



Министерство регионального развития Российской Федерации
Федеральное агентство по управлению
государственным имуществом
Открытое акционерное общество
"Научно-исследовательский центр "Строительство"
(ОАО "НИЦ "Строительство")
«Центральный научно-исследовательский институт
строительных конструкций имени В.А. Кучеренко»

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

по теме:

**«Провести испытания по оценке сейсмостойкости конструкций навесной
вентилируемой фасадной системы «Альт-фасад-04» с облицовкой в виде
металлических кассет и разработать рекомендации по повышению
эксплуатационной надежности системы».**

(по договору №1675/24-68-12-ск от 11 декабря 2012г)

Москва 2013г.



Министерство регионального развития Российской Федерации
Федеральное агентство по управлению
государственным имуществом
Открытое акционерное общество
"Научно-исследовательский центр "Строительство"
(ОАО "НИЦ "Строительство")
«Центральный научно-исследовательский институт
строительных конструкций имени В.А. Кучеренко»

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко

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

Н.И. Ведяков
« » 2013г.

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

по теме:

«Провести испытания по оценке сейсмостойкости конструкций навесной
вентилируемой фасадной системы «Альт-фасад-04» с облицовкой в виде
металлических кассет и разработать рекомендации по повышению
эксплуатационной надежности системы».

(по договору №1675/24-68-12-ск от 11 декабря 2012г)

Руководитель ЦИСС,

К.Т.Н.



В.И. Смирнов

Заведующий Лабораторией,

К. Т. Н.



А.В. Грановский

Заведующий сектором



Т.М. Хасанов

Москва 2013 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
1. Введение	3
2. Задачи проводимых экспериментальных исследований.	4
3. Конструктивное решение фасадной системы «Альт-фасад-04».	5
4. Программа и методика испытаний ФС «Альт-фасад-04»	25
5. Оборудование для испытаний ФС на сейсмические нагрузки. Средств: измерений и регистрации динамических характеристик ФС	28
5.1. Оборудование для создания динамических нагрузок на ФС.	28
5.2. Средства измерения и регистрации динамических характеристик конструкций и воздействий на них.	29
6. Подготовка стенда и измерительного оборудования. Монтаж фрагмента ФС	35
7. Результаты динамических испытаний ФС «Альт-фасад-04».	37
7.1. Методика проведения испытаний	37
7.2. Назначение параметров загрузки.	37
7.3. Условия проведения динамических испытаний	39
7.4. Параметры оценки работы ФС по результатам натурных испытаний	40
8. Назначение анкерного крепежа для крепления фасадных систем к стенам зданий	45
9. Заключение. Выводы и рекомендации.	47
Список литературы	49
Приложение 1. Результаты динамических испытаний	51
Приложение 2. Свидетельство (только в 1-м экз. отчета)	70
Приложение 3. Видеосъемка испытания ФС на сейсмические воздействия (только в 1-м экз. отчета)	

1. Введение

Настоящий технический отчет составлен по результатам экспериментальных исследований сейсмостойкости конструкций двух вариантов навесной фасадной системы с воздушным зазором «Альт-фасад-04» с облицовкой металлическими кассетами (вариант для крепления в межэтажные перекрытия) и сайдингом.

Испытания фасадных систем проводились на специально разработанном в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко стенде, представляющем собой виброплатформу маятникового типа.

Цель лабораторных испытаний – оценка пригодности и эксплуатационной надежности двух вариантов навесной фасадной системы с воздушным зазором (далее – ФС) «Альт-фасад-04» при использовании ее на зданиях, возводимых в сейсмических районах с балльностью 7÷9 баллов по шкале MSK-64 [1].

Отчет оформлен в соответствии с требованиями нормативных документов, технических регламентов и стандартов. При описании методики и результатов экспериментально-технических исследований сейсмостойкости ФС «Альт-фасад-04» использовались термины и определения, содержащиеся в действующих стандартах и нормативах [2-4].

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. Полученные данные 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 ФС «Альт-фасад-04» в сейсмических районах России на строительных площадках с балльностью 7÷9 баллов включает в себя следующие этапы:

1. Комплексные экспериментальные исследования работы двух вариантов ФС «Альт-фасад-04» их вибродиагностикой: испытания фрагментов ФС на вибростенде.
2. Внесение в Стандарт предприятия или в Альбом технических решений ЗАО «Альтернатива» и согласование с ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко ОАО «НИЦ «Строительство» изменений (если это потребуется по результатам испытаний) по конструктивному решению ФС при использовании их в сейсмических районах РФ.

3. Конструктивное решение фасадной системы «Альт-фасад-04»

Для проведения динамических испытаний Заказчиком (ЗАО «Альтернатива») были предоставлены конструктивные варианты навесной фасадной системы с воздушным зазором «Альт-фасад-04» с облицовкой металлическими кассетами (рис. 3.1,а) (вариант для крепления в междуэтажные перекрытия) и сайдингом (рис. 3.1,б).

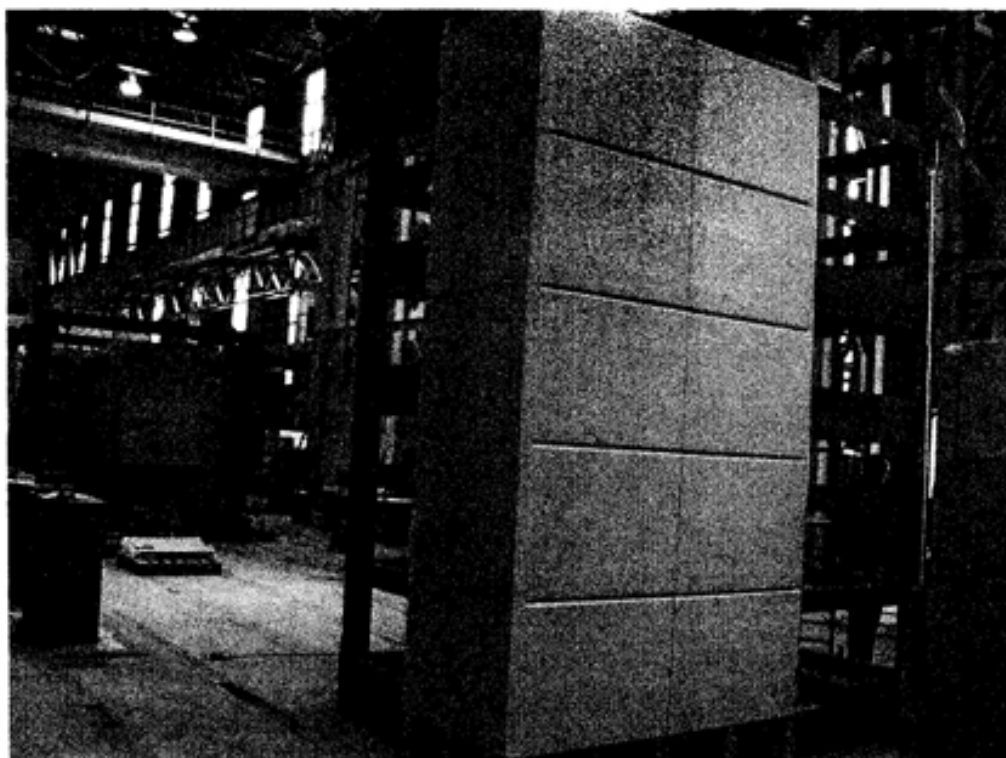
Фасадная система «Альт-фасад-04» представляет собой конструкции, выполненные из оцинкованной стали и состоящие из кронштейнов и направляющих.

На фрагменте экспериментальной модели ФС «Альт-фасад-04» с облицовкой **металлическими кассетами** использовались кронштейны КРУ-1р (рис. 3.2), которые устанавливались на стенд с шагом 600х3600(н) мм. Вылет кронштейнов с учетом удлинительных вставок УД-КРУ-1р (расстояние от стенда до направляющей) составлял 200 мм. Соединение основных частей со вставками осуществлялось с помощью двух заклепок. К вставкам прикреплялись горизонтальные направляющие ГО-2р (в каждом узле крепления устанавливалось по две заклепки – см. фото на рис. 3.2), к которым, в свою очередь, с помощью четырех заклепок в каждом узле соединения крепились вертикальные направляющие ПШ (рис. 3.3). Для крепления облицовочных кассет использовались заклепки (рис. 3.4).

На фрагменте экспериментальной модели ФС «Альт-фасад-04» с облицовкой **металлическим сайдингом** использовались кронштейны КР длиной 200 мм (рис. 3.5), которые устанавливались на стенд с шагом 600х1200(н) мм. К кронштейнам прикреплялись горизонтальные направляющие ГО (в каждом узле крепления устанавливалось по две заклепки – см. фото на рис. 3.6), к которым, в свою очередь, с помощью двух заклепок в каждом узле соединения крепились вертикальные направляющие ПО и ZO (рис. 3.7). Облицовка в виде сайдинга крепилась к направляющим с помощью заклепок (рис. 3.8).

Спецификация основных элементов ФС «Альт-фасад-04» приведена в табл. 3.1. Элементы фасадных систем и их геометрические параметры приняты в соответствии с существующей технической документацией.

a)



б)

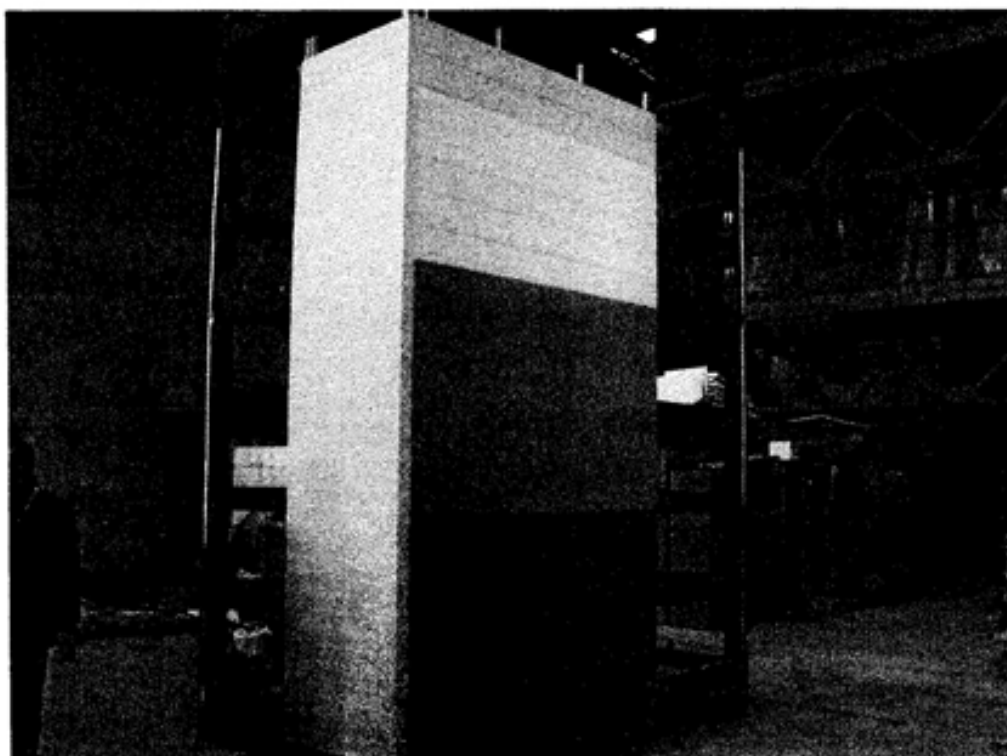
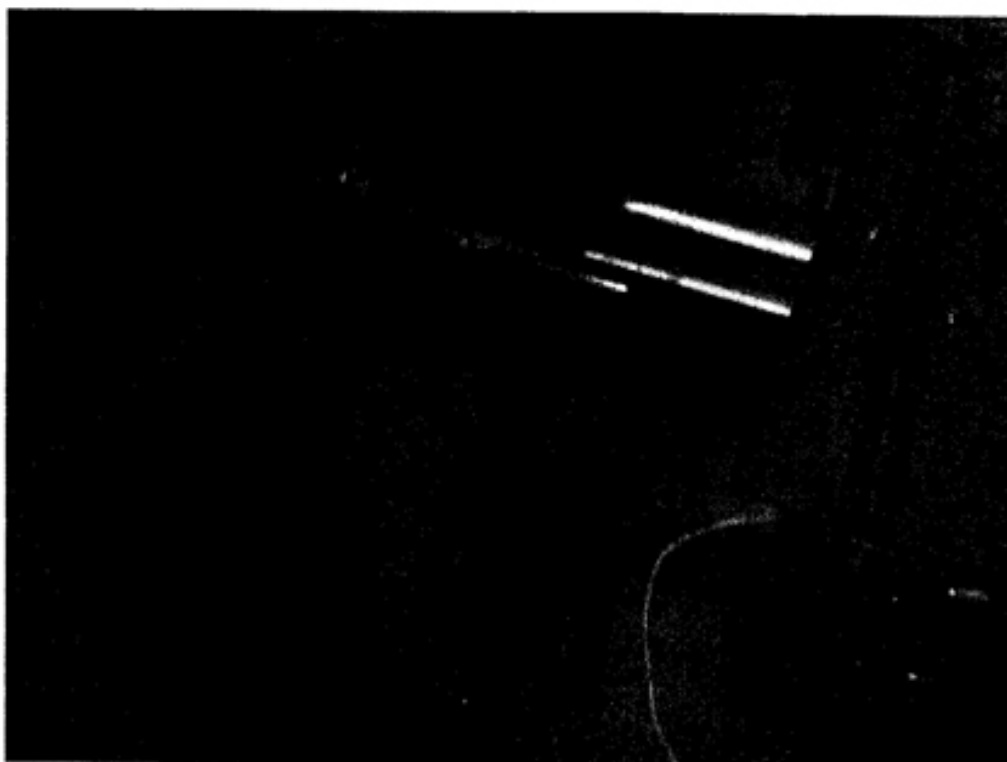


Рис. 3.1

a)

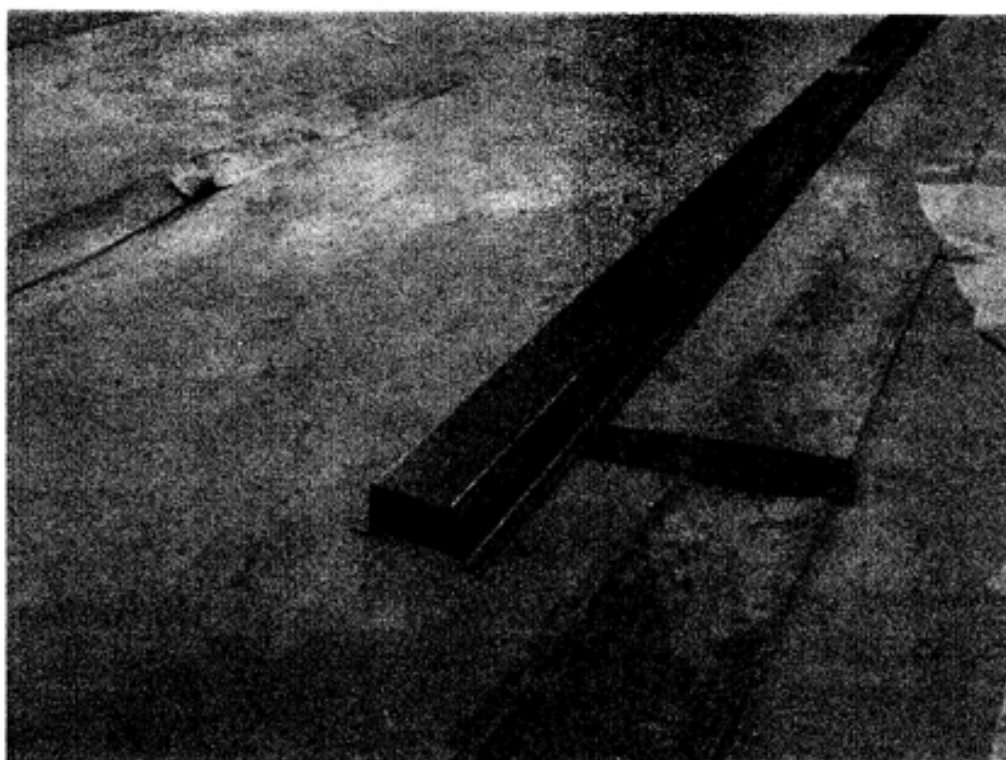


б)



Рис. 3.2

a)



б)

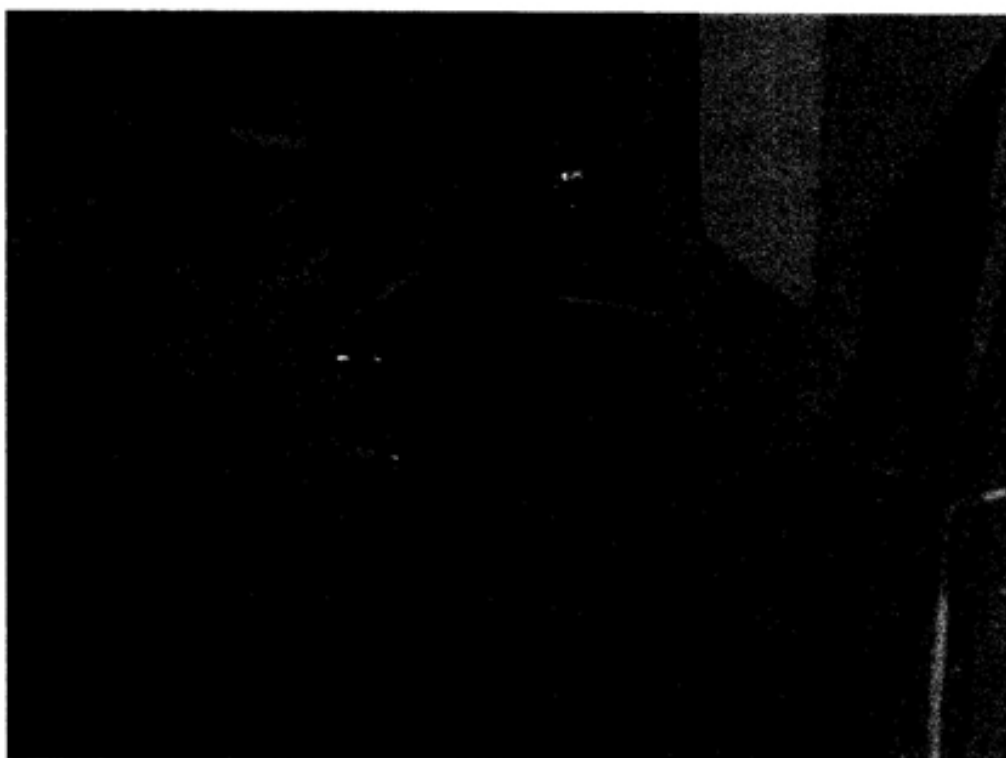


Рис. 3.3

a)

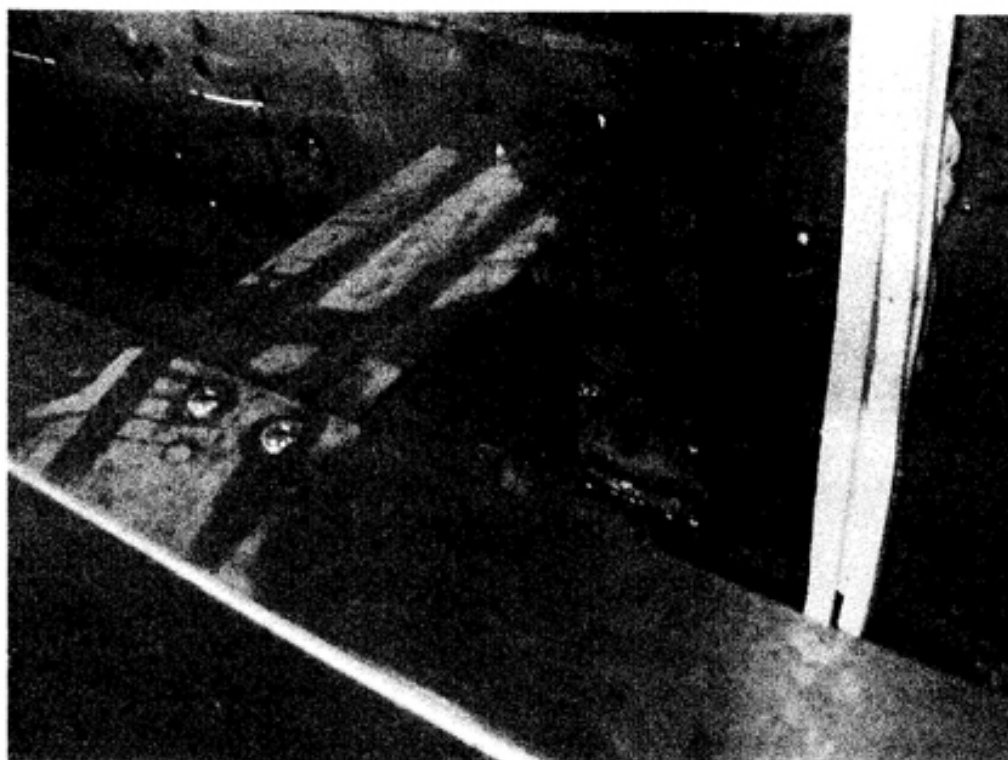


б)



Рис. 3.4

а)

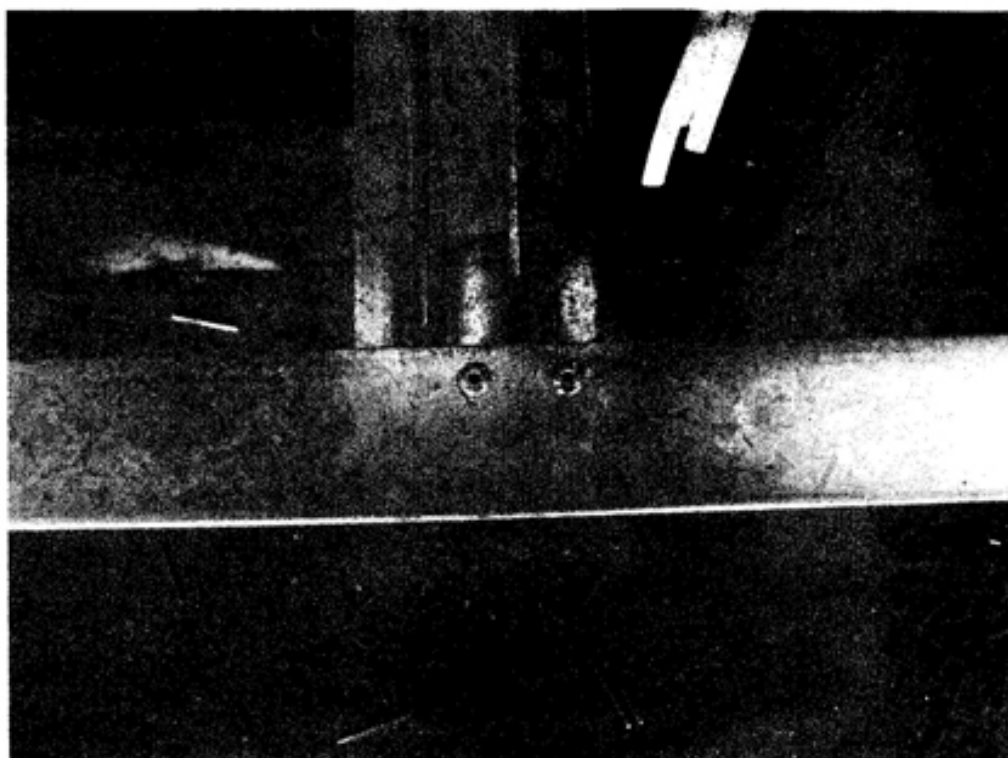


б)



Рис. 3.5

a)



б)

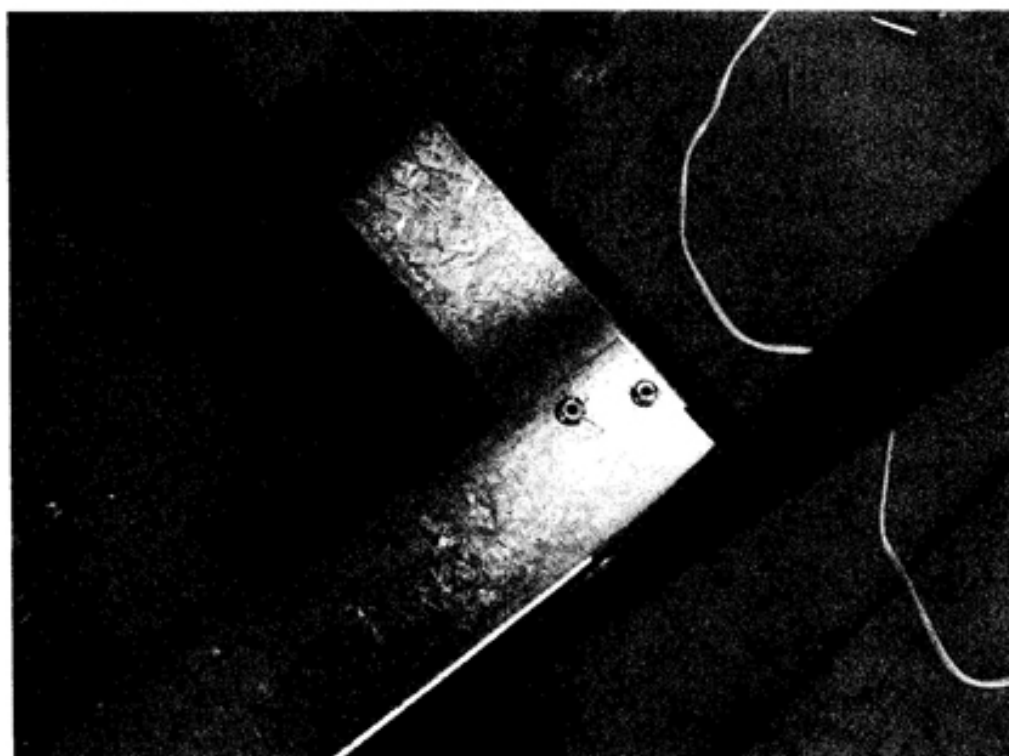


Рис. 3.6

a)



б)

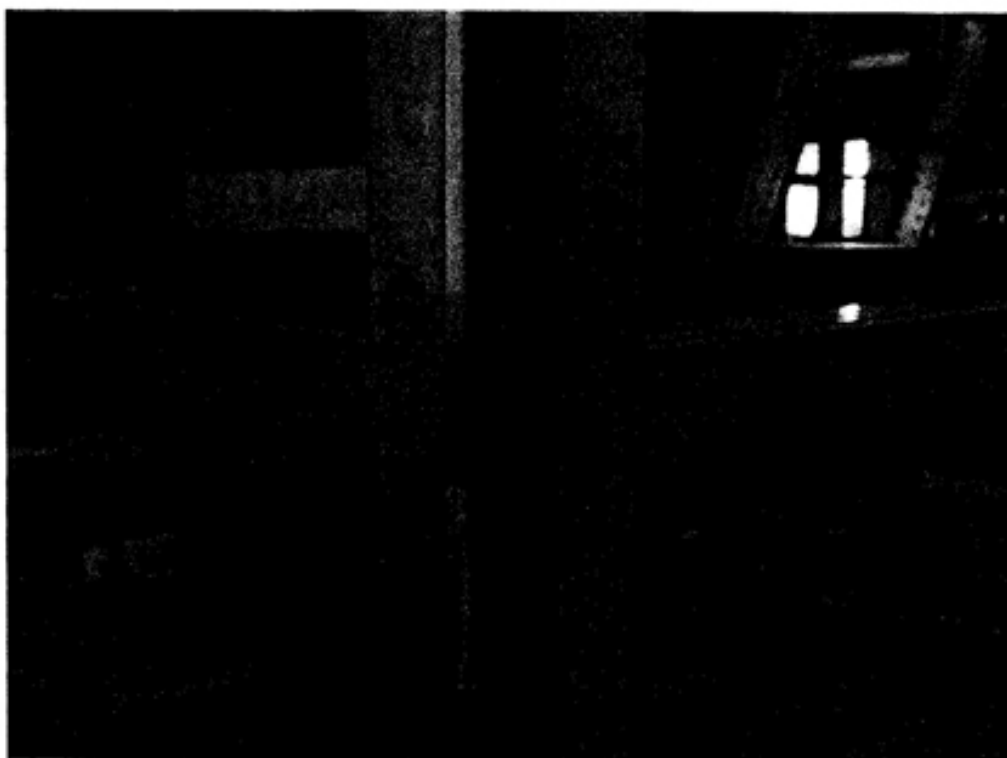


Рис. 3.7

a)



б)



Рис. 3.8

4. Программа и методика испытаний ФС «Альт-фасад-04»

Программа испытаний. Программа экспериментальных исследований по оценке сейсмостойкости ФС «Альт-фасад-04» включает в себя следующие этапы:

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

Методика испытаний. Возбуждение колебаний экспериментальных моделей (сооружений) осуществляется с использованием различных устройств. При проведении динамических испытаний ФС «Альт-фасад-04» возбуждение колебаний осуществлялось с помощью вибромашины ВИД-12М, установленной на специальную виброплатформу маятникового типа (рис. 4.1).

В зависимости от поставленной задачи вместо инерционной нагрузки на платформу от вибромашины возможно возбуждение колебаний платформы

обеспечить за счет ударного воздействия. При этом в момент ударного воздействия максимальное ускорение на уровне основания стенда, в зависимости от массы испытываемого образца, может колебаться в интервале $1,2 \div 2,0g$.

С учетом отмеченного выше программа динамических испытаний НФС на виброплатформе включает в себя следующие этапы.

1. Проводятся испытания системы с изменением частотного спектра от 0 до 10 Гц при фиксированной амплитуде перемещения виброплатформы.
Далее изменяется значение амплитуды и осуществляется задание частот в указанном выше спектре. Длительность каждого из указанных этапов динамического нагружения (при фиксированных амплитуде и частоте) системы составляет от 20 до 25сек.
2. По результатам 1-го этапа испытаний (п.1) устанавливаются уровни воздействий, соответствующие резонансным колебаниям системы, 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 проводятся повторные испытания НФС при сочетаниях амплитудно-частотных параметров виброплатформы, соответствующих резонансным колебаниям системы и 7÷9-ти балльным воздействиям. Длительность динамических испытаний при указанных выше сочетаниях составляет 40-50сек.
4. Если в процессе испытаний имеют место разрушения или изменения конструктивной схемы НФС, совместно с Заказчиком разрабатываются способы повышения надежности НФС, и испытания повторяются согласно п.п. 2,3.

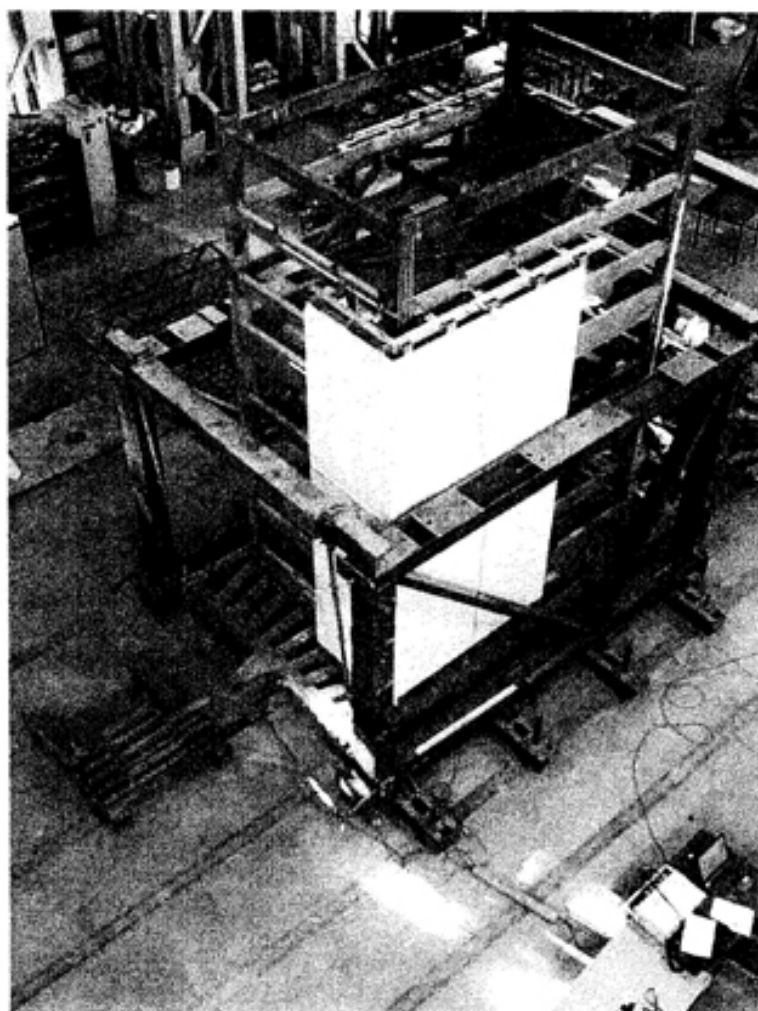


Рис. 4.1

5. Оборудование для испытаний ФС на сейсмические нагрузки. Средства измерения и регистрации динамических характеристик ФС

5.1. Оборудование для создания динамических нагрузок на ФС

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 рис. 5.1).

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 рис. 4.1 показан общий вид виброплатформы с установленным на ней стендом, к которому в свою очередь крепится ФС.

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

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.

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 МИС – 036 дополнительно укомплектован ноутбуком со специализированным пакетом прикладных программ и периферийных устройств, необходимых для автоматизированного процесса обработки сигналов, а также для документирования результатов обработки (рис. 5.2, а).

Для измерения ускорений, частот колебаний, а также динамических перемещений применяются однокомпонентные датчики – акселерометры АТ 1105 – 10м (рис. 5.2, 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	$\pm 12 \pm 12$
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, $^{\circ}\text{C}$	от +15 до +35

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 датчики были установлены на платформе, вблизи источника загрузки.

Общее количество контролируемых точек (количество акселерометров) – 4.

Схема расстановки датчиков показана на рис. 5.3.

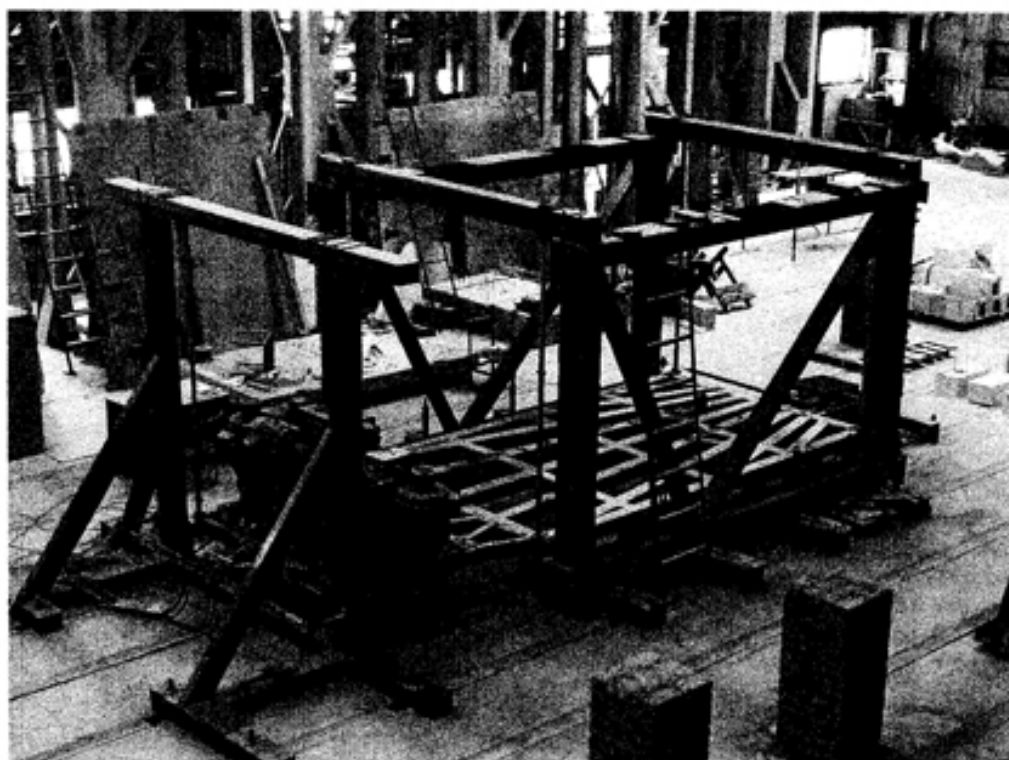
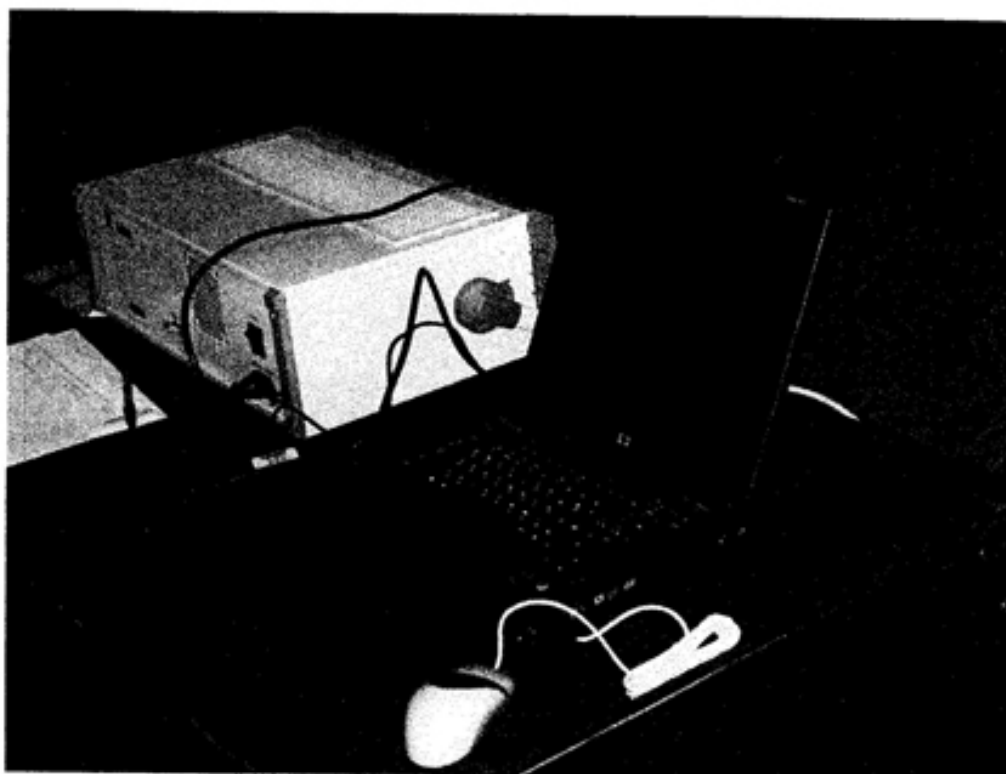


Рис. 5.1

a)



б)

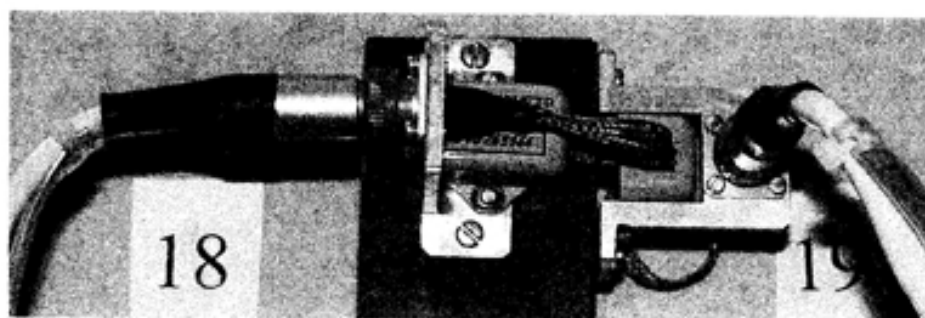


Рис. 5.2

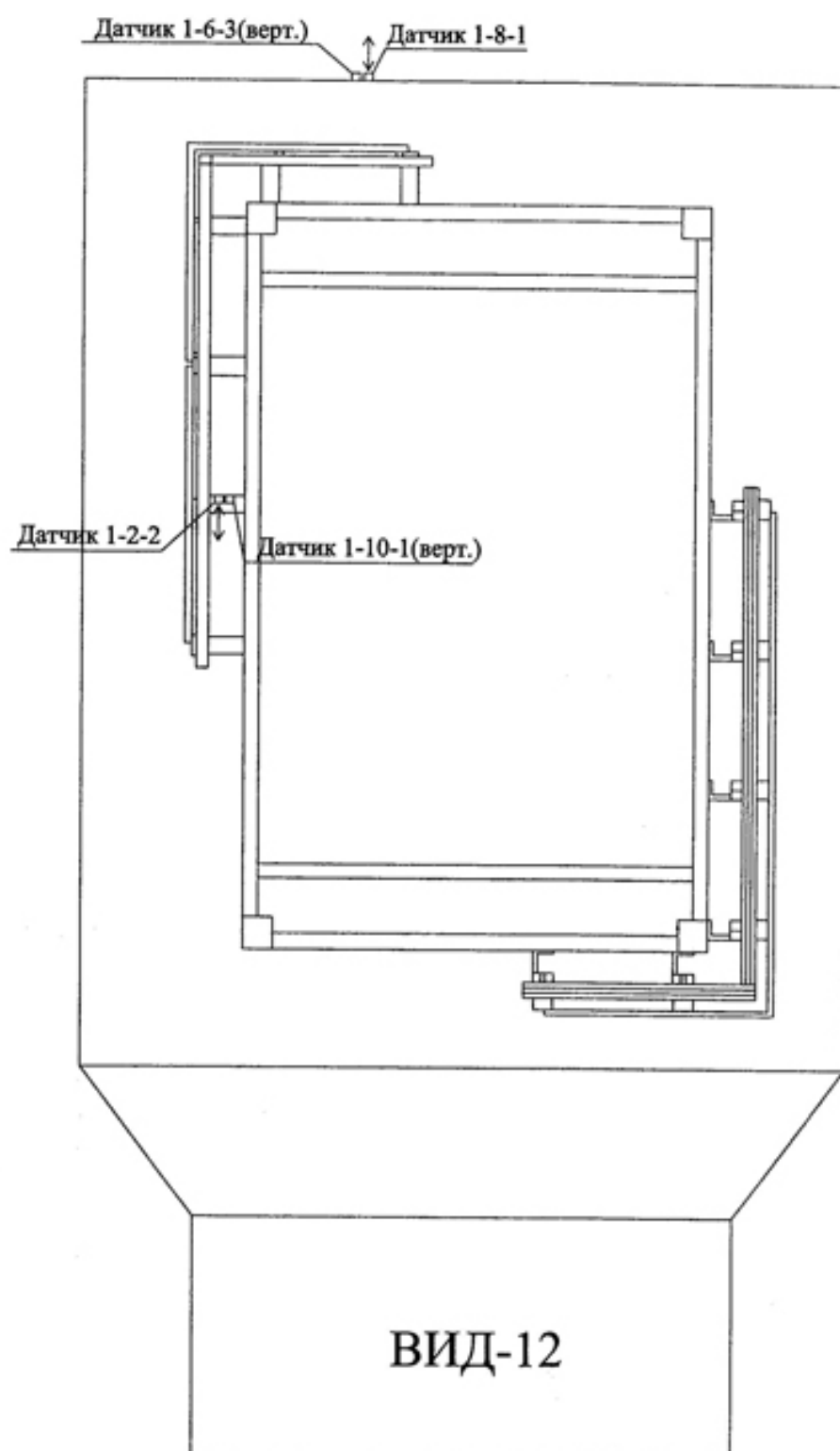


Рис. 5.3. Схема расположения датчиков.

6. Подготовка стенда и измерительного оборудования.

Монтаж фрагмента ФС

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

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

Монтаж ФС «Альт-фасад-04» 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 ЗАО «Альтернатива».

Монтаж конструкций ФС «Альт-фасад-04» на стенд осуществлялся по следующей схеме.

1) Система навешивалась на металлические элементы стенда с помощью кронштейнов.

2) Кронштейны крепились к стальным элементам стенда с помощью болтов с гайками. Учитывая, что кронштейны ФС на реальных объектах крепятся с помощью анкеров, в ЦИСС ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко были выполнены исследования прочности анкерного крепежа при динамических воздействиях. В данном отчете даны рекомендации по назначению марок анкеров различных фирм – производителей крепежа, прошедших проверку в ЦНИИСК.

3) К кронштейнам с помощью заклепок крепились направляющие.

4) Для крепления облицовки в виде металлических кассет и сайдинга использовались заклепки.

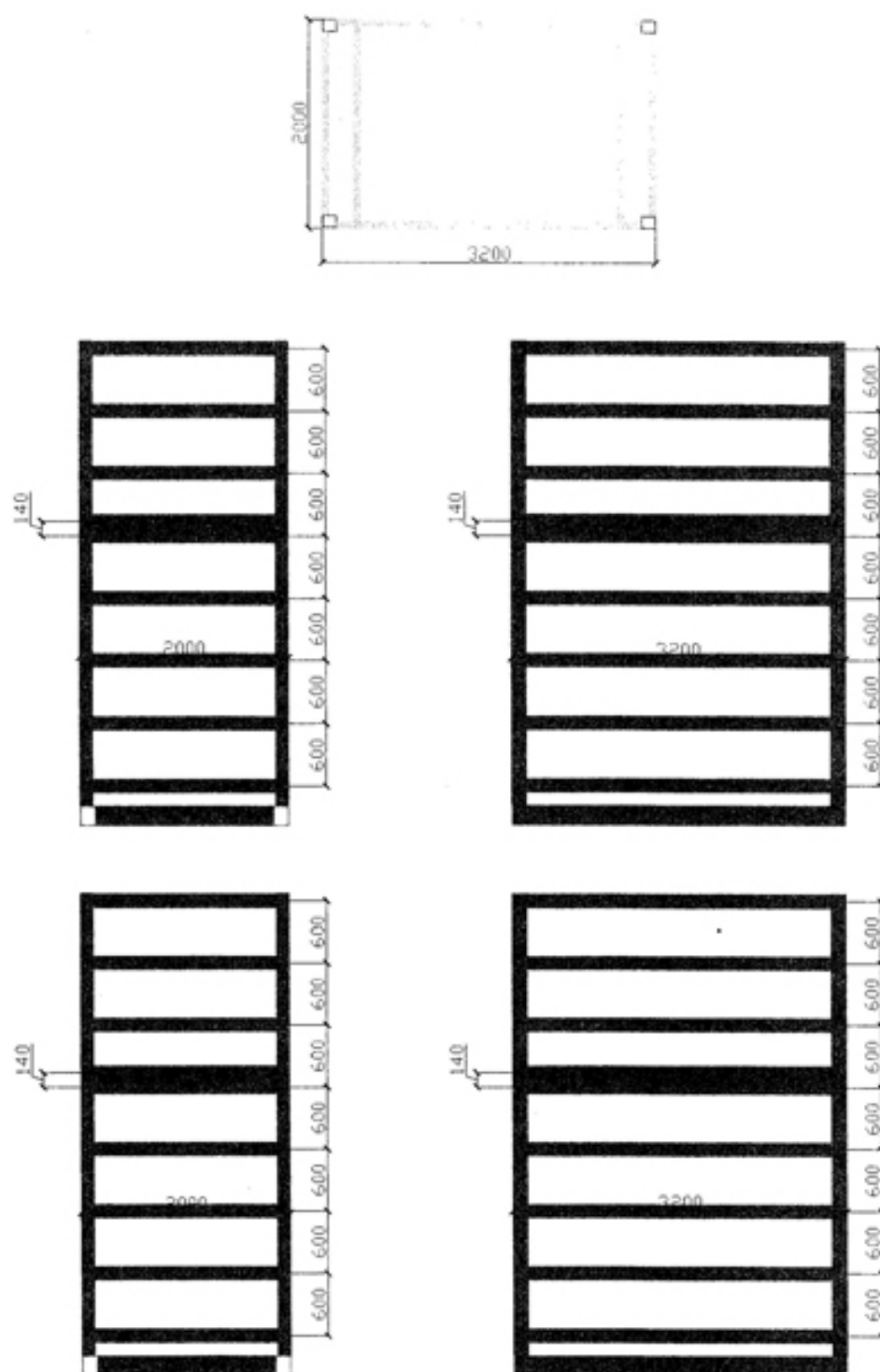


Рис. 6.1 – Схема стенда для испытаний

7. Результаты динамических испытаний ФС «Альт-фасад-04»

7.1. Методика проведения испытаний

Испытания фрагментов ФС 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 испытуемого фрагмента, представляющие зависимость амплитуд колебаний сооружения от частоты гармонического воздействия. 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.

Изменяя частоту воздействия и амплитуды колебаний платформы, оценивались динамические характеристики (частоты основного тона колебаний, диссипативные свойства и пр.), а также принципиальный характер работы экспериментальной модели.

7.2. Назначение параметров загрузки

Длительность сейсмического воздействия. По данным [9, 10] 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 [11] максимальные ускорения почвы при землетрясениях соответствовали периодам 0.05 и 0.1 сек ($f=20$ и 10 Гц). По данным И.Л. Корчинского [10]:

- при жестких системах ($T=0\div0.05$) 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 [9] 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 [10, 12] 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 [7] отвечает скорости нагружения строительных конструкций при сейсмических нагрузках.

Параметры динамического нагружения назначались с учетом результатов расчетного анализа (см. раздел 6 Отчета).

Этапы нагружения приведены в табл. 8.1 и выбраны так, чтобы иметь возможность оценить поведение ФС при резонансе. Указанные в таблице амплитудно-частотные характеристики и соответствующие им величины ускорений соответствуют значениям, полученным по данным акселерометров, установленных на виброплатформе.

В Приложении 1 к настоящему отчету приведены данные замеров ускорений по датчикам.

Приведенные в табл. 7.1 значения по цветовой гамме соответствуют зонам сейсмичности, указанным на карте сейсмического районирования территории РФ (рис. 7.1).

Параметры динамического нагружения платформы

Таблица 7.1.

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (м/с ²)
4	6,7	2,0	3,61
5	7,3	1,1	2,35
8	4,5	1,7	1,38
9	5,3	1,7	1,88
10	6,0	1,0	1,35
12	2,6	4,3	1,14
13	3,8	3,5	1,99
14	4,5	3,5	2,76
15	5,3	3,1	3,42
16	5,4	1,9	2,23
17	2,5	8,0	1,96
18	3,5	6,9	3,32
22	1,9	10,9	1,55
23	2,8	10,6	3,28
25	1,9	19,7	2,81
26	2,2	20,5	3,91
29	3,2	20,9	8,44
30	3,5	21,0	10,27

7.3. Условия проведения динамических испытаний

Вибрационные испытания проводились в дневное время 13.02.2013 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 ФС по результатам натурных испытаний

Основным свойством, определяющим надежность ФС при воздействии динамических нагрузок, является ее способность сохранять определенные эксплуатационные свойства, характеризующуюся предельными состояниями в соответствии с ГОСТ 27751-88 «Надежность строительных конструкций и оснований».

Предельные состояния ФС подразделяются на две группы:

- первая группа включает предельные состояния, которые ведут к полной непригодности к эксплуатации конструкции ФС или к полной (частичной) потере несущей способности ее основных элементов и креплений;
- вторая группа включает предельные состояния, затрудняющие нормальную эксплуатацию ФС.

Предельные состояния первой группы характеризуются:

- разрушением креплений и элементов ФС любого характера (пластическим, хрупким, усталостным);
- потерей устойчивости формы составных элементов ФС, приводящей к полной непригодности системы;
- потерей устойчивости положения элементов и узлов соединений ФС;
- переходом ФС или ее части в изменяемую систему;
- качественным изменением конфигурации;
- другими явлениями, при которых возникает необходимость прекращения эксплуатации (например, чрезмерными деформациями в результате сдвига в соединениях, раскрытия швов и пр.).

Параметры предельных состояний непосредственно ФС 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 натурных испытаний и принимается в сравнении с данными

инструментальной части макросейсмической шкалы MSK-64 по ГОСТ Р 22.0.03-95, которые приведены в таблицах 7.2 и 7.3.

2. В качестве меры повреждений основной несущей системы принята описательная часть макросейсмической шкалы MSK-64 в соответствии с параметрами внешнего воздействия. В табл. 7.4 даны критерии для оценки сейсмостойкости фасадных систем. За основу приняты критерии, приведенные в исследованиях [8].

Анализ результатов натурных динамических испытаний ФС «Альт-фасад-04» позволяет отметить следующее:

- в процессе испытаний ускорение виброплатформы по данным акселерометров, установленных на ней, изменялось в интервале от 0.56 до 10.27 м/с². Частоты колебания системы изменялись в интервале от 1.9 до 8.1 Гц, амплитуды колебаний системы – от 0.4 до 23.6 мм. При этом ускорение в разных точках фасадных систем изменялось в интервале от 0.01 до 25.03 м/с²;
- во время испытаний в момент, когда собственные частоты колебаний ФС совпали с вынужденными частотами колебаний виброплатформы ФС вошла в резонанс. Это явление наблюдалось на разных этапах при частоте $f=6.3$ Гц;
- эксплуатационная надежность ФС «Альт-фасад-04» на всех этапах испытаний (в том числе при резонансе) не была нарушена.

В Приложении 1 к настоящему отчету приведены акселерограммы, записанные с датчиков. На представленных акселерограммах сопоставлены ускорения на уровне платформы, а также на элементах фасадных систем при различных режимах нагружения. Кроме того, построены амплитудно-частотные характеристики, позволяющие оценить разность перемещений и ускорений в различных точках испытываемого образца при колебаниях с заданной частотой.

Соответствие уровня воздействия инструментальным значениям ускорений

Таблица 7.2.

I, балл, MSK-64	Ускорения $A[6]$, 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 ускорений

Таблица 7.3.

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

Критерии для оценки сейсмостойкости фасадных систем

Степень повреждений, d	Уровень повреждения	Характерные особенности и количественные показатели повреждения	Группа предельных состояний	Мах. смещения ФС см
0	Повреждений нет	Видимых повреждений нет		
I	Легкие повреждения	- смещение плиток относительно опорных элементов (кляммеров) не более 0,5 см; - отдельные мелкие сколы плиток;	I	-
II	Легкие повреждения конструкций	- смещение плиток относительно опорных элементов (кляммеров) на 0,5 – 1,0 см; - сколы плиток на площади до 5%;		< 2,0
III	Умеренные повреждения конструкций	- незначительная потеря устойчивости формы составных элементов и узлов ФС; - смещение плиток относительно опорных элементов (кляммеров) на 1 – 1,5 см; - сколы плиток на площади до 10%; - выпадение плиток местами; - отдельные повреждения заклепочных соединений в виде смещений осей заклепок от проектного положения.		2,0 – 8,0
IV	Сильные повреждения конструкций	- частичная потеря устойчивости формы составных элементов и узлов соединений. В том числе: - местные прогибы отдельных элементов несущих конструкций (кронштейны, направляющие); - относительные смещения плиток ФС более 1,5 см; - выпадение плиток на площади до 20%.	II	> 8,0
V	Обрушение	- разрушения креплений и элементов ФС любого характера; - полная потеря устойчивости формы составных элементов и узлов соединений ФС; - переход ФС или ее части в изменяемую систему; - качественное изменение конфигурации ФС и ее элементов; - чрезмерные деформации в результате сдвига в соединениях раскрытия швов между элементами системы, раскрытие швов; - выпадение плиток на площади более 50%;		

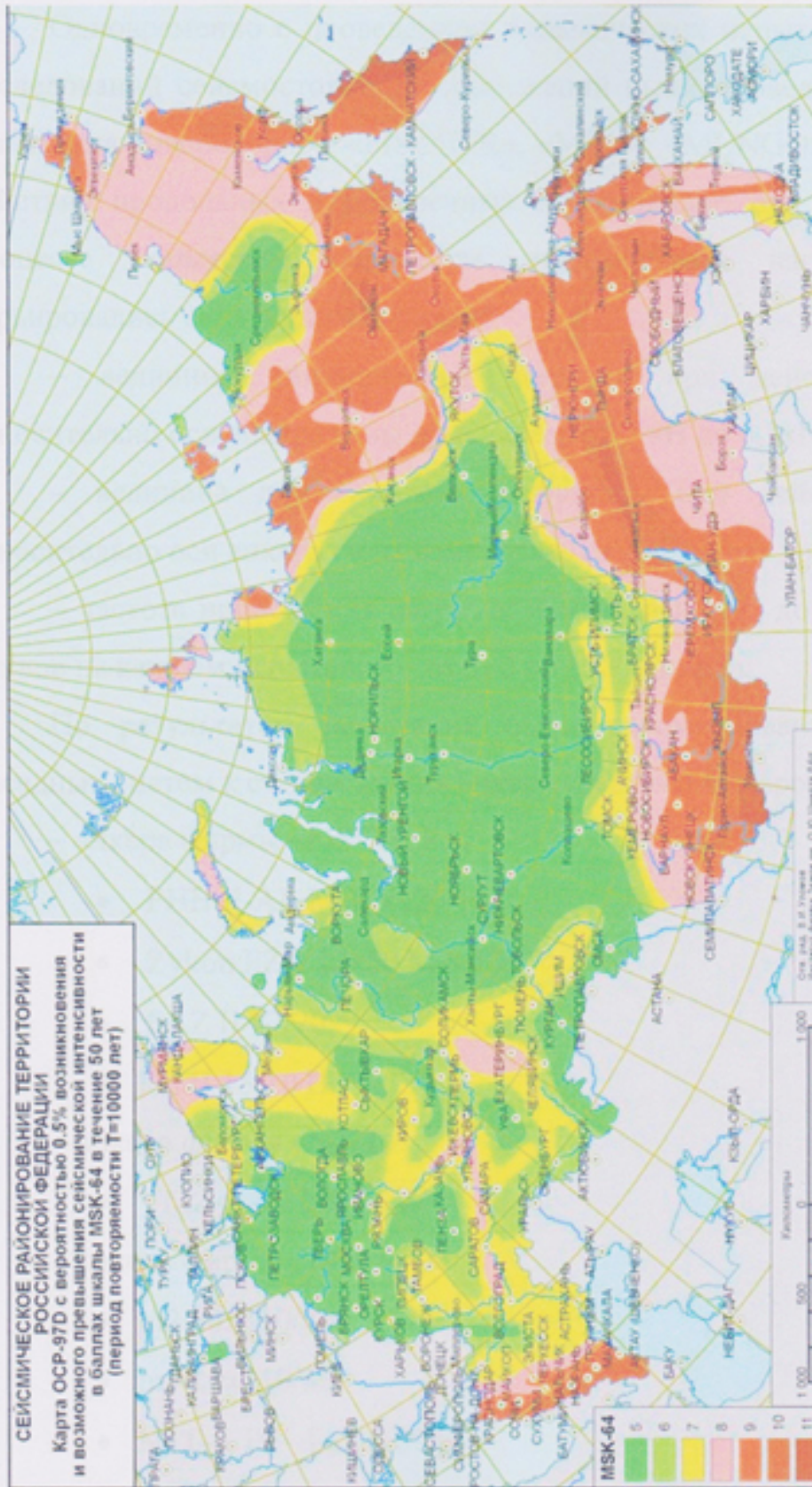


Рис. 7.1

8. Назначение анкерного крепежа для крепления фасадных систем к стенам зданий

Одновременно с проведением динамических испытаний ФС в Центре исследований сейсмостойкости сооружений были проведены динамические испытания анкеров фирм «FISCHER», «МКТ», «MUNGO» и «SORMAT» на действие продольных и поперечных относительно оси анкера усилий. В процессе испытаний параметры динамической нагрузки на анкер варьировались следующим образом:

- величина динамической нагрузки при действии продольной относительно оси анкера силы изменялась от 2 кН до $0,5 \times N_{\text{раз}}$;
- величина динамической нагрузки при действии поперечной относительно оси анкера силы изменялась от $-0,2 \times N_{\text{раз}}$ до $0,2 \times N_{\text{раз}}$.
- частота приложения нагрузки изменялась от 5 до 15 Гц, количество циклов на каждом испытании – от 200 до 1000 циклов.

По результатам испытания были рекомендованы для крепления фасадных систем к стенам здания анкера следующих марок:

- анкера фирмы «FISCHER»:
 - FHB II-AL M 12x120/10;
 - Zykon FZA 12x50 M 8/15;
 - FAZ II 12/20;
 - FH II 15/10 B.
- анкера фирмы «МКТ»:
 - VMZ-A 50 M8-15/80.
- анкера фирмы «MUNGO»:
 - m2 10x110/30;
 - m3 10x110/30;
 - MIT-E 10 $L_{\text{анк}}=100$ мм.

- анкера фирмы «SORMAT»:
 - S-UF 10x100;
 - S-KA 10/30;
 - ITH 380 P Ø 10мм при $L_{\text{анк}}=100\text{мм}$.

Возможно применение анкеров других фирм-производителей при условии представления ими данных по результатам испытания анкеров на динамические нагрузки.

9. Заключение. Выводы и рекомендации

На основе анализа результатов динамических испытаний навесной фасадной системы с воздушным зазором «Альт-фасад-04» с облицовкой металлическими кассетами (вариант для крепления в межэтажные перекрытия) и сайдингом можно отметить следующее:

1. В соответствии с программой экспериментальных исследований на виброплатформе Центра исследований сейсмостойкости сооружений были проведены динамические испытания двух вариантов ФС «Альт-фасад-04» (см. п.3 настоящего Отчета). При динамических испытаниях моделировались нагрузки, соответствующие сейсмическим воздействиям 7÷9 баллов.
2. В процессе испытаний ускорение виброплатформы по данным акселерометров, установленных на ней, изменялось в интервале от 0.56 до 10.27 м/с². Частоты колебания системы изменялись в интервале от 1.9 до 8.1 Гц, амплитуды колебаний системы – от 0.4 до 23.6 мм. При этом ускорение в разных точках фасадных систем изменялось в интервале от 0.01 до 25.03 м/с².
3. Во время испытаний в момент, когда собственные частоты колебаний ФС совпали с вынужденными частотами колебаний виброплатформы ФС вошла в резонанс. Это явление наблюдалось на разных этапах при частоте $f=6.3$ Гц.
4. Эксплуатационная надежность ФС «Альт-фасад-04» на всех этапах испытаний (в том числе при резонансе) не была нарушена.
5. ФС «Альт-фасад-04» с облицовкой металлическими кассетами и сайдингом может быть рекомендована для применения в районах РФ с сейсмичностью 7÷9 баллов при соблюдении геометрических параметров и конструктивной схемы, принятых в экспериментальной модели (п.3).
6. При применении фасадной системы «Альт-фасад-04» в сейсмических районах при балльности площадки строительства до 9 баллов должны

соблюдаться требования, касающиеся долговечности, коррозионной и огнестойкости элементов фасадной системы и облицовки.

7. Крепление элементов ФС «Альт-фасад-04» рекомендуется осуществлять с помощью анкеров фирм «FISCHER», «МКТ», «MUNGO» и «SORMAT», прошедших экспериментальную проверку в ЦНИИСКе на действие сейсмической нагрузки.
8. В связи с отсутствием достаточного опыта применения вентилируемых фасадных систем с воздушным зазором в сейсмических районах рекомендуется привлечение специалистов ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко для технического контроля за качеством монтажа несущих подконструкций фасадной системы.
9. В приложении 3 к настоящему отчету приведена видеосъемка испытания ФС на сейсмические воздействия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. MSK-64. Шкала сейсмической интенсивности MSK. 1964.
2. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 30546.1-98 «Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям и методы расчета их сложных конструкций в части сейсмостойкости».
3. СП 14.13330.2011 (СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция).
4. Альбом технических решений «Конструкции навесной теплоизоляционной фасадной системы «Альт-фасад-04» для облицовки металлическими элементами со скрытым и видимым креплением». г.Трехгорный: ЗАО «Альтернатива», 2013 г.
5. Я.М. Айзенберг, Р.Т. Акбиев, В.И. Смирнов, М.Ж. Чубаков. «Динамические испытания и сейсмостойкость навесных фасадных систем». Ж. «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений» №1, 2008г. стр. 13-15.
6. 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. Межведомственный совет по сейсмологии и сейсмостойкому строительству (МСССС) при президиуме АН СССР. М.: Наука, 1975.
7. Методические рекомендации по инженерному анализу последствий землетрясений. ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко ГОССТРОЯ СССР. – М., 1980, 62 с.
8. Отчет по результатам натурных испытаний фрагментов навесных вентилируемых фасадов «ДИАТ». ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко-М., 2007.
9. Поляков С.В., «Сейсмостойкие конструкции зданий», Изд. «Высшая школа», М., 1969г., 335 с.
10. Корчинский И.Л. и др., «Сейсмостойкое строительство зданий», Изд. «Высшая школа», М., 1971г., 319 с.

11. Карапетян Б.К. «Колебание сооружений, возведенных в Армении», Изд. «Айостан», Ереван, 1967.
12. Корчинский И.Л., Беченева Г.В. «Прочность строительных материалов при динамических нагрузениях», Стройиздат, М., 1966г.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

РЕЗУЛЬТАТЫ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ
ФАСАДНОЙ СИСТЕМЫ

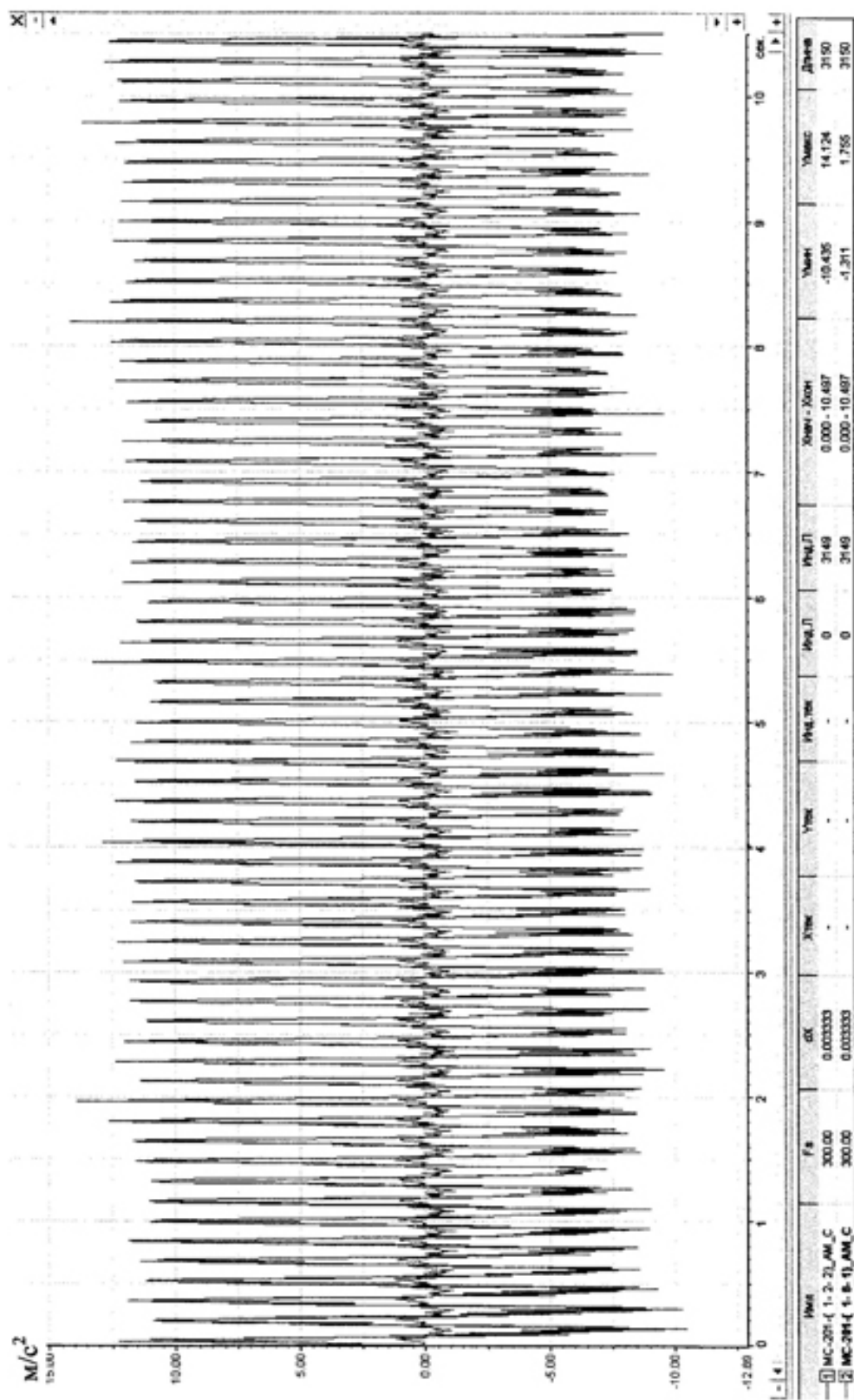


Рис.П-1-1 . Акселерограммы (m/c^2), записанные с датчика 1-2-2 (синим цветом) и датчика 1-8-1 (зеленым цветом) при 3-м режиме испытаний (частота $f=6.3$ Гц; амплитуда $A=0.4$ мм)

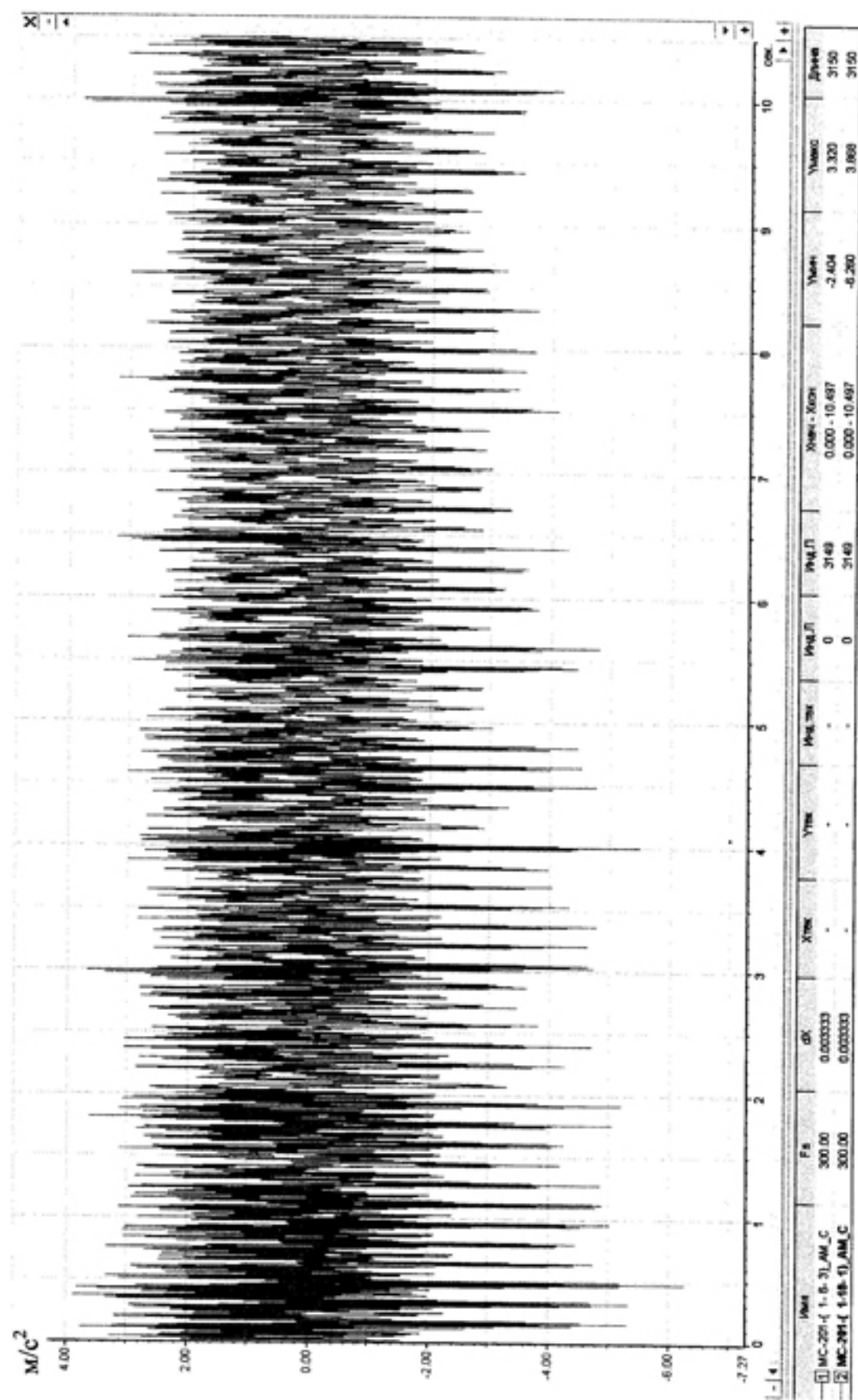


Рис. П-1-4. Акселерограммы (M/s^2), записанные с датчика 1-6-3 (синим цветом) и датчика 1-10-1 (зеленым цветом) при 3-м режиме испытаний (частота $f=6.3$ Гц; амплитуда $A=0.4$ мм)

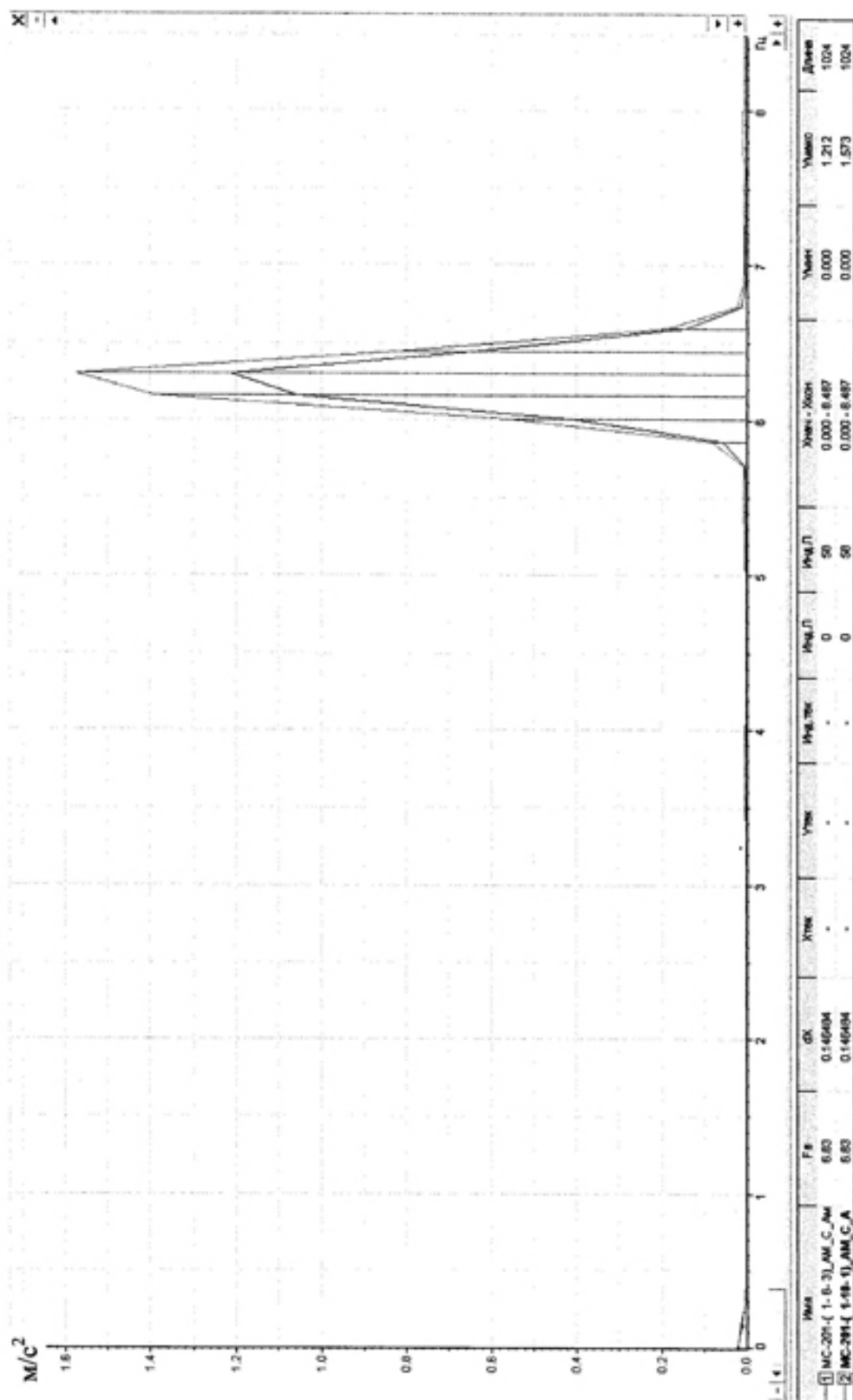


Рис. П-1-5. Спектры пиковых значений ускорений (M/c^2) для датчика 1-6-3 (синим цветом) и датчика 1-10-1 (зеленым цветом) при 3-м режиме испытаний (частота $f=6.3$ Гц; амплитуда $A=0.4$ мм)

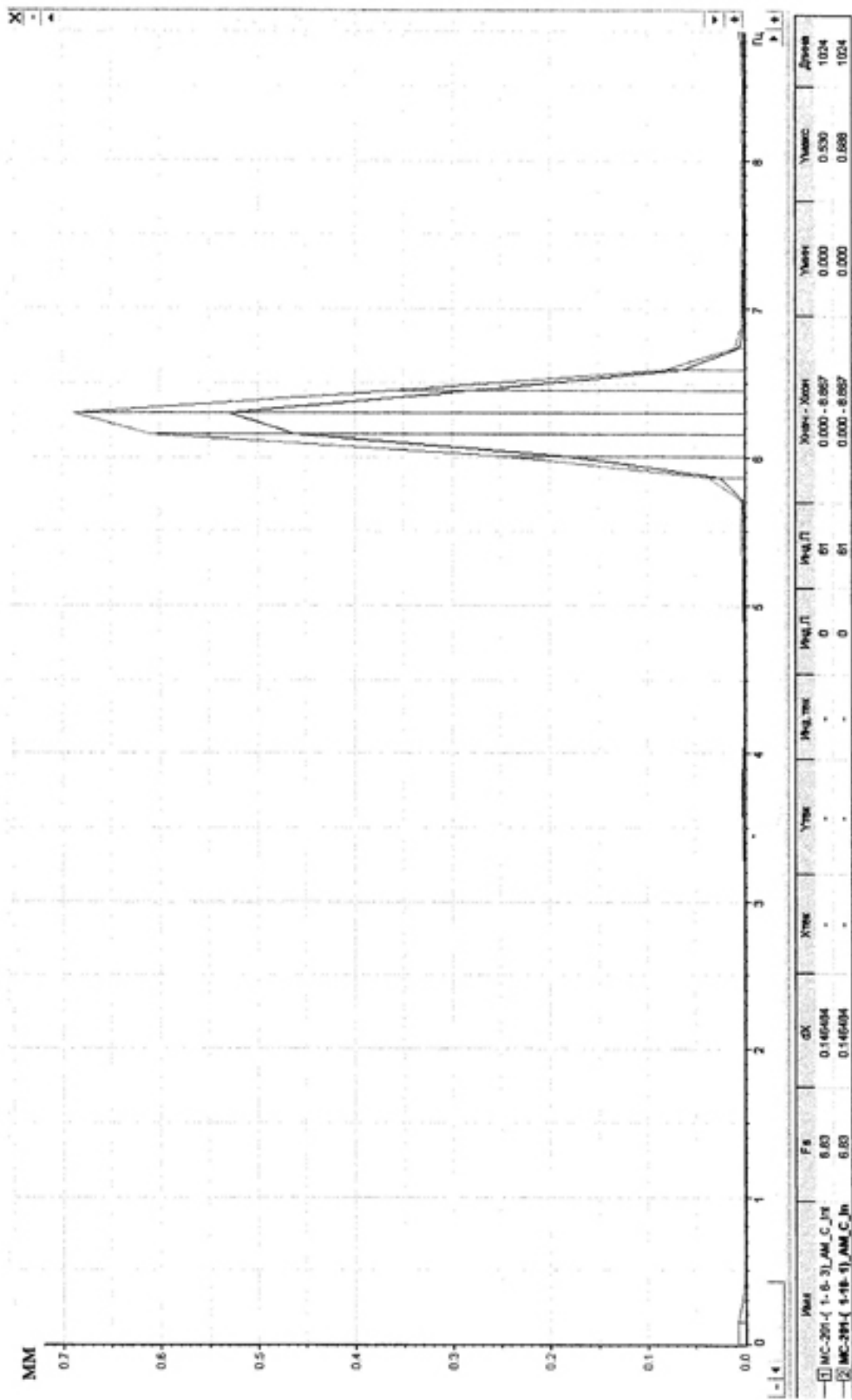


Рис. П-1-6. Спектры пиковых значений амплитуд (мм) для датчика 1-6-3 (синим цветом) и датчика 1-10-1 (зеленым цветом) при 3-м режиме испытаний (частота $f=6.3$ Гц; амплитуда $A=0.4$ мм)

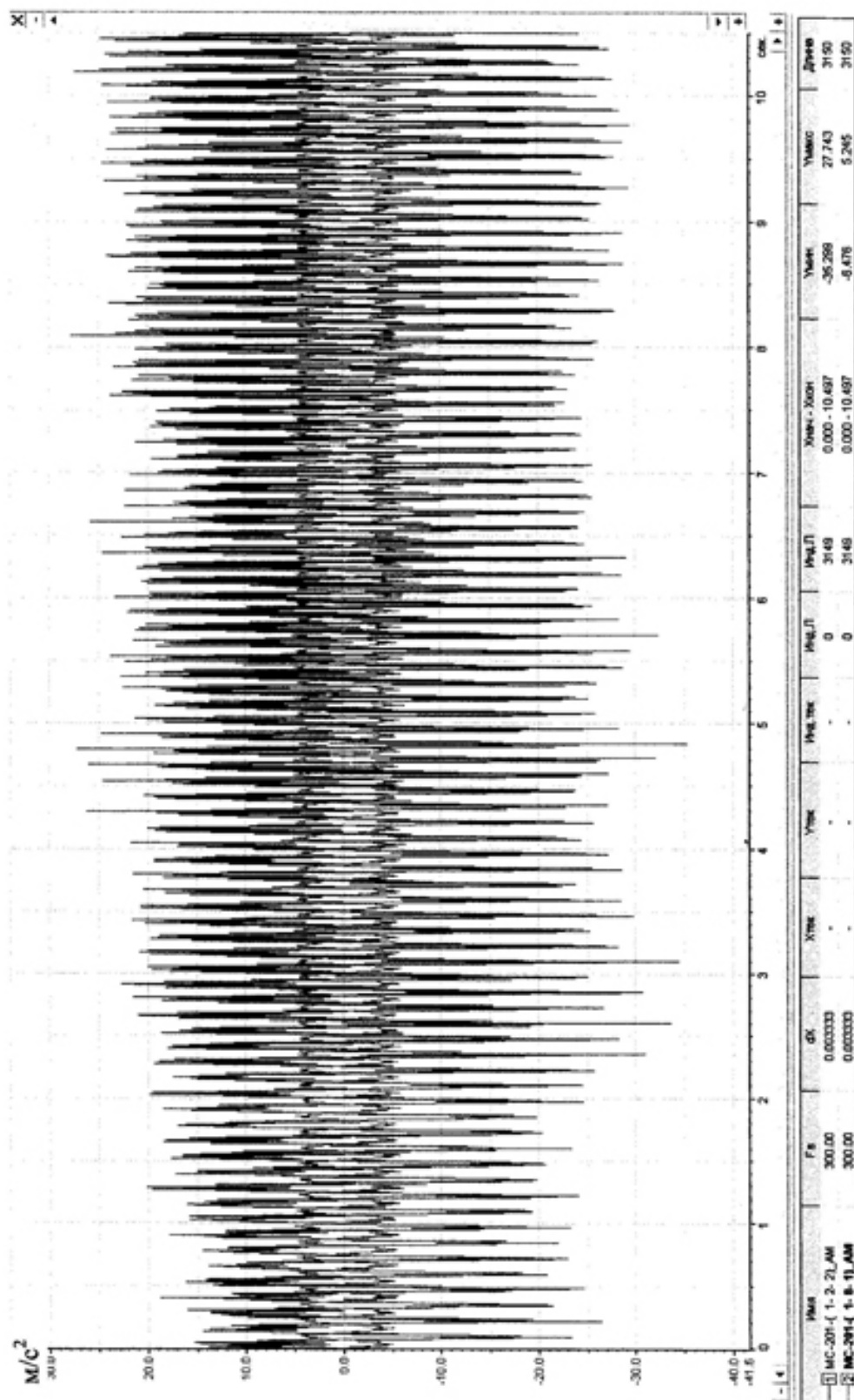


Рис. П-1-7. Акселерограммы (M/c^2), записанные с датчика 1-2-2 (синим цветом) и датчика 1-8-1 (зеленым цветом) при 6-м режиме испытаний (частота $f=8.1$ Гц; амплитуда $A=1.7$ мм)

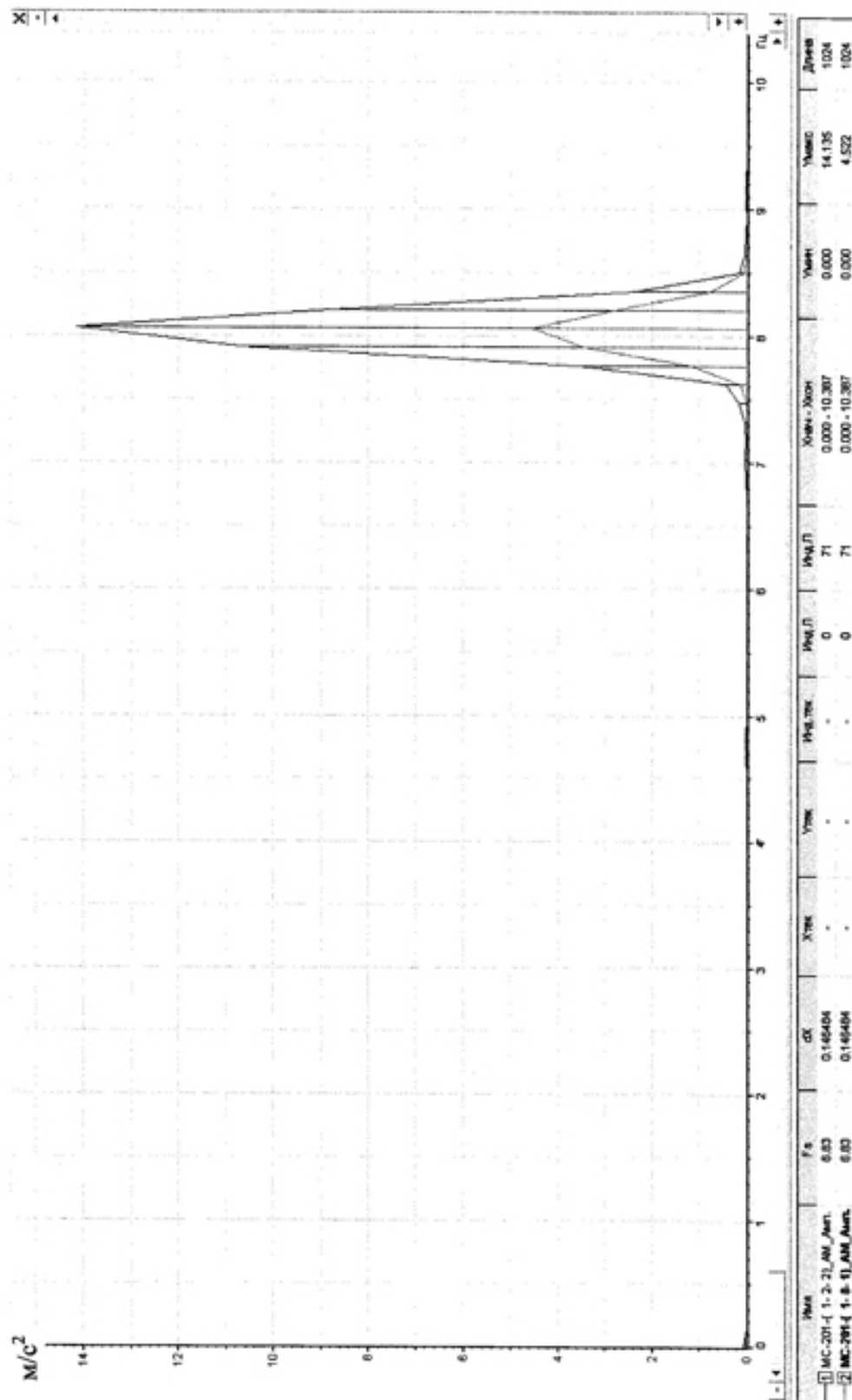


Рис. П-1-8. Спектры пиковых значений ускорений (m/c^2) для датчика 1-2-2 (синим цветом) и датчика 1-8-1 (зеленым цветом) при 6-м режиме испытаний (частота $f=8.1$ Гц; амплитуда $A=1.7$ мм)

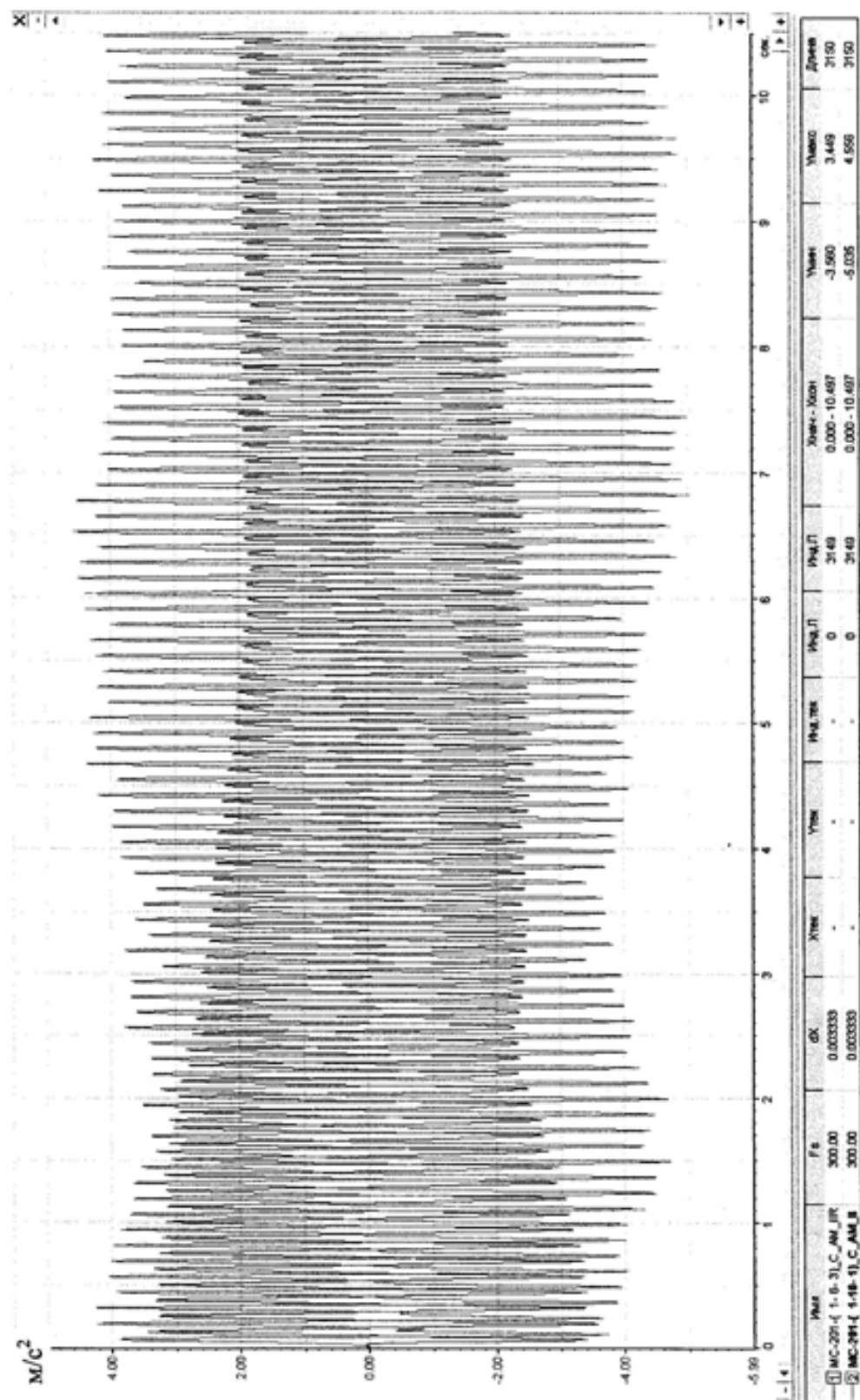


Рис. П-1-10. Акселерограммы (м/с^2), записанные с датчика 1-6-3 (синим цветом) и датчика 1-10-1 (зеленым цветом) при 6-м режиме испытаний (частота $f=8.1$ Гц; амплитуда $A=1.7$ мм)

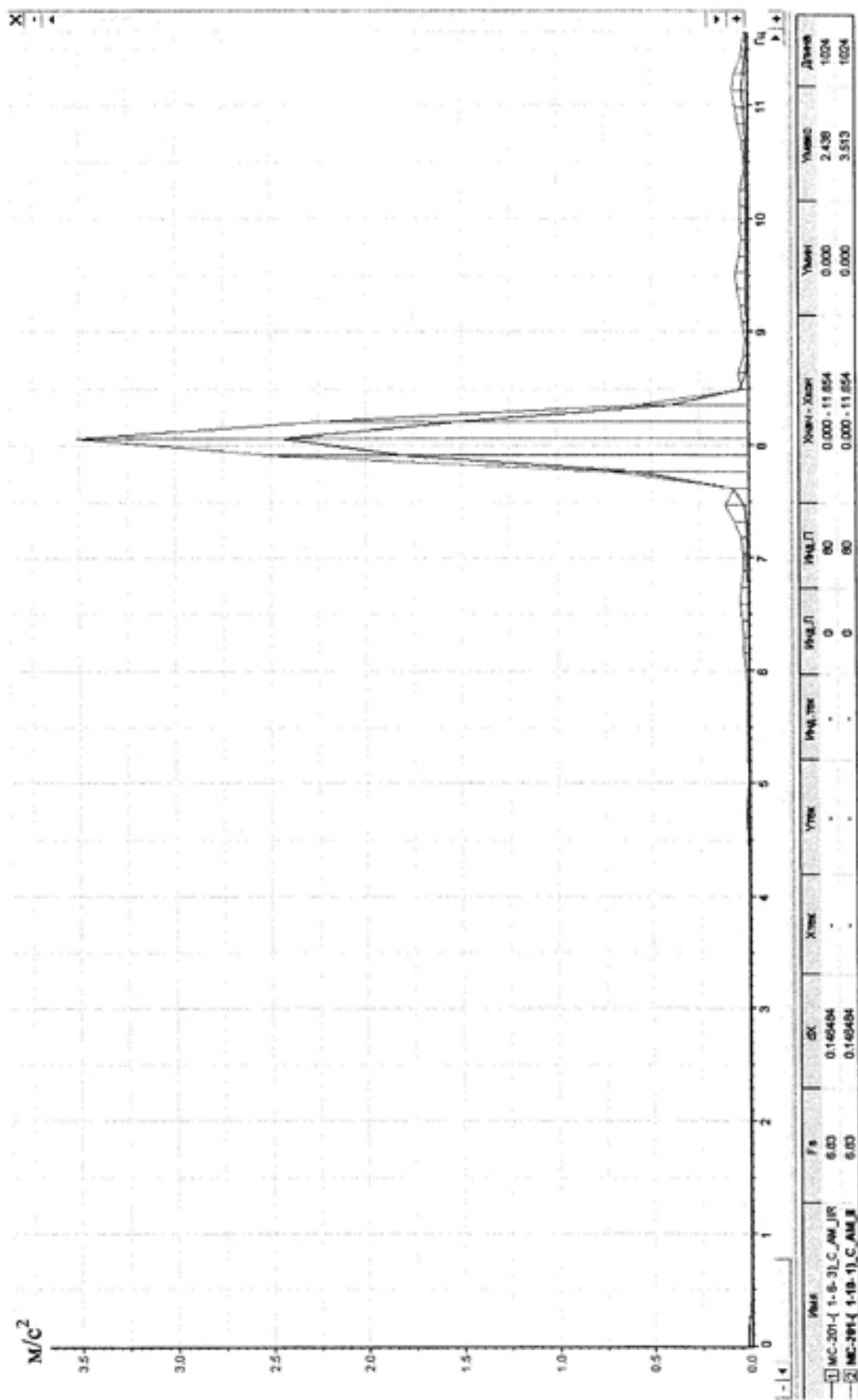


Рис. П-1-11. Спектры пиковых значений ускорений (м/с^2) для датчика 1-6-3 (синим цветом) и датчика 1-10-1 (зеленым цветом) при 6-м режиме испытаний (частота $f=8.1$ Гц; амплитуда $A=1.7$ мм)

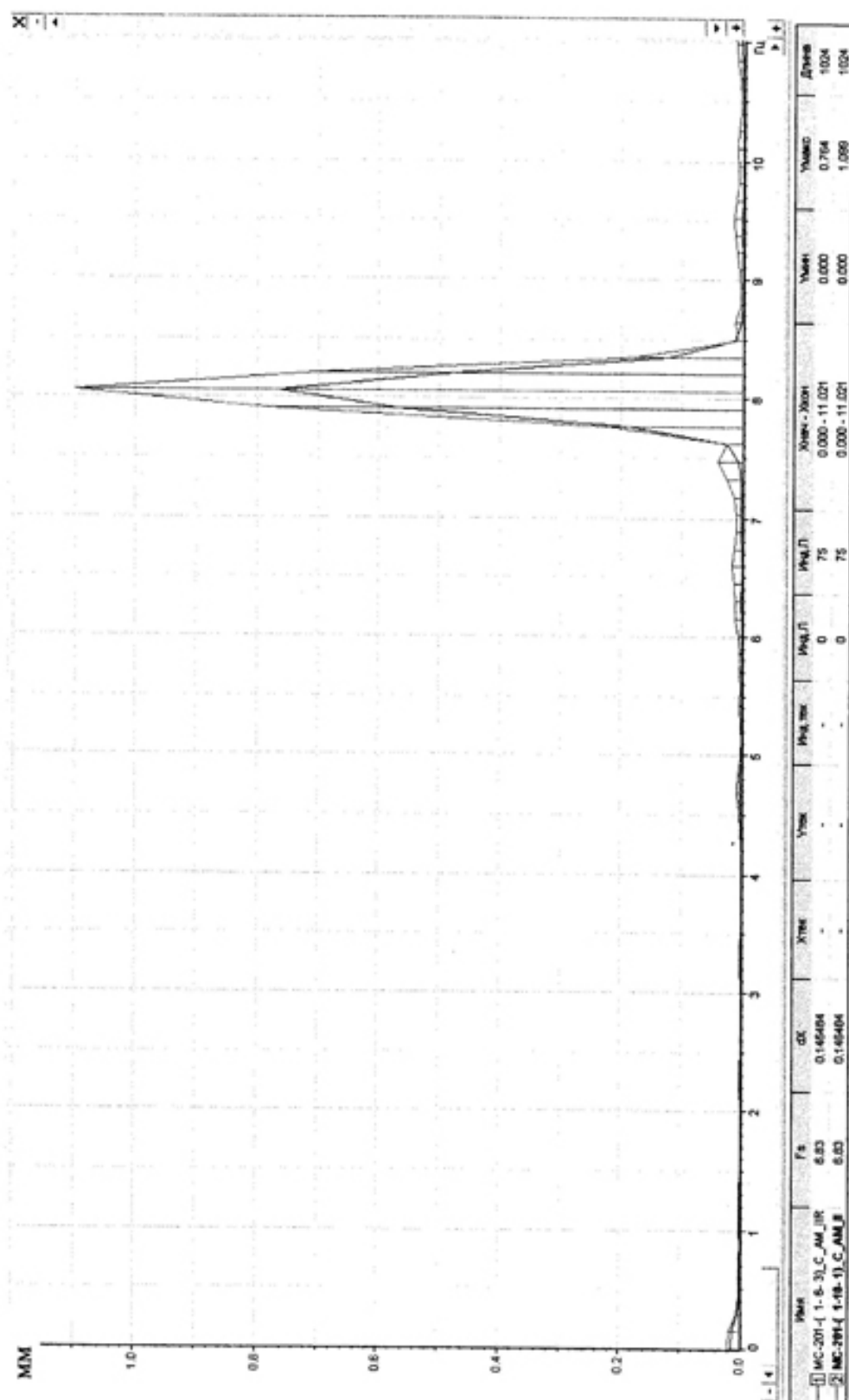


Рис. П-1-12. Спектры пиковых значений амплитуд (мм) для датчика 1-6-3 (синим цветом) и датчика 1-10-1 (зеленым цветом) при 6-м режиме испытаний (частота $f=8.1$ Гц; амплитуда $A=1.7$ мм)

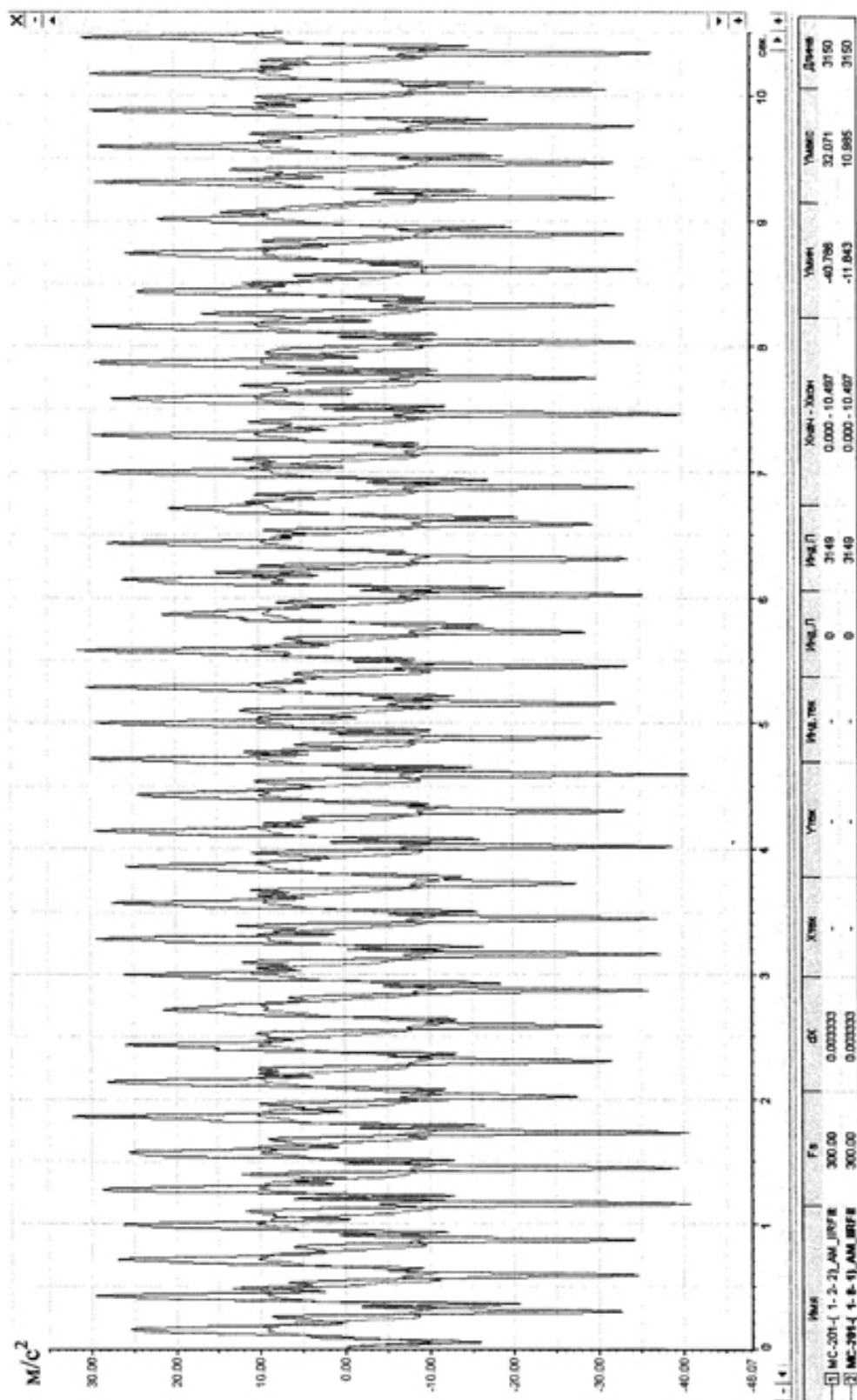


Рис. П-1-13. Акселерограммы (м/с^2), записанные с датчика 1-2-2 (синим цветом) и датчика 1-8-1 (зеленым цветом) при 30-м режиме испытаний (частота $f \approx 3.5$ Гц; амплитуда $A = 21.0$ мм)

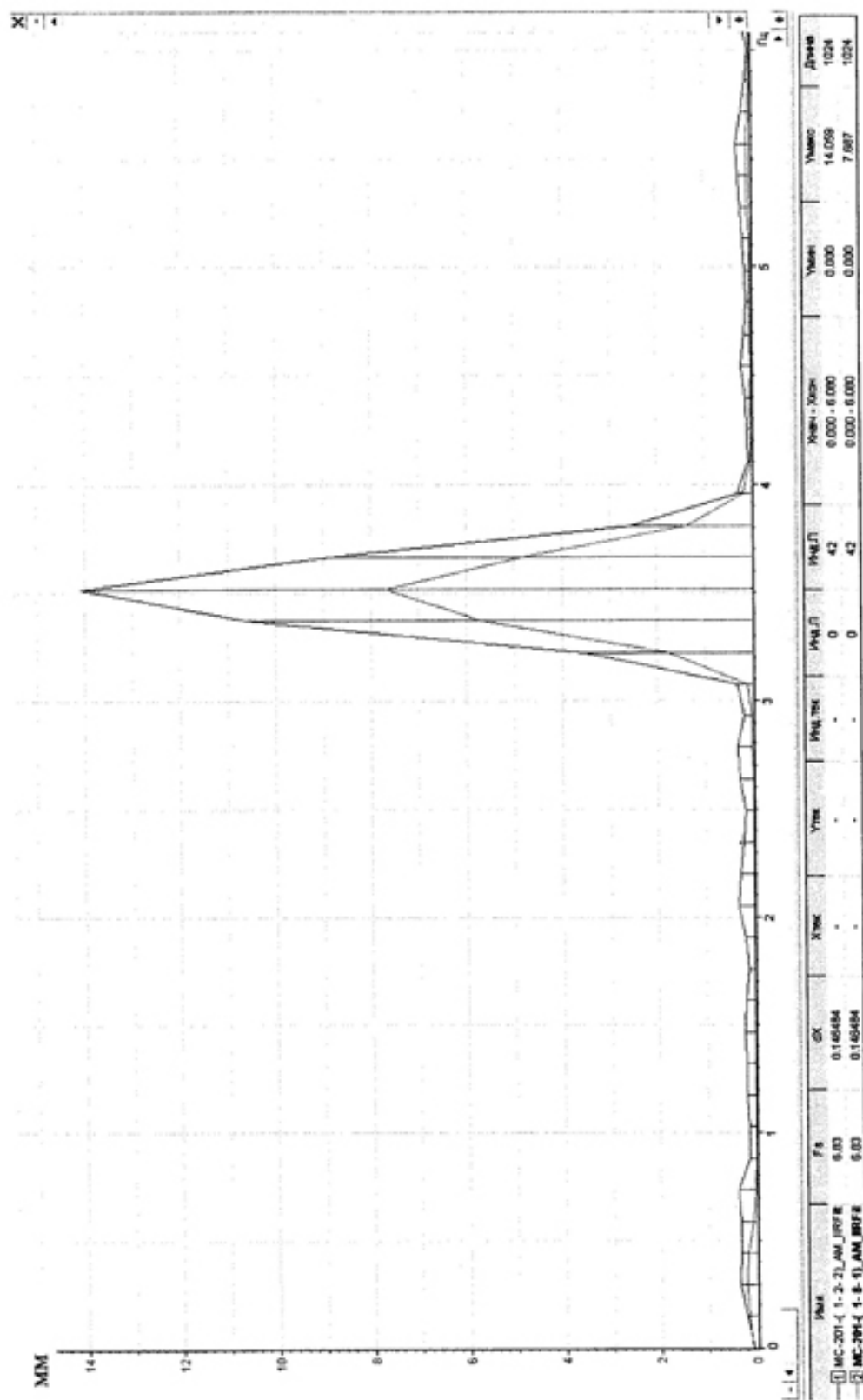


Рис. П-1-15. Спектры пиковых значений амплитуд (мм) для датчика 1-2-2 (синим цветом) и датчика 1-8-1 (зеленым цветом) при 30-м режиме испытаний (частота $f=3.5$ Гц; амплитуда $A=21.0$ мм)

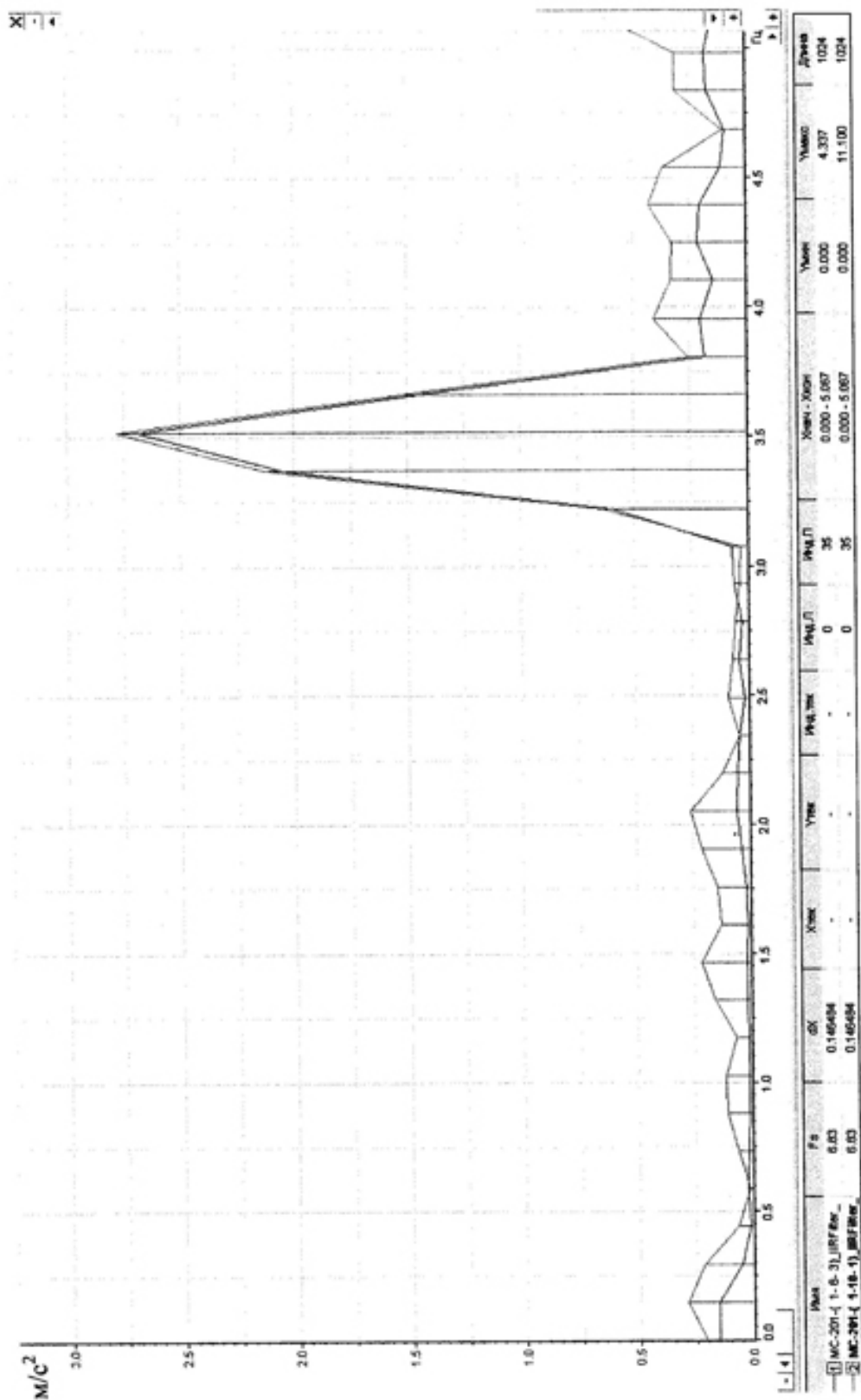


Рис. П-1-17. Спектры пиковых значений ускорений (m/s^2) для датчика 1-6-3 (синим цветом) и датчика 1-10-1 (зеленым цветом) при 30-м режиме испытаний (частота $f=3.5$ Гц; амплитуда $A=21.0$ мм)

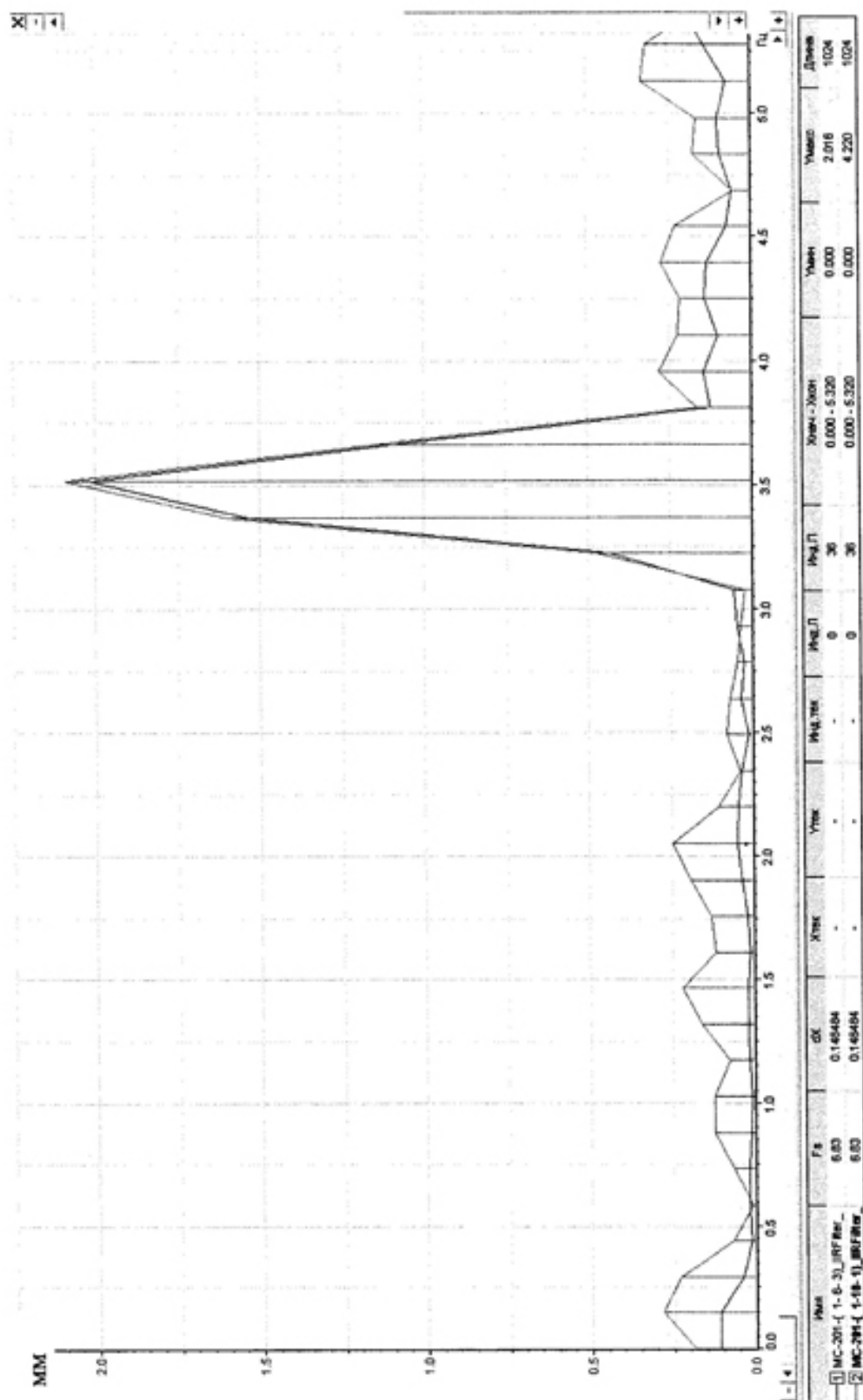


Рис. П-1-18. Спектры пиковых значений амплитуд (мм) для датчика 1-6-3 (синим цветом) и датчика 1-10-1 (зеленым цветом) при 30-м режиме испытаний (частота $f=3.5$ Гц; амплитуда $A=21.0$ мм)