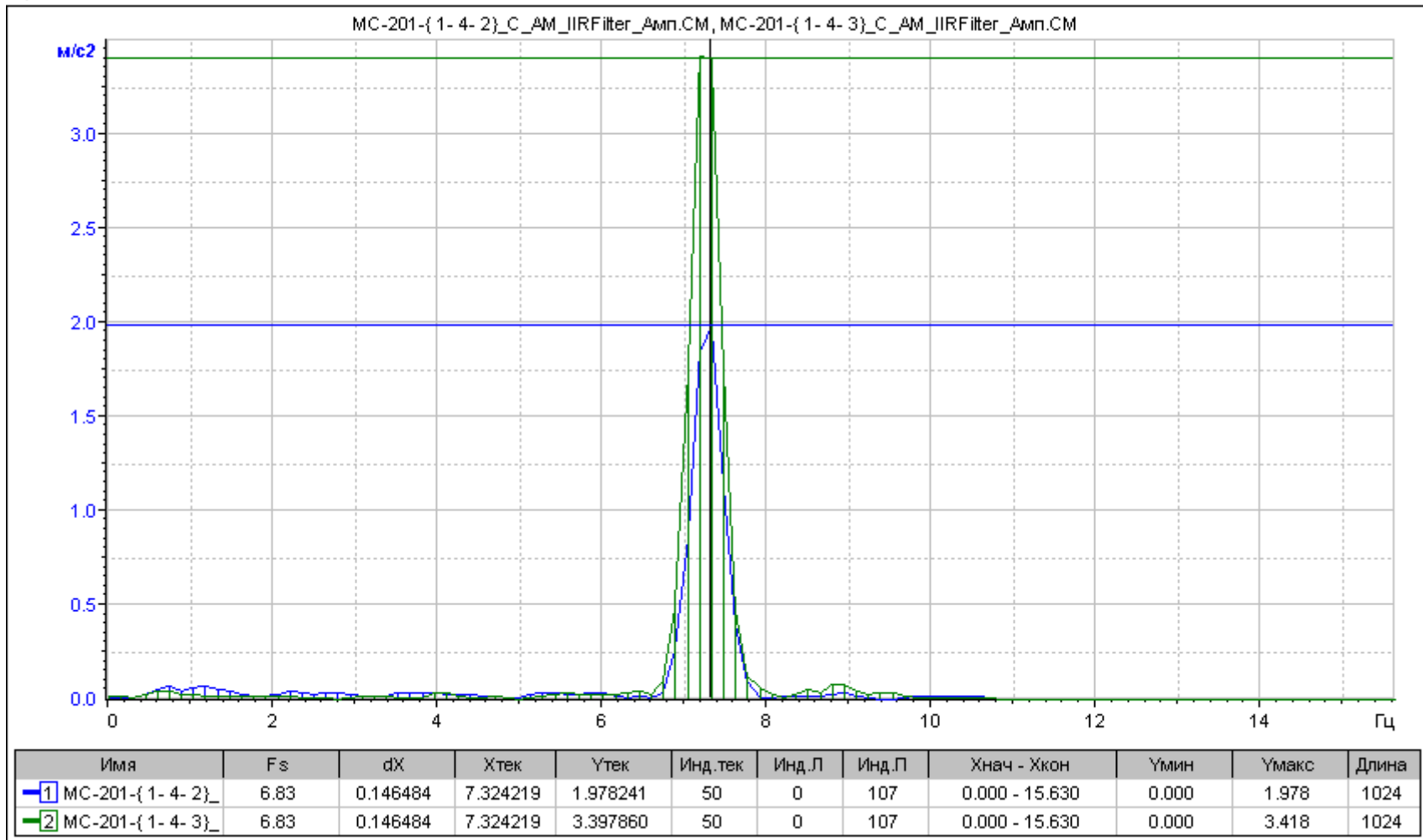


Рис. П1.11 Спектр пиковых значений вертикальных ускорений. Режим 38.

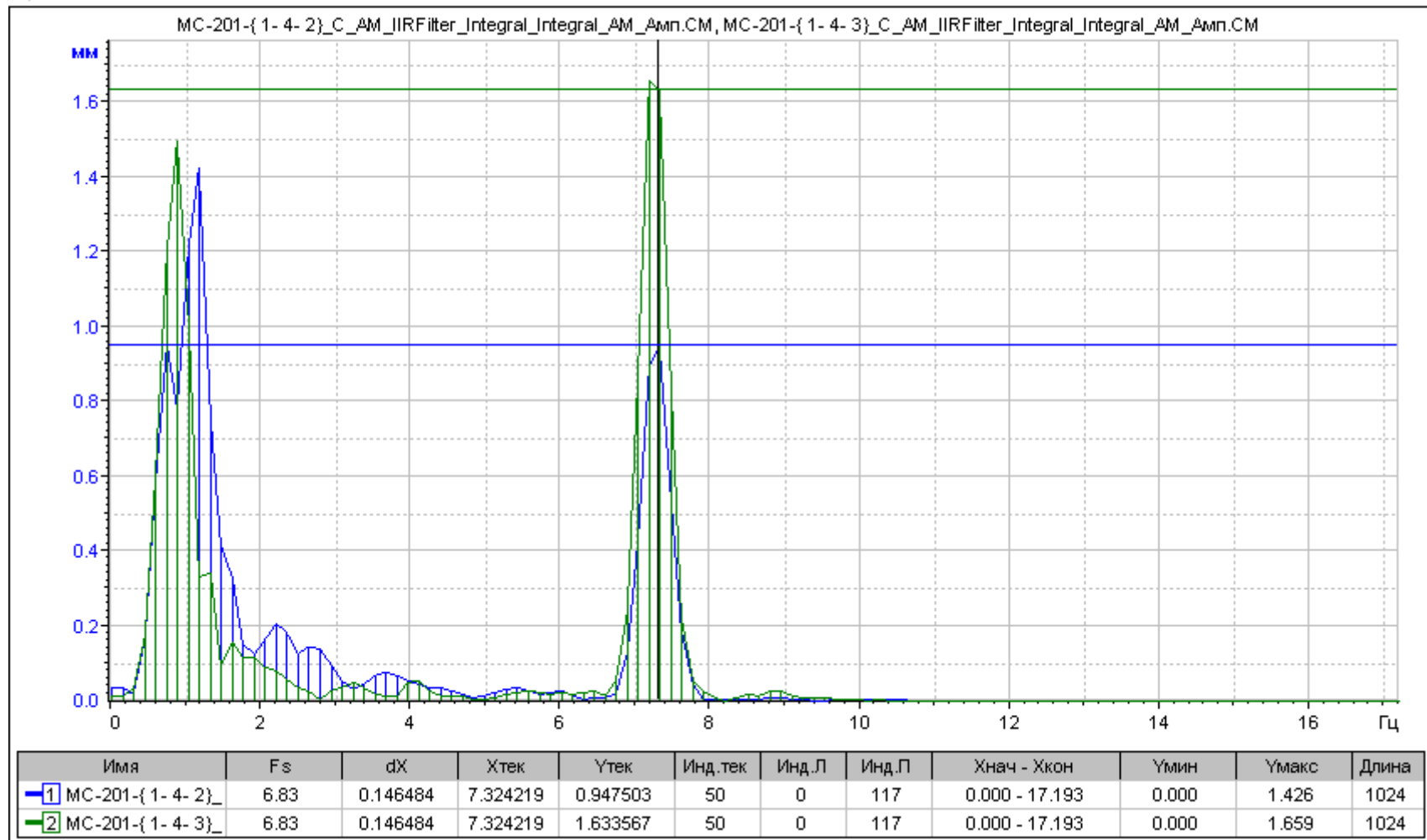


Рис. П1.12 Спектр пиковых значений вертикальных перемещений. Режим 38.

ВИДЕОСЪЕМКА ИСПЫТАНИЙ

СВИДЕТЕЛЬСТВО