



ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

по теме: «Экспериментальные исследования по оценке сейсмостойкости конструкций навесной вентилируемой фасадной системы «КАМИЛАН» с использованием облицовки в виде кассет и панелей из тонколистового оцинкованного окрашенного металла с рекомендациями по повышенной эксплуатационной надежности системы»

(по договору №1019/24-45-15/ск от 12 октября 2015 г.)

Москва 2016 г.



УТВЕРЖДАЮ:

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

И.И. Ведяков

2016г.

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

по теме: «Экспериментальные исследования по оценке сейсмостойкости конструкций навесной вентилируемой фасадной системы «КАМИЛАН» с использованием облицовки в виде кассет и панелей из тонколистового оцинкованного окрашенного металла с рекомендациями по повышению эксплуатационной надежности системы»

(по договору №1019/24-45-15/ск от 12 октября 2015 г.)

Заместитель руководителя ЦИСС
к. т. н.

Л.Н. Смирнова

Заведующий лабораторией №24,
к. т. н.

А.В. Грановский

Старший научный сотрудник

С.С. Хактаев

Старший инженер

В.А. Эрднеев

Москва 2016 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
1. Введение	3
2. Задачи проводимых экспериментальных исследований	5
3. Конструктивное решение фасадной системы «КАМИЛАН»	6
4. Программа и методика испытаний фасадной системы «КАМИЛАН»	27
5. Оборудование для испытаний фасадной системы «КАМИЛАН» на сейсмические нагрузки. Средства измерения и регистрации динамических характеристик фасадных систем	29
5.1. Оборудование для создания динамических нагрузок на фасадную систему	29
5.2. Средства измерения и регистрации динамических характеристик конструкций и воздействий на них	30
6. Подготовка стенда и измерительного оборудования. Монтаж конструкций фасадной системы «КАМИЛАН»	35
7. Динамические испытания фасадной системы «КАМИЛАН»	37
8. Результаты динамических испытаний фасадной системы «КАМИЛАН» и их анализ	40
9. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Выводы и рекомендации.	49
Список литературы	52
Приложение 1. Результаты измерения динамических характеристик фасадной системы с использованием вычислительного комплекса МПС-036(только в 1-м экз. отчета)	53
Приложение 2. Видеосъемка испытаний фасадной системы на сейсмическое воздействие (только в 1-м экз. отчета)	66
Приложение 3. Свидетельства (только в 1-м экз. отчета)	67

1. Введение

Настоящий технический отчет составлен по результатам экспериментальных исследований сейсмостойкости конструкций навесной фасадной системы с воздушным зазором (далее НФС) «КАМИЛАН» с использованием облицовки в виде кассет и панелей из тонколистового оцинкованного окрашенного металла.

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

Цели лабораторных испытаний:

- оценка сейсмостойкости элементов НФС «КАМИЛАН» и системы в целом при использовании облицовки в виде кассет и панелей из тонколистового оцинкованного окрашенного металла.

Для проведения испытаний Заказчиком были доставлены в Центр исследований сейсмостойкости сооружений ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко экспериментальные образцы элементов несущей подконструкции НФС «КАМИЛАН», кассеты и панели. Монтаж конструкций и облицовок НФС на экспериментальный стенд был выполнен специалистами Заказчика.

Отчет оформлен в соответствии с требованиями нормативных документов, технических регламентов и стандартов. При описании методики и результатов экспериментально-технических исследований сейсмостойкости НФС «КАМИЛАН» использовались термины и определения, содержащиеся в действующих стандартах и нормативах [1÷4].



FIG. 1.1

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 НФС «КАМИЛАН» в сейсмических районах России на строительных площадках с балльностью 7-9 баллов включает в себя следующие этапы:

1. Комплексные экспериментальные исследования работы НФС «КАМИЛАН» с её вибродиагностикой: испытания фрагментов НФС на виброплатформе.
2. Внесение в Альбомы технических решений [4] и согласование с ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство» изменений (если это потребуется по результатам испытаний) по конструктивному решению НФС «КАМИЛАН» при использовании её в сейсмических районах РФ.

3. Конструктивное решение фасадной системы «КАМИЛАН»

Для проведения динамических испытаний Заказчиком были предоставлены конструктивные варианты НФС «КАМИЛАН» с использованием облицовки в виде кассет и панелей из тонколистового оцинкованного окрашенного металла.

Несущие элементы подконструкции НФС «КАМИЛАН» (кронштейны, удлинители, профили, стартовые элементы, угловые элементы) запроектированы из оцинкованной стали.

Каркас НФС «КАМИЛАН» был запроектирован в четырех вариантах:

- **первый вариант** - облицовка из металлокассет со скрытым способом крепления;
- **второй вариант** - облицовка из металлокассет с открытым способом крепления;
- **третий вариант** - облицовка из панелей из тонколистового металла с вертикальной их ориентацией;
- **четвертый вариант** - облицовка из панелей из тонколистового металла с горизонтальной их ориентацией, при этом установка панелей в проектное положение производилась как с устройством зазора между панелями, так и без зазора.

При монтаже каркасов всех четырех вариантов НФС «КАМИЛАН» использовались несущие кронштейны марки КН-ЗУ-150 длиной 150 мм (рис 3.1). Крепление кронштейнов к раме стенда производилось с помощью болтового соединения через специальные паронитовые прокладки. Установка прокладок предотвращает появление мостика холода в конструкции основания. Шаг кронштейнов в первом и третьем варианте НФС «КАМИЛАН» составлял 600 мм по горизонтали и по вертикали. Шаг кронштейнов во втором и четвертом варианте НФС «КАМИЛАН» составлял 600 мм по горизонтали и 1200 мм по вертикали.

Далее к кронштейнам крепились с помощью болтового соединения (после регулировки необходимого вылета) удлинители кронштейнов марки УКН-31 длиной 125 мм (рис. 3.1). Итоговый вынос облицовочного материала после установки удлинителей составил 200 мм.

На уже смонтированные кронштейны с установленными на них удлинителями производилась установка несущих горизонтальных профилей в виде равнополочного уголка марки ПП-У1-Л с последующим креплением с помощью двух коррозионностойких заклепок в каждом узле (рис. 3.2).

После установки горизонтальных профилей производилась установка облицовочного материала одного из четырех вышеуказанных вариантов.

При использовании в качестве облицовки металлокассет со скрытым способом крепления (1-й вариант НФС «КАМИЛАН») к горизонтальным несущим профилям при помощи двух коррозионностойких заклепок в каждом узле крепились несущие вертикальные профили марки ПП-ШЗ-Л (рис. 3.3). В граничной зоне (зона оконного проема) вместо вертикальных профилей марки ПП-ШЗ-Л устанавливались несущие вертикальные Z-образные профили марки ПП-Z3-Л (рис. 3.4).

В угловой зоне на уже смонтированные вертикальные профили крепился угловой декоративный вертикальный профиль марки ПУН, с помощью которого обеспечивался стык металлокассет смежных плоскостей (рис. 3.5).

После установки углового декоративного вертикального профиля производилась установка стартового декоративного профиля марки ПЗ-2 (рис. 3.6), в который в свою очередь заводились нижние грани первого ряда металлокассет (рис. 3.6б) с последующим креплением их к вертикальным профилям марки ПП-ШЗ-Л и ПП-Z3-Л с помощью двух коррозионностойких заклепок (рис. 3.7).

Далее производилась установка следующего ряда кассет. При этом нижние грани вышележащего ряда металлокассет заводились в зацепление со специальным отгибом на верхних гранях нижележащего ряда металлокассет,

а по верхним граням производилась их фиксация с помощью двух коррозионностойких заклепок.

Последующие ряды металлокассет устанавливались по описанной выше схеме.

При использовании в качестве облицовки металлокассет с открытым способом крепления (2-й вариант НФС «КАМИЛАН») к горизонтальным несущим профилям также как и предыдущем варианте при помощи двух коррозионностойких заклепок в каждом узле крепления крепились несущие вертикальные профили марки ПП-ШЗ-Л. В граничной зоне (зона оконного проема) вместо вертикальных профилей марки ПП-ШЗ-Л устанавливаются несущие вертикальные профили марки ПП-ЗЗ-Л. В данных натурных испытаниях установка профилей марки ПП-ЗЗ-Л не производилась.

После установки несущих вертикальных профилей в угловой зоне устанавливалась и закреплялась к ближайшим вертикальным несущим профилям двух смежных плоскостей с помощью четырех коррозионностойких заклепок угловая металлокассета, обеспечивающая жесткость фасадной системы в угловой зоне (рис. 3.8). При этом для предотвращения перерасхода крепежного материала под вертикальный отгиб угловой металлокассеты производилось заведение и закрепление вертикального отгиба рядовой металлокассеты этого же ряда металлокассет (рис. 3.9). Данная операция также производилась при установке двух соседних металлокассет одного ряда.

Последующие ряды металлокассет устанавливались по аналогичной схеме.

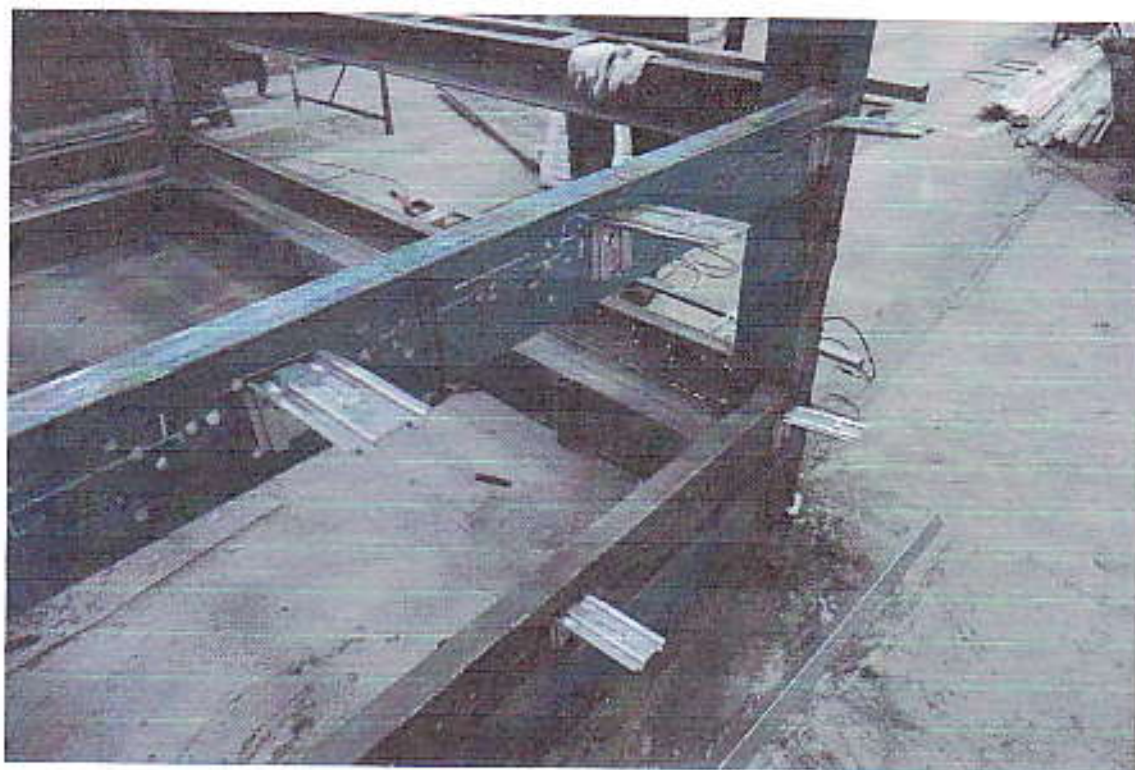
В третьем варианте НФС «КАМИЛАН» (с использованием в качестве облицовки панелей из тонколистового металла с вертикальной ориентацией панелей) несущая подконструкция аналогична предыдущим вариантам за исключением того, что в ней не использовались несущие вертикальные профили. Роль несущих вертикальных профилей выполняли сами облицовочные панели (рис. 3.10), которые устанавливались вертикально и

крепилась непосредственно к несущим горизонтальным профилям марки ПП-У1-Л с помощью коррозионностойких заклепок (рис. 3.11). При этом до монтажа облицовочных панелей производилась установка, как и в первом варианте, углового декоративного вертикального профиля марки ПУН- Ln для обеспечения стыка панелей двух смежных плоскостей (рис. 3.12) и стартового декоративного профиля марки ПЗ-1-Ли (рис. 3.12) в который в свою очередь заводились нижние грани вертикальных панелей.

В четвертом варианте НФС «КАМИЛАН» (с использованием в качестве облицовки панелей из тонколистового металла с горизонтальной ориентацией панелей) несущая подконструкция аналогична варианту фасадной системы с использованием металлокассет со скрытым креплением. В ней также используются несущие вертикальные профили марки ПП-Z3-L (рис. 3.13), на которые в угловой зоне устанавливается угловой декоративный вертикальный профиль марки ПУН- Ln (рис. 3.14), а в нижней части вертикальных профилей марки ПП-Z3-L - стартовый декоративный профиль марки ПЗ-1-Ли (рис. 3.15а).

Облицовочные панели в данном варианте НФС «КАМИЛАН» крепятся к вертикальным несущим профилям по верхней граням с помощью коррозионностойких заклепок, а по нижней грани заведением специального отгиба в паз на верхней грани нижележащей панели (рис. 3.16-3.17). Торцы панелей в угловой зоне заводятся в угловой декоративный профиль, а нижняя грань нижней панели устанавливается в стартовый декоративный профиль (рис. 3.15б).

a)



б)



Рис. 3.1

a)



б)



Рис. 3.2



Рис. 3.3

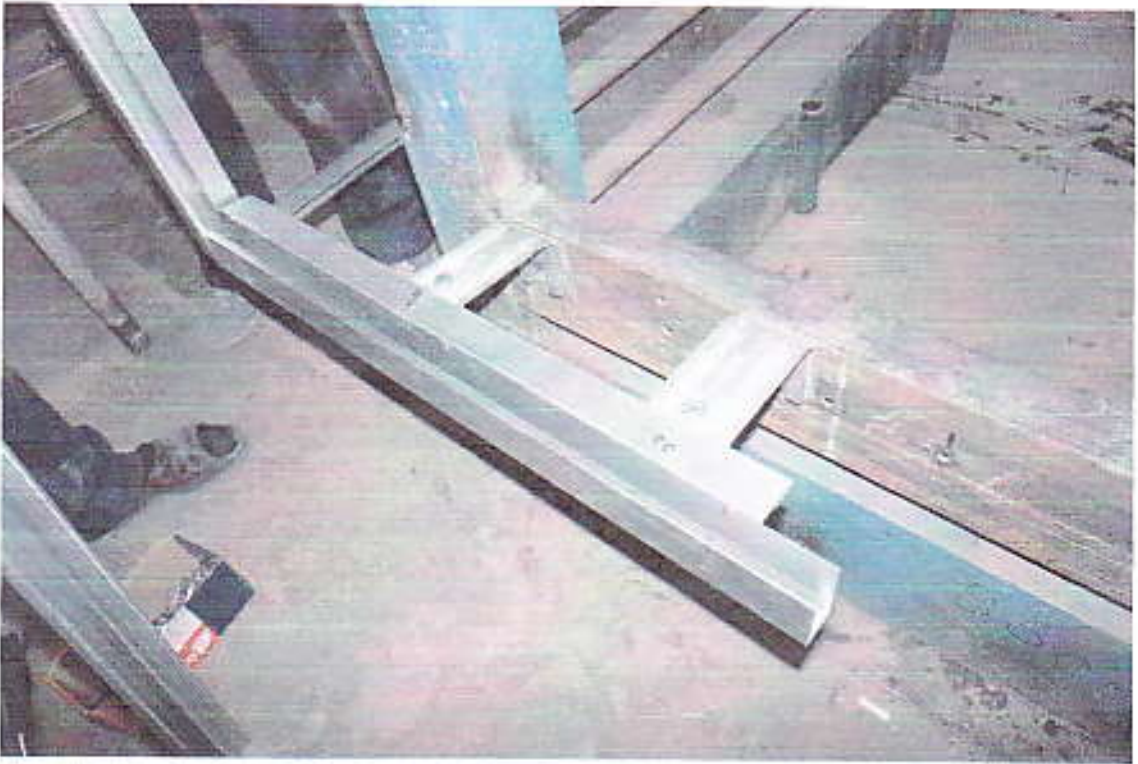


Рис. 3.4



Рис. 3.5

a)



б)



Рис. 3.6

a)

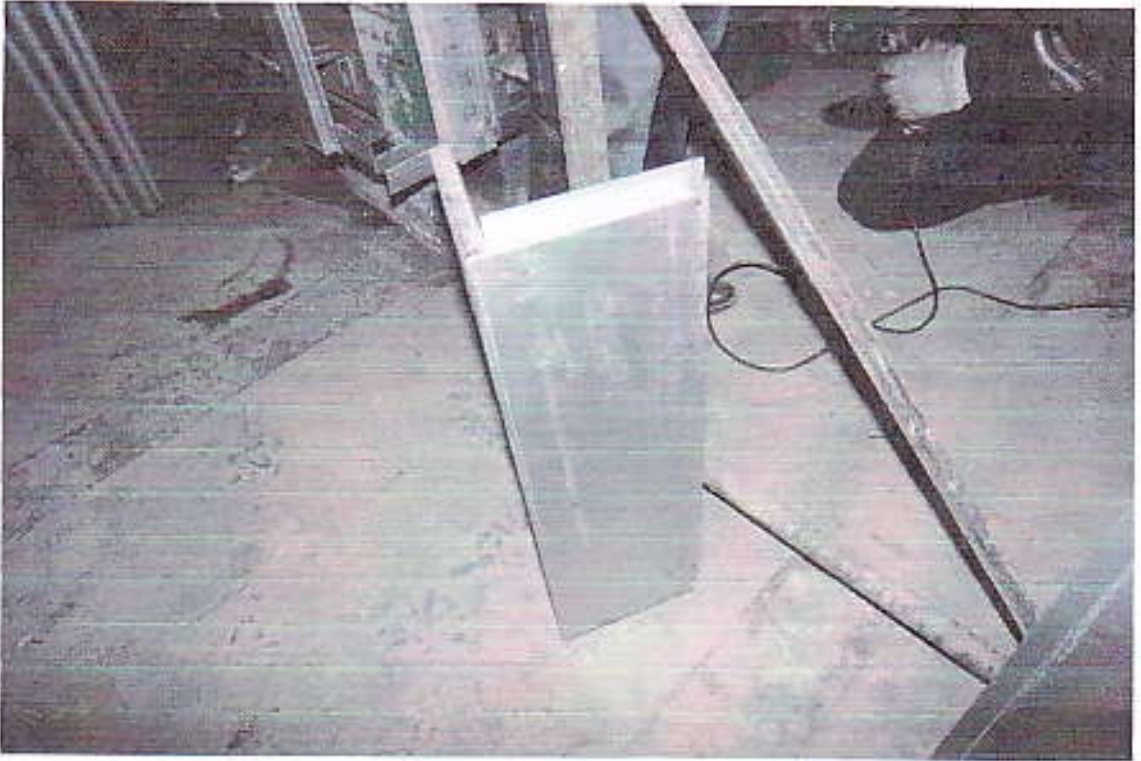


б)



Рис. 3.7

a)



б)



Рис. 3.8



Рис. 3.9



Рис. 3.10

a)



б)



Рис. 3.11



б)



а)

Рис. 3.12



Рис. 3.13



Рис. 3.14

a)



б)



Рис. 3.15

a)



б)



Рис. 3.16



Рис. 3.17

4. Программа и методика испытаний фасадной системы «КАМИЛАН»

Программа испытаний. Программа экспериментальных исследований по оценке сейсмостойкости НФС «КАМИЛАН» включала в себя следующие этапы:

1. Анализ конструктивных особенностей НФС.
2. Выбор и согласование с Заказчиком конструктивных параметров и самих элементов НФС для назначения экспериментальных фрагментов.
3. Подготовка вибростенда и измерительного оборудования для проведения динамических испытаний.
4. Назначение режимов нагружения фрагментов 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 НФС.
6. Составление технического отчета по результатам испытаний фрагментов НФС 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 НФС «КАМИЛАН» возбуждение колебаний осуществлялось с помощью вибромашины ВИД-12М, установленной на специальной виброплатформе маятникового типа (рис. 1.1).

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

1. Испытания фрагментов системы 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) систем в эксперименте составляла от 25 до 30 сек.

2. По результатам 1-го этапа испытаний (п.1) устанавливались уровни воздействий, соответствующие резонансным колебаниям фрагментов 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 проводились повторные испытания НФС при соотношениях амплитудно-частотных параметров виброплатформы, соответствующих резонансным колебаниям системы и 7÷9-ти балльным воздействиям. Длительность динамических испытаний при указанных выше сочетаниях составляла 40-50 сек. Указанный этап испытаний позволял оценить сейсмостойкость системы в зависимости от характера и времени сейсмического воздействия.
4. Программа испытаний предусматривала, что в случае разрушения элементов НФС и их соединений или изменения конфигурации конструктивной схемы НФС, совместно с Заказчиком проведение повторного испытания НФС с учетом внесения корректировок в конструктивную схему НФС.

5. Оборудование для испытаний фасадной системы «КАМИЛАН» на сейсмические нагрузки. Средства измерения и регистрации динамических характеристик фасадной системы

5.1. Оборудование для создания динамических нагрузок на фасадную систему

Как уже отмечалось, для создания динамических воздействий на фрагменты фасадной системы 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 вибромашинной ВИД-12М, установленной на консоли маятниковой платформы (см. фото на рис. 1.1).

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. 3.27 и 3.28, показан общий вид виброплатформы с установленным на ней стендом, к которому в свою очередь крепятся фрагменты НФС.

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 вибромашин 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 табл. 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 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.5.1, а).

Для измерения ускорений, частот колебаний, а также динамических перемещений применяются однокомпонентные датчики – акселерометры АТ 1105 – 10м (рис. 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 +15 до +35

Количество датчиков на виброплатформе и фрагментах фасадной системы назначалось таким образом, чтобы можно было замерить горизонтальные и вертикальные ускорения и деформации виброплатформы и элементов НФС.

Акселерометры устанавливались в местах, где ожидалось развитие максимальных ускорений и перемещений.

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. 5.2. при этом:

- датчики 1-2-2 и 1-2-3 были установлены непосредственно на раме виброплатформы;
- датчики 1-2-4 и 1-4-1 были установлены на верхнем несущем горизонтальном профиле НФС.

a)



б)

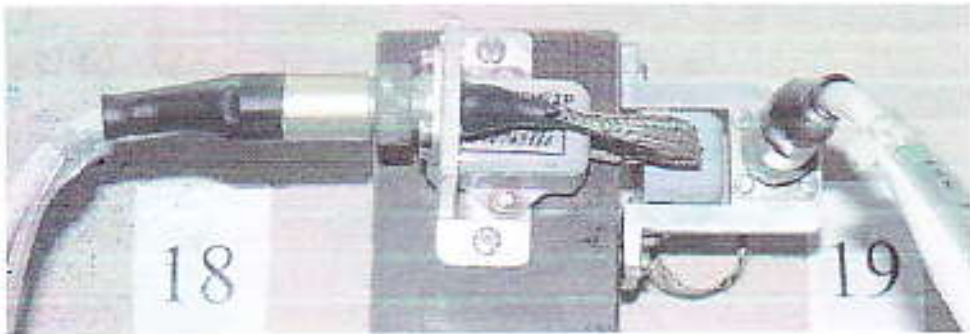


Рис. 5.1

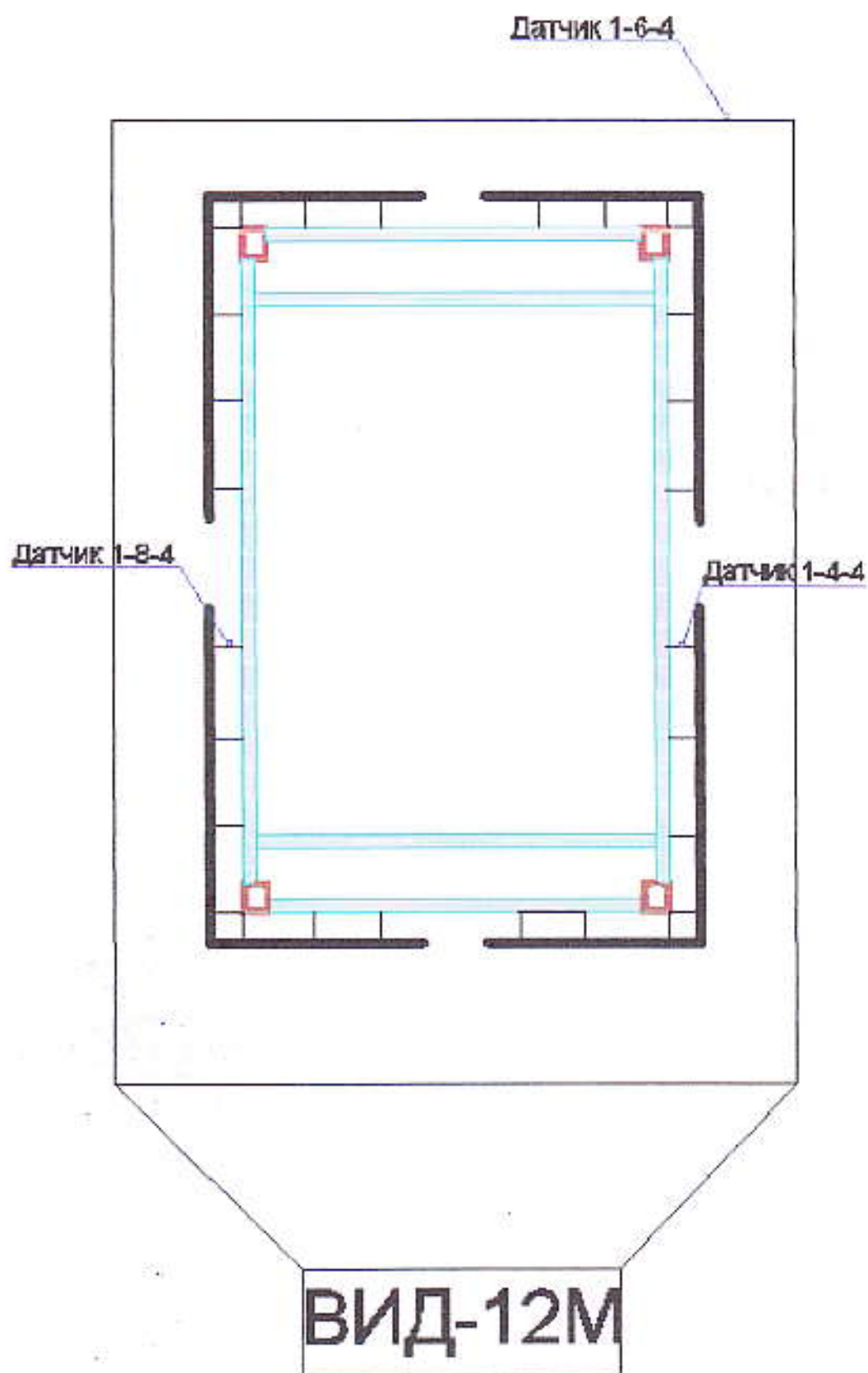


Рис. 5.2.

6. Подготовка стенда и измерительного оборудования. Монтаж конструкций фасадной системы

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 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 НФС «КАМИЛАН» 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 «КАМИЛАН» на стенд осуществлялся по следующей схеме.

- 1) Фрагменты системы навешивались на кронштейны, которые крепились к металлическим элементам стенда с помощью болтов.
- 2) К кронштейнам с помощью вытяжных заклепок крепились несущие направляющие профили.
- 2) К направляющим профилям с помощью заклепок крепилась облицовка в виде металлокассет и панелей.
- 3) После монтажа элементов системы и облицовочного материала специалистами ЦНИИСК проводилась проверка всех узлов крепления конструкций НФС.

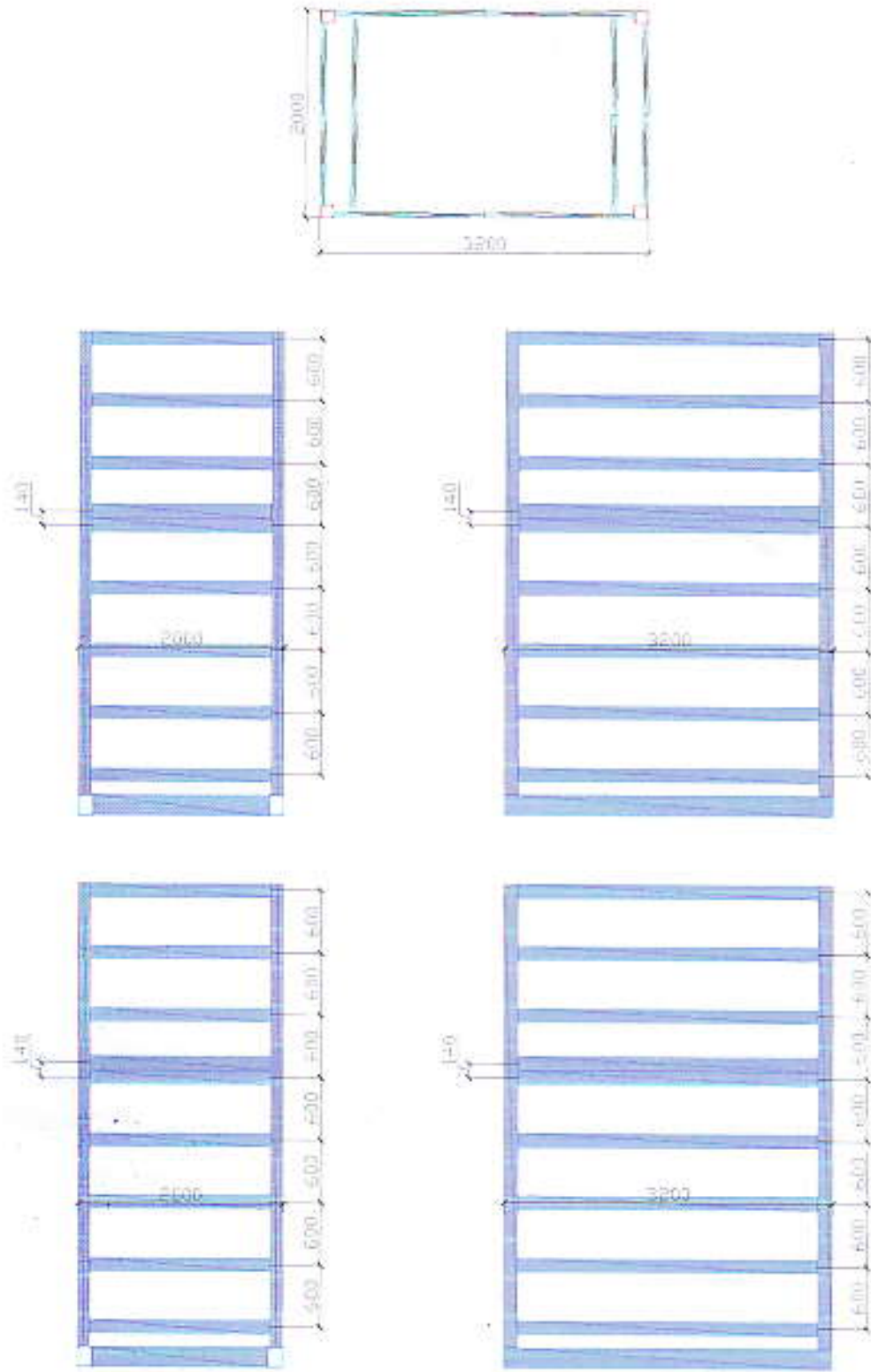


Рис. 6.1

7. Динамические испытания фасадной системы «КАМИЛАН»

Испытания фрагментов НФС 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 испытываемых 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.

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 экспериментальной модели.

Вибрационные испытания проводились 11.02.2016 г. в дневное время при температуре воздуха - не ниже $+5^{\circ}\text{C}$. Условия проведения вибрационных испытаний соответствуют нормальным и рабочим условиям применения используемого типа акселерометров АТ1105-10м.

Основным свойством, определяющим надежность НФС при воздействии динамических нагрузок, является ее способность сохранять определенные эксплуатационные свойства, которые оцениваются в соответствии с требованиями ГОСТ 27751-88 «Надежность строительных конструкций и оснований» [5].

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

- первая группа включала предельное состояние, достижение которого ведет к полной непригодности к эксплуатации конструкции НФС или к

полной (частичной) потере несущей способности ее основных элементов и креплений;

- вторая группа включает предельные состояния, затрудняющие нормальную эксплуатацию НФС.

Предельные состояния первой группы характеризуются:

- разрушением креплений и элементов НФС любого характера (пластическим, хрупким, усталостным);
- потерей устойчивости формы составных элементов НФС, приводящей к полной непригодности системы;
- потерей устойчивости положения элементов и узлов соединений НФС;
- переходом НФС или ее части в изменяемую систему;
- качественным изменением конфигурации НФС;
- 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 НФС 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. Предельный уровень внешнего воздействия определяется по результатам натуральных испытаний и принимается в сравнении с данными инструментальной части макросейсмической шкалы MSK-64 и табл. 12 СП 14.13330.2014, которые приведены в таблице 7.1.
2. За 1-е предельное состояние конструкций НФС принимается такое техническое состояние, при котором происходит разрушение узлов крепления облицовки к направляющим, разрушение несущих конструкций или разрушение облицовочного материала.

3. 2-му предельному состоянию соответствует смещение облицовочного материала относительно друг друга на $\Delta \approx 4$ мм. При данном смещении, как показывают испытания, происходит вырыв заклепок в местах соединения подконструкций с разрушением облицовочного материала.

Соответствие уровня воздействия инструментальным значениям ускорения

Таблица 7.1.

l, балл, MSK-64	Ускорения A согласно MSK-64, м/с ²	Ускорение A по СП 14.13330.2014, м/с ²
5	-	-
6	0,25-0,50	0,50
7	0,50-1,00	1,00
8	1,00-2,00	2,00
9	2,00-4,00	4,00
10	-	-

8. Результаты динамических испытаний фасадной системы «КАМИЛАН» и их анализ

Анализ результатов лабораторных динамических испытаний НФС «КАМИЛАН» с использованием облицовки в виде кассет и панелей из тонколистового оцинкованного окрашенного металла позволяет отметить следующее:

1. В таблице 8.1 и 8.2 приведены параметры динамического нагружения платформы в горизонтальной и вертикальной плоскостях, полученные по данным акселерометров, закрепленных в уровне платформы (рис. 5.2), а в таблицах 8.3-8.4 - параметры динамического нагружения элементов фрагментов НФС в горизонтальной и вертикальной плоскостях, по данным акселерометров, установленных на одном из фрагментов НФС (см. рис. 5.2). Для наглядности приведенные в табл. 8.1 и 8.2 значения балльности, достигнутые в процессе динамических испытаний НФС, сопоставлены по цветовой гамме с зонами сейсмического районирования, указанными на карте сейсмического районирования территории РФ ОСР -97-А (рис. 8.1).
2. В процессе испытаний ускорение виброплатформы по данным акселерометров (таб. 8.1), установленных на ней, изменялось в интервале от 0,3 до 10,6 м/с² - в горизонтальном и от 0,1 до 6,8 м/с² - в вертикальном направлениях. Горизонтальное ускорение по данным акселерометра (таб. 8.2, 8.3), установленного на верхней горизонтальной направляющей фрагмента НФС, изменялись в интервале от 0,3 до 16,1 м/с², а вертикальное ускорение - 0,1 до 11,3 м/с². Полученные значения горизонтальных ускорений виброплатформы превышают значения нормативных ускорений, соответствующих 9 баллам по шкале MSK-64 (4 м/с²). Частота колебания фрагментов НФС изменялась в интервале от 1,7 до 9,6 Гц. Максимальная амплитуда горизонтальных колебаний

виброплатформы составила 126,3 мм, а вертикальных - 18,7 мм. Максимальная амплитуда горизонтальных колебаний элементов фрагментов НФС составила 165,3 мм, а вертикальных - 11,3 мм.

3. В процессе динамических испытаний фрагментов НФС «КАМИЛАН» с использованием облицовки в виде кассет со скрытым способом крепления и облицовки в виде панелей с вертикальной их ориентацией прочность и эксплуатационная надежность системы не была нарушена.
4. Прочность и эксплуатационная надежность фрагментов НФС «КАМИЛАН» с использованием облицовки в виде кассет с открытым способом крепления и облицовки в виде панелей с горизонтальной их ориентацией была нарушена: имел место прогиб кронштейнов, что свидетельствует о недостаточной жесткости кронштейнов при установке их с шагом 1200 мм по вертикали (рис. 8.2).
5. При испытаниях НФС «КАМИЛАН» с использованием облицовки в виде панелей с горизонтальной их ориентацией (установка панелей с зазором и без зазора) на отдельных участках фрагмента из-за недостаточной длины замка между смежными панелями имел место выход нижней грани вышележащей панели из паза на верхней грани нижележащей панели (рис. 8.3). При этом заклепки, установленные по верхним краям панелей, удерживали панели от обрушения.

В Приложении I к настоящему отчету приведены акселерограммы, записанные с датчиков. Кроме того, построены амплитудно-частотные характеристики испытываемых образцов при колебаниях с заданной частотой.

Сейсмическое районирование территории Российской Федерации

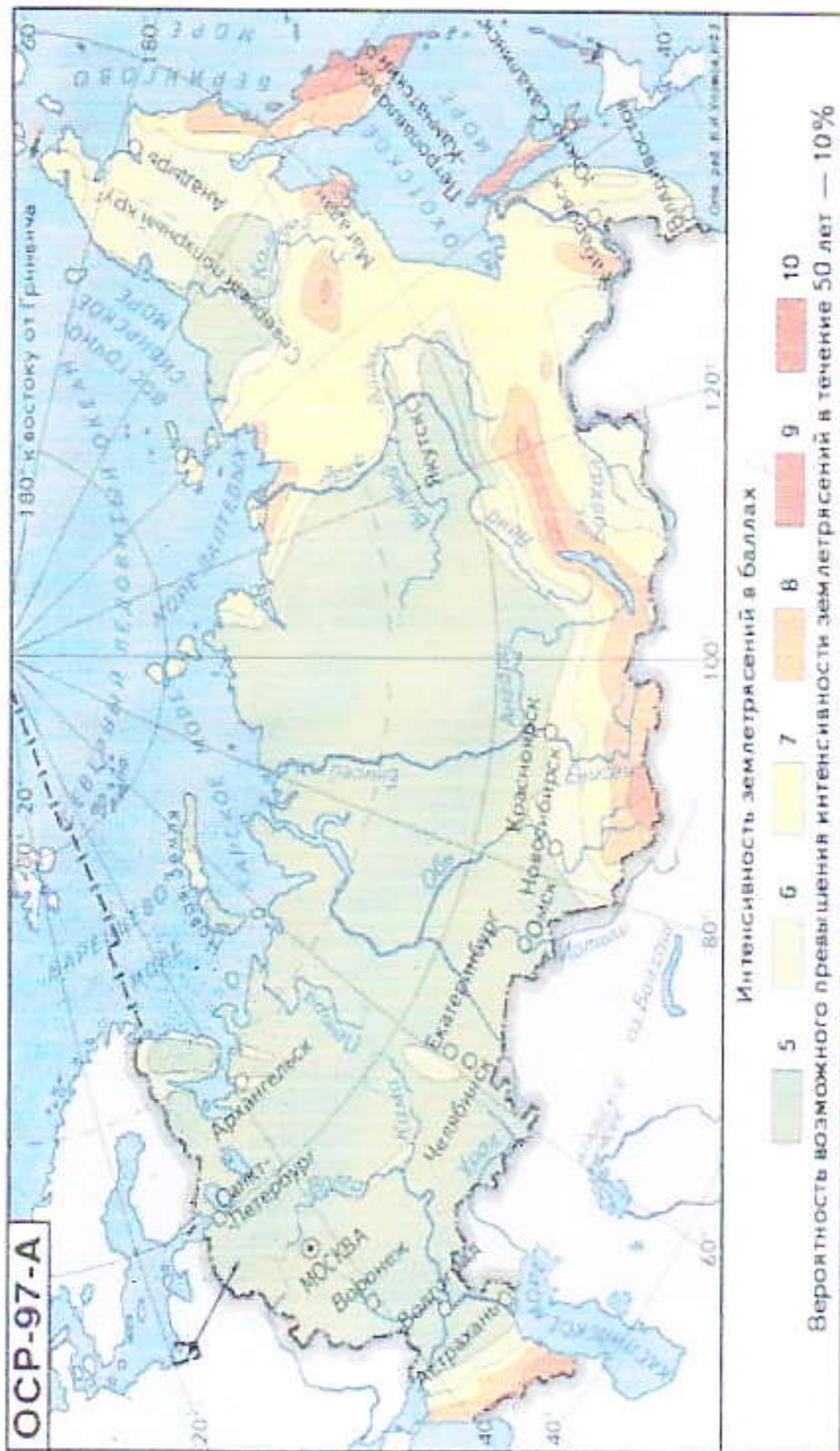
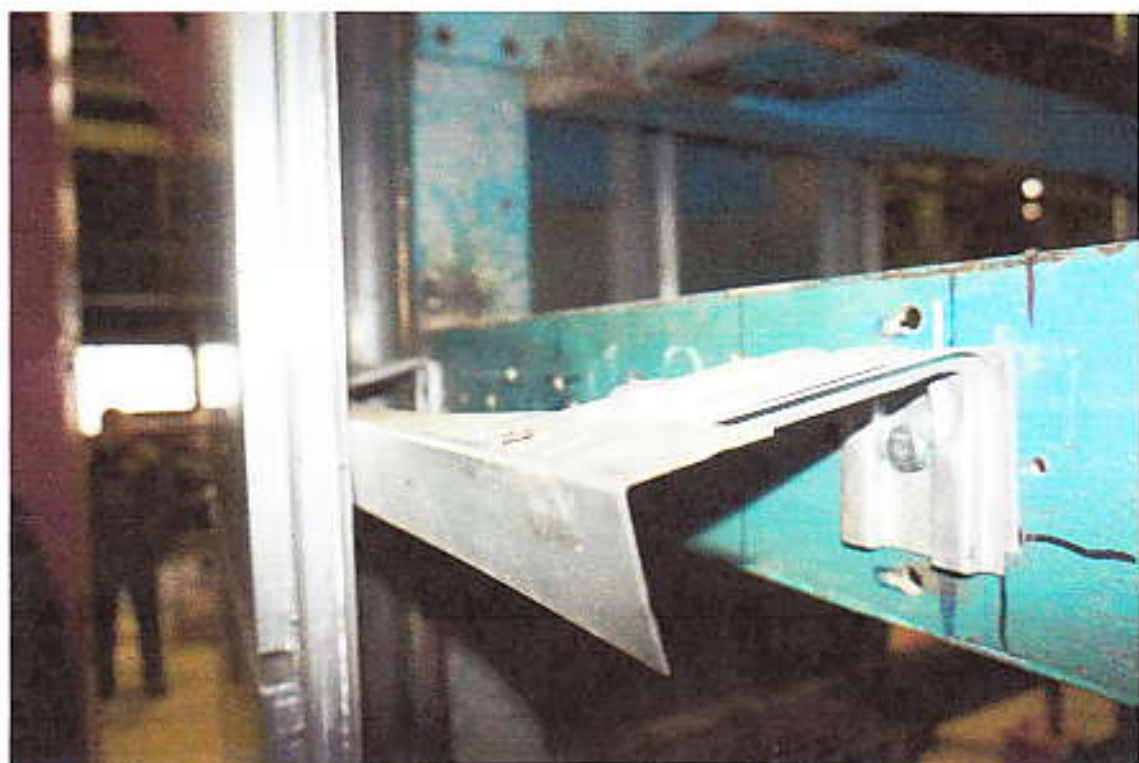


Рис. 8.1

a)



б)

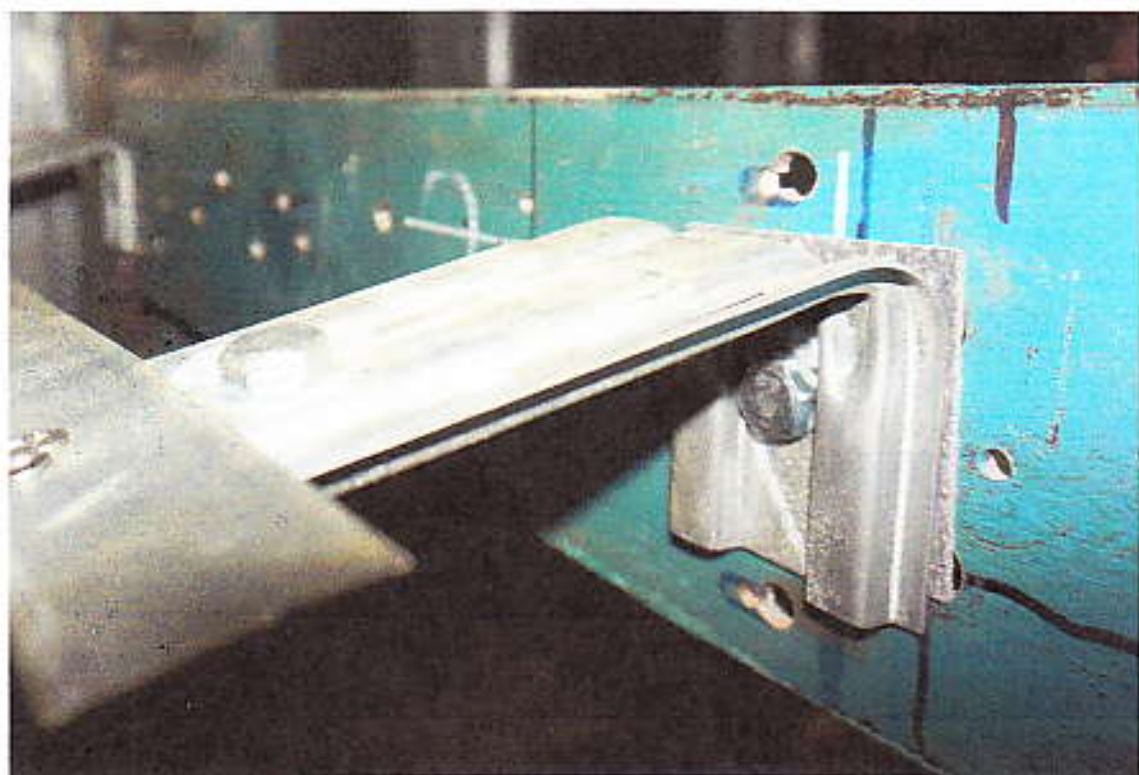


Рис. 8.2

a)



б)

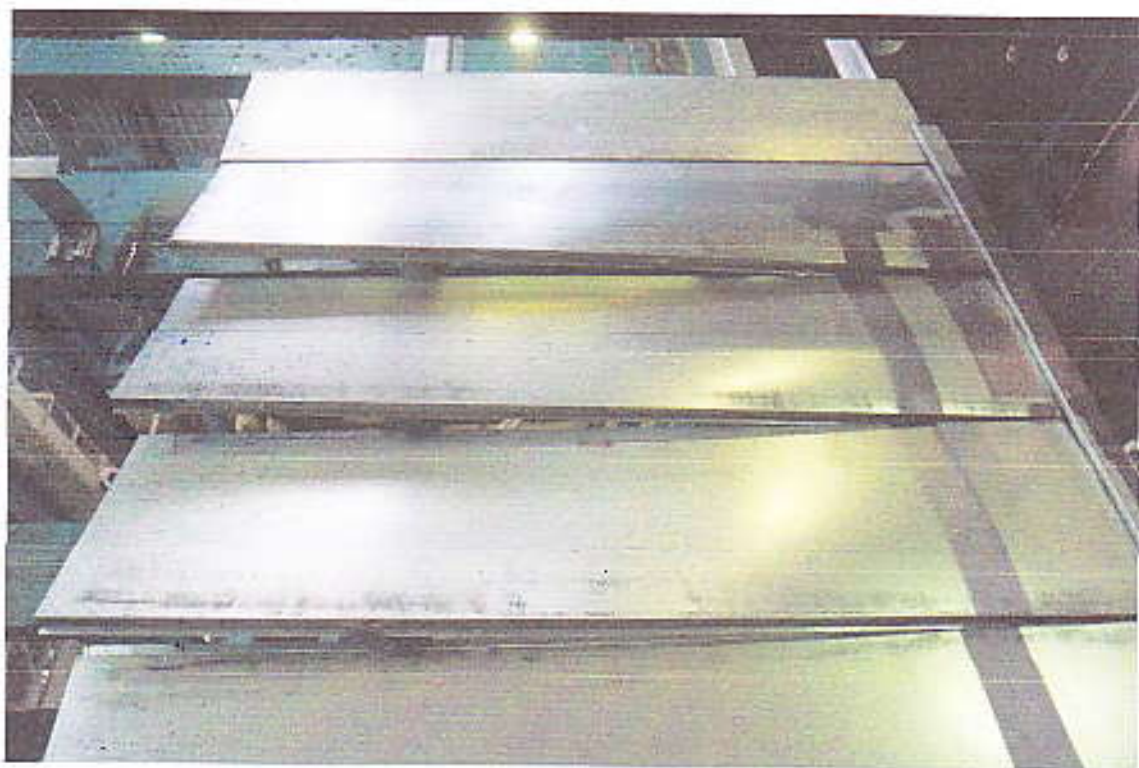


Рис. 8.3

Параметры динамического нагружения виброплатформы в горизонтальной плоскости (датчик 1-2-2)

Таблица 8.1

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (m/s^2)
1	3,4	29,7	2,2
2	2,1	10,0	0,3 min
3	3,1	10,7	0,7
4	4,9	10,8	1,1
5	5,2	8,8	1,5
6	6,0	9,9	2,3
7	7,3	22,8	7,5
8	8,0	18,4	7,4
9	8,8	10,1	4,9
10	9,6	18,0	10,4
11	1,9	16,6	0,4
12	3,2	16,3	1,0
13	4,0	16,9	1,7
14	4,9	14,7	2,2
15	5,6	0,4 min	0,1
16	1,7	126,3 max	2,3
17	2,6	123,4	5,3
18	3,4	115,0	8,1
19	3,7	41,8	3,7
20	1,8	108,1	2,3
21	2,9	103,2	5,6
22	3,9	91,5	9,0
23	3,9	34,1	3,3
24	5,1	9,3	1,5
25	5,8	5,5	1,2
26	7,3	15,9	5,3
27	8,0	19,0	7,6
28	8,8	8,9	4,4
29	9,5	18,7	10,6 max
30	3,8	96,3	8,7
31	4,2	40,1	4,4
32	1,8	82,3	1,6
33	3,0	76,7	4,3
34	4,1	70,4	7,4
35	4,5	43,0	5,5
36	4,2	7,1	0,8
37	2,0	51,2	1,3
38	3,1	49,9	3,0
39	4,0	46,0	4,5
40	4,9	29,3	4,4
41	5,0	2,7	0,4
42	3,0	21,1	1,2
43	3,9	26,8	2,6
44	5,1	18,5	3,0
45	5,3	1,9	0,3
46	5,3	2,4	0,4
47	4,9	9,8	1,5
48	5,5	4,3	0,8
49	7,2	20,5	6,6
50	8,3	10,2	4,4

Параметры динамического нагружения виброплатформы в вертикальной плоскости (датчик 1-2-3)

Таблица 8.2

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (м/с ²)
1	3,4	3,8	0,3
2	2,1	1,1 min	0,1 min
3	3,1	1,3	0,1
4	4,0	1,8	0,2
5	5,2	3,6	0,6
6	6,0	8,3	1,9
7	7,3	4,5	1,5
8	8,0	2,1	0,8
9	8,8	14,2	6,8 max
10	9,6	9,9	5,8
11	1,9	1,6	0,1
12	3,2	1,9	0,1
13	4,0	2,8	0,3
14	4,9	4,5	0,7
15	5,6	11,6	2,3
16	1,7	9,6	0,2
17	2,6	11,3	0,5
18	3,4	13,8	1,0
19	3,7	13,1	1,2
20	1,8	8,4	0,2
21	2,9	10,4	0,6
22	3,9	15,4	1,5
23	3,9	18,7 max	1,8
24	5,1	3,2	0,5
25	5,8	12,8	2,7
26	7,3	4,1	1,4
27	8,0	2,3	0,9
28	8,8	13,7	6,7
29	9,5	10,0	5,7
30	3,8	14,7	1,3
31	4,2	19,3	2,1
32	1,8	6,5	0,1
33	3,0	7,9	0,4
34	4,1	12,6	1,3
35	4,5	15,4	2,0
36	4,2	36,3	3,9
37	2,0	4,3	0,1
38	3,1	5,4	0,3
39	4,0	7,5	0,7
40	4,9	16,0	2,4
41	5,0	12,8	1,9
42	3,0	2,2	0,1
43	3,9	4,4	0,4
44	5,1	10,8	1,7
45	5,3	13,6	2,4
46	5,3	13,4	2,4
47	4,9	3,7	0,6
48	5,5	13,3	2,5
49	7,2	5,4	1,7
50	8,3	5,3	2,3

Параметры динамического нагружения фрагментов ИФС в горизонтальной плоскости (датчик 1-2-4)

Таблица 8.3

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (m/s^2)
1	3,4	42,8	3,2
2	2,1	10,2	0,3 min
3	3,1	13,9	0,9
4	4,0	18,0	1,8
5	5,2	29,5	5,0
6	6,0	53,8	12,3
7	7,3	35,3	11,7
8	8,0	14,7	5,9
9	8,8	10,0	4,8
10	9,6	8,5	4,9
11	1,9	17,1	0,4
12	3,2	21,7	1,4
13	4,0	28,6	2,9
14	4,9	40,8	6,2
15	5,6	76,5	15,4
16	1,7	135,3	2,5
17	2,6	150,6	6,5
18	3,4	165,3 max	11,6
19	3,7	131,2	11,4
20	1,8	116,9	2,5
21	2,9	133,4	7,2
22	3,9	163,2	15,6
23	3,9	113,5	10,8
24	5,1	27,5	4,4
25	5,8	74,6	15,9
26	7,3	31,5	10,5
27	8,0	14,6	5,9
28	8,8	9,0	4,4
29	9,5	8,2 min	4,7
30	3,8	160,4	14,4
31	4,2	119,5	13,1
32	1,8	87,8	1,7
33	3,0	99,9	5,6
34	4,1	131,1	13,8
35	4,5	121,7	15,4
36	4,2	82,3	8,9
37	2,0	56,1	1,4
38	3,1	66,5	4,0
39	4,0	80,0	7,8
40	4,9	106,9	16,1 max
41	5,0	82,4	12,7
42	3,0	27,7	1,5
43	3,9	48,9	4,7
44	5,1	88,0	14,1
45	5,3	83,0	14,8
46	5,3	82,6	14,8
47	4,9	34,2	5,2
48	5,5	71,2	13,7
49	7,2	37,0	12,0
50	8,3	18,3	7,8

Параметры динамического нагружения фрагментов НФС в вертикальной плоскости (датчик 1-4-1)

Таблица 8.4

№ режима	Частота Γ (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (m/s^2)
1	3,4	6,5	0,5
2	2,1	2,0 min	0,1 min
3	3,1	2,3	0,1
4	4,0	3,3	0,3
5	5,2	6,5	1,1
6	6,0	3,9	0,9
7	7,3	6,0	2,0
8	8,0	7,9	3,2
9	8,8	23,5	11,3 max
10	9,6	10,9	6,3
11	1,9	2,9	0,1
12	3,2	3,5	0,2
13	4,0	4,9	0,5
14	4,9	8,0	1,2
15	5,6	14,6	3,0
16	1,7	17,3	0,3
17	2,6	19,6	0,8
18	3,4	22,3	1,6
19	3,7	22,4	1,9
20	1,8	15,1	0,3
21	2,9	17,9	1,0
22	3,9	23,5 max	2,2
23	3,9	16,7	1,6
24	5,1	5,9	0,9
25	5,8	16,4	3,5
26	7,3	5,2	1,7
27	8,0	7,9	3,2
28	8,8	20,9	10,2
29	9,5	8,3	4,8
30	3,8	23,0	2,1
31	4,2	16,2	1,8
32	1,8	11,6	0,2
33	3,0	13,6	0,8
34	4,1	19,5	2,0
35	4,5	13,7	1,7
36	4,2	32,4	3,5
37	2,0	7,7	0,2
38	3,1	9,6	0,6
39	4,0	12,5	1,2
40	4,9	17,2	2,6
41	5,0	14,8	2,2
42	3,0	4,1	0,2
43	3,9	7,7	0,7
44	5,1	16,0	2,6
45	5,3	15,8	2,8
46	5,3	12,8	2,3
47	4,9	6,5	1,0
48	5,5	9,0	1,7
49	7,2	7,5	2,4
50	8,3	11,7	5,0

9. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Выводы и рекомендации

На основе анализа результатов динамических испытаний НФС «КАМИЛАН» с использованием облицовки в виде кассет и панелей из тонколистового оцинкованного окрашенного металла можно отметить следующее.

1. В соответствии с программой экспериментальных исследований на виброплатформе Центра исследований сейсмостойкости сооружений были проведены динамические испытания НФС «КАМИЛАН». При динамических испытаниях моделировались нагрузки, соответствующие сейсмическим воздействиям 7-9 баллов по шкале MSK-64.
2. В процессе испытаний ускорение виброплатформы по данным акселерометров, установленных на ней, изменялось в интервале от 0,3 до 10,6 м/с² - в горизонтальном и от 0,1 до 6,8 м/с² - в вертикальном направлениях. Полученные значения горизонтальных ускорений виброплатформы превышают значения нормативных ускорений, соответствующих 9 баллам (по шкале MSK-64 – 4 м/с²).
3. Горизонтальные ускорения фрагментов НФС по данным акселерометров, установленных на верхней горизонтальной направляющей фрагмента НФС, изменялись в интервале от 0,3 до 16,1 м/с², вертикальные ускорения фрагментов НФС - в интервале от 0,1 до 11,3 м/с².
4. Частота колебаний фрагментов НФС изменялась в интервале от 1,7 до 9,6 Гц. При этом максимальная амплитуда горизонтальных колебаний виброплатформы составила 126,3 мм, а вертикальных - 18,7 мм. Максимальная амплитуда горизонтальных колебаний фрагментов НФС в уровне их верха составила 165,3 мм,

максимальная амплитуда вертикальных колебаний фрагментов НФС в уровне их верха - 11,3 мм.

5. В процессе динамических испытаний фрагментов НФС «КАМИЛАН» с использованием облицовки в виде кассет со скрытым способом крепления и облицовки в виде панелей с вертикальной их ориентацией прочность и эксплуатационная надежность системы не была нарушена.

Прочность и эксплуатационная надежность фрагмента НФС «КАМИЛАН» с использованием облицовки в виде кассет с открытым способом крепления и облицовки в виде панелей с горизонтальной их ориентацией была нарушена.

6. По результатам динамических испытаний допускается применение кассет со скрытым способом крепления из тонколистового оцинкованного окрашенного металла и панелей из тонколистового оцинкованного окрашенного металла с вертикальной ориентацией таковых в составе НФС «КАМИЛАН», при проектировании фасадов зданий в сейсмических районах РФ с сейсмичностью строительных площадок 7-9 баллов по шкале MSK-64.

Применение НФС «КАМИЛАН» с использованием облицовки в виде кассет с открытым способом крепления из тонколистового оцинкованного окрашенного металла и облицовки в виде панелей из тонколистового оцинкованного окрашенного металла с горизонтальной ориентацией панелей в сейсмических районах РФ с сейсмичностью строительных площадок 7-9 баллов по шкале MSK-64 допускается при внесении изменений указанных ниже:

- Шаг кронштейнов по вертикали в НФС «КАМИЛАН» с использованием облицовки в виде кассет с открытым способом крепления уменьшить с 1200 мм до 600 мм.
- В НФС «КАМИЛАН» с использованием облицовки в виде панелей с горизонтальной ориентацией таковых

длину отгиб на нижних гранях панелей и соответственно глубину паза на верхних гранях панелей, в который вставляется указанный отгиб необходимо увеличить до 10 мм.

7. При использовании исследованной НФС «КАМИЛАН» должны соблюдаться требования, касающиеся долговечности, огнестойкости и коррозионной стойкости элементов фасадной системы и облицовки.
8. В приложении 2 к настоящему отчету приведена видеосъемка испытания НФС 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 навесной фасадной системы с воздушным зазором «КАМИЛАН» с использованием облицовки в виде кассет и панелей из тонколистового оцинкованного окрашенного металла.
5. ГОСТ 27751-88 «Надежность строительных конструкций и оснований».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ФАСАДНОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО
КОМПЛЕКСА МІС-036

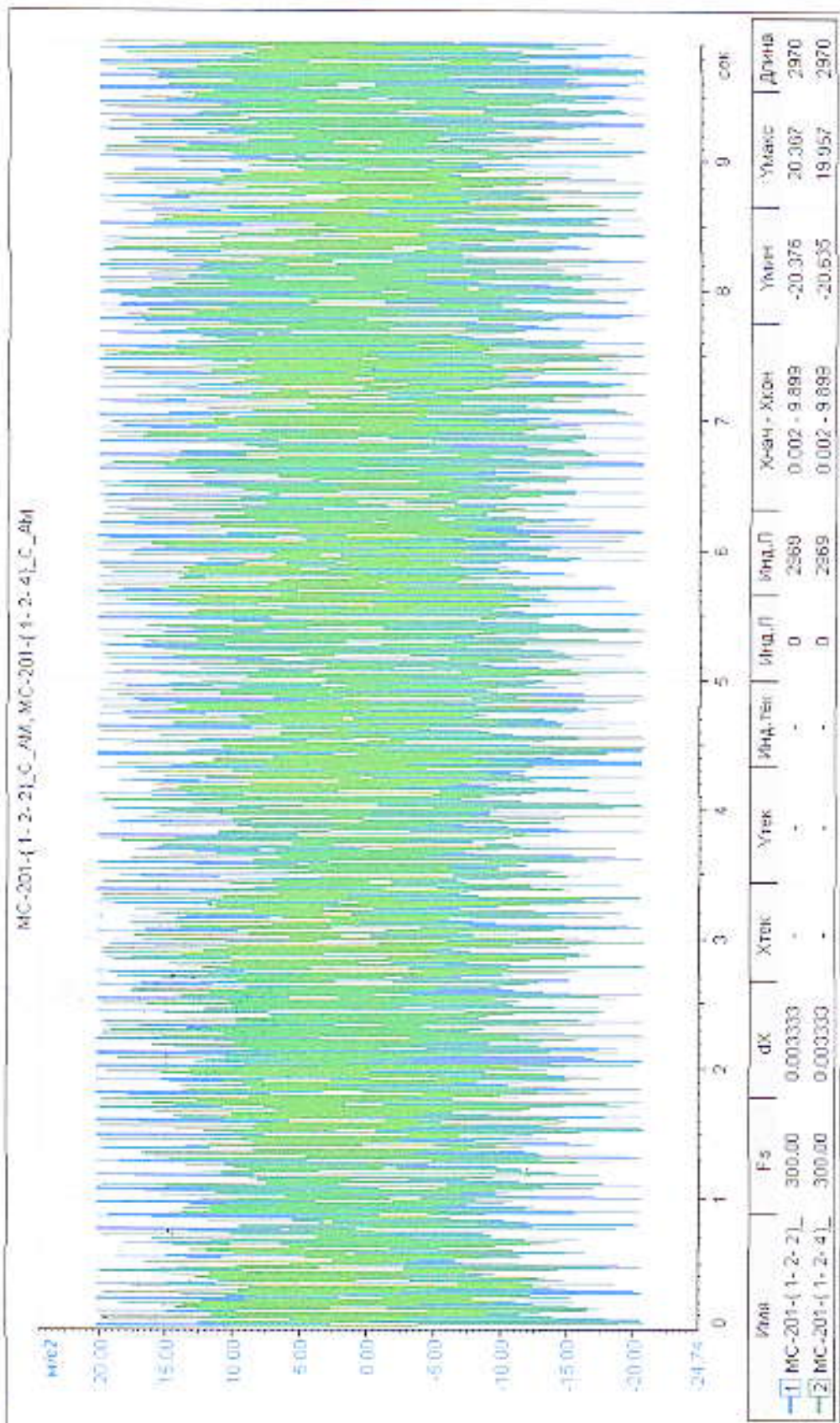


Рис. III.1 Акселерограмма горизонтальных ускорений. Режим 29.

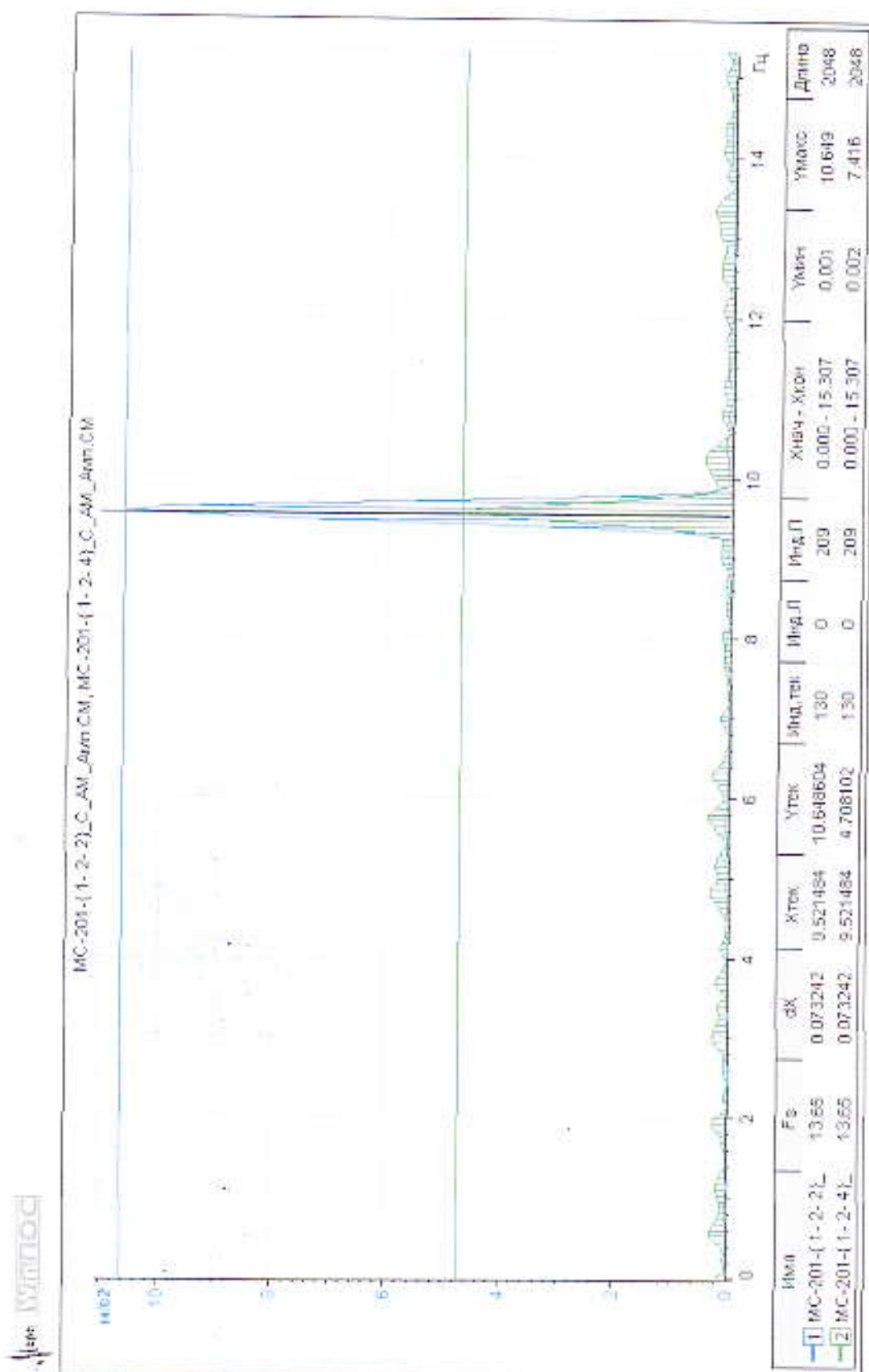


Рис. П1.2 Спектр пиковых значений горизонтальных ускорений Режим 29.

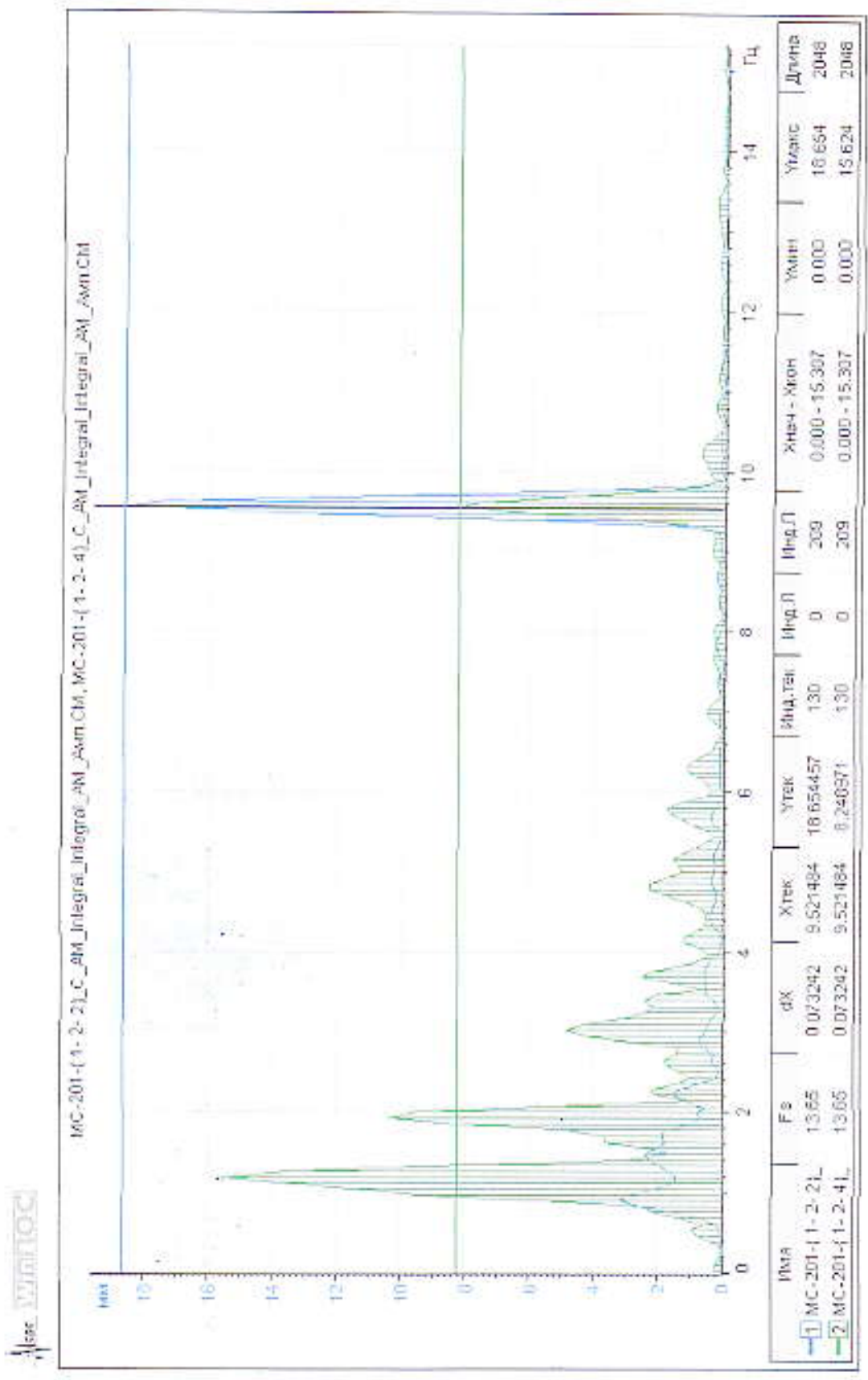


Рис. III.3 Спектр пиковых значений горизонтальных перемещений Режим 29

MC-201-1-2-3\C_C_AM, MC-201-1-4-1\C_C_AM

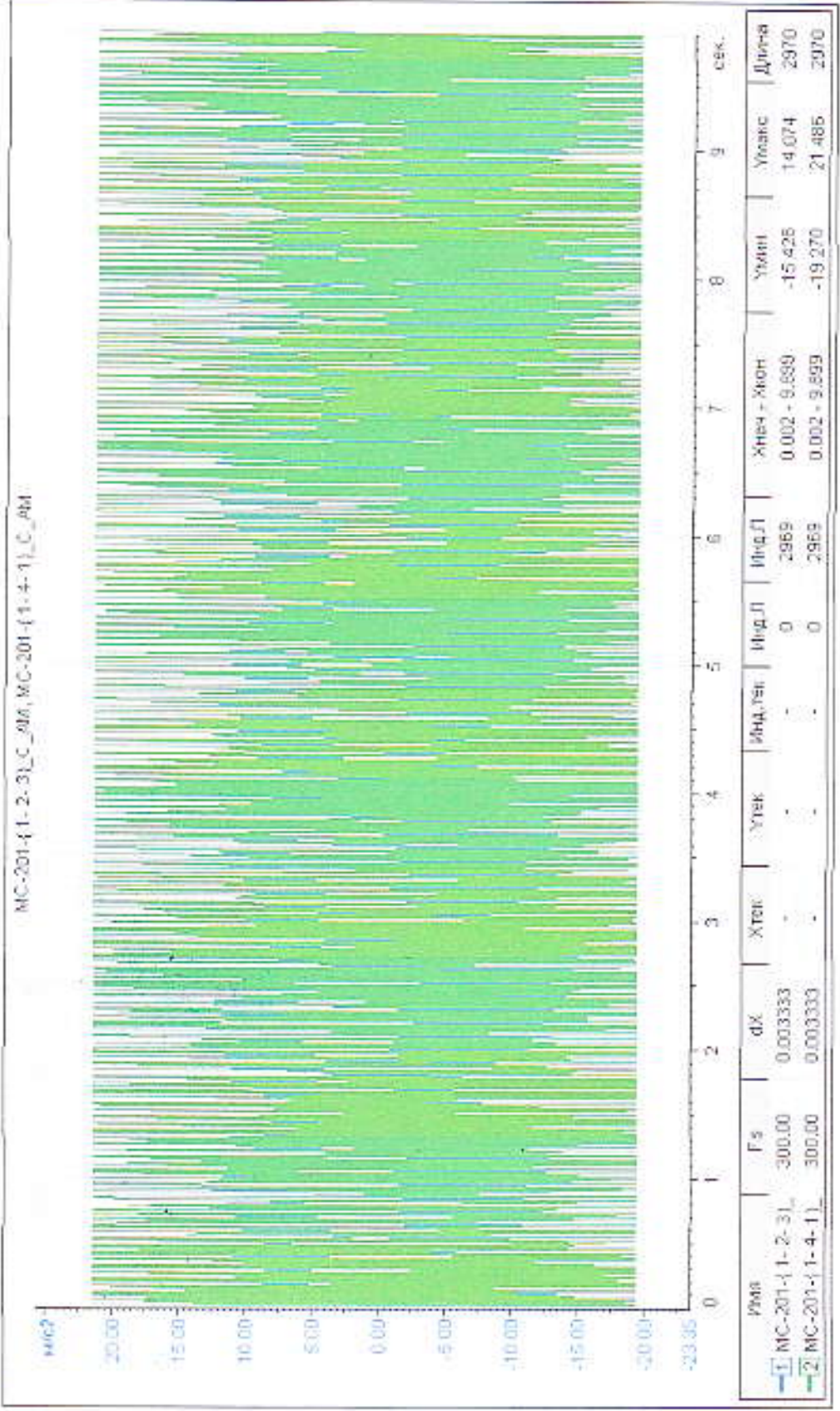


Рис. П1.4 Акселерограмма вертикальных ускорений. Режим 29

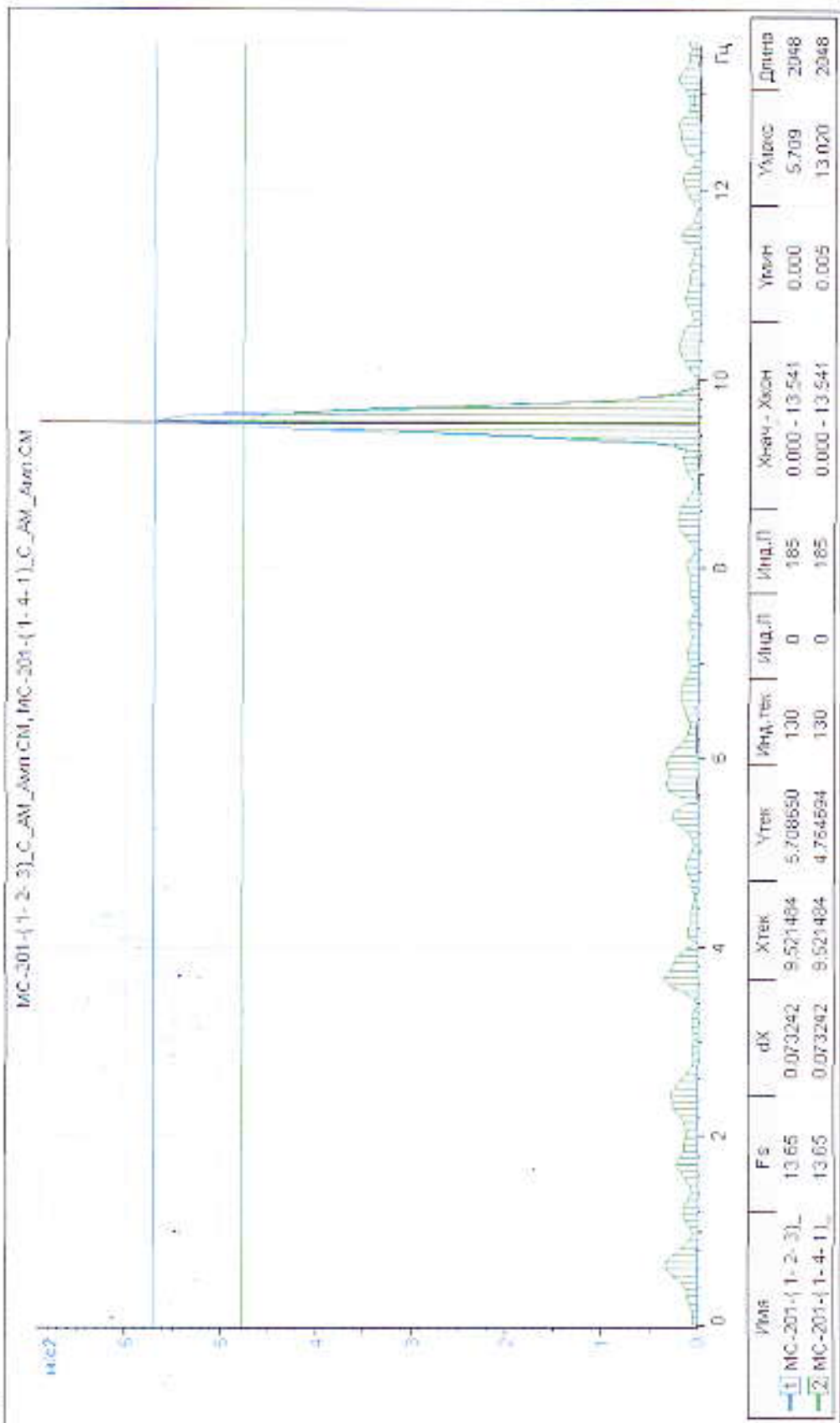


Рис. П1.5 Спектр пиковых значений вертикальных ускорений. Режим 29

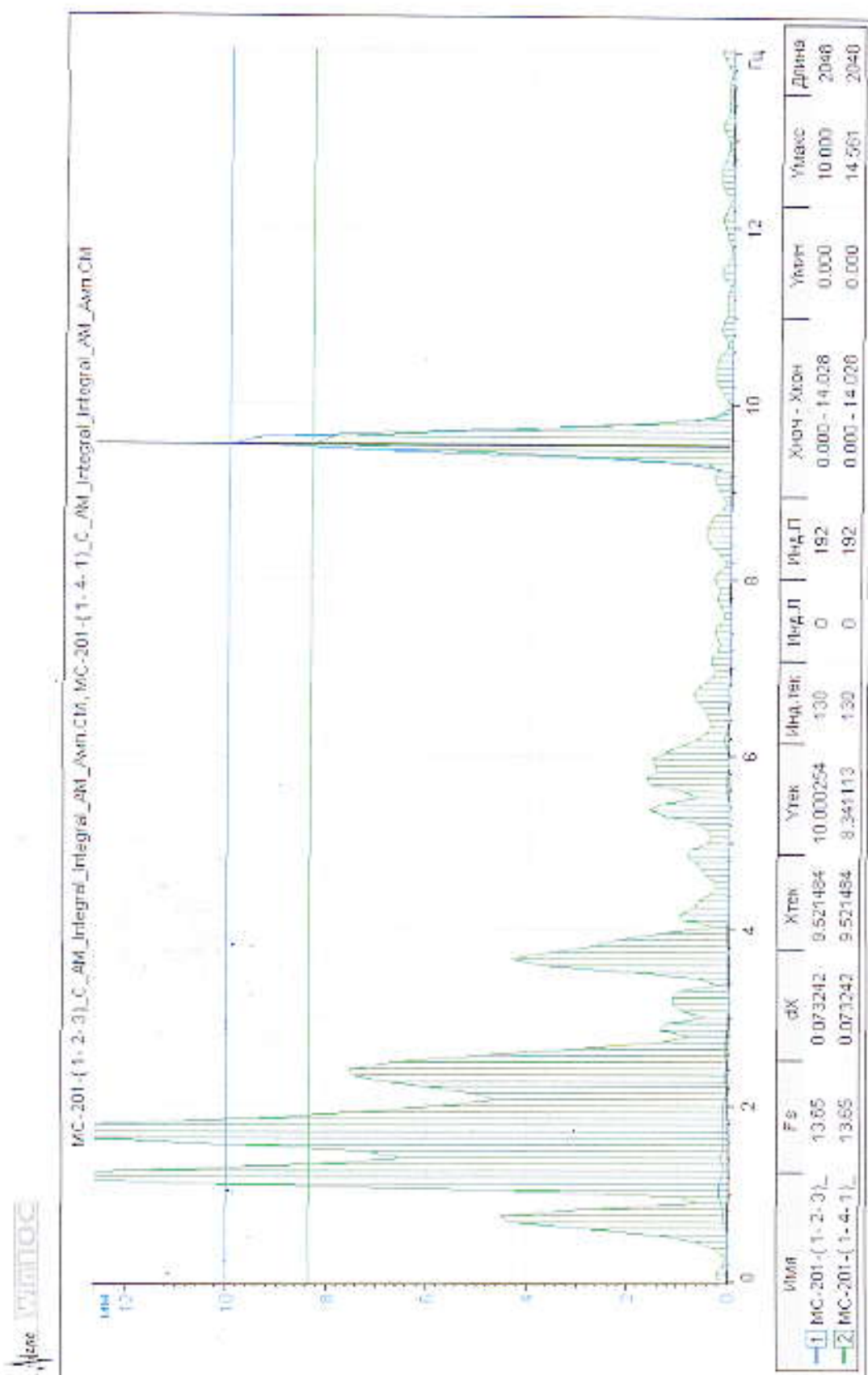


Рис. П1.6 Спектр пиковых значений вертикальных перемещений. Режим 29.

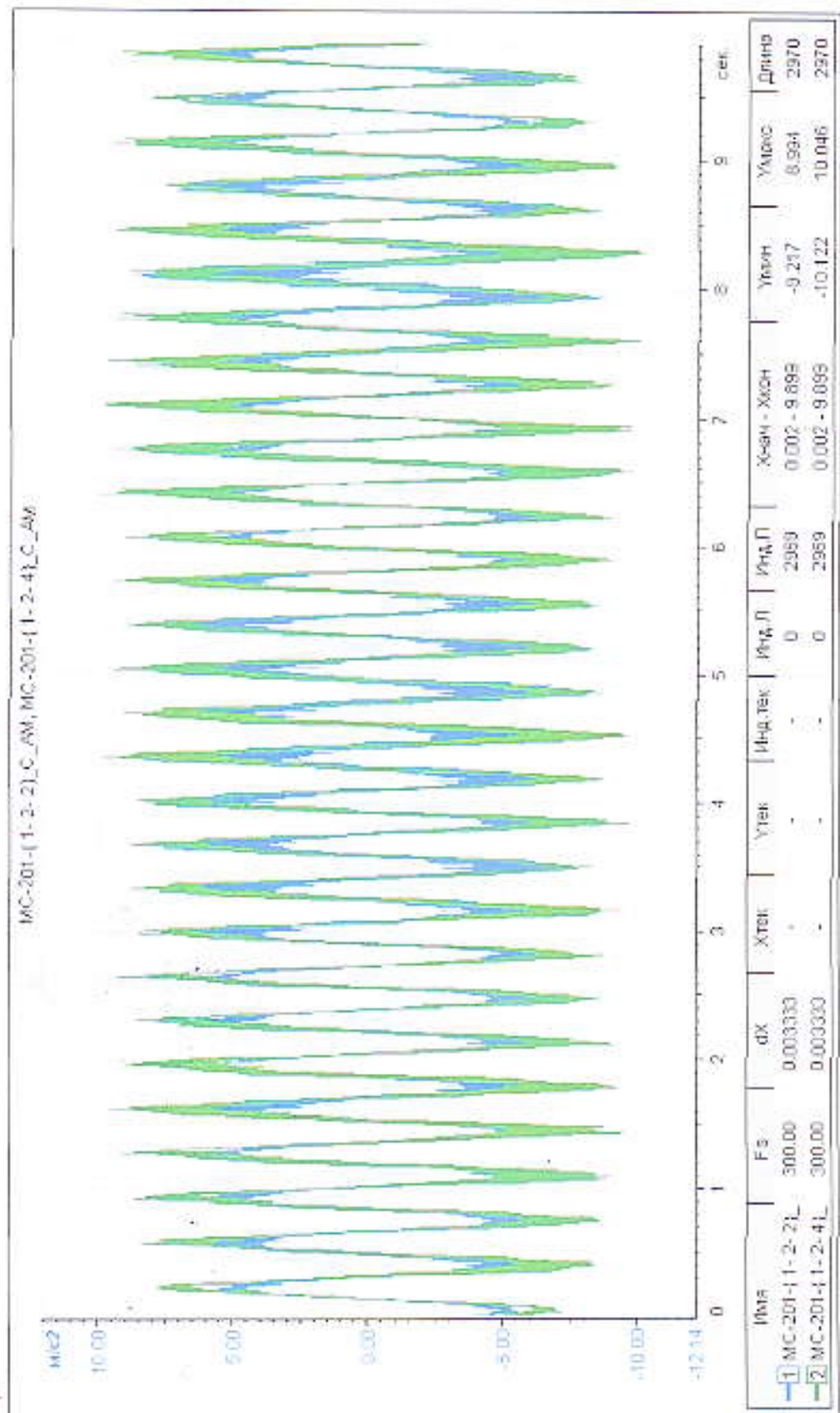


Рис. III.7 Акселерограмма горизонтальных ускорений. Режим 2Г

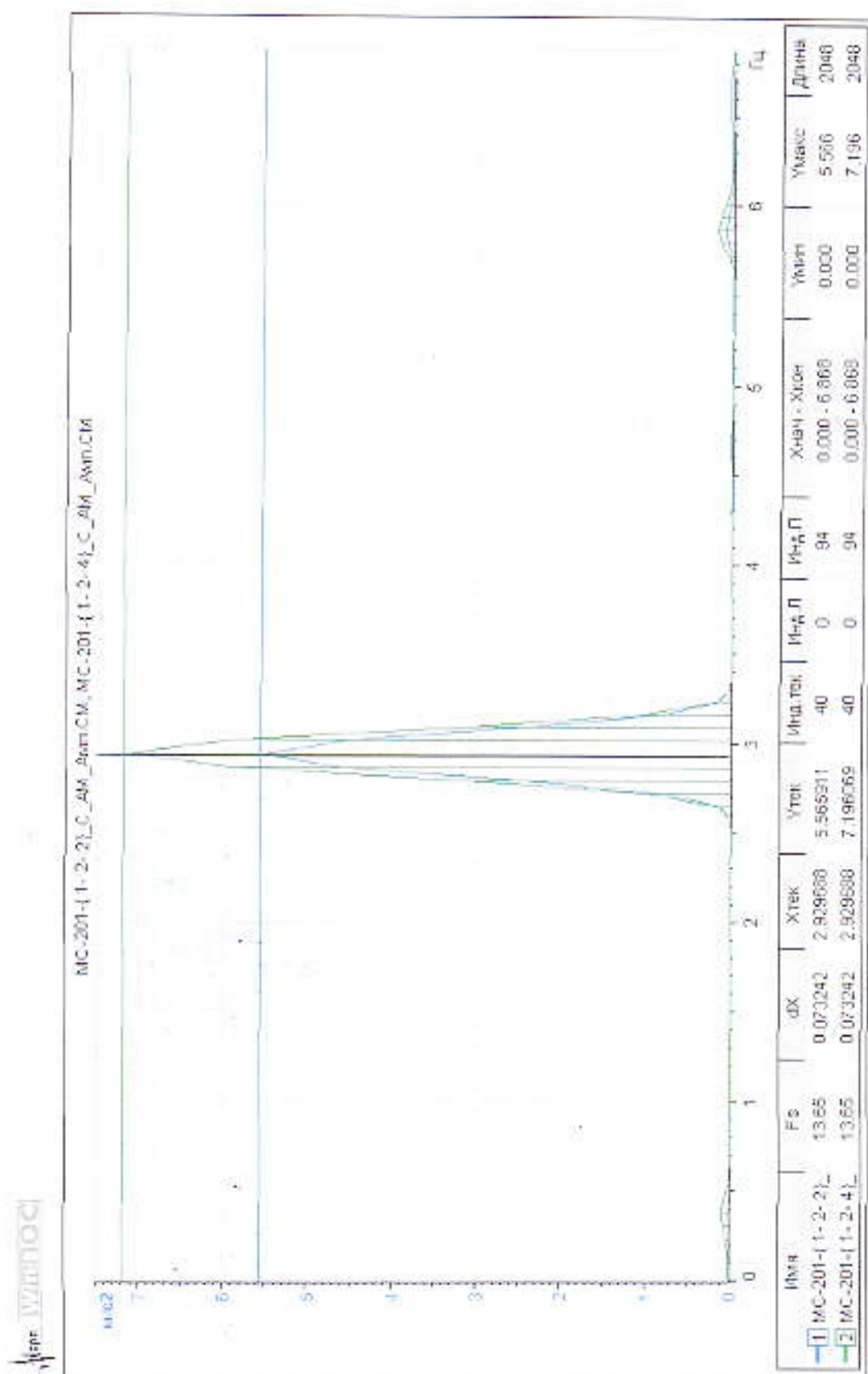


Рис. П1.8 Спектр пиковых значений горизонтальных ускорений. Режим 21.

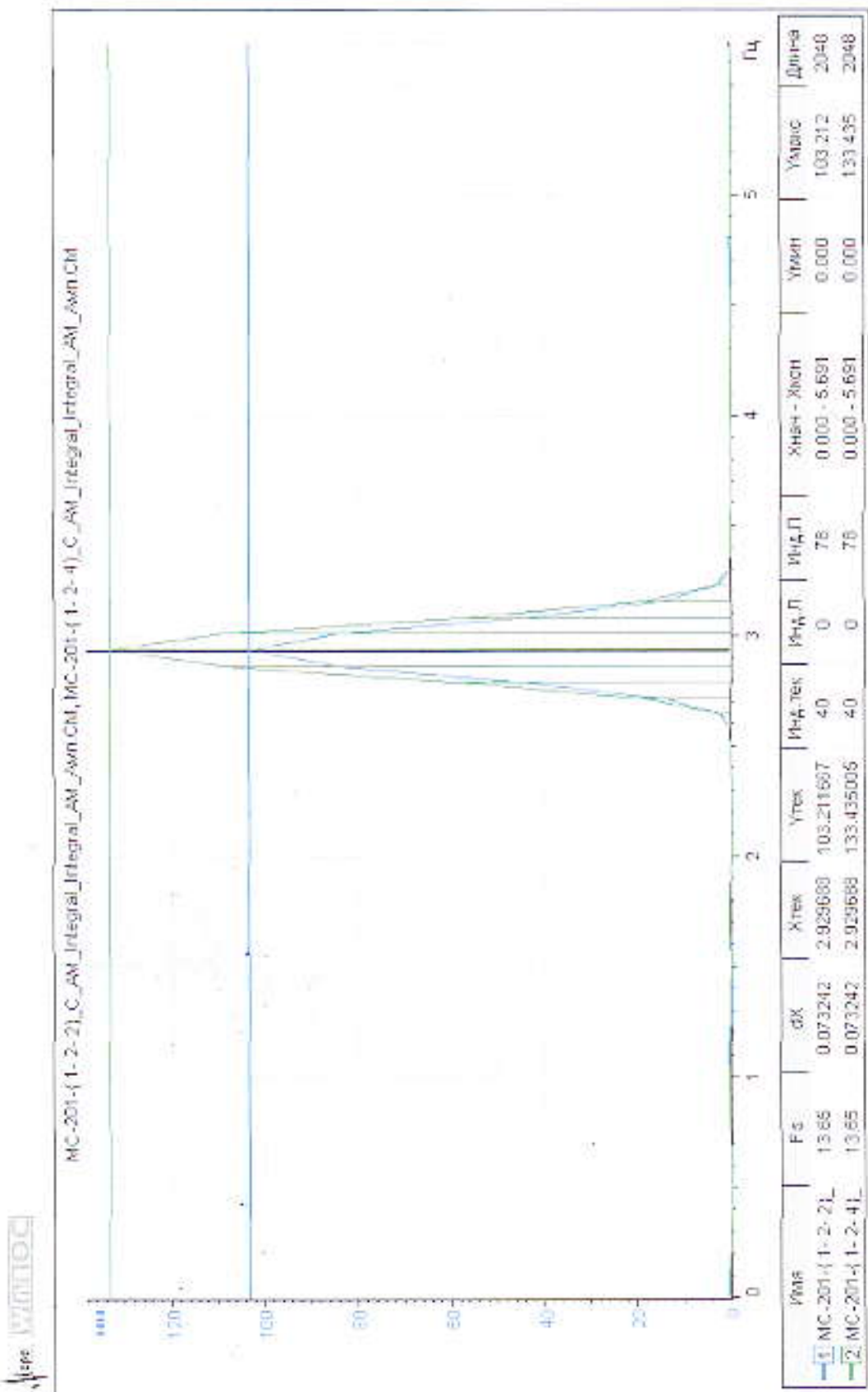


Рис. П.9 Спектр шкочных значений горизонтальных перемещений. Режим 21.

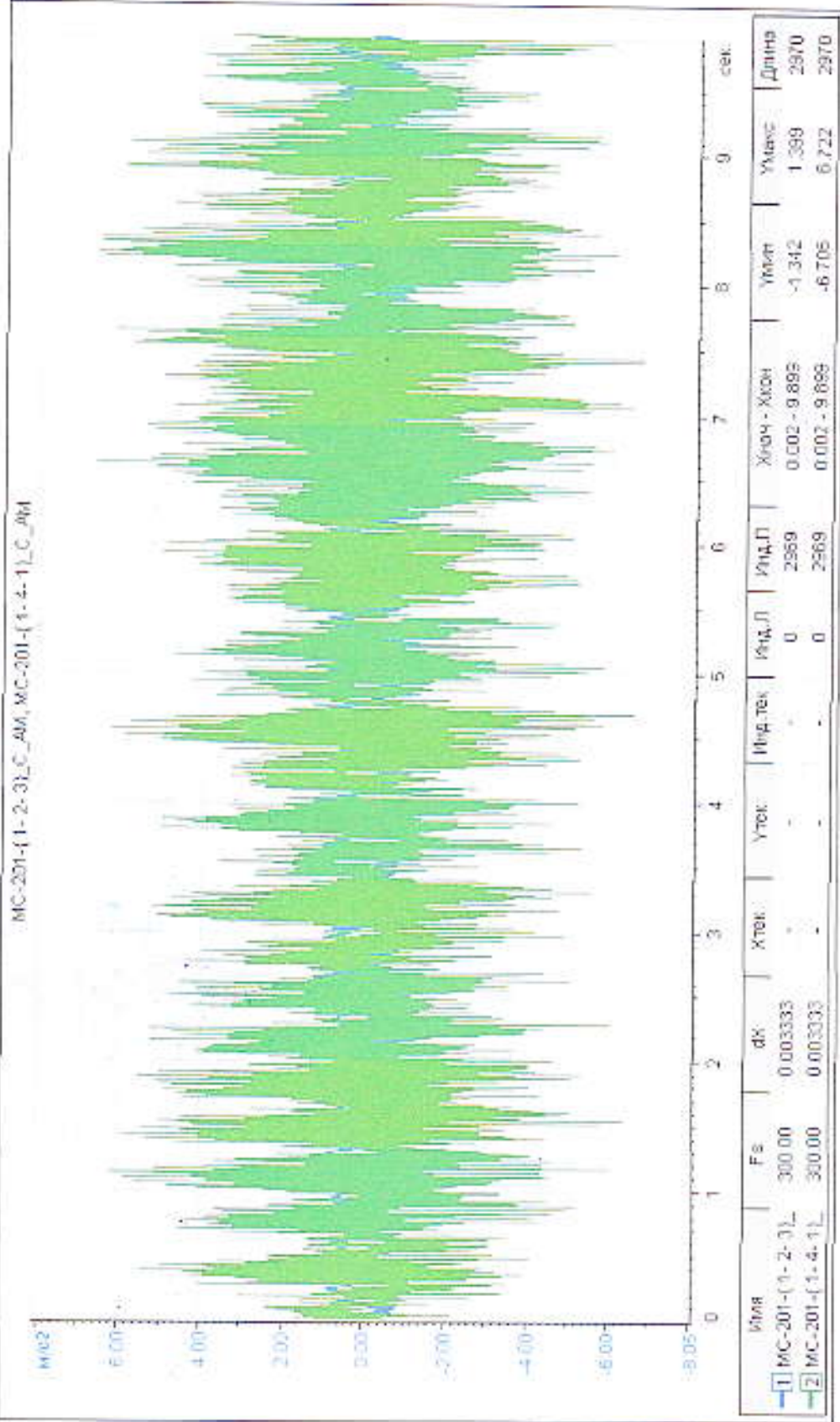


Рис. П1.10 Акселерограмма вертикальных ускорений. Режим 21.

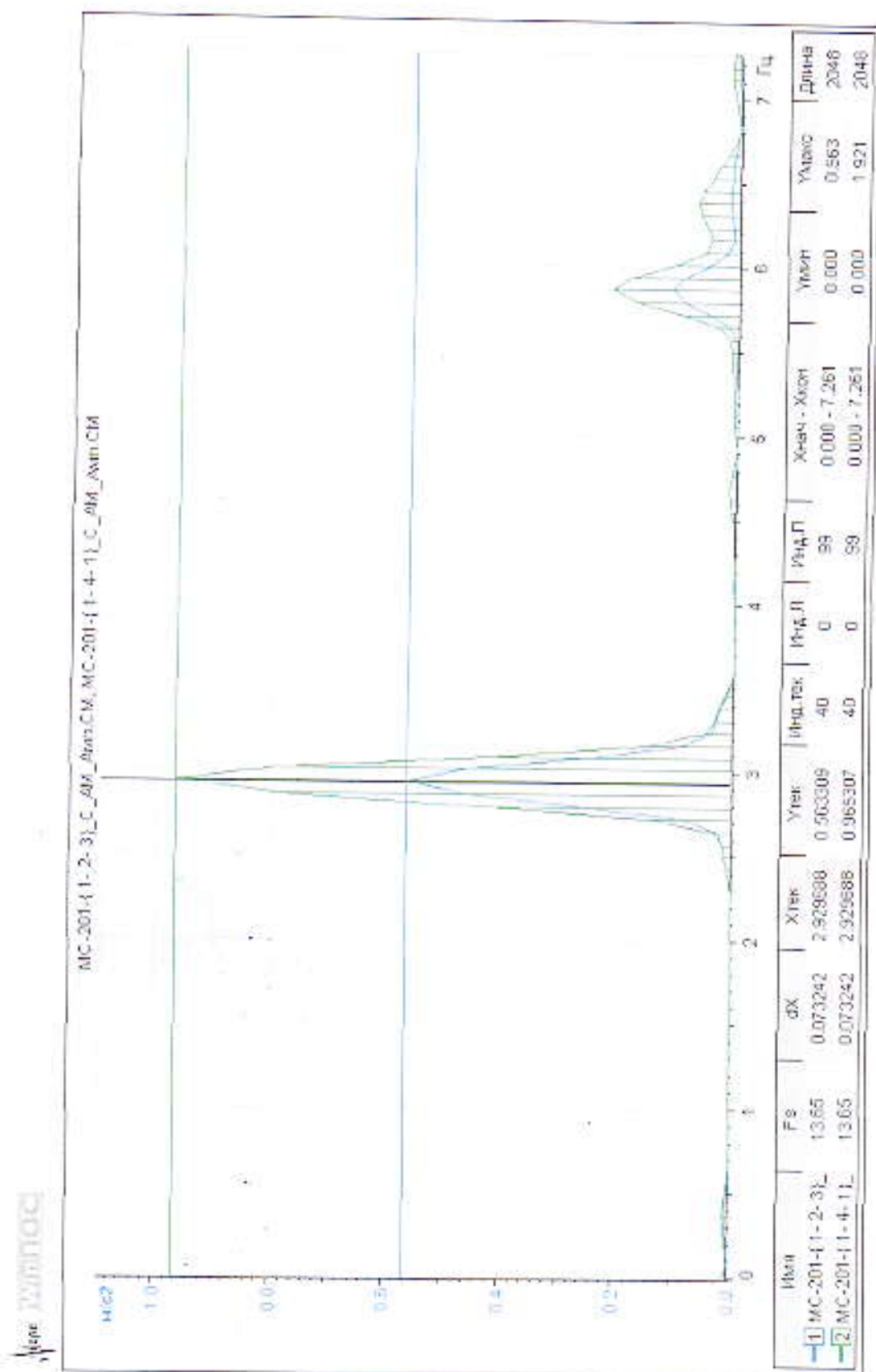


Рис. П.11 Спектр пиковых значений вертикальных ускорений. Режим 21.

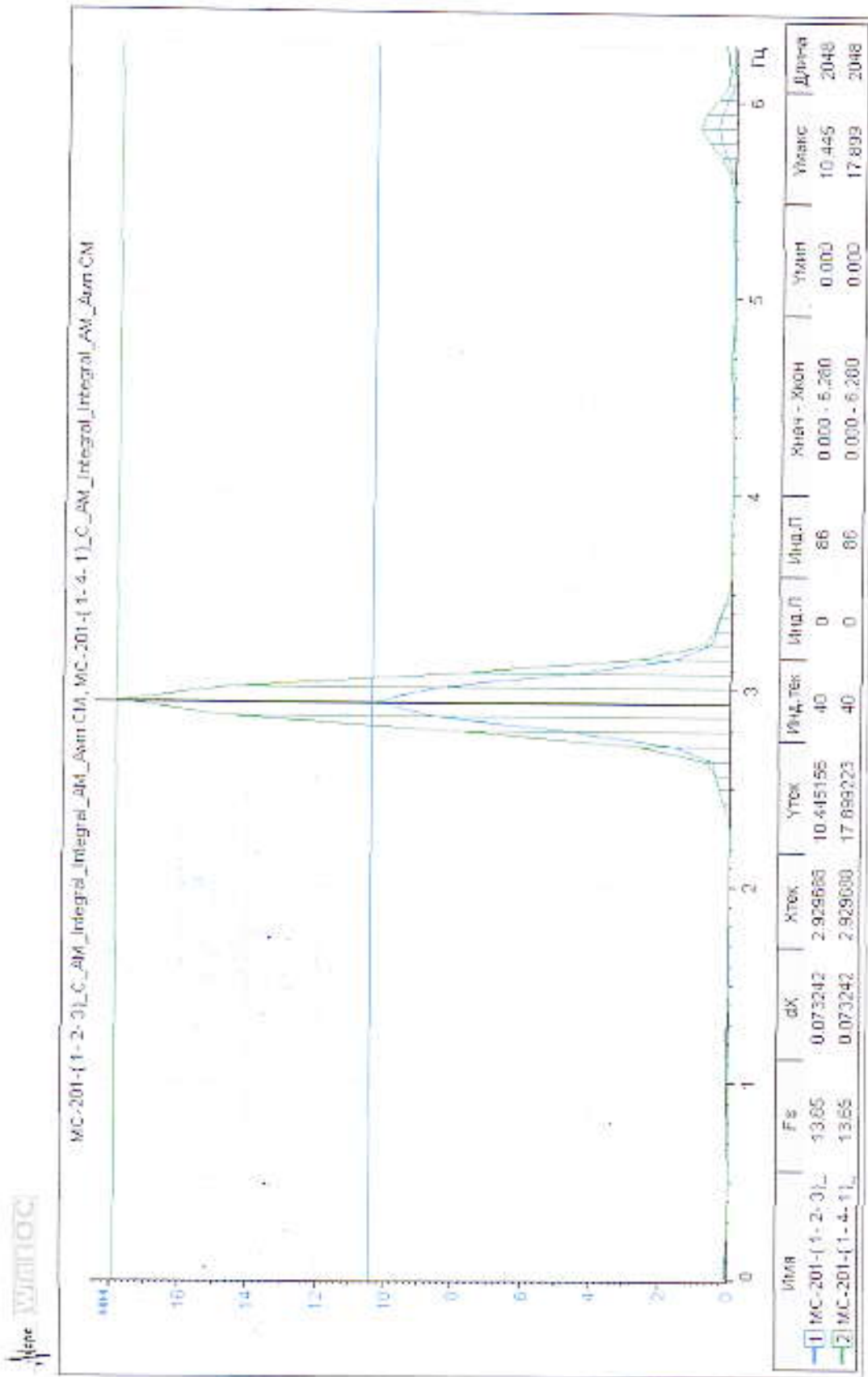


Рис. П1.12. Спектр пиковых значений вертикальных перемещений. Режим 21