



Открытое акционерное общество
"Научно-исследовательский центр "Строительство"
(ОАО "НИЦ "Строительство")

(499)170-1548; факс: (499)171-2250; E-mail: inf@cstroy.ru, Интернет: www.cstroy.ru
Центральный научно-исследовательский институт строительных
конструкций имени В.А. Кучеренко (ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко)
109428, Москва, 2-я Институтская ул. 6,
тел.: (499)171-2650; (499)170-1060; факс: (499)170-1023; (499)171-2858
E-mail: sk@tsniisk.ru; tsniisk@rambler.ru

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко



УТВЕРЖДАЮ:

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

И.И. Ведяков

2015г.

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

по теме: «Экспериментальные исследования по оценке сейсмостойкости,
по результатам натурных испытаний, конструкций навесных фасадных
систем с облицовкой армированными цементно-минеральными
плитами АКВАПАНЕЛЬ»

по договору №428-14/1079/24-38-14/ск от 11.09.2014 г.

Руководитель ЦИСС,
к. т. н.

В.И. Смирнов

Заведующий лабораторией,
к. т. н.

А.В. Грановский

Заведующий сектором

А. И. Доттуев

Старший научный сотрудник

С.С. Хактаев

Старший инженер

В.А. Эрдниева

Москва 2015г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Введение	3
2. Задачи проводимых экспериментальных исследований.	6
3. Конструктивное решение фасадных систем с воздушным зазором (НФС) «АКВАПАНЕЛЬ®» с вертикальным и перекрестным расположением направляющих, а также с подконструкциями из алюминия.	7
4. Программа и методика испытаний НФС «АКВАПАНЕЛЬ®» с вертикальным и перекрестным расположением направляющих, а также с подконструкциями из алюминия	30
5. Оборудование для испытаний НФС «АКВАПАНЕЛЬ®» с вертикальным и перекрестным расположением направляющих, а также с подконструкциями из алюминия на сейсмические нагрузки. Средства измерения и регистрации динамических характеристик НФС.	32
5.1. Оборудование для создания динамических нагрузок на НФС. ...	32
5.2. Средства измерения и регистрации динамических характеристик конструкций и воздействий на них.	33
6. Подготовка стенда и измерительного оборудования. Монтаж конструкций НФС.	39
7. Динамические испытания НФС «АКВАПАНЕЛЬ®» с вертикальным и перекрестным расположением направляющих, а также с подконструкциями из алюминия.	41
7.1. Методика проведения испытаний	41
7.2. Назначение параметров загрузки.	41
7.3. Условия проведения динамических испытаний	42
7.4. Параметры оценки работы НФС по результатам натуральных испытаний	42
7.5. Результаты динамических испытаний НФС и их анализ	46
8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Выводы и рекомендации.	53
Список литературы	55
Приложение 1. Результаты измерения динамических характеристик фасадной системы с использованием прибора «Вибротест МГ-4» (только в 1-ом экземпляре отчета) ..	57
Приложение 2. Результаты динамических испытаний фасадных систем (только в 1-м экз. отчета)	59
Приложение 3. Видеосъемка испытаний НФС на сейсмическое воздействие (только в 1-м экз. отчета)	84
Приложение 4. Свидетельство (только в 1-м экз. отчета)	85

1. Введение

Настоящий технический отчет составлен по результатам экспериментальных исследований сейсмостойкости конструкций навесных фасадных систем с воздушным зазором (НФС) «АКВАПАНЕЛЬ®» с вертикальным и перекрестным расположением направляющих, а также с подконструкциями из алюминия с использованием облицовки в виде армированных цементно-минеральных плит «АКВАПАНЕЛЬ-Наружная» производства фирмы «KNAUF USG Systems» (КНАУФ УСГ Системс).

Фасадные системы «АКВАПАНЕЛЬ®» предназначены для дополнительного утепления и облицовки внешних ограждающих конструкций, как для существующих объектов, так и новостроек в жилищном, гражданском, промышленном и индивидуальном строительстве.

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

Цели лабораторных испытаний:

- оценка эксплуатационной надежности навесных фасадных систем «АКВАПАНЕЛЬ®» с вертикальным и перекрестным расположением направляющих, а также с подконструкциями из алюминия с использованием облицовки в виде армированных цементно-минеральных плит «АКВАПАНЕЛЬ-Наружная» производства фирмы «KNAUF USG Systems» (КНАУФ УСГ Системс), возводимых в сейсмических районах с балльностью 7÷9 баллов по шкале MSK-64 [1];

В настоящем Техническом отчете представлены результаты динамических испытаний по оценке сейсмостойкости навесных фасадных систем (далее НФС) «АКВАПАНЕЛЬ®» с использованием указанного выше вида облицовки.

Отчет оформлен в соответствии с требованиями нормативных документов, технических регламентов и стандартов. При описании методики

и результатов экспериментально-технических исследований сейсмостойкости НФС «АКВАПАНЕЛЬ®» использовались термины и определения, содержащиеся в действующих стандартах и нормативах [1÷6].

Для проведения испытаний Заказчиком были доставлены в Центр исследований сейсмостойкости сооружений экспериментальные образцы НФС «АКВАПАНЕЛЬ®», облицовка в виде армированных цементно-минеральных плит «АКВАПАНЕЛЬ - Наружная» толщиной 12,5 мм.

Монтаж конструкций и облицовки НФС на экспериментальный стенд был выполнен специалистами Заказчика.



Рис. 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 «АКВАПАНЕЛЬ®» в сейсмических районах России на строительных площадках с балльностью 7÷9 баллов включает в себя следующие этапы:

Комплексные экспериментальные исследования работы НФС «АКВАПАНЕЛЬ®» с их вибродиагностикой: испытания фрагментов НФС на виброплатформе.

Внесение в Стандарт предприятия или в Альбомы технических решений [4-6] и согласование с ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко ОАО «НИЦ «Строительство» изменений (если это потребуется по результатам испытаний) по конструктивному решению НФС «АКВАПАНЕЛЬ®» при использовании их в сейсмических районах РФ.

3. Конструктивное решение фасадных систем «АКВАПАНЕЛЬ®» с вертикальным и перекрестным расположением направляющих, а также с подконструкциями из алюминия.

Для проведения динамических испытаний Заказчиком были предоставлены конструктивные варианты навесных фасадных систем «АКВАПАНЕЛЬ®» с вертикальным и перекрестным расположением направляющих, а также с подконструкциями из алюминия с использованием облицовки в виде армированных цементно-минеральных плит «АКВАПАНЕЛЬ - Наружная» толщиной 12,5 мм, производства фирмы «KNAUF USG Systems» (КНАУФ УСГ Системс).

Несущие конструкции НФС «АКВАПАНЕЛЬ®» представляют собой конструкции, разработанные на принципе навесных фасадов с вентилируемым воздушным зазором, образованным между облицовочным материалом и теплоизоляцией, устанавливаемые на стене здания в реальных условиях или на металлической раме стенда в случае проведения данных натурных испытаний.

Элементы конструкций фасадных систем, в случае использования НФС «АКВАПАНЕЛЬ®» с вертикальным и перекрестным расположением направляющих (направляющие, кронштейны) изготовлены из оцинкованной стали с полимерным покрытием или из нержавеющей стали, а в случае использования НФС «АКВАПАНЕЛЬ®» с подконструкциями из алюминия, несущие элементы изготовлены из сплава алюминия.

В качестве материалов облицовки НФС «АКВАПАНЕЛЬ®» использовались указанные ранее армированные цементно-минеральные плиты «АКВАПАНЕЛЬ - Наружная» толщиной 12,5 мм.

При монтаже НФС «АКВАПАНЕЛЬ®» для проведения натурных испытаний крепление кронштейнов каркаса к металлической раме стенда осуществлялось при помощи болтового соединения.

При монтаже подконструкции НФС «АКВАПАНЕЛЬ®» с перекрестным расположением направляющих использовались кронштейны производства

ООО «ЦЗМП» в виде неравнополочного уголка марки ККУ-90x80-1.2 длиной 90 мм, которые устанавливались с горизонтальной ориентацией несущей полки (рис. 3.1). Крепление кронштейнов к раме стенда производилось через специальные паронитовые прокладки, препятствующие возникновению электрохимической коррозии между бетоном, кирпичом и анкерами при монтаже фасадной системы в реальных условиях. К кронштейнам, при помощи двух саморезов крепились горизонтальные Г-образные профили марки КПГ-60x44x3000 (рис. 3.2), на которые, в свою очередь, устанавливали вертикальные [-образные профили марки КПШ-90x20x3000, их крепление производилось также с использованием двух саморезов (рис. 3.3).

После монтажа вертикальных направляющих профилей производилась установка армированных цементно-минеральных плит «АКВАПАНЕЛЬ – Наружная» толщиной 12,5 мм на смонтированные вертикальные профили и их жесткое закрепление к [-образным профилям с помощью саморезов (рис. 3.4).

В образцах НФС «АКВАПАНЕЛЬ®» с вертикальным расположением направляющих использовались кронштейны производства ООО «ЦЗМП» в виде неравнополочного уголка марки ККУ-90x80-1.2 длиной 90 мм, которые устанавливались с вертикальной ориентацией несущей полки (рис. 3.5). Крепление кронштейнов к раме стенда производилось также как и в предыдущем варианте через специальные прокладки. Далее производилась установка вертикальных Г-образных профилей марки КПГШ-60x81x3000, которые крепились к каждому кронштейну посредством двух саморезов (рис. 3.6).

В НФС «АКВАПАНЕЛЬ®» с вертикальным расположением направляющих облицовочные плиты крепились непосредственно к вертикальным направляющим профилям с помощью саморезов (см. рис. 3.4) как и в вышеуказанной НФС «АКВАПАНЕЛЬ®» с перекрестным расположением направляющих, при этом в угловой зоне

производился монтаж углового элемента КПП 60x44 непосредственно к двум смежным панелям.

При монтаже НФС «АКВАПАНЕЛЬ®» с подконструкциями из алюминия с облицовкой в виде армированных цементно-минеральных плит «АКВАПАНЕЛЬ – Наружная» толщиной 12,5 мм, производства фирмы «KNAUF USG Systems» (КНАУФ УСГ Системс) использовались несущие L-образные кронштейны марки MacFOX Large и опорные L-образные кронштейны марки MacFOX Small с рифлением (входящим в зацепление с рифлением направляющих) длиной 120 мм (рис. 3.7). Крепление к раме стенда несущих кронштейнов марки MacFOX Large, которые занимали только 1 верхний ряд, производилось с помощью 2-х болтов. Крепление опорных кронштейнов марки MacFOX Small, занимающих все остальные ряды, производилось с помощью 1-го болта.

После установки кронштейнов производился монтаж вертикальных направляющих T-образного профиля марки 60/82/2.2 и L-образного профиля марки 60/40/2.2 НФС «АКВАПАНЕЛЬ®» с подконструкциями из алюминия (рис. 3.8, 3.9). Их крепление к несущим и опорным кронштейнам производилось с помощью вытяжных алюминиевых заклепок $\varnothing 4,8 \times 12$ A1/A2 с сердечником из коррозионностойкой стали (рис. 3.10). При этом к несущим кронштейнам марки MacFOX L направляющие T- и L-образного профиля крепились 4-мя заклепками (фиксированное крепление), которые устанавливаются в круглые отверстия, к опорному кронштейну марки MacFOX S направляющие крепились 2 заклепками, которые устанавливались в пазы (скользящее крепление). Между каждым кронштейном и основанием устанавливалась прокладка – термомост марки Isolator L или Isolator S.

После монтажа НФС «АКВАПАНЕЛЬ®» с подконструкциями из алюминия производилась установка облицовки в виде армированных цементно-минеральных плит «АКВАПАНЕЛЬ – Наружная» производства фирмы «KNAUF USG Systems» (КНАУФ УСГ Системс) толщиной 12,5 мм аналогично двум вышеперечисленным вариантам НФС.

После установки всех армированных цементно-минеральных плит «АКВАПАНЕЛЬ – Наружная» все стыки заполняются смесью КНАУФ – Севенер (ТУ 5772-025-04001508-2003). Армирующая лента шириной 10 см укладывалась в середину шва в свеженанесённую смесь. Места крепления шурупами также шпаклюются.

Далее производилось оштукатуривание всех лицевых поверхностей фасадных систем (рис. 3.11-3.15) базовым армированным слоем толщиной не менее 4 мм с использованием сетки марки «БАУ - ТЕКС» и штукатурной смеси КНАУФ – Севенер и последующее нанесение финишного декоративного слоя КНАУФ Диамант (ТУ 5745-024-04001508-2003) (рис. 3.16).

В случае, если в качестве финишного декоративного слоя использовалась клинкерная плитка поверхность базового армированного слоя грунтовалась смесью «КНАУФ Изогрунд» (ТУ 5772-031-04001508-2003) и производилось приклеивание клинкерной плитки с помощью плиточного эластичного клея «КНАУФ ФЛЕКС» (рис. 3.17). Затирка при этом не использовалась.

На рис. 3.18 и 3.19 показан стенд со смонтированными фрагментами фасадных систем «АКВАПАНЕЛЬ®» с вертикальным и перекрестным расположением направляющих, а также с подконструкциями из алюминия с использованием облицовки в виде армированных цементно-минеральных плит «АКВАПАНЕЛЬ – Наружная» толщиной 12,5 мм, производства фирмы «KNAUF USG Systems» (КНАУФ УСГ Системс) установленный на виброплатформу.

a)

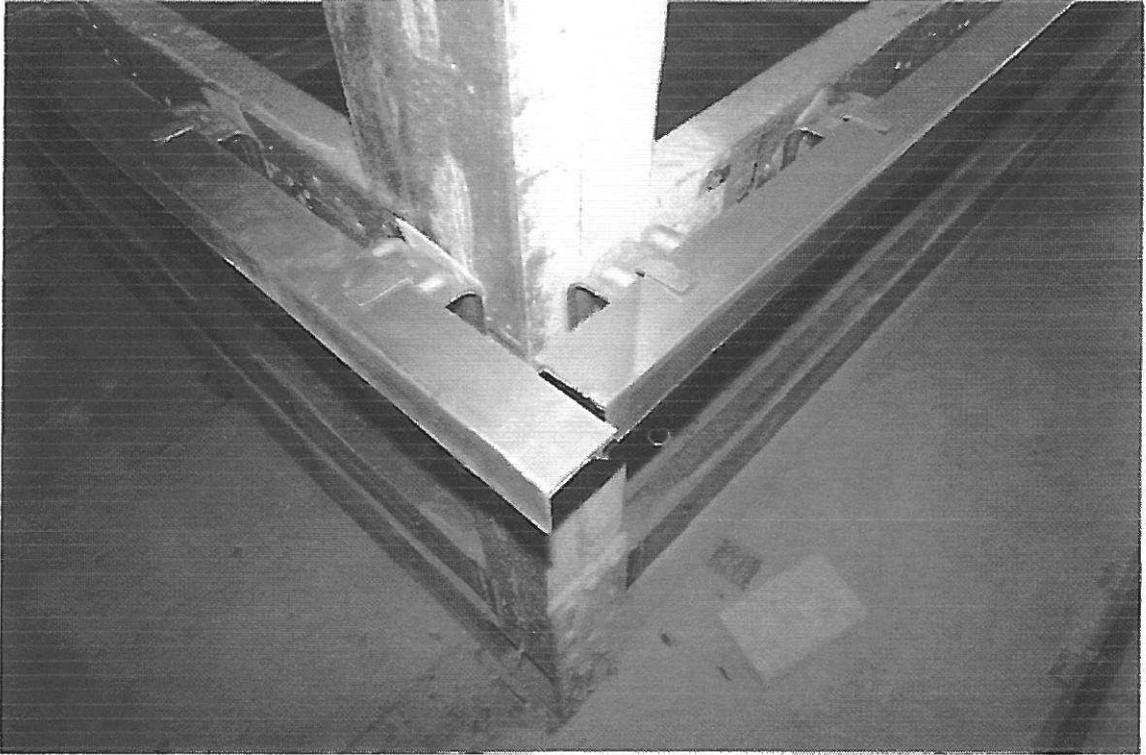


б)



Рис. 3.1

a)



б)

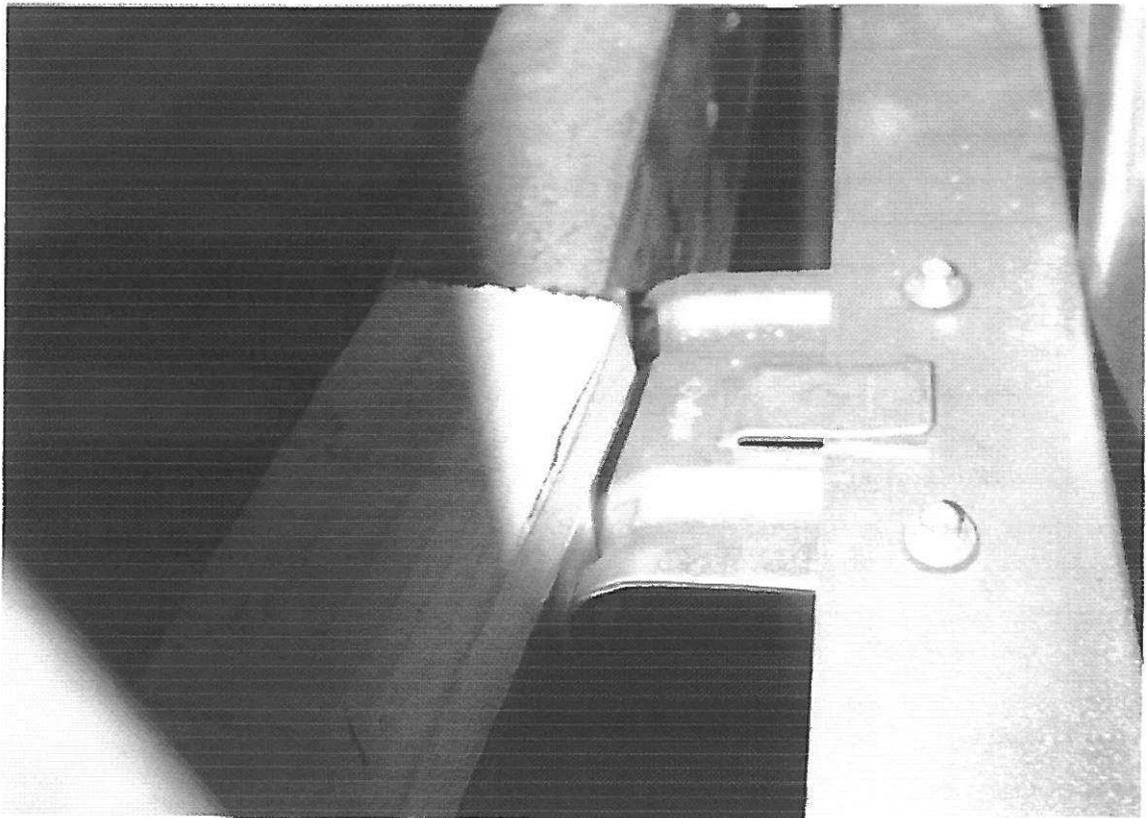
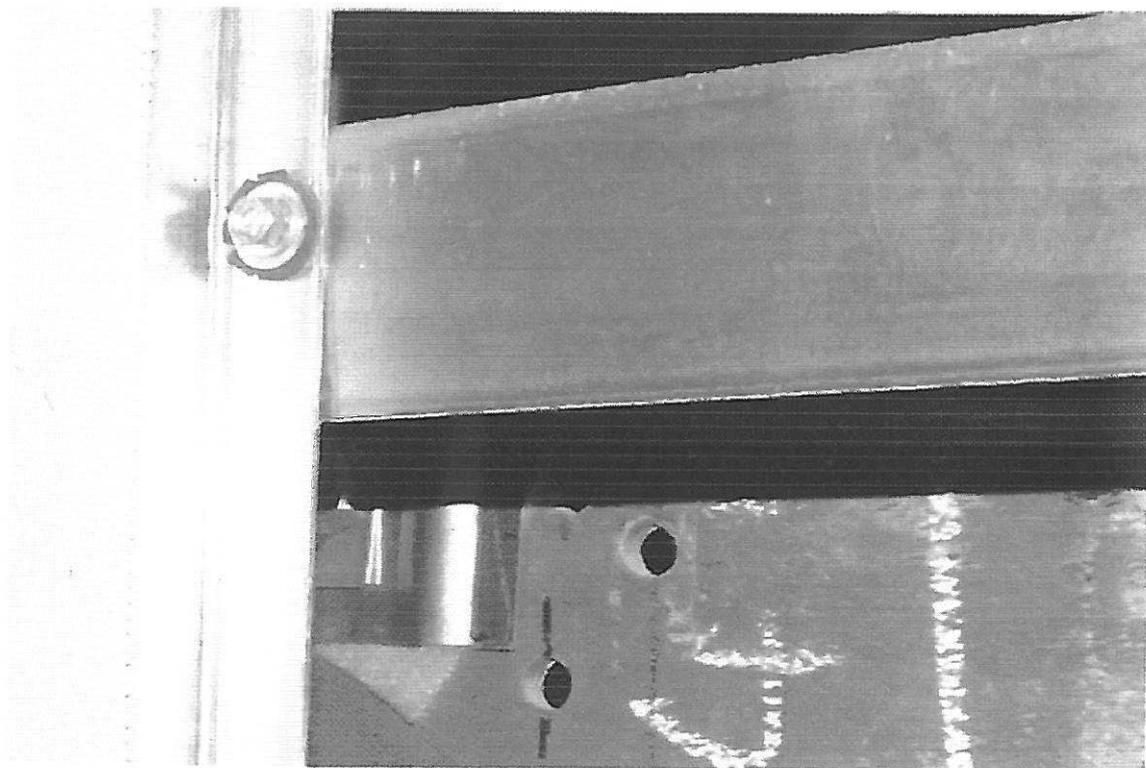


Рис. 3.2

a)



б)

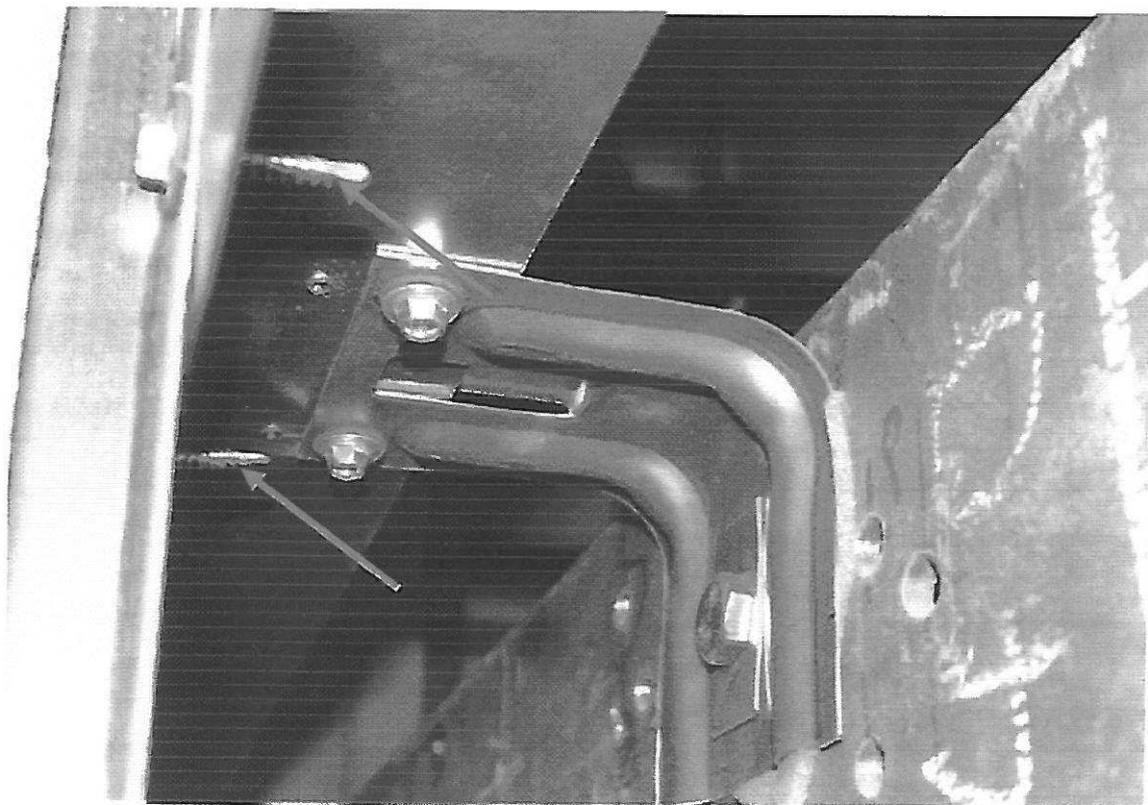


Рис. 3.3

a)



б)

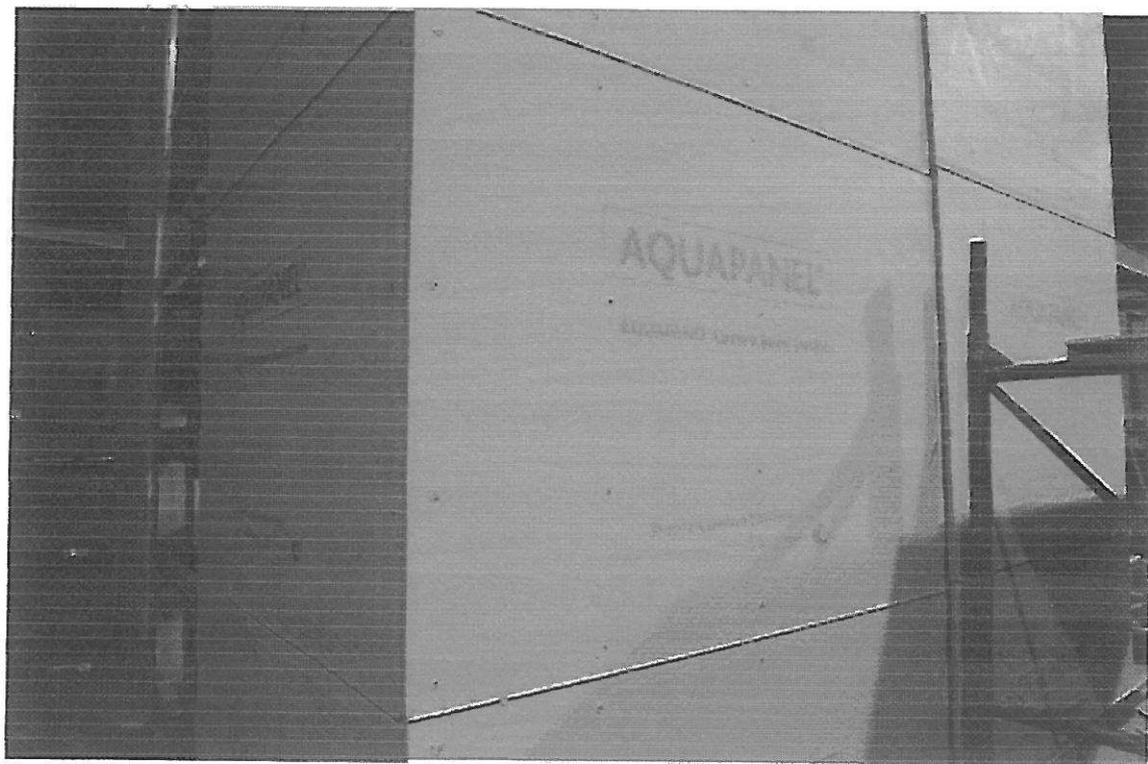
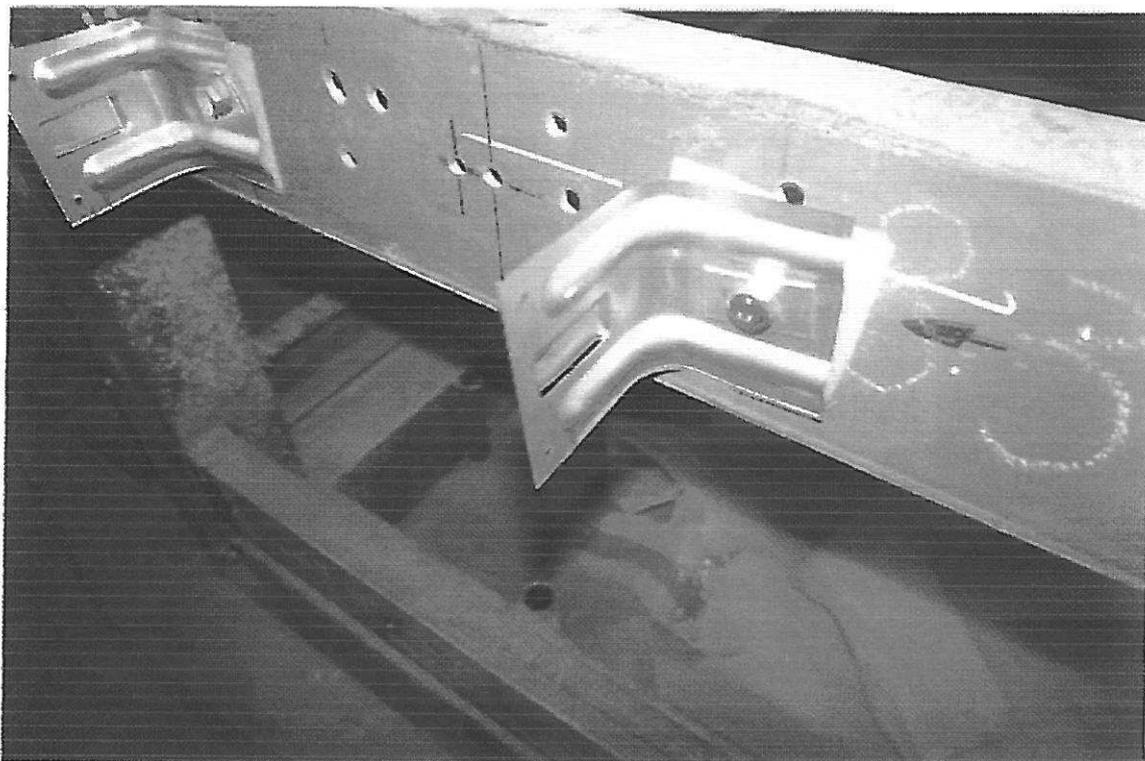


Рис. 3.4

a)



б)



Рис. 3.5

a)



б)

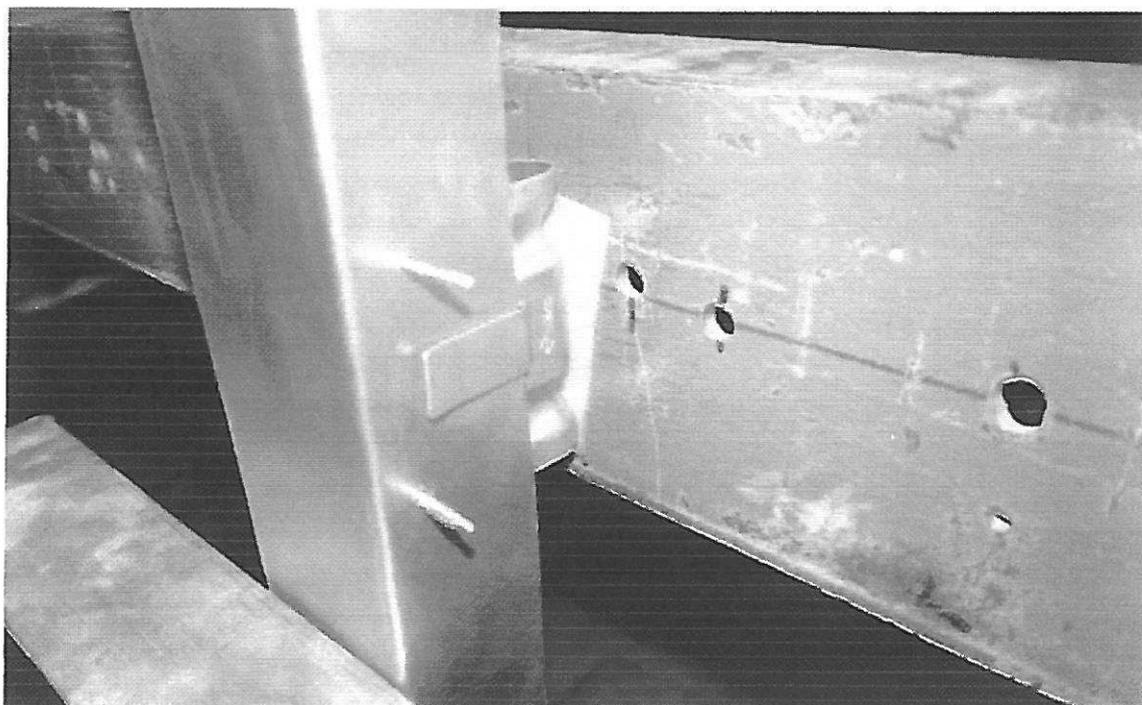
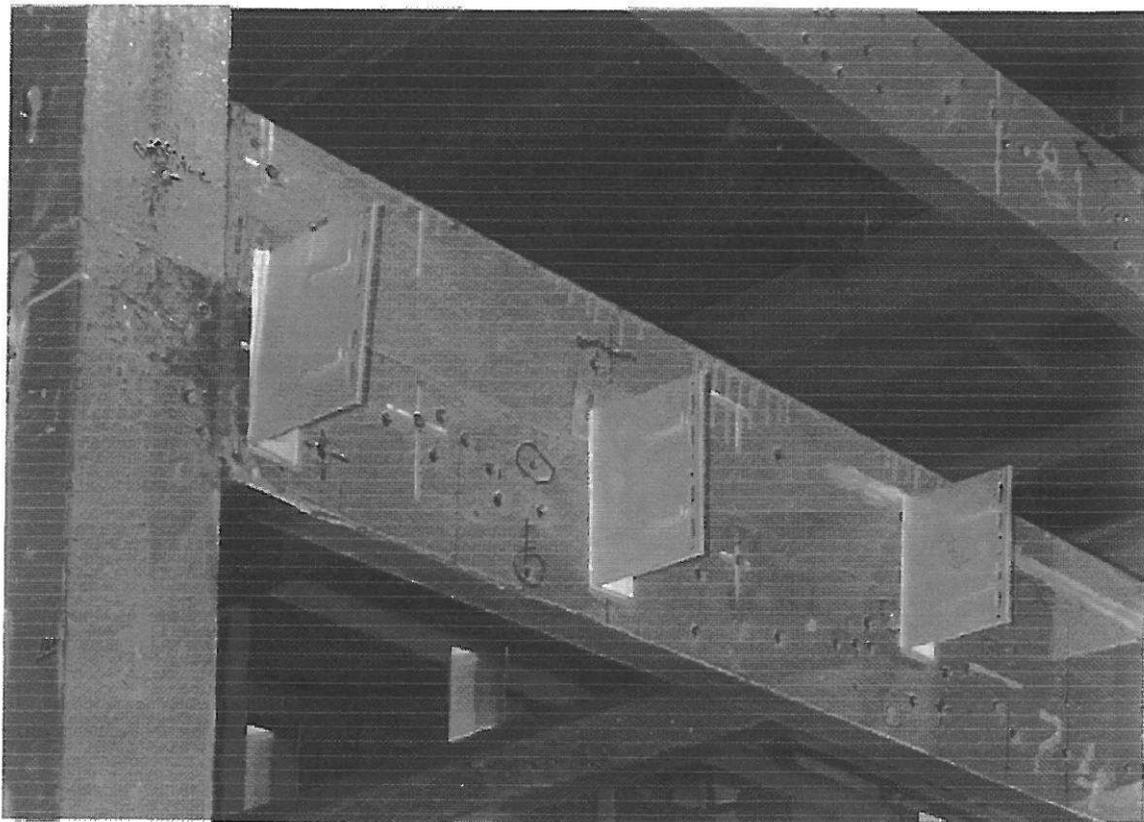


Рис. 3.6

a)



б)

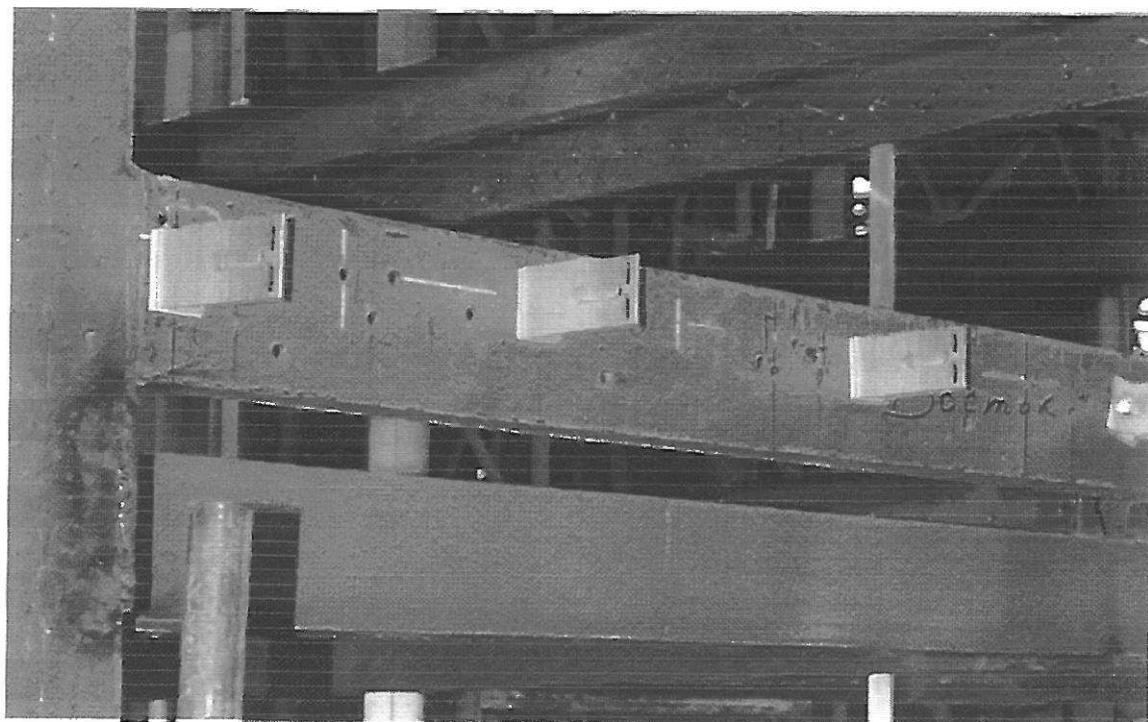
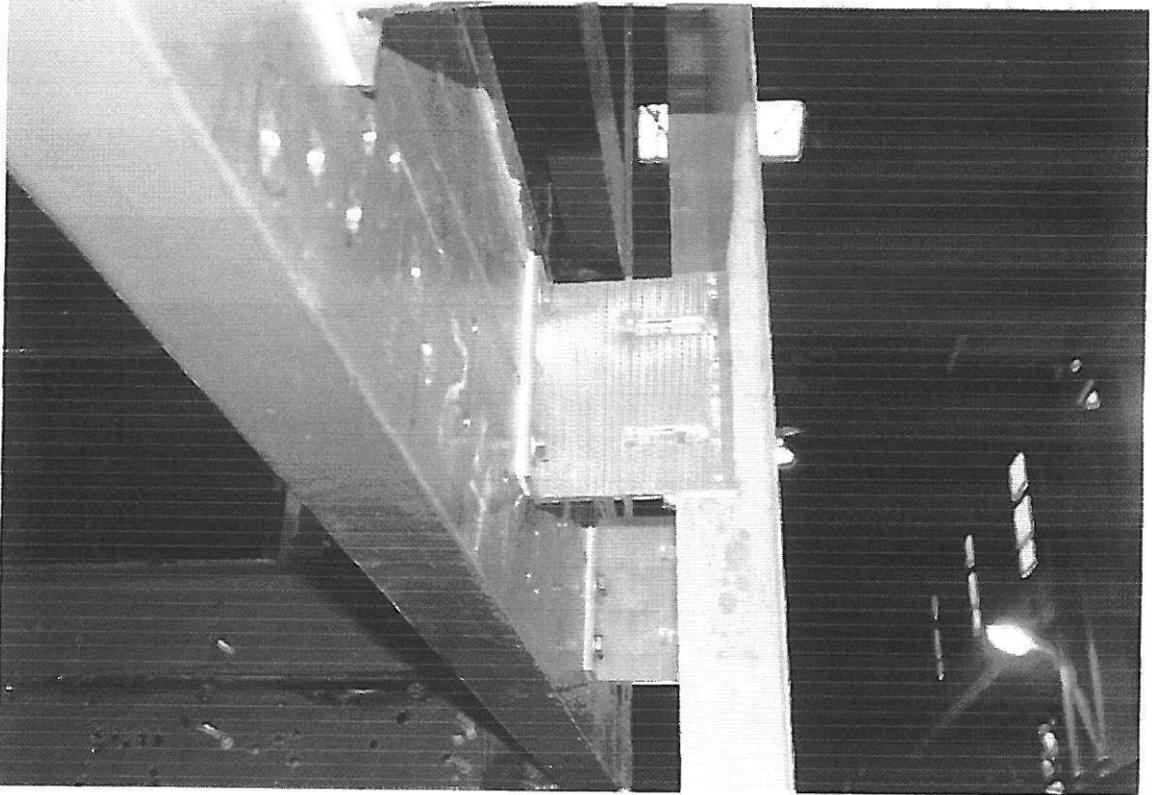


Рис. 3.7

a)



б)

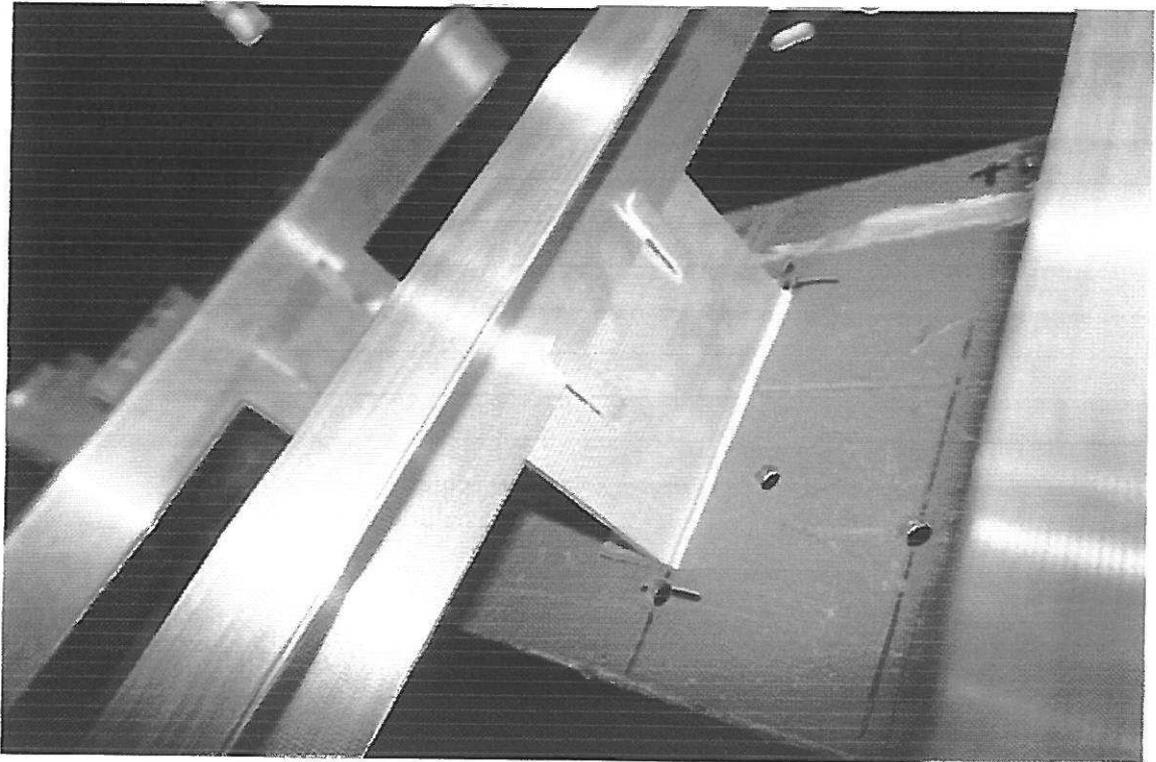


Рис. 3.8

a)



б)

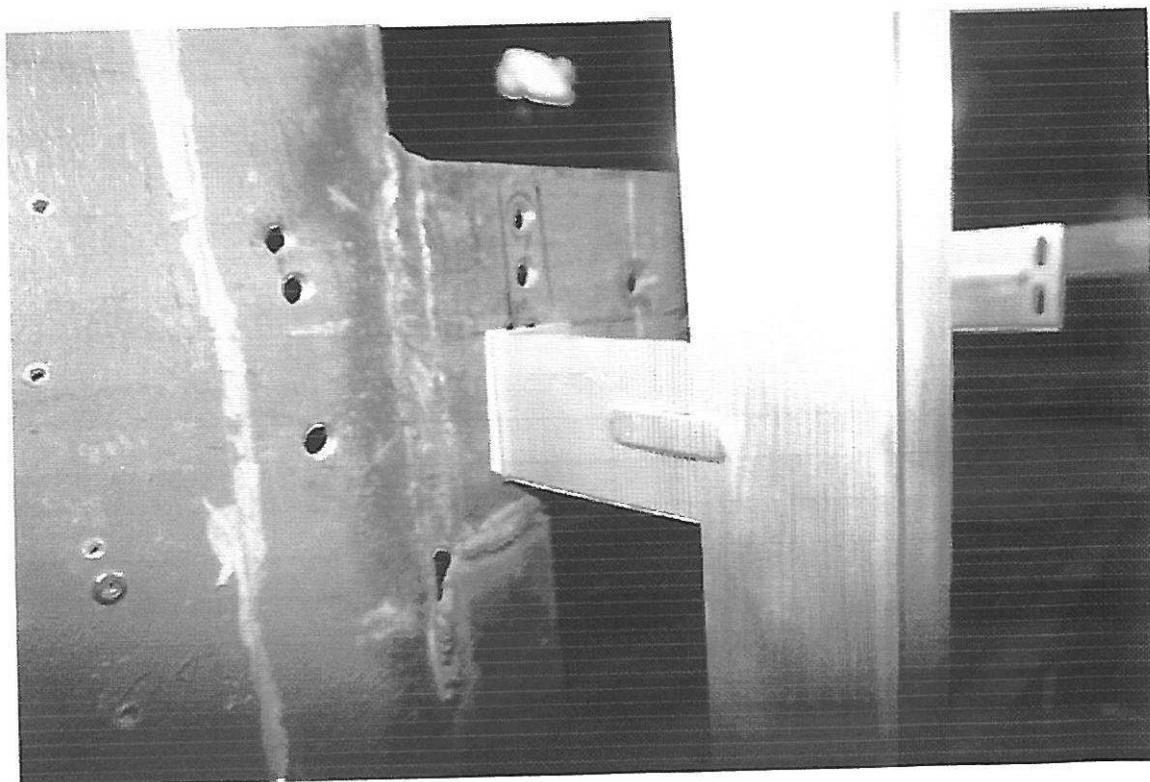
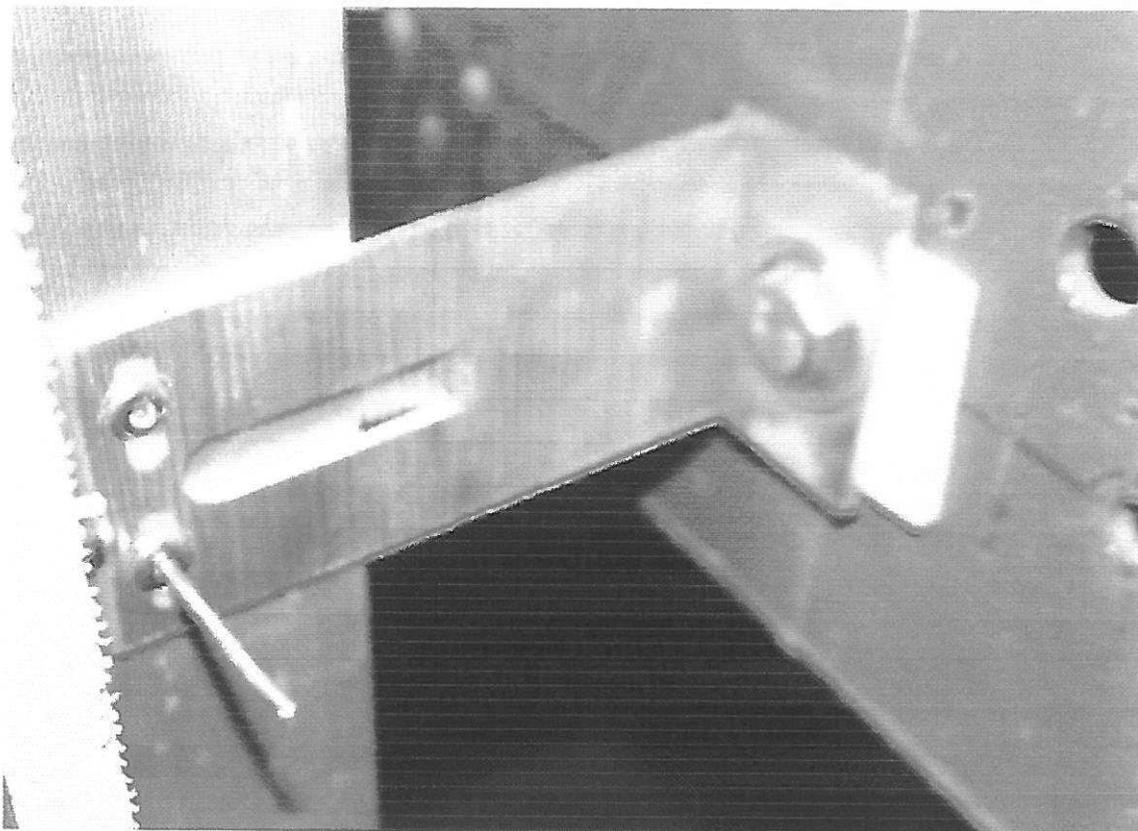


Рис. 3.9

a)



б)

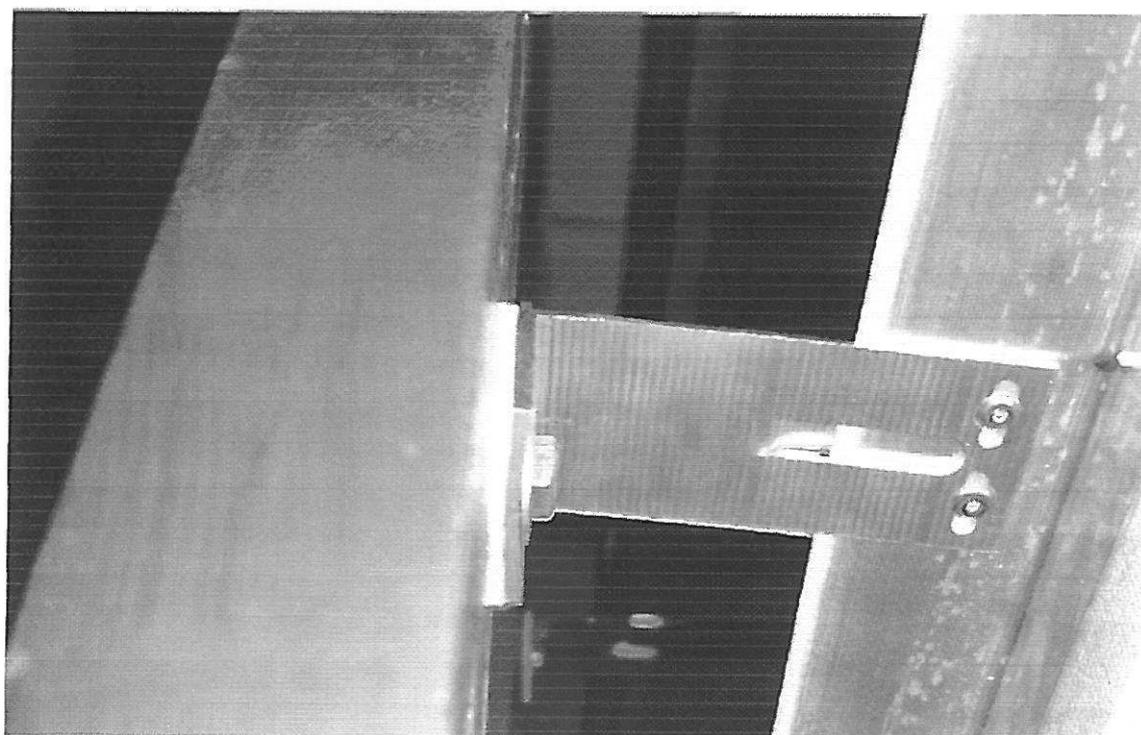


Рис. 3.10



Рис. 3.11

a)



б)

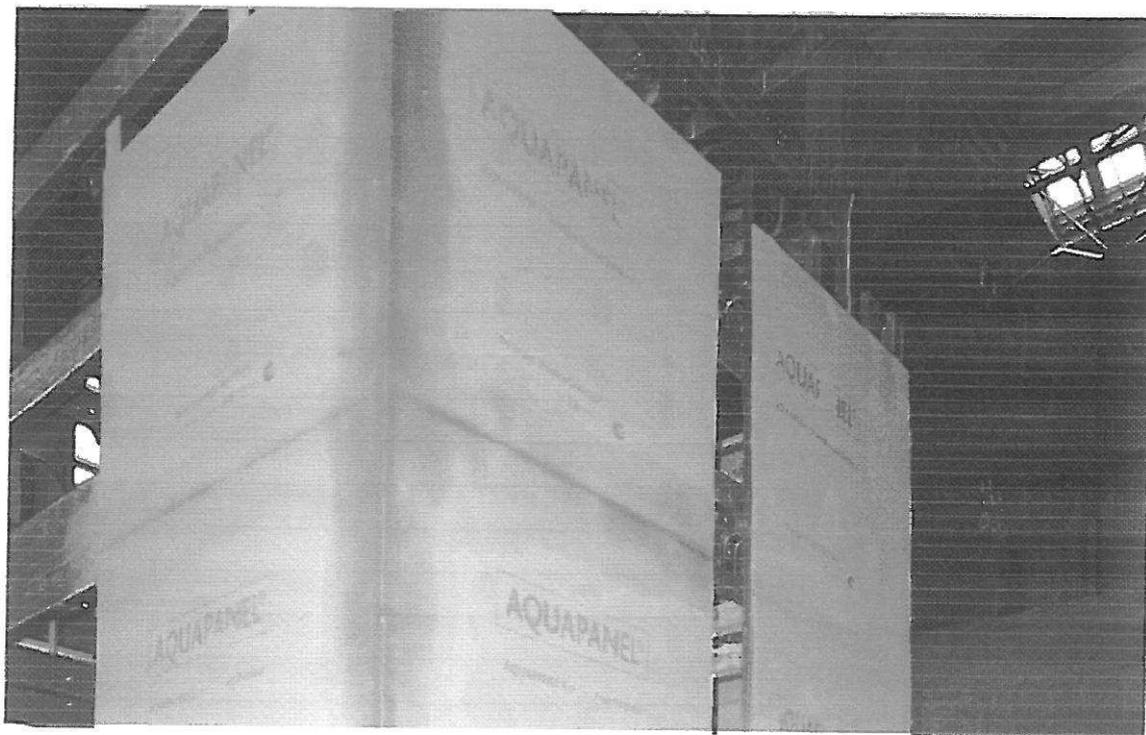
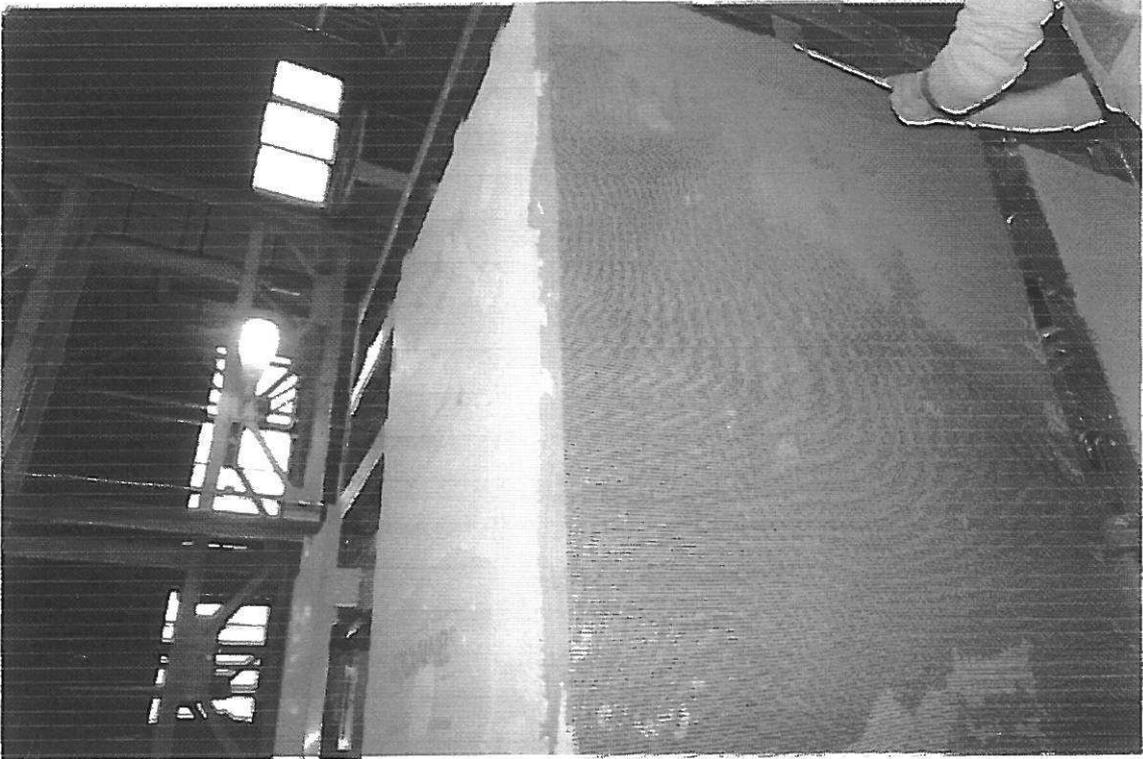


Рис. 3.12

a)

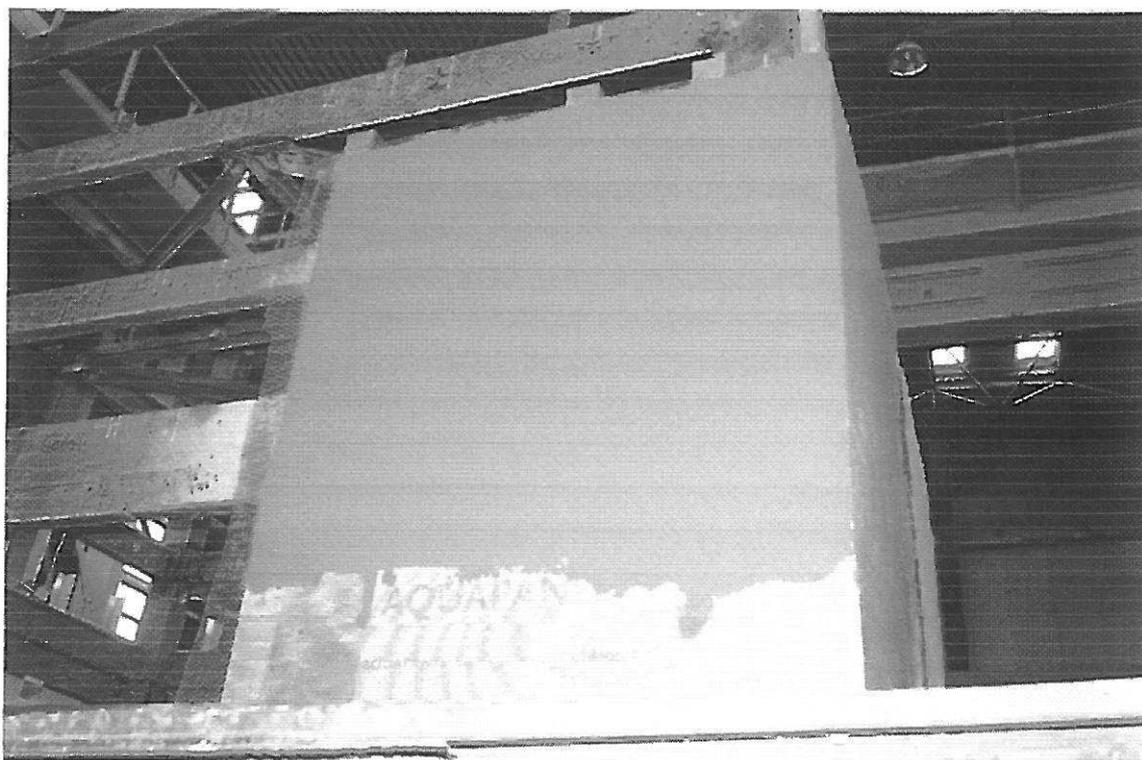


б)



Рис. 3.13

a)

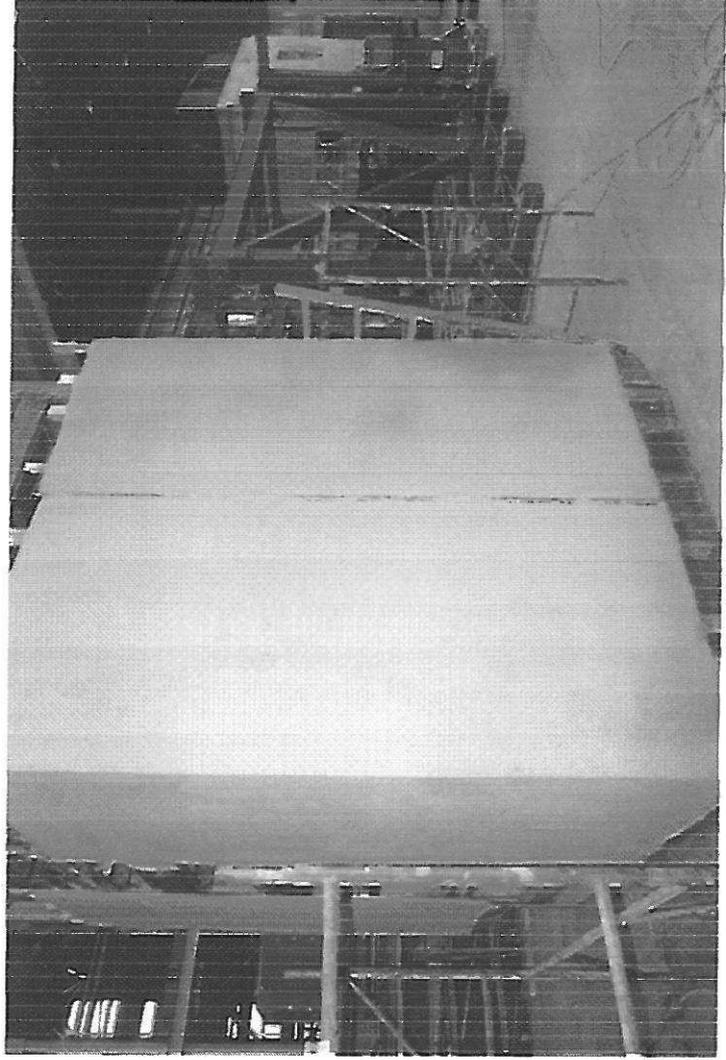


б)



Рис. 3.14

б)



а)

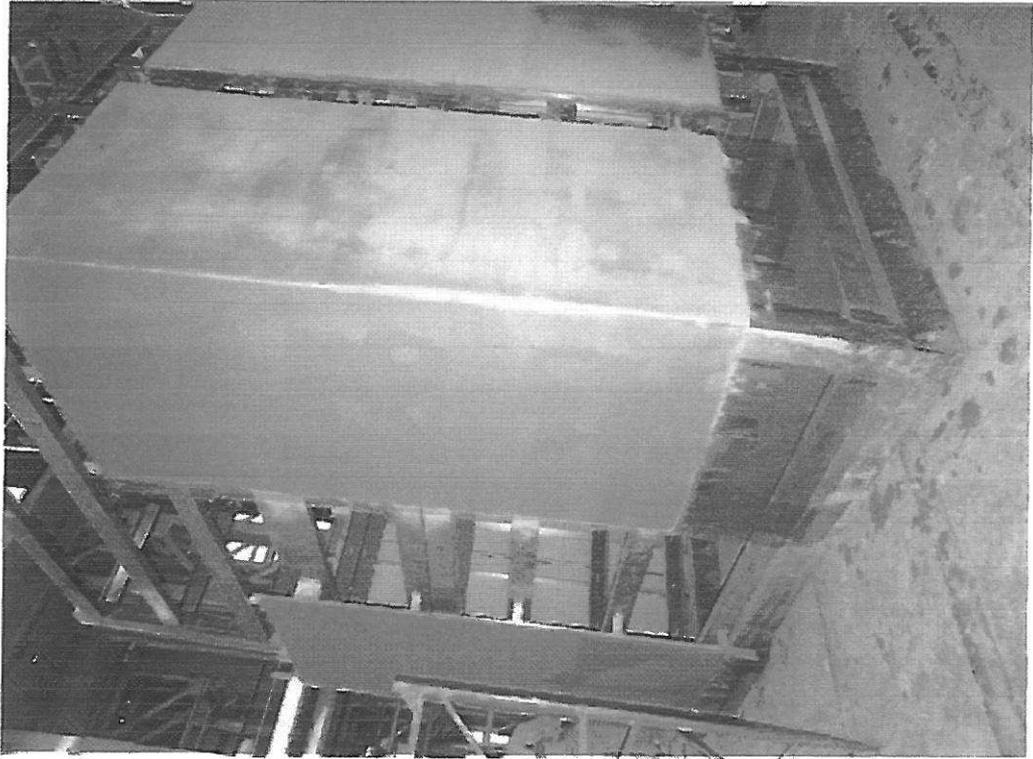
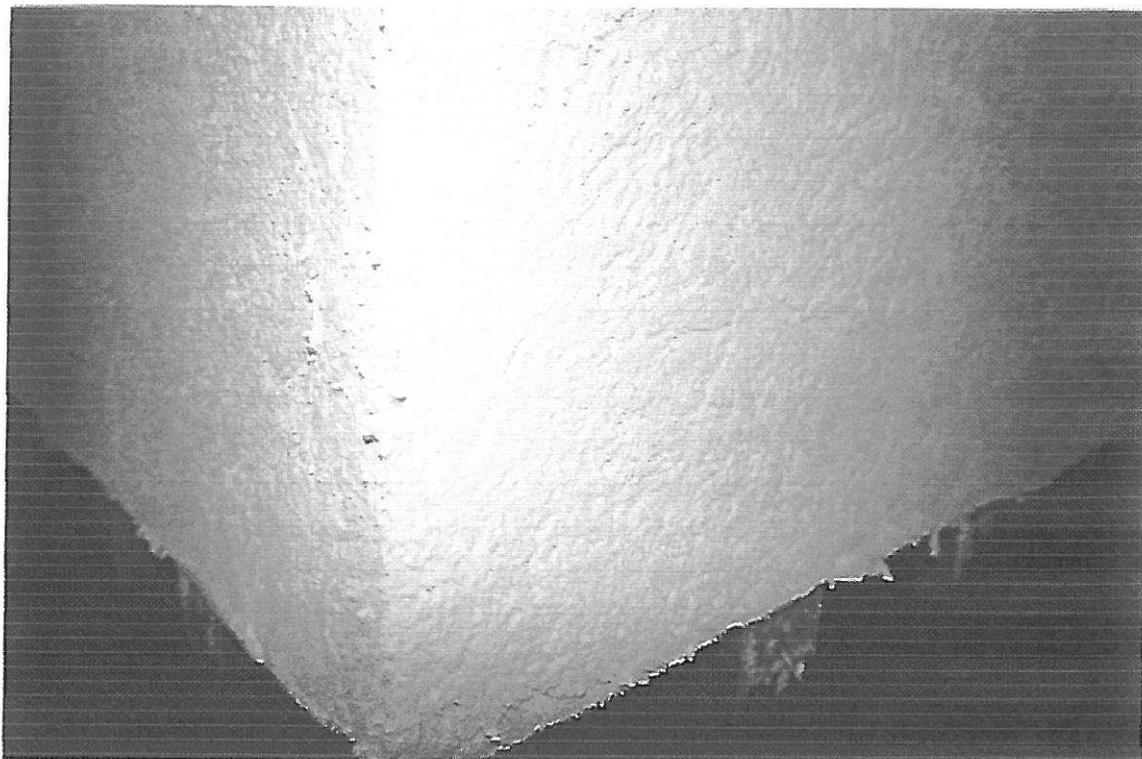


Рис. 3.15

a)

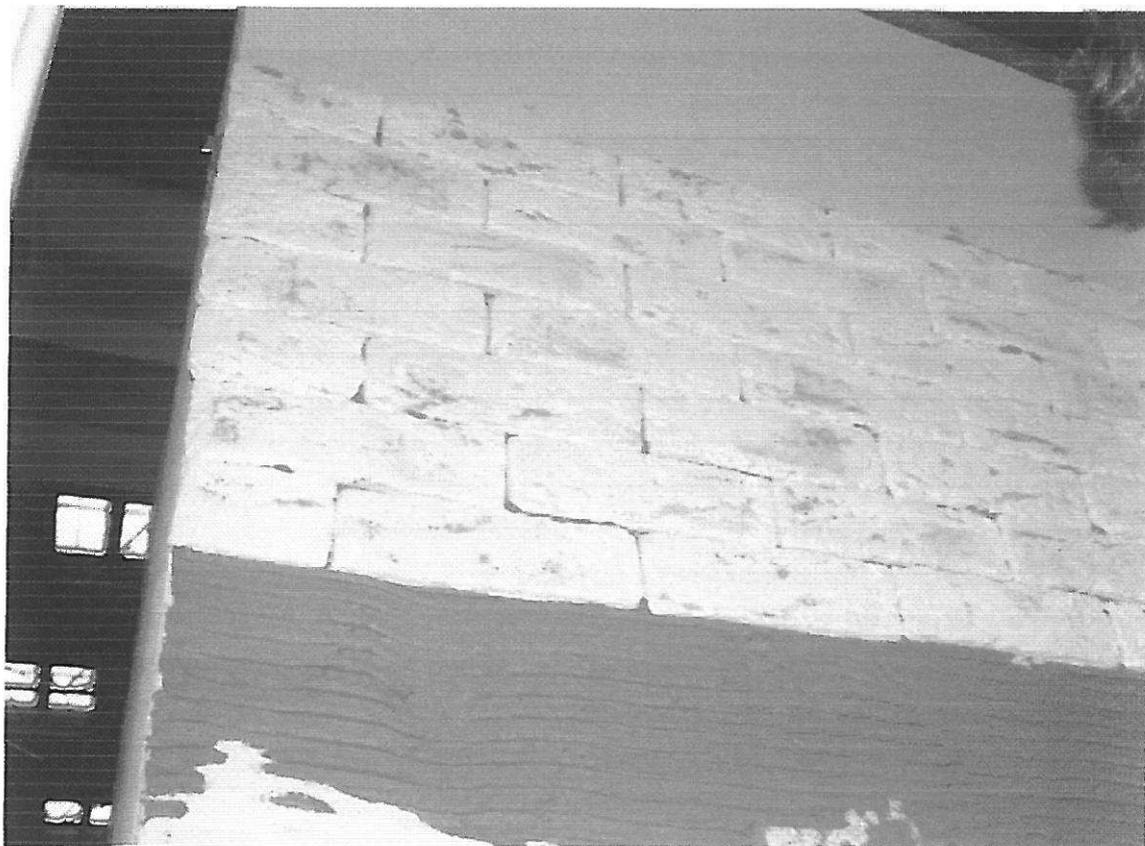


б)



Рис. 3.16

a)



б)

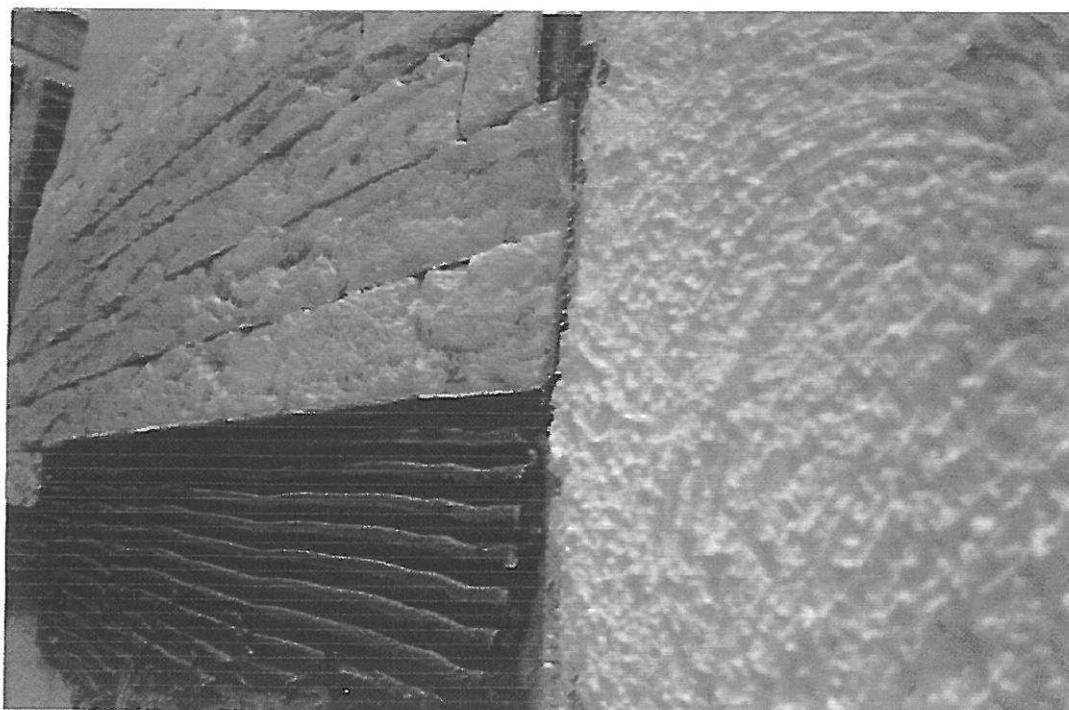
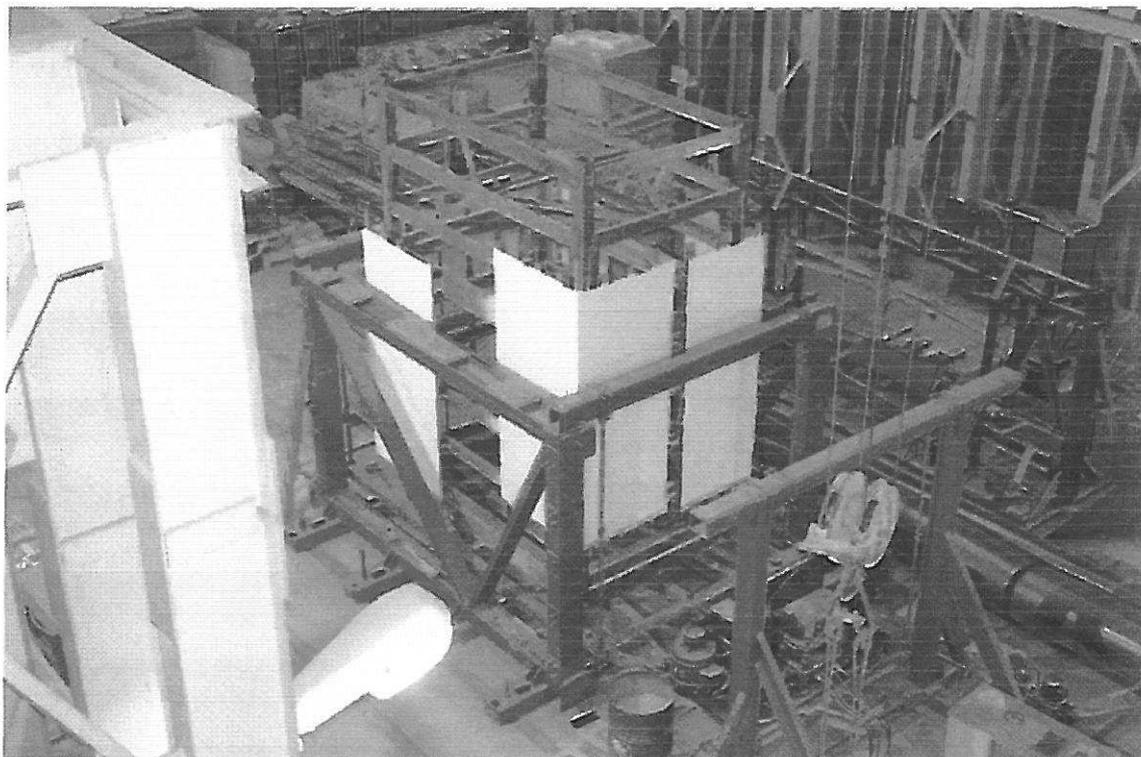


Рис. 3.17

a)



б)

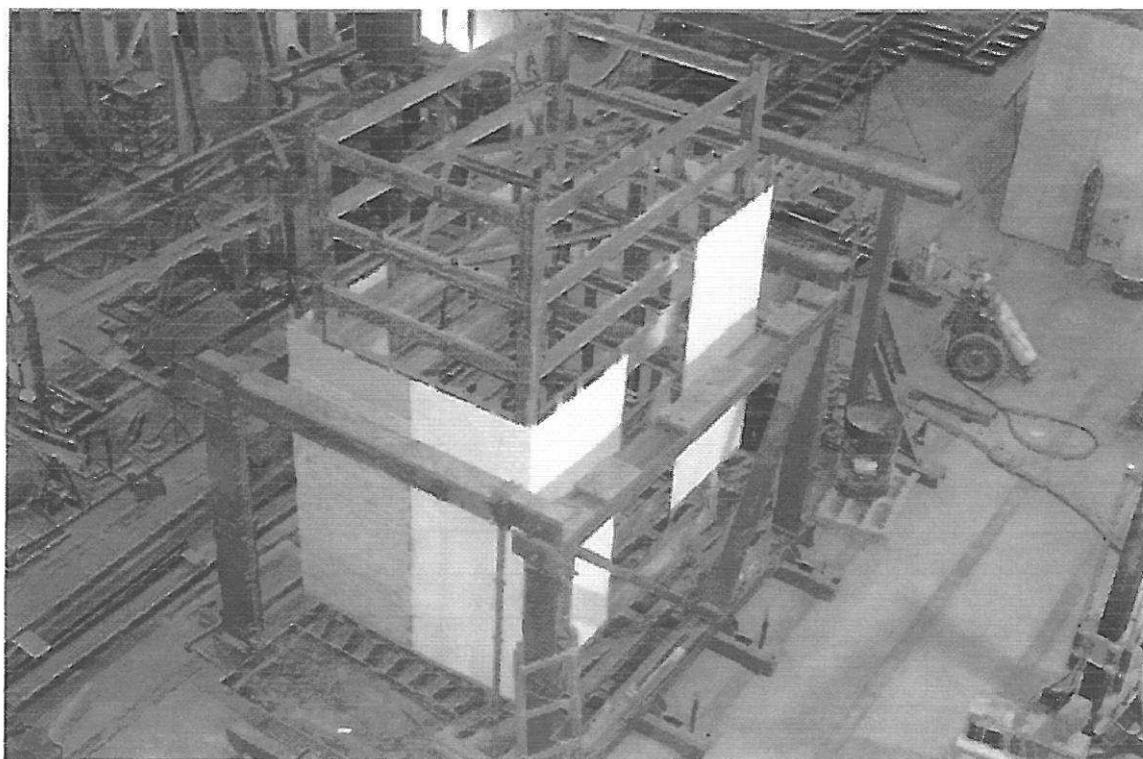


Рис. 3.18

a)



б)

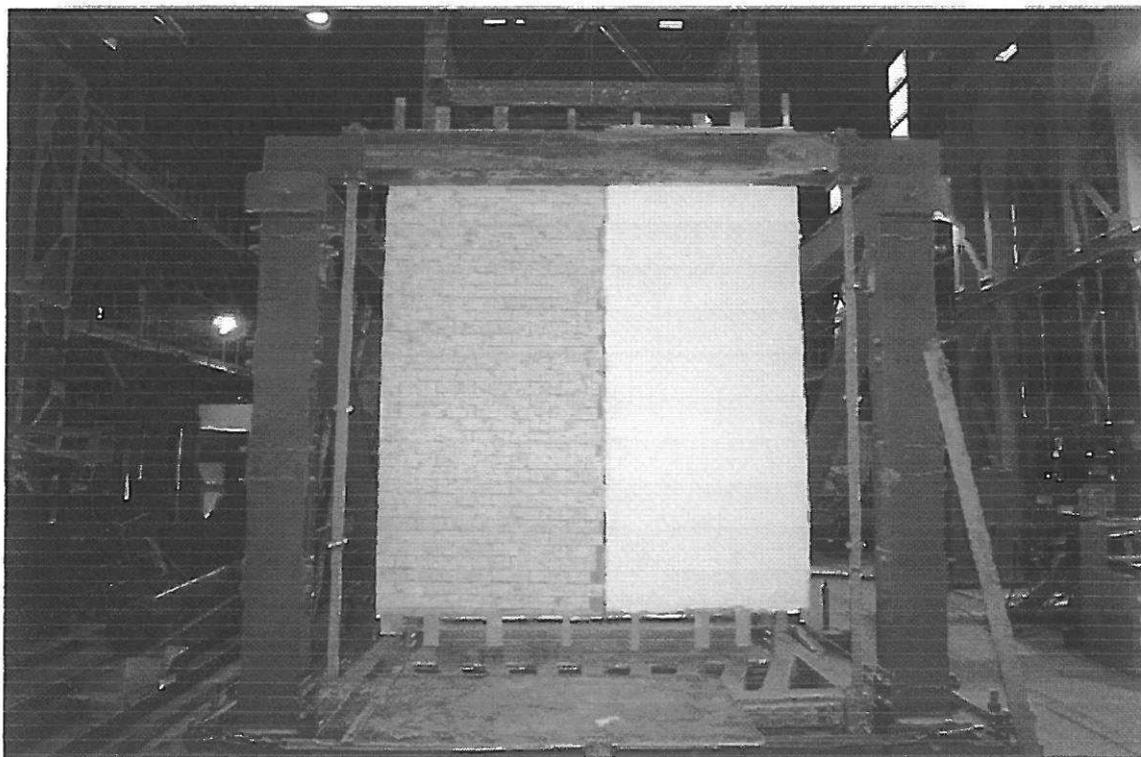


Рис. 3.19

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ФАСАДНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИБОРА
ВИБРОТЕСТ-МГ4

N	Дата	Время	a, м/кв.с	f, Гц	V, мм/с	S, мм	Примечание
1	03.02.2015	14:13:33	1,1	2,6	67,9	4,16	
2	03.02.2015	14:14:16	1,8	3,5	81,4	3,7	
3	03.02.2015	14:14:16	1,8	3,5	81,4	3,7	
4	03.02.2015	14:15:34	3,3	5,1	103,3	3,22	
5	-	-	-	-	-	-	
6	03.02.2015	14:18:05	1,9	3,3	90,7	4,37	
7	03.02.2015	14:18:54	2,6	4,2	99,7	3,78	
8	03.02.2015	14:19:33	3,5	5,1	110,5	3,45	
9	03.02.2015	14:20:16	6,7	5,5	193,3	5,59	
10	03.02.2015	14:21:23	1,6	2,6	97,9	6	
11	03.02.2015	14:22:02	2,6	3,5	118,2	5,38	
12	03.02.2015	14:22:42	3,6	4,3	134	4,96	
13	03.02.2015	14:23:21	4,1	5,1	128,9	4,02	
14	03.02.2015	14:24:01	6,5	5,3	194	5,83	
15	03.02.2015	14:25:07	1,2	1,7	110,5	10,34	
16	03.02.2015	14:25:53	2,3	2,6	140,8	8,62	
17	03.02.2015	14:26:37	4	3,5	183,7	8,35	
18	03.02.2015	14:27:17	5,1	4,2	192,9	7,31	
19	03.02.2015	14:27:59	6,1	4,5	214,7	7,59	
20	03.02.2015	14:29:27	1,6	1,7	146	13,67	
21	03.02.2015	14:30:11	3,5	2,6	212,4	13	
22	03.02.2015	14:30:53	5,1	3,3	247,9	11,96	
23	03.02.2015	14:31:35	6,8	3,9	278,3	11,36	
24	03.02.2015	14:32:15	7,3	4,1	283,8	11,02	
25	03.02.2015	14:33:21	1	1,2	136,6	18,12	
26	03.02.2015	14:34:08	3,2	2,2	230,8	16,69	
27	03.02.2015	14:34:50	4,9	2,8	276,2	15,7	
28	03.02.2015	14:35:37	6,4	3,2	320,3	15,93	
29	03.02.2015	14:36:57	1,8	1,5	187,8	19,93	
30	03.02.2015	14:37:49	3,9	2,2	282,1	20,41	
31	03.02.2015	14:38:32	5,3	2,6	323,2	19,78	
32	03.02.2015	14:39:18	7	2,9	382	20,96	
33	03.02.2015	14:39:59	8,9	3,4	417,1	19,52	
34	03.02.2015	14:41:52	8,1	6,4	202,4	5,03	
35	03.02.2015	14:43:52	10,4	5,5	300,9	8,71	
36	-	-	-	-	-	-	

РЕЗУЛЬТАТЫ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ
ФАСАДНЫХ СИСТЕМ

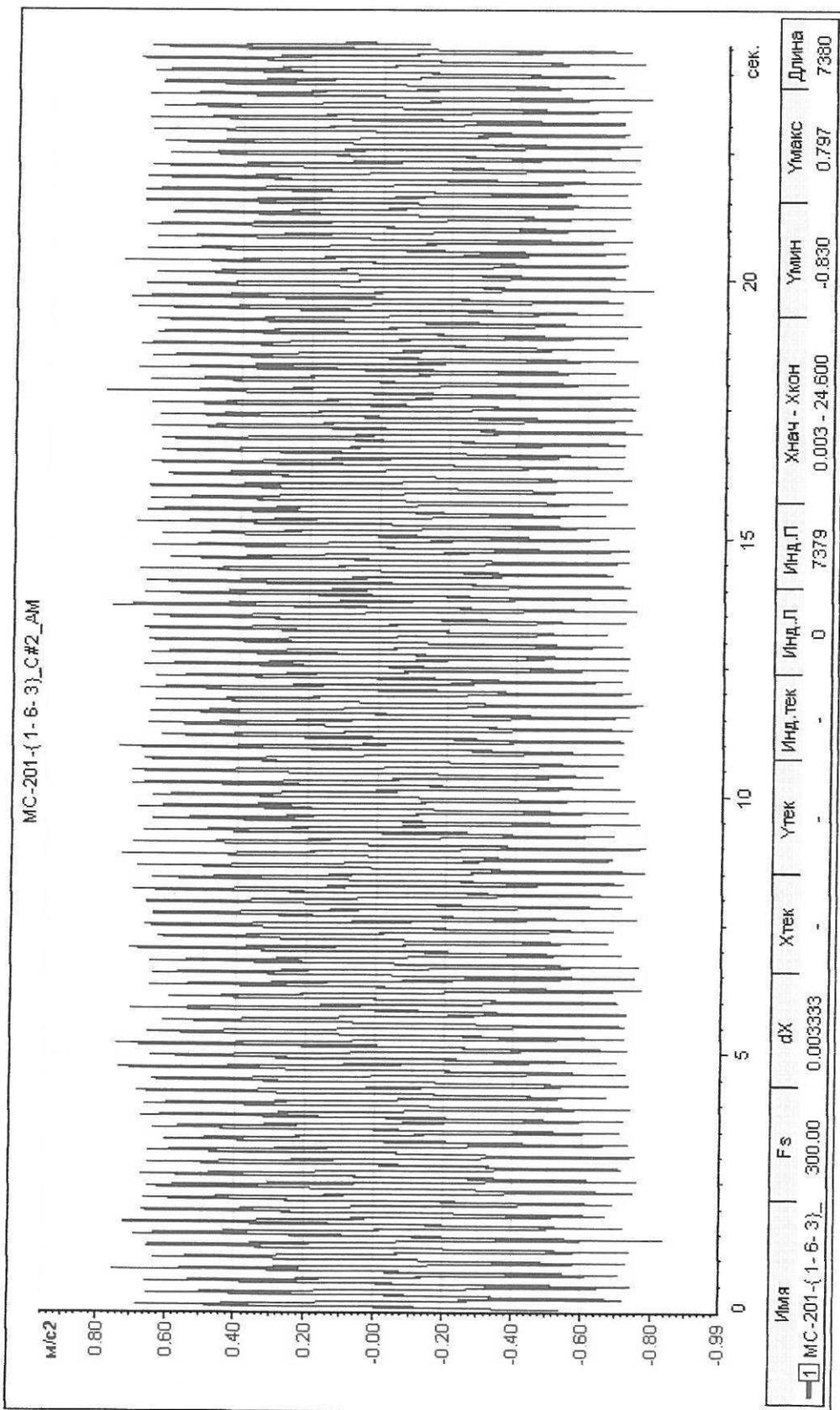


Рис. П2.1 Акселерограмма горизонтальных ускорений. Режим 3

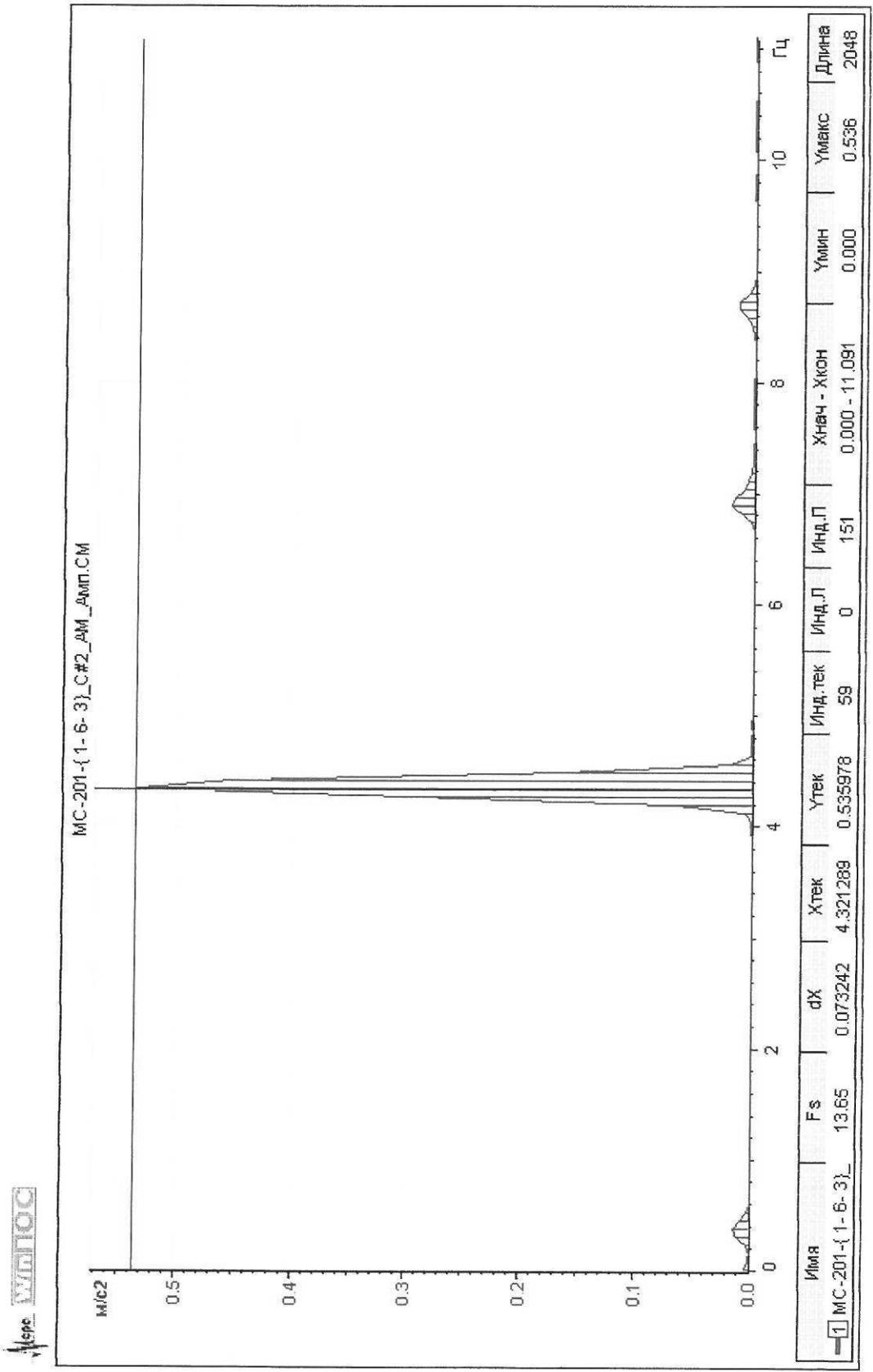


Рис. П2.2 Спектр пиковых значений горизонтальных ускорений. Режим 3

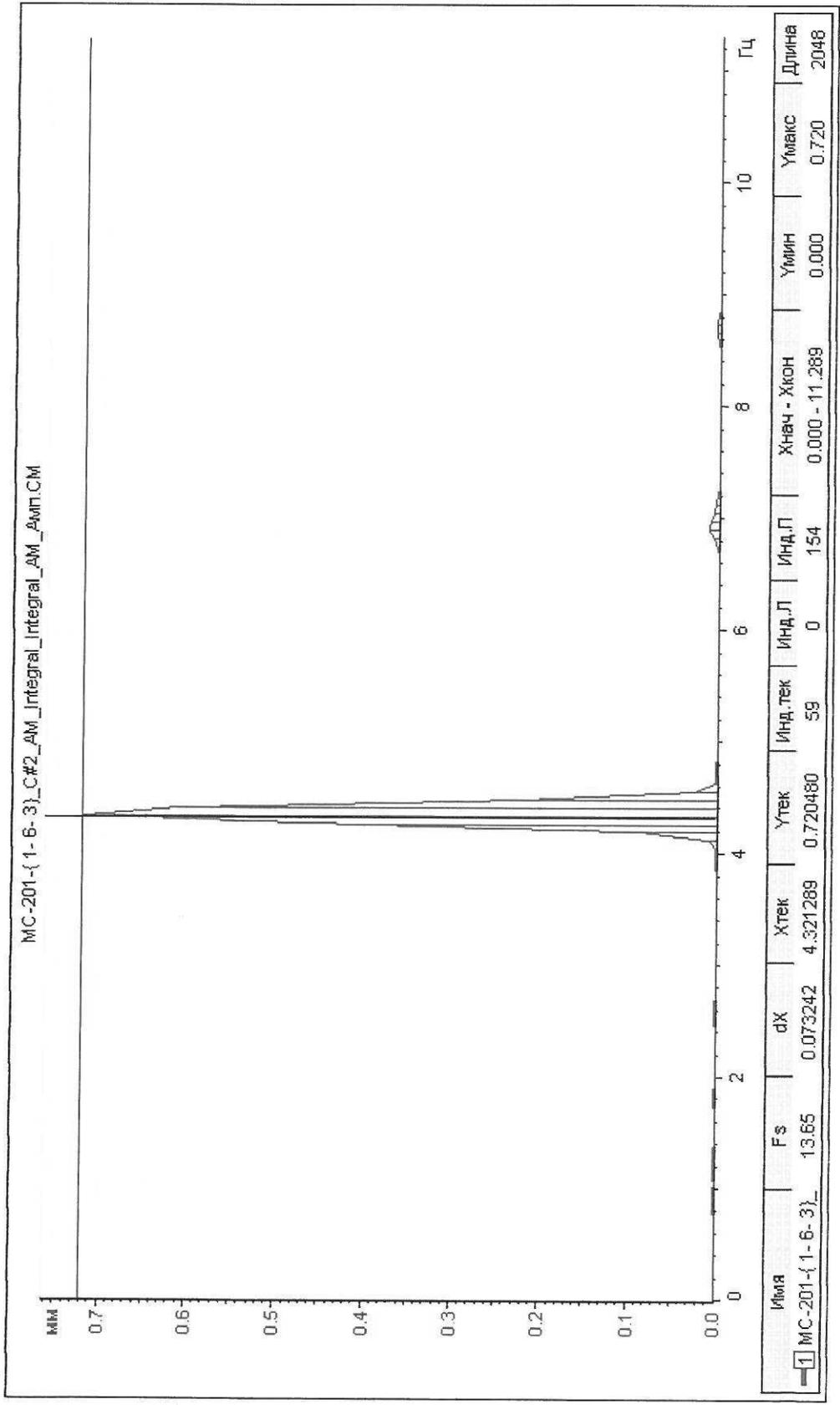


Рис. П2.3 Спектр пиковых значений горизонтальных перемещений. Режим 3

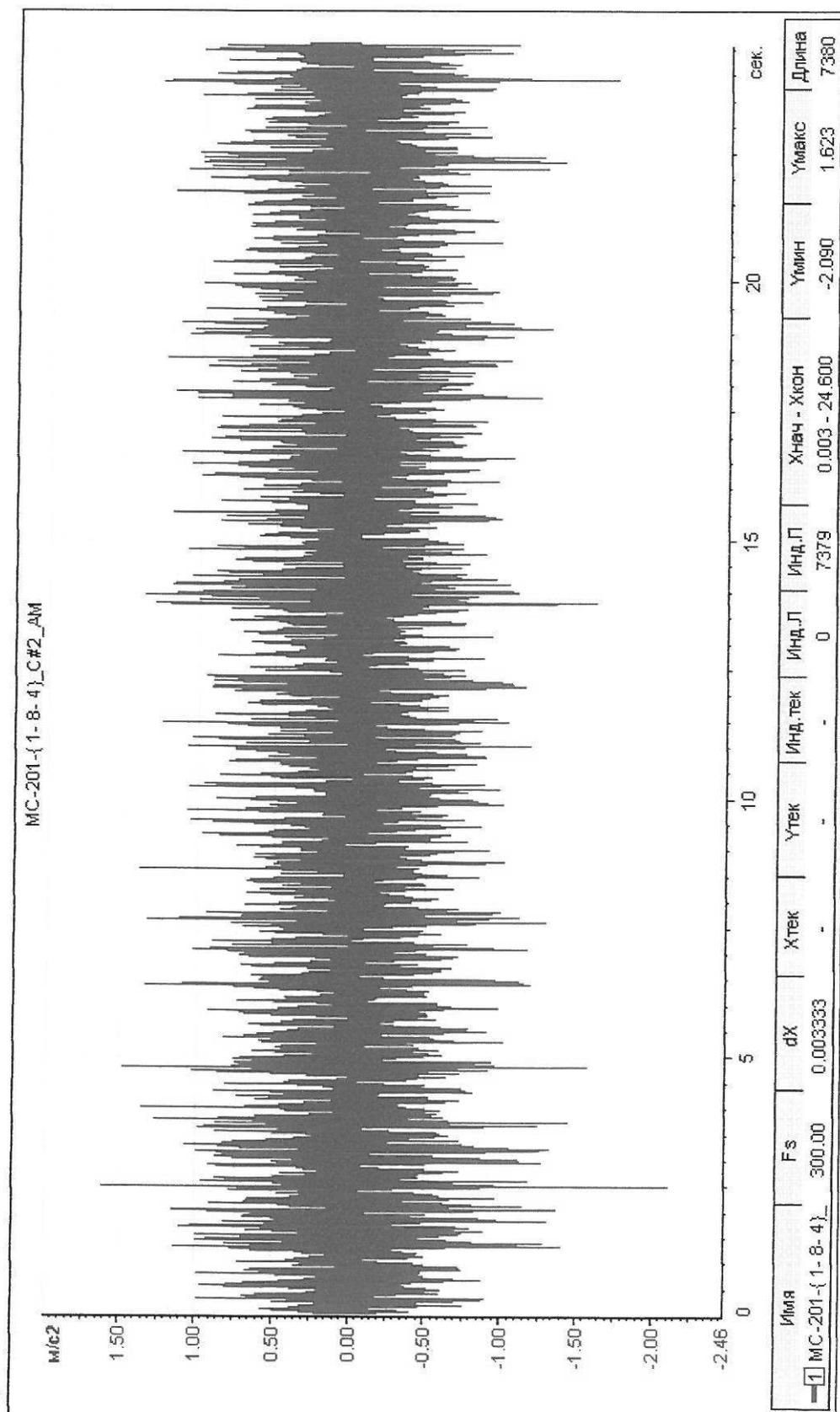


Рис. П2.4 Акселерограмма вертикальных ускорений. Режим 3

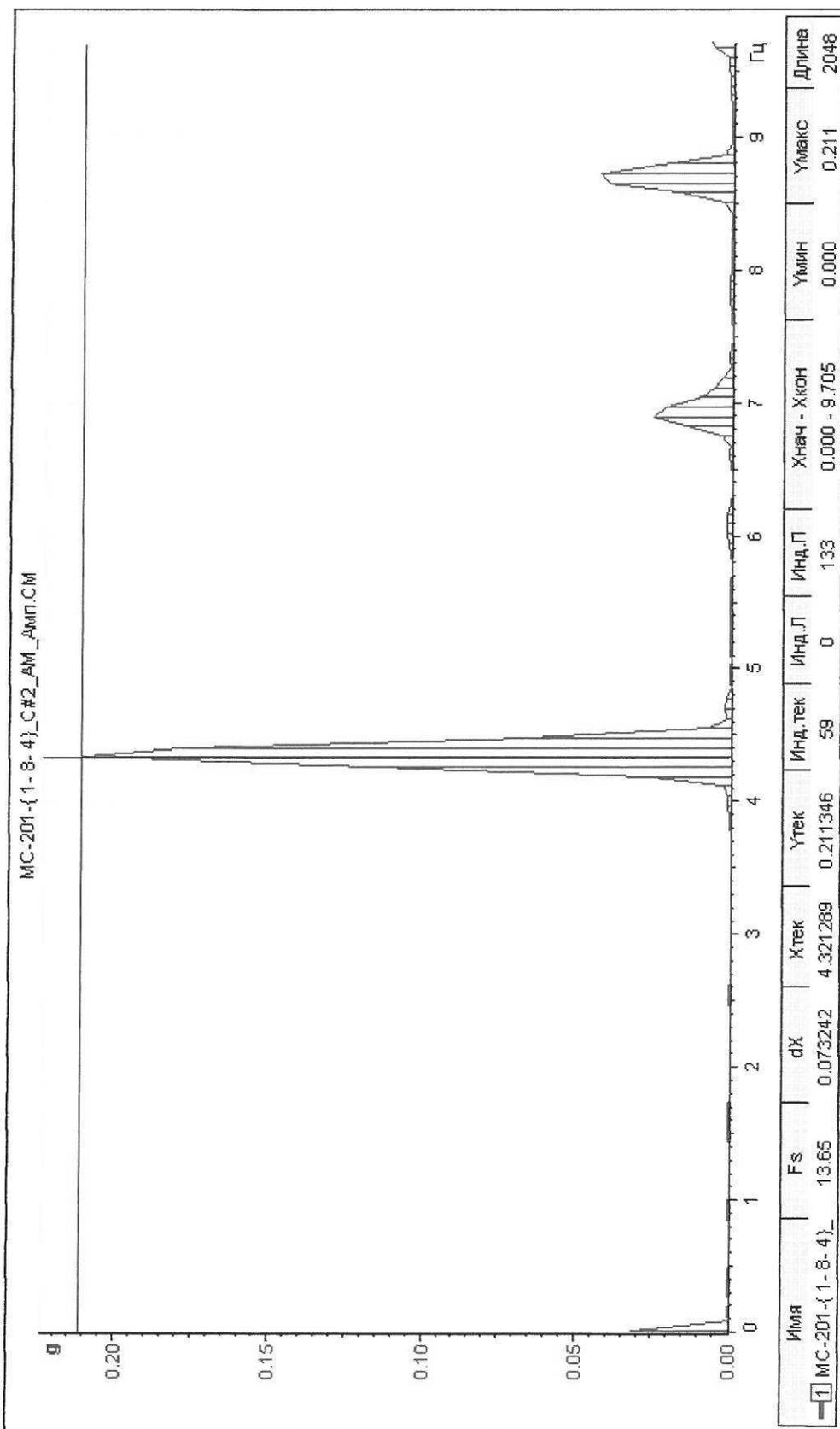


Рис. П2.5 Спектр пиковых значений вертикальных ускорений. Режим 3

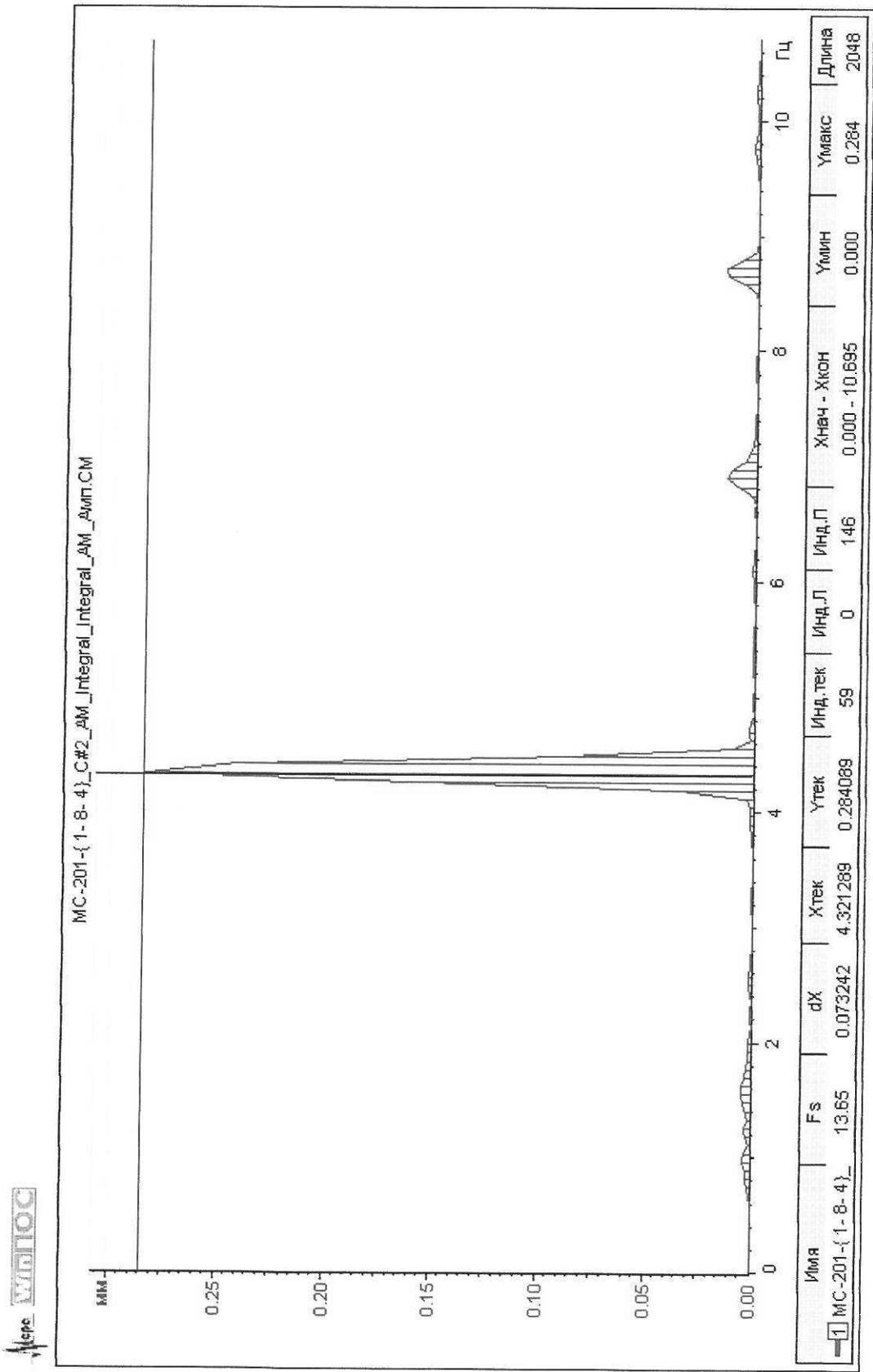


Рис. П2.6 Спектр пиковых значений вертикальных перемещений. Режим 3

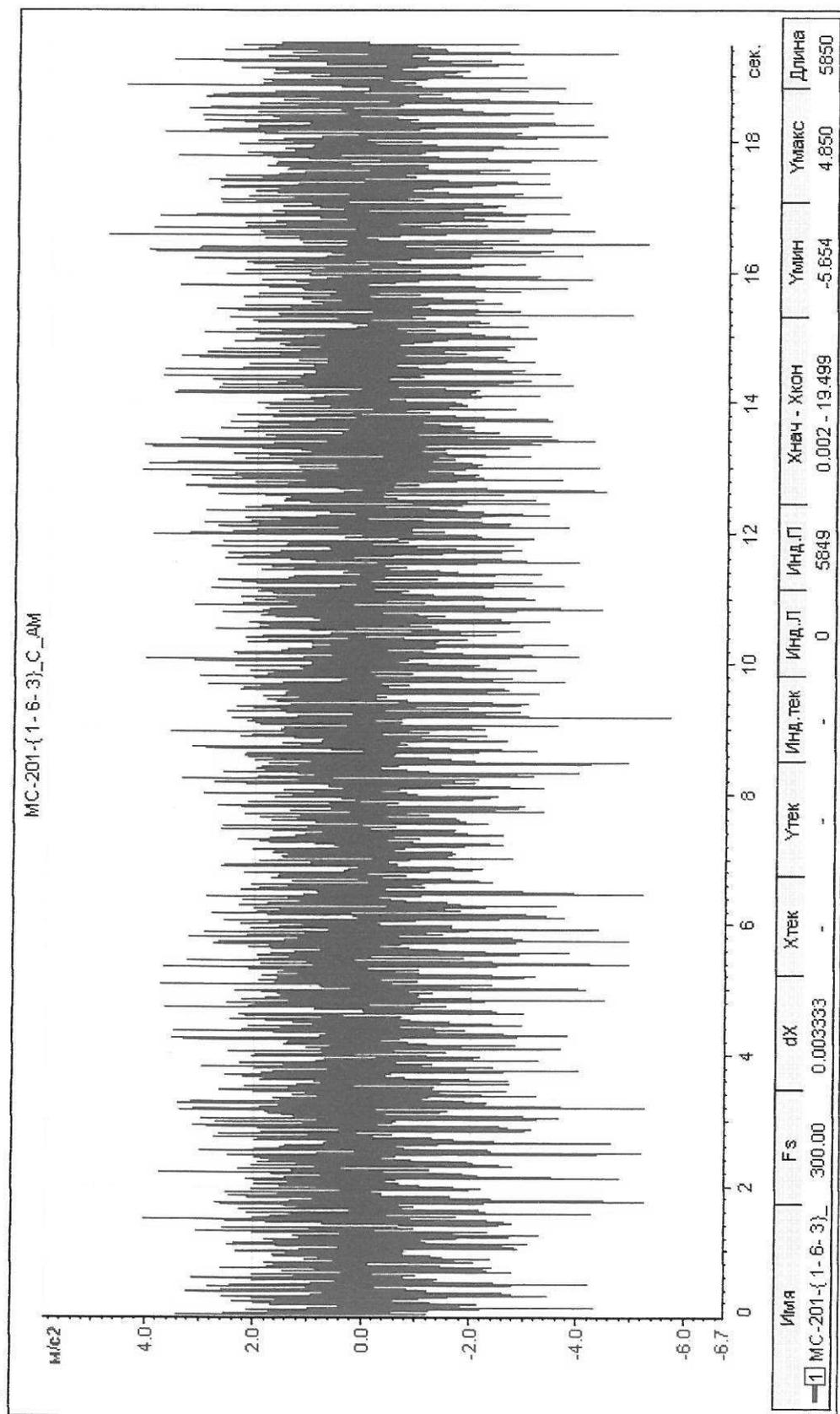


Рис. П2.7 Акселерограмма горизонтальных ускорений. Режим 9

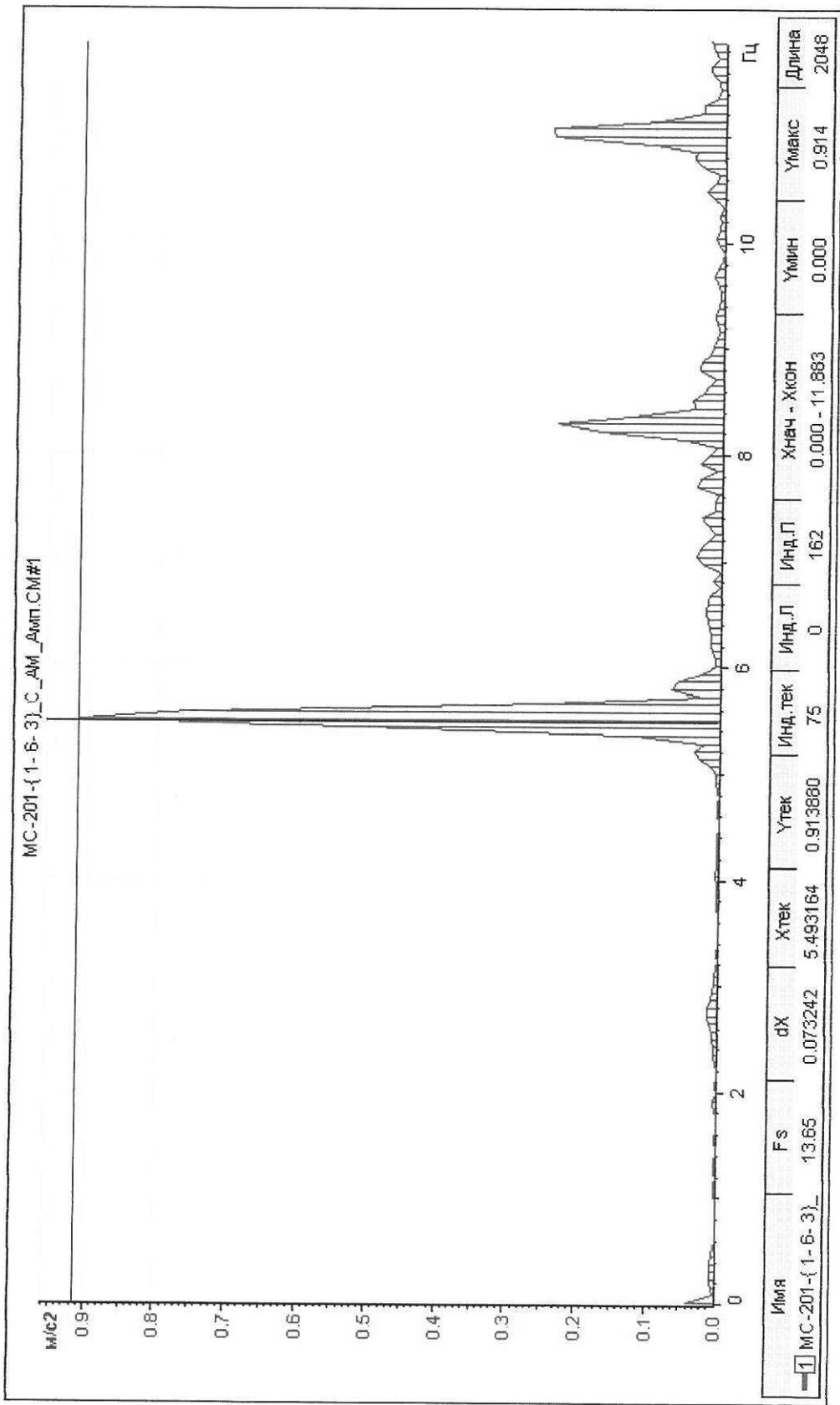


Рис. П2.8 Спектр пиковых значений горизонтальных ускорений. Режим 9

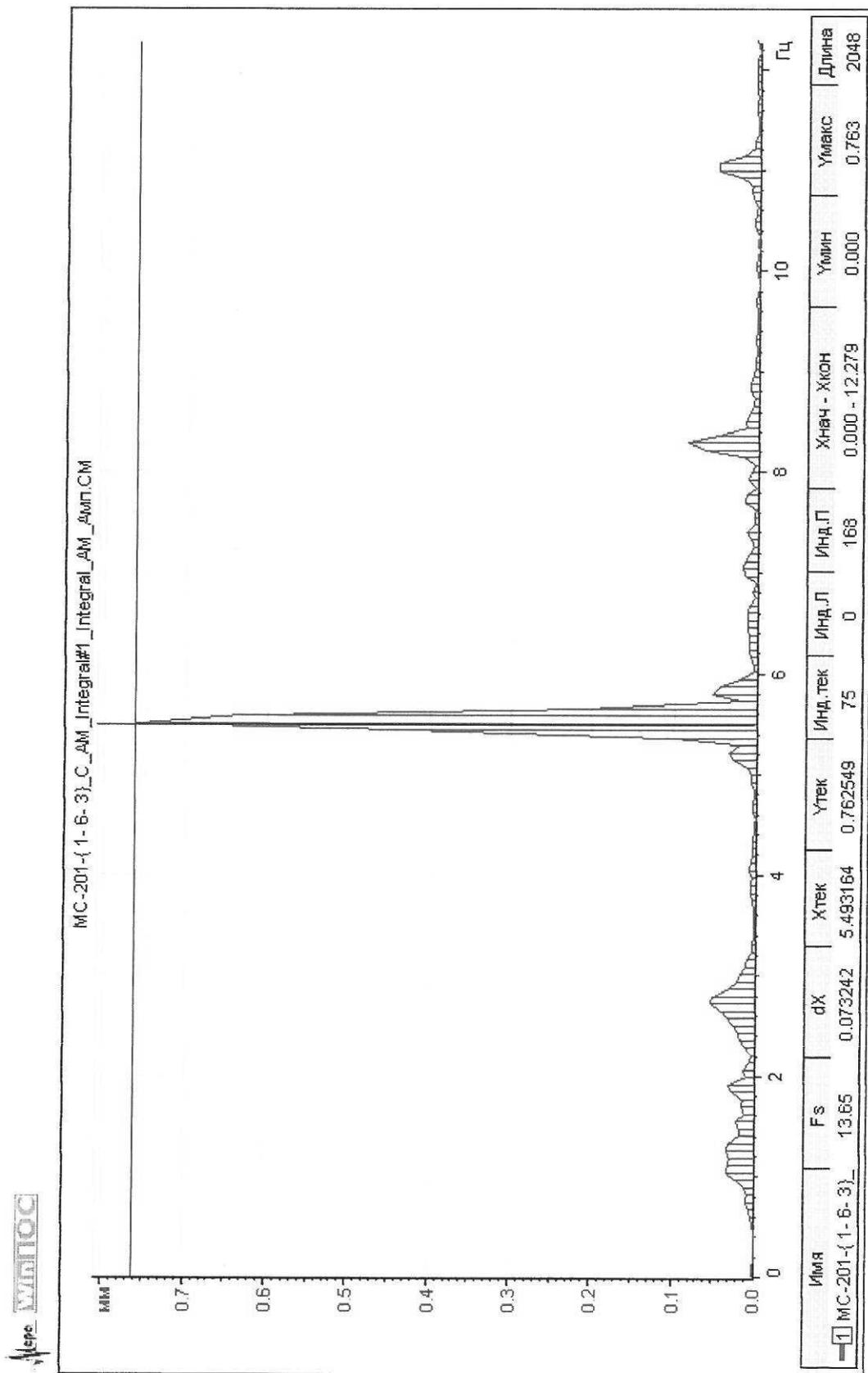


Рис. П2.9 Спектр пиковых значений горизонтальных перемещений. Режим 9

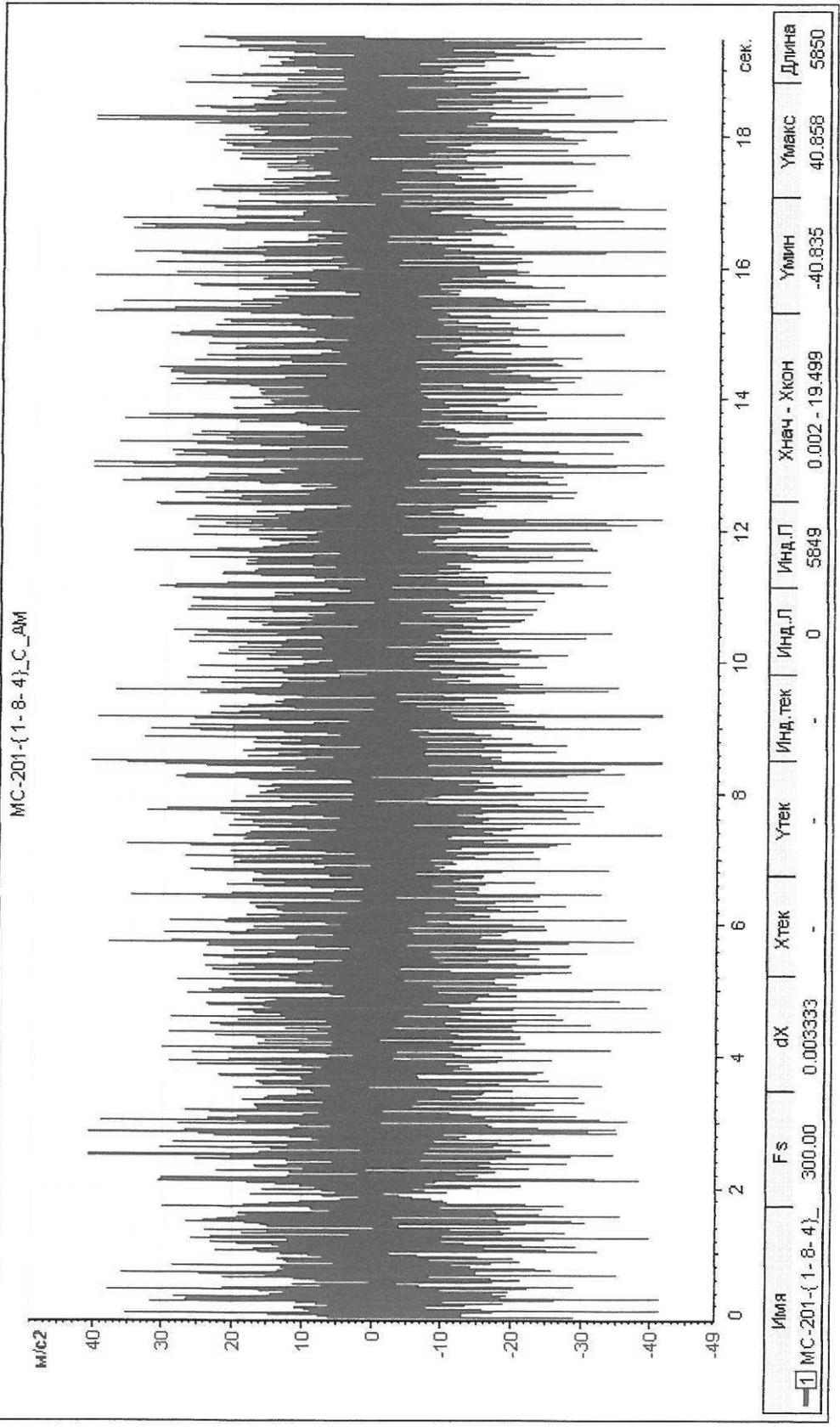


Рис. П2.10 Акселерограмма вертикальных ускорений. Режим 9

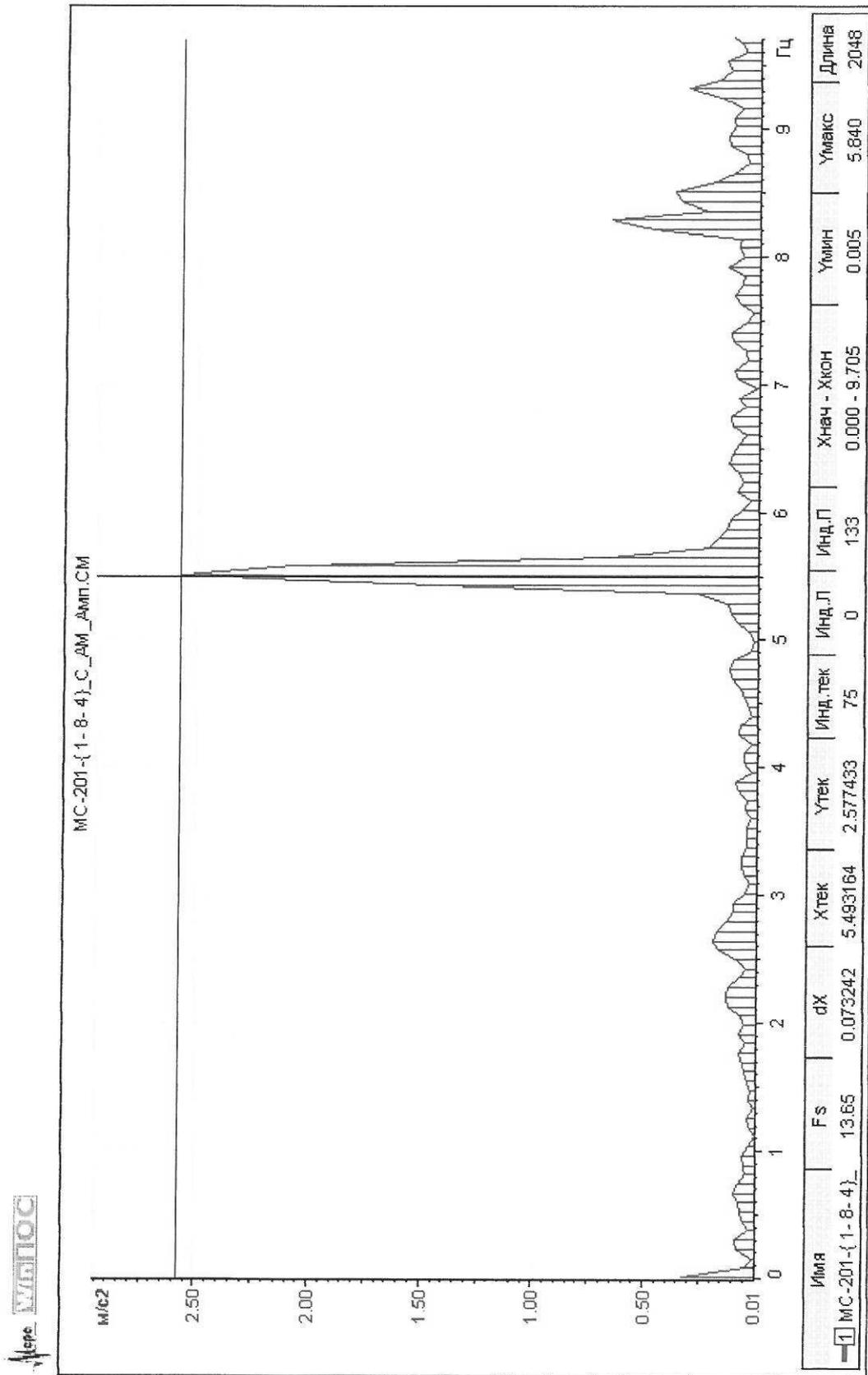


Рис. П2.11 Спектр пиковых значений вертикальных ускорений. Режим 9

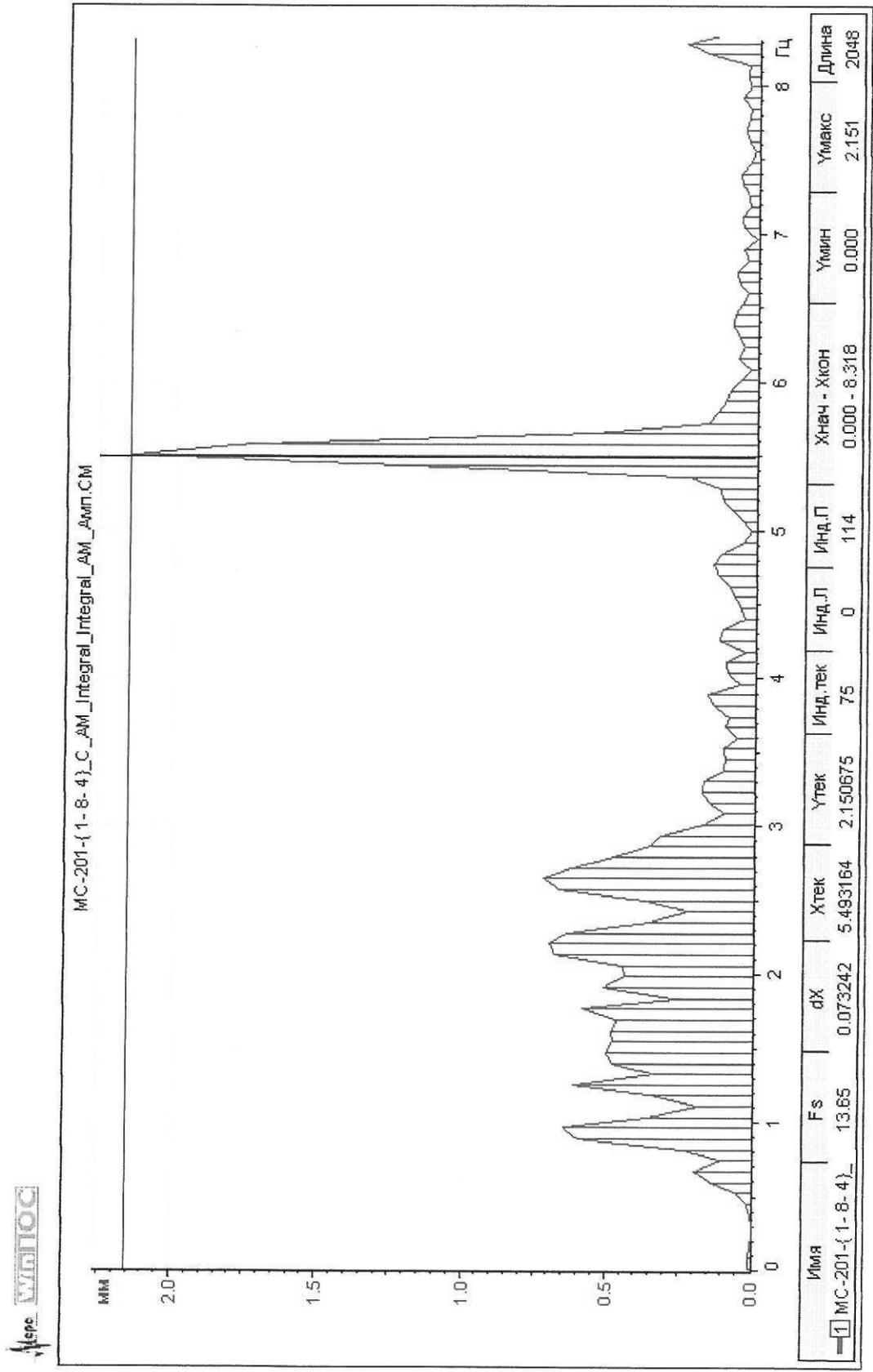


Рис. П2.12 Спектр пиковых значений вертикальных перемещений. Режим 9

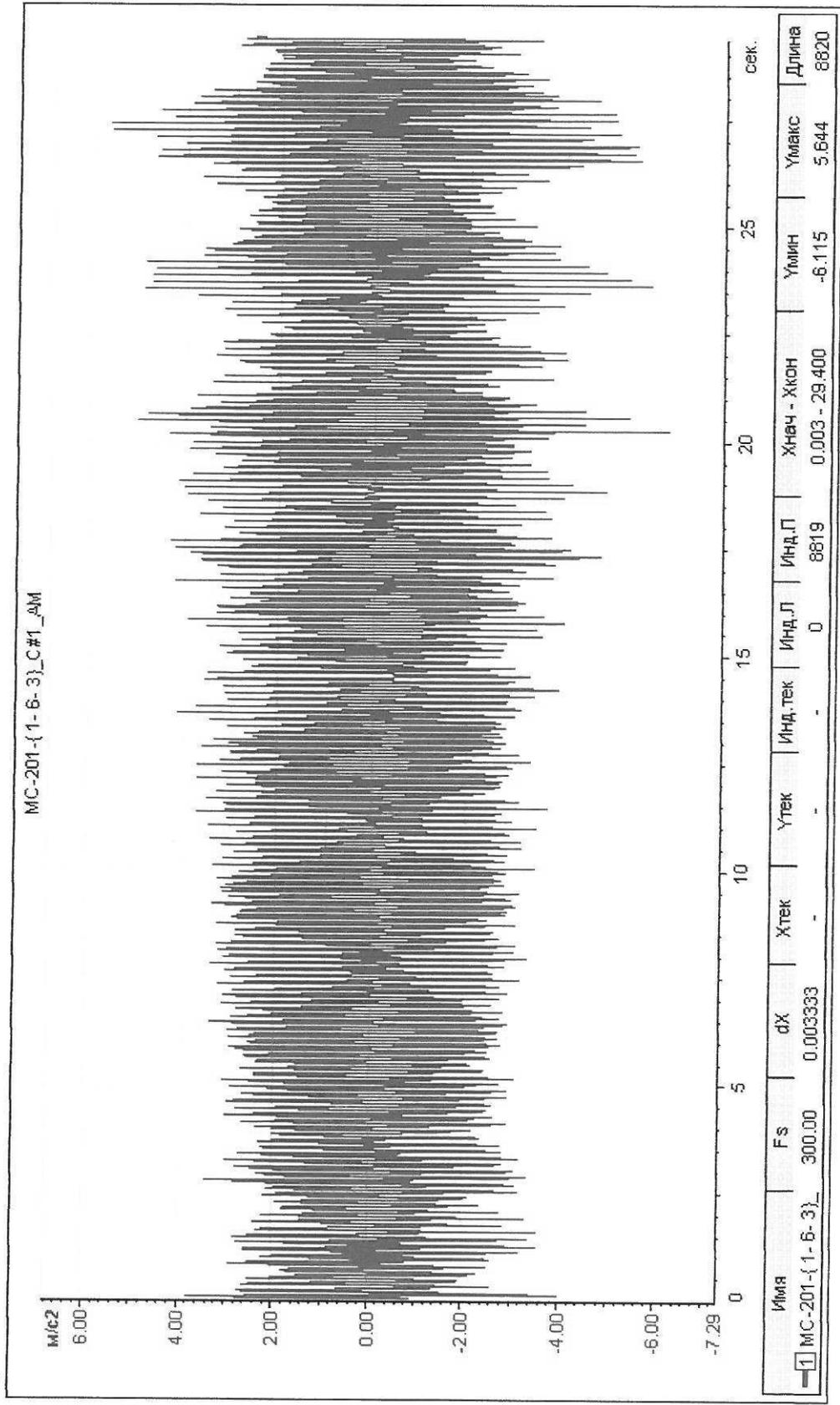


Рис. П2.13 Акселерограмма горизонтальных ускорений. Режим 34

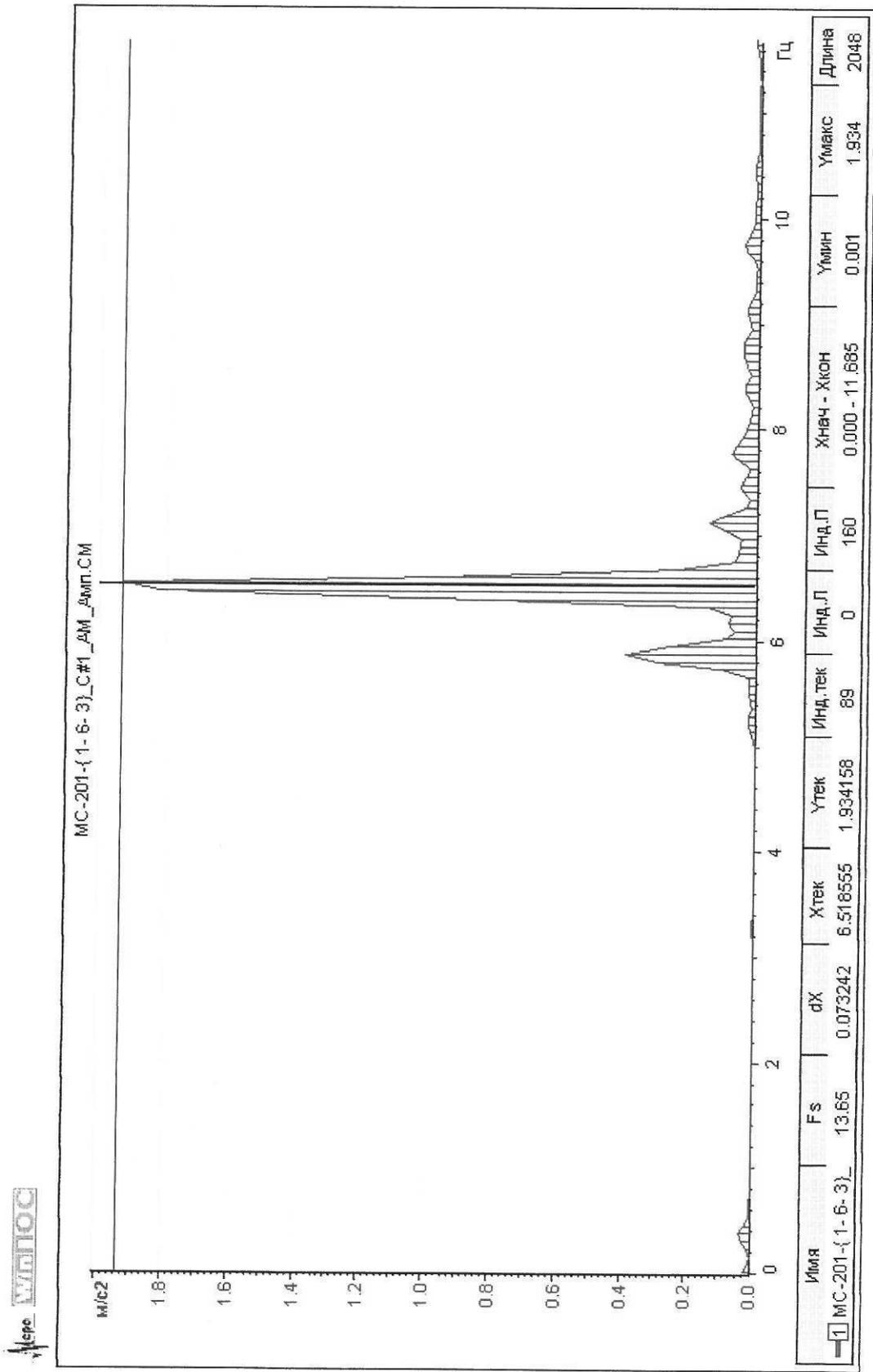


Рис. П2.14 Спектр пиковых значений горизонтальных ускорений. Режим 34

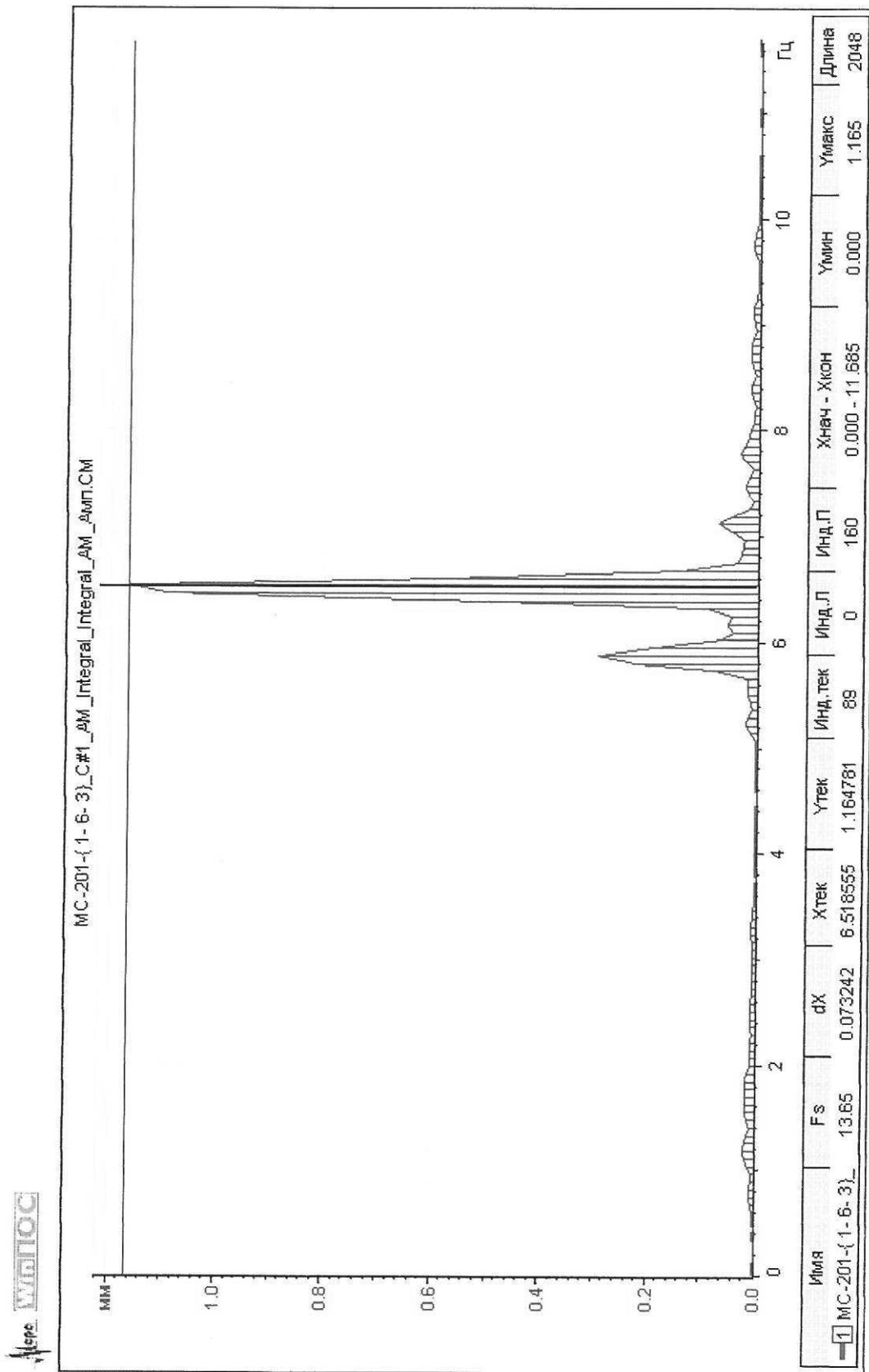


Рис. П2.15 Спектр пиковых значений горизонтальных перемещений, Режим 34

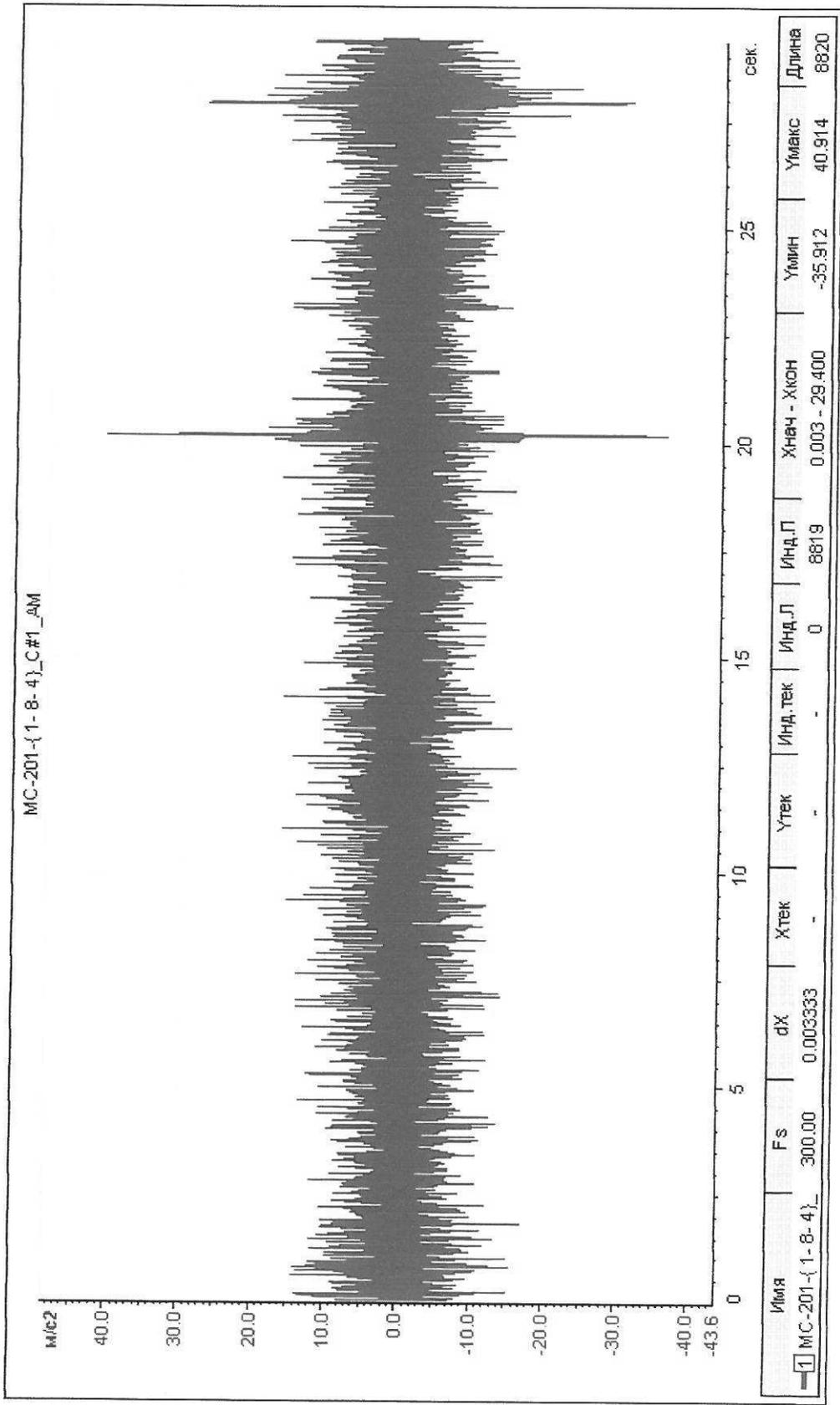


Рис.П2.16 Акселерограмма вертикальных ускорений. Режим 34

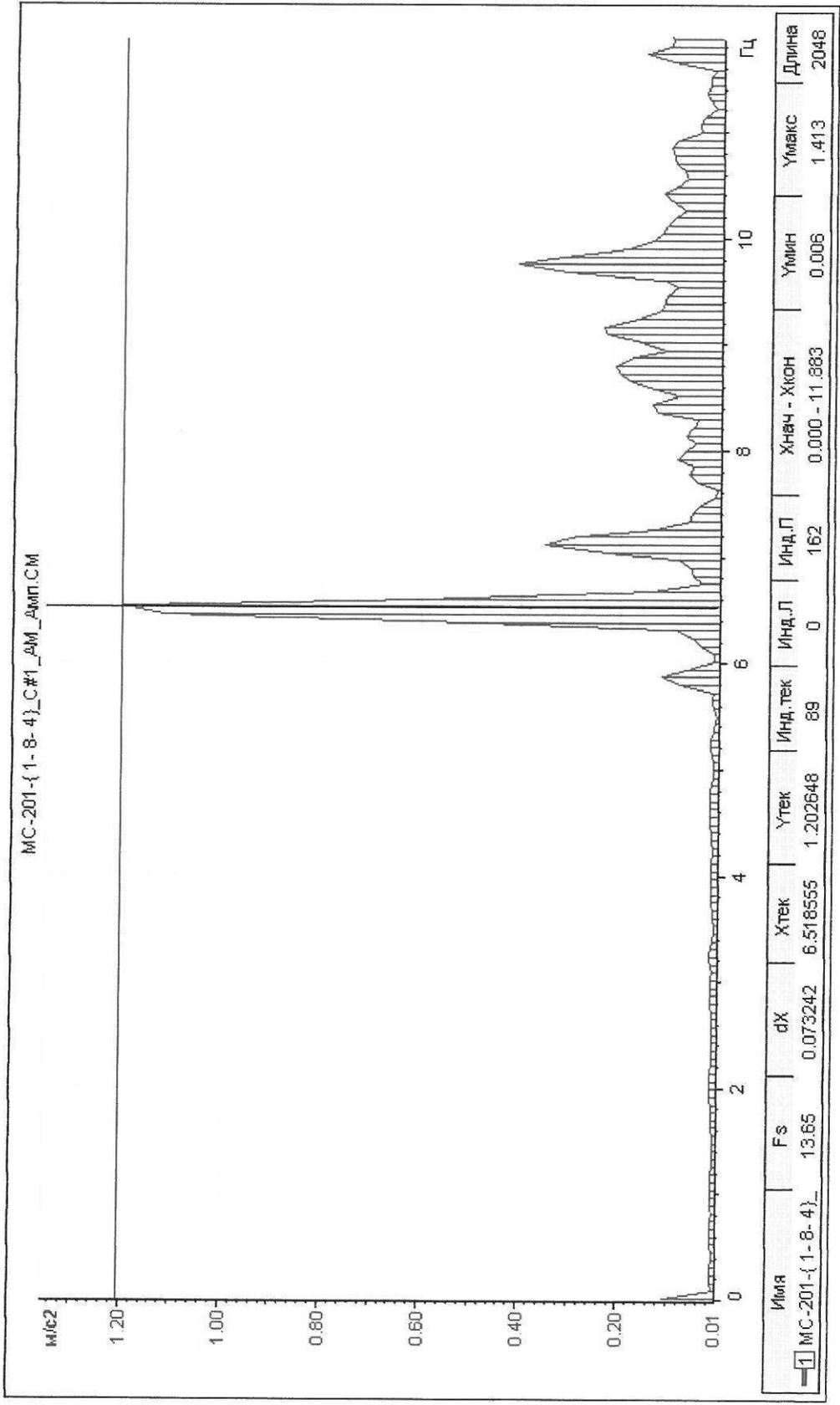


Рис. П2.17 Спектр пиковых значений вертикальных ускорений. Режим 34

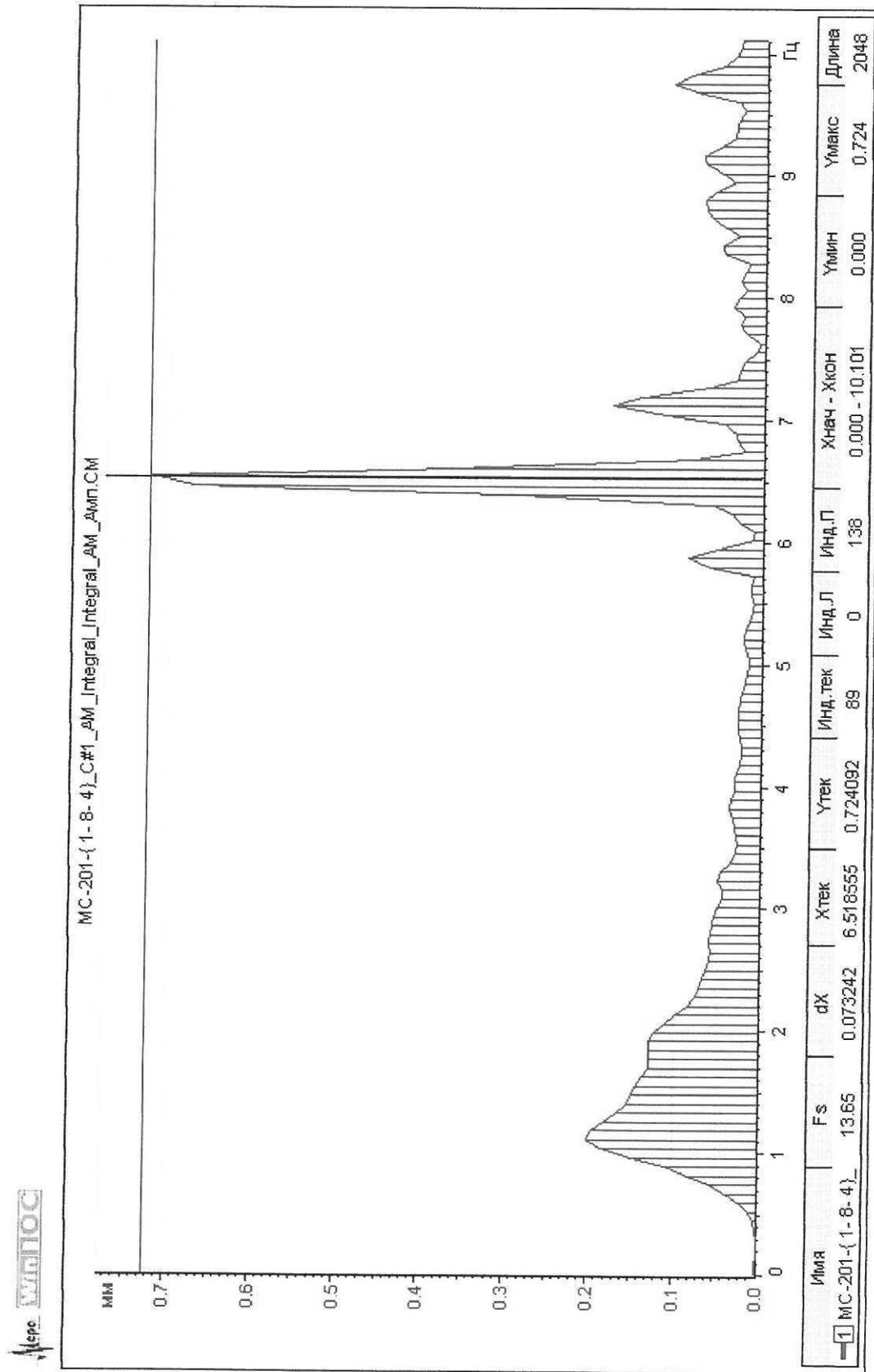


Рис. П2.18 Спектр пиковых значений вертикальных перемещений. Режим 34

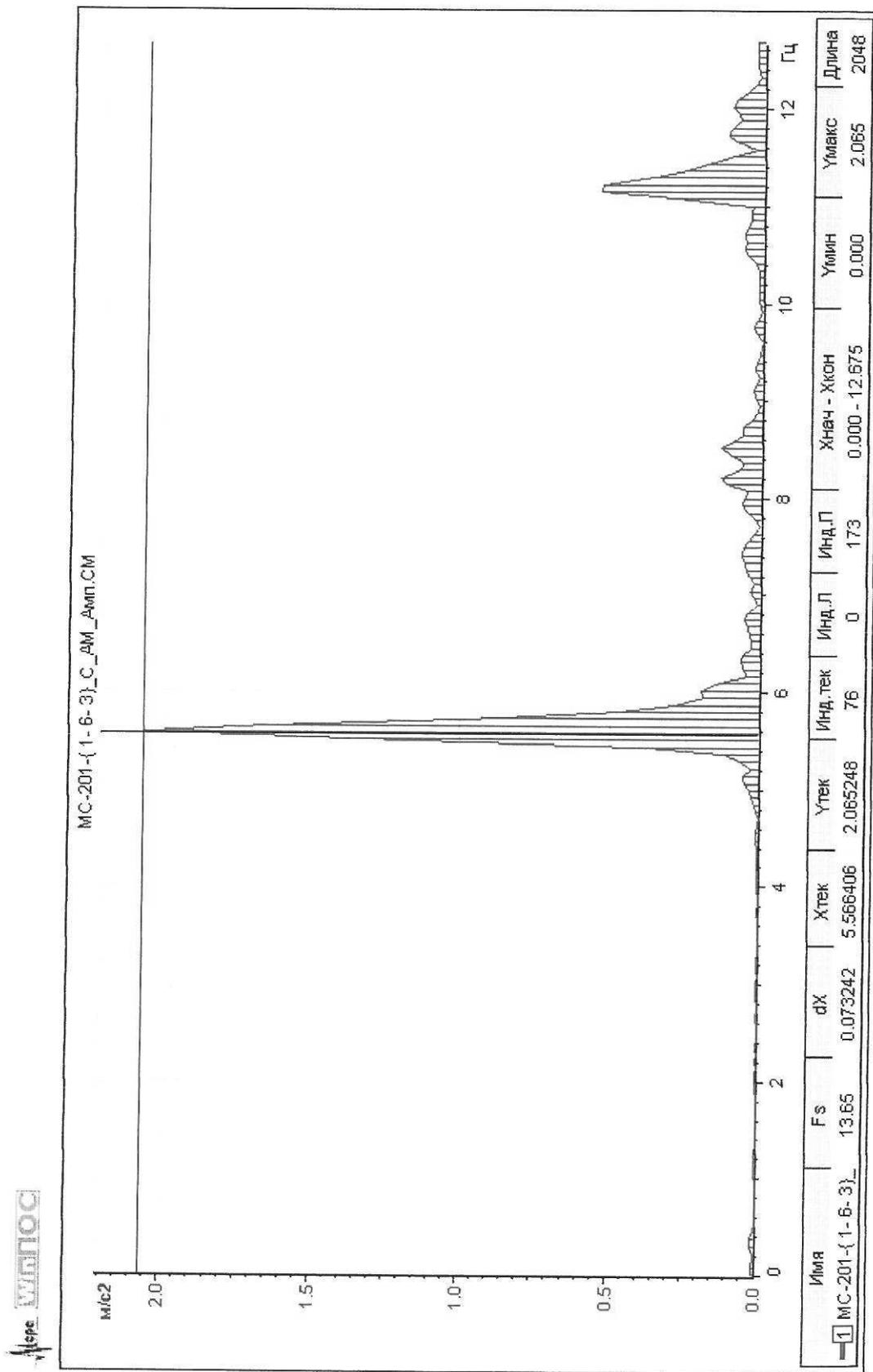


Рис. П2.20 Спектр пиковых значений горизонтальных ускорений. Режим 36

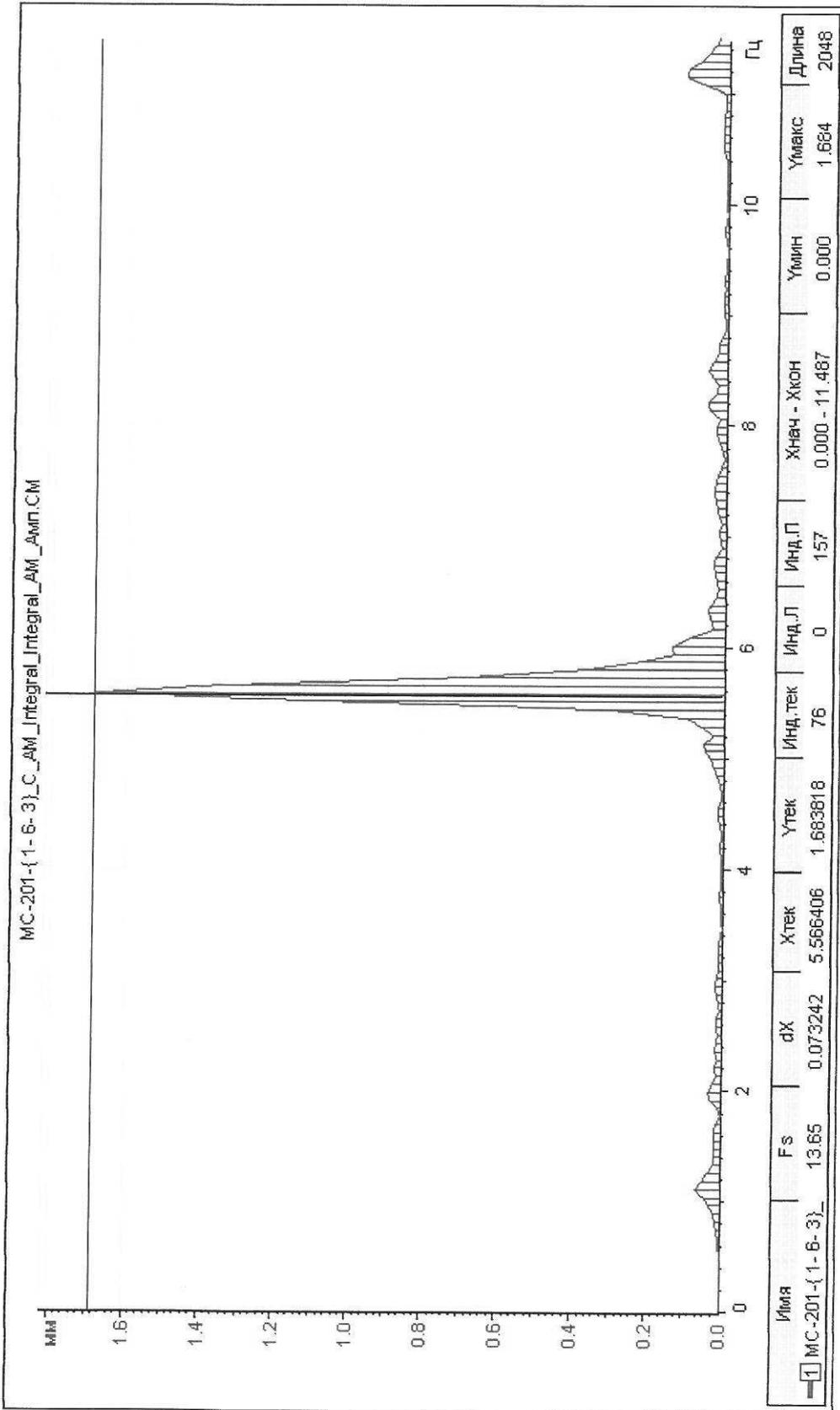


Рис. П2.2.1 Спектр пиковых значений горизонтальных перемещений. Режим 36

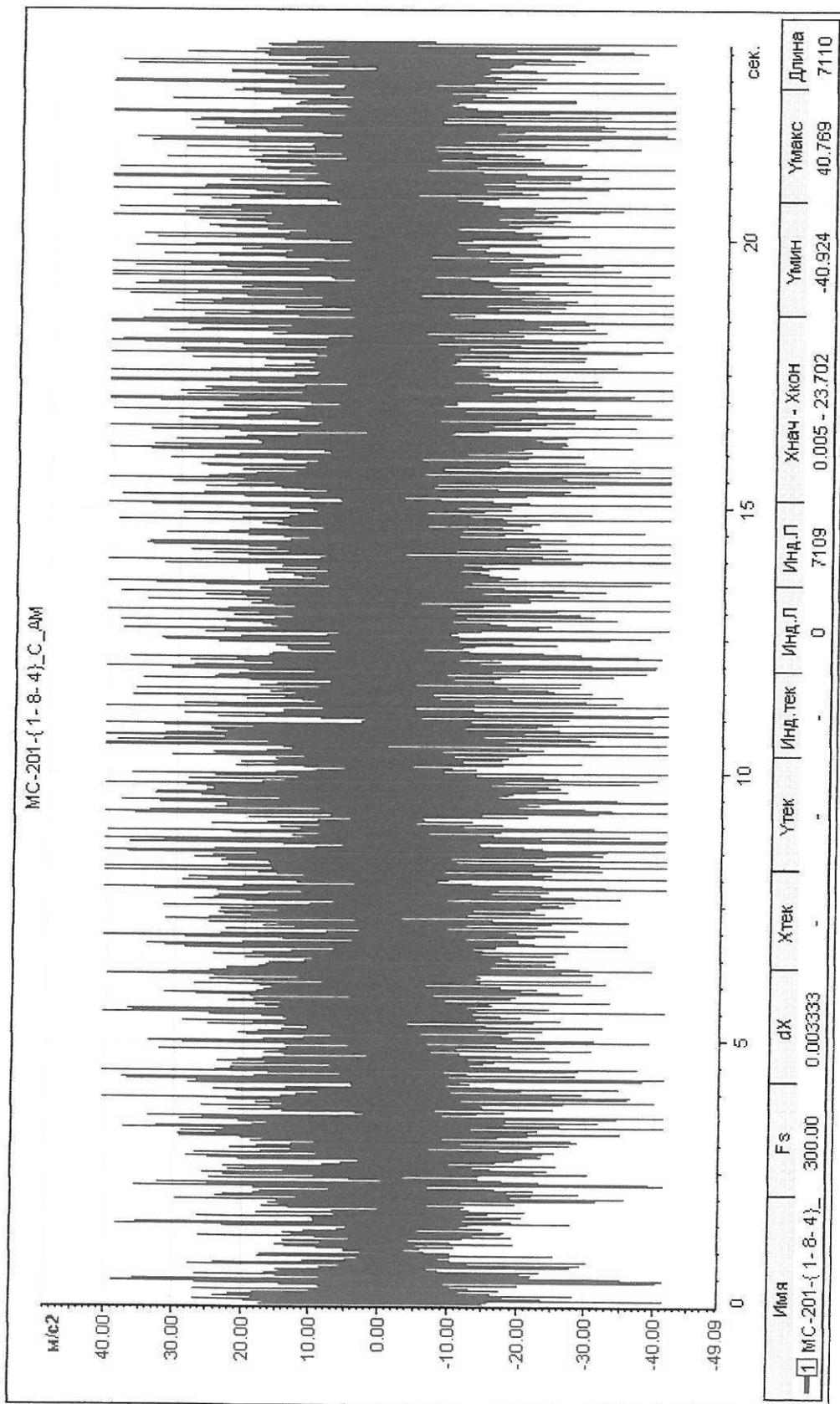


Рис. П2.22 Акселерограмма вертикальных ускорений. Режим 36

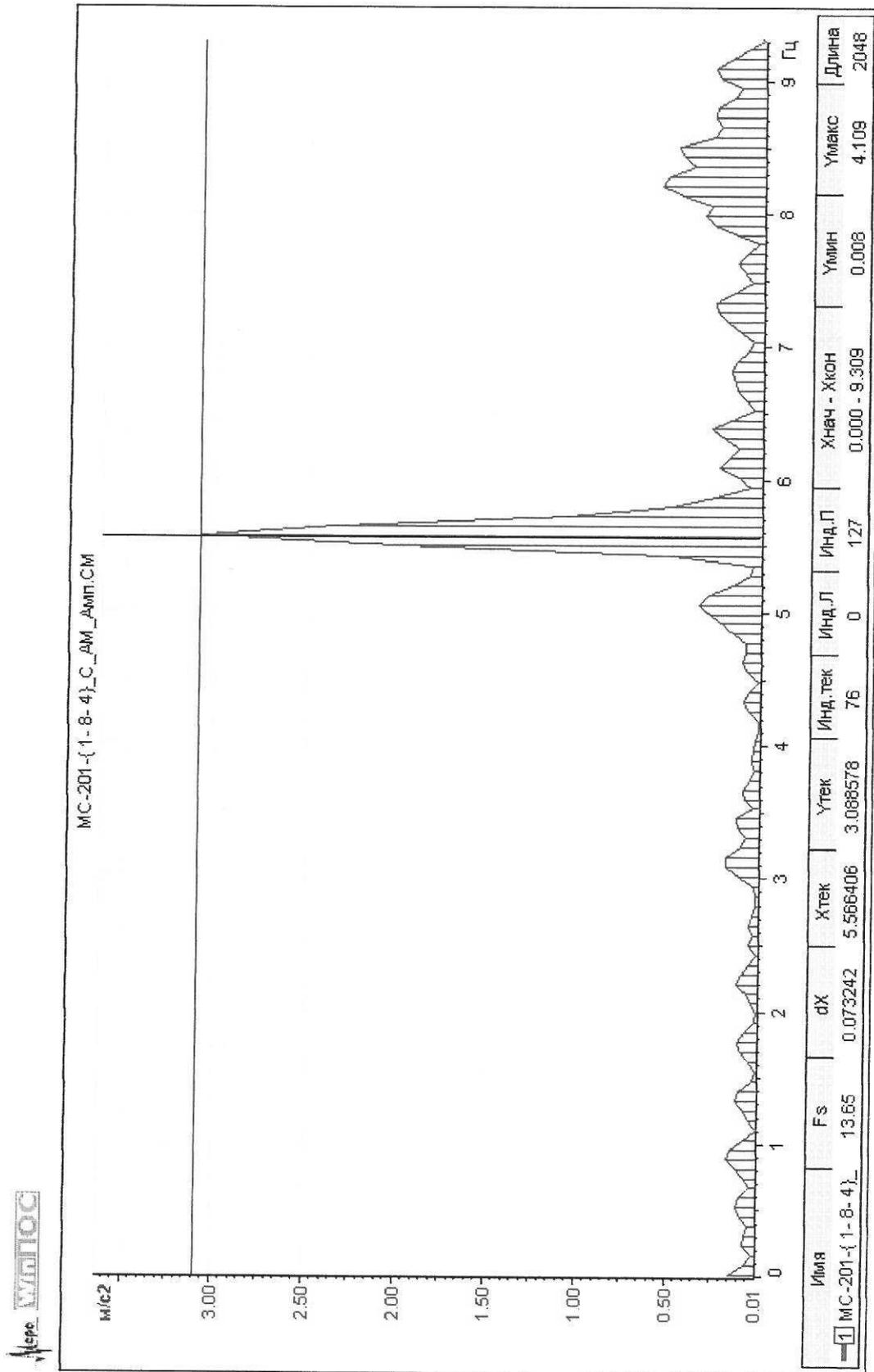


Рис. П2.23 Спектр пиковых значений вертикальных ускорений. Режим 36

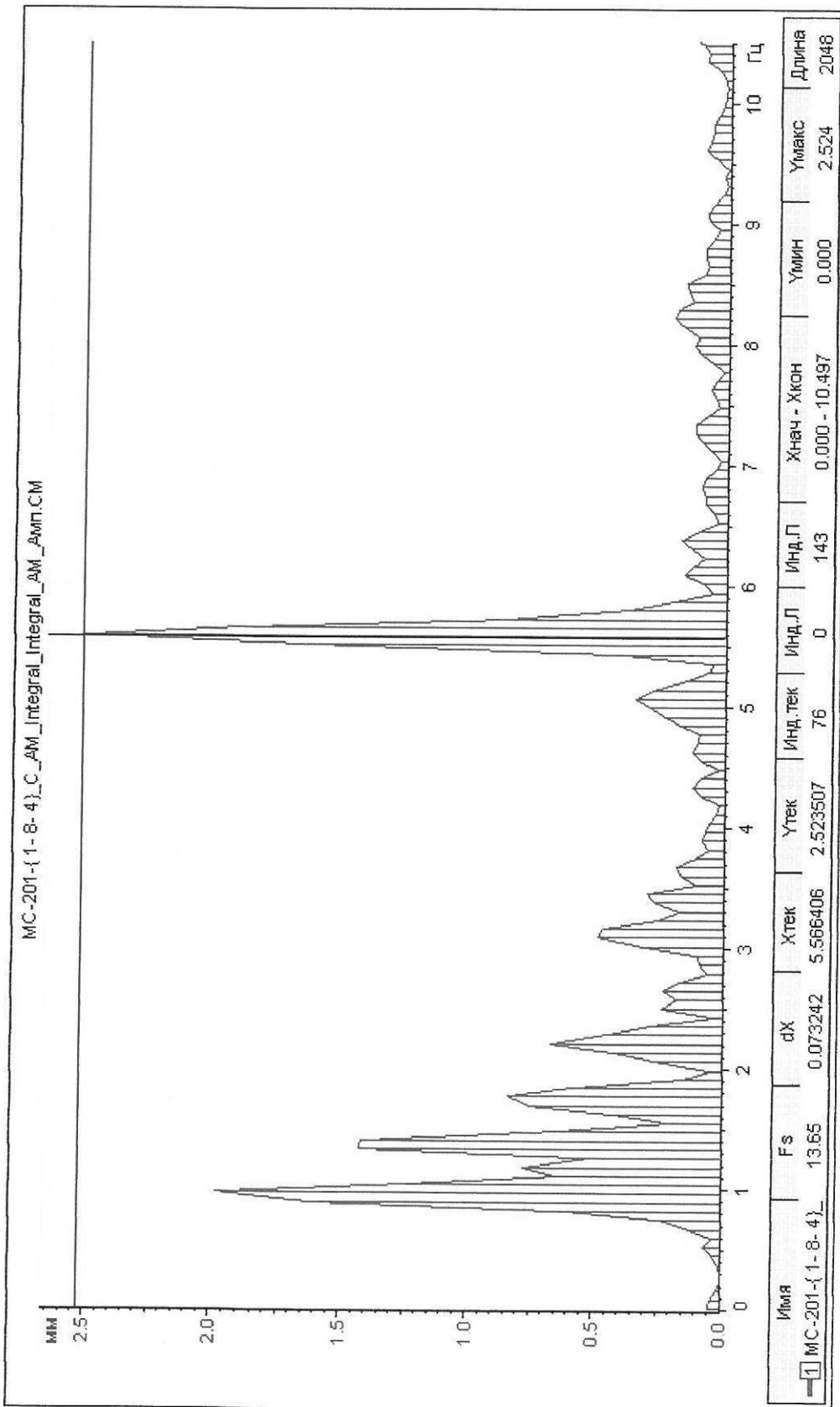


Рис. П2.24 Спектр пиковых значений вертикальных перемещений. Режим 36

4. Программа и методика испытаний НФС «АКВАПАНЕЛЬ®» с вертикальным и перекрестным расположением направляющих, а также с подконструкциями из алюминия

Программа экспериментальных исследований по оценке сейсмостойкости НФС «АКВАПАНЕЛЬ®» с вертикальным и перекрестным расположением направляющих, а также с подконструкциями из алюминия 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 фасадных систем 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 фасадных систем при сейсмических воздействиях.

Методика испытаний. Возбуждение колебаний экспериментальных моделей (сооружений) осуществляется с использованием различных устройств. При проведении динамических испытаний НФС «АКВАПАНЕЛЬ®» с вертикальным и перекрестным расположением направляющих, а также с подконструкциями из алюминия возбуждение колебаний осуществлялось с помощью вибромашины ВИД-12М, установленной на специальную виброплатформу маятникового типа (рис. 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 НФС 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 предусматривала, если в процессе испытаний происходило разрушение или изменение конструктивной схемы НФС, разработку совместно с Заказчиком способов повышения надежности НФС. После этого испытания должны были повторяться согласно п.п. 2 и 3 настоящего раздела.

5. Оборудование для испытаний НФС «АКВАПАНЕЛЬ®» с вертикальным и перекрестным расположением направляющих, а также с подконструкциями из алюминия 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 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. 3.18 и 3.19 показан общий вид виброплатформы с установленным на ней стендом, к которому, в свою очередь, крепится 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 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 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 МІС – 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 +5 до +35

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

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;

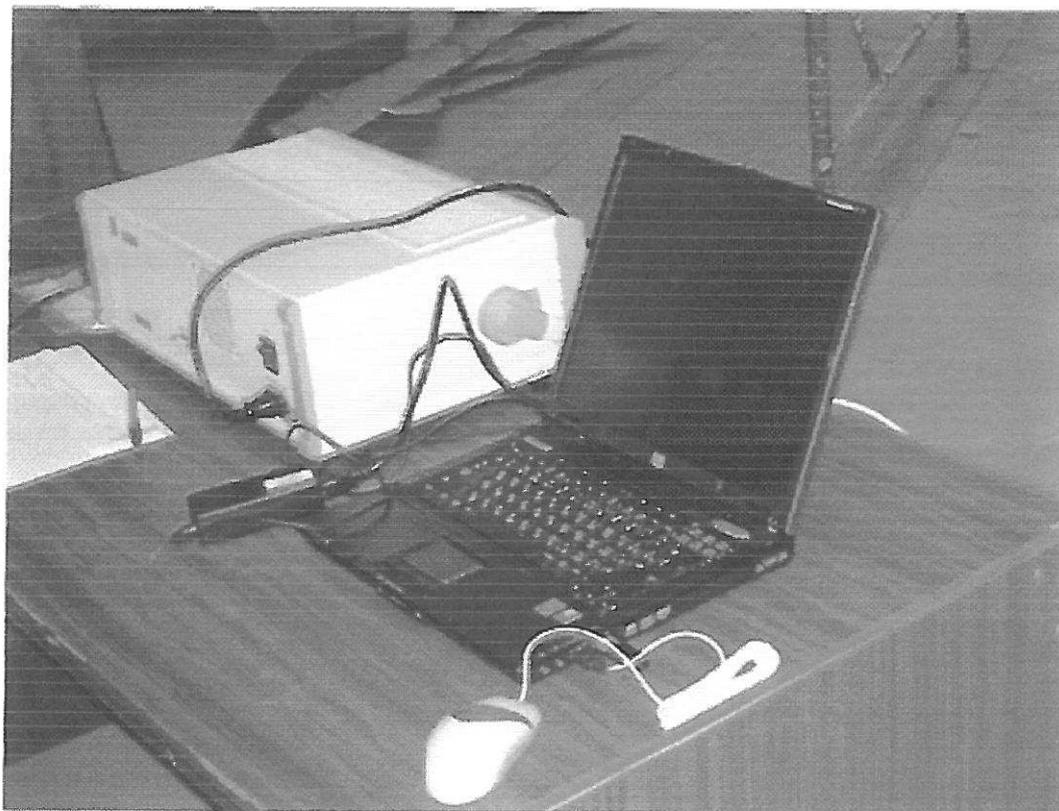
Для контроля задаваемых нагрузок датчики были установлены на платформе, вблизи источника загрузки.

Общее количество контролируемых точек (количество акселерометров)
– 4.

Схема расстановки датчиков показана на рис. 5.2.

Кроме этого измерения динамических характеристик стенда в процессе динамических испытаний осуществлялось с помощью специального прибора вибротест-МГ4, который показан на рис. 5.3 (Приложение 1).

a)



б)

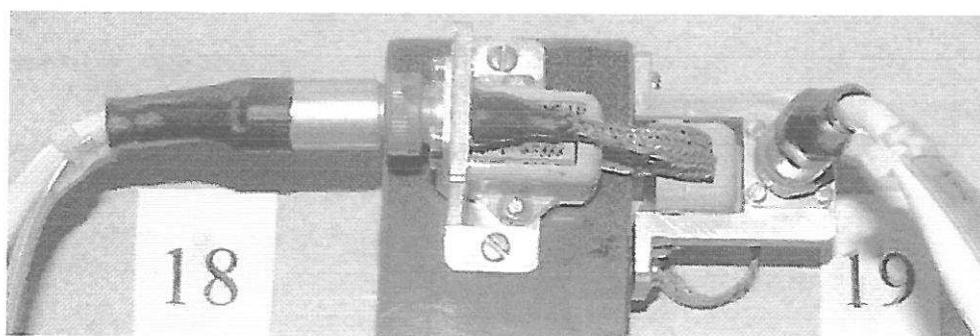


Рис. 5.1

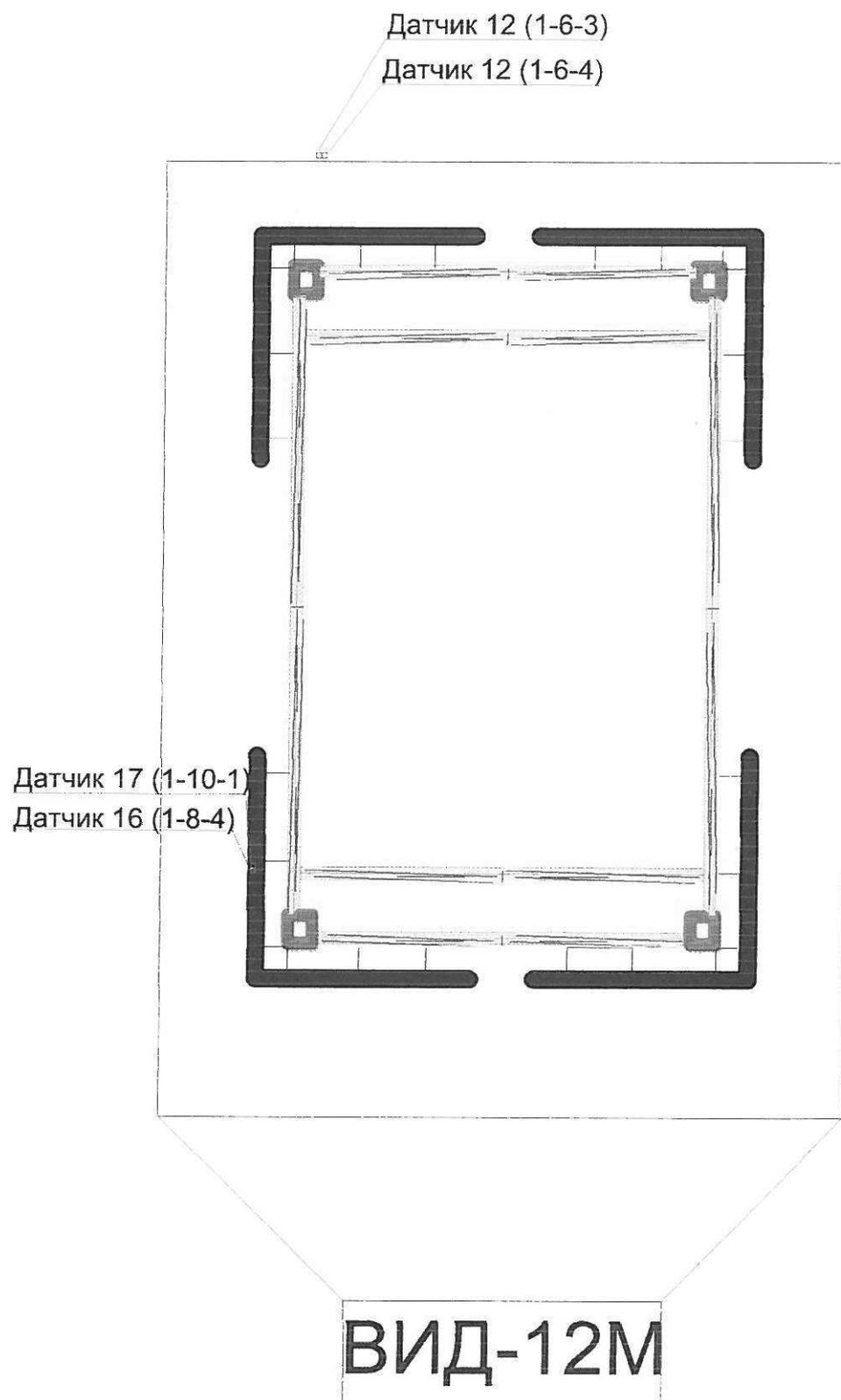


Рис. 5.2. Схема расстановки акселерометров на стенде и НФС

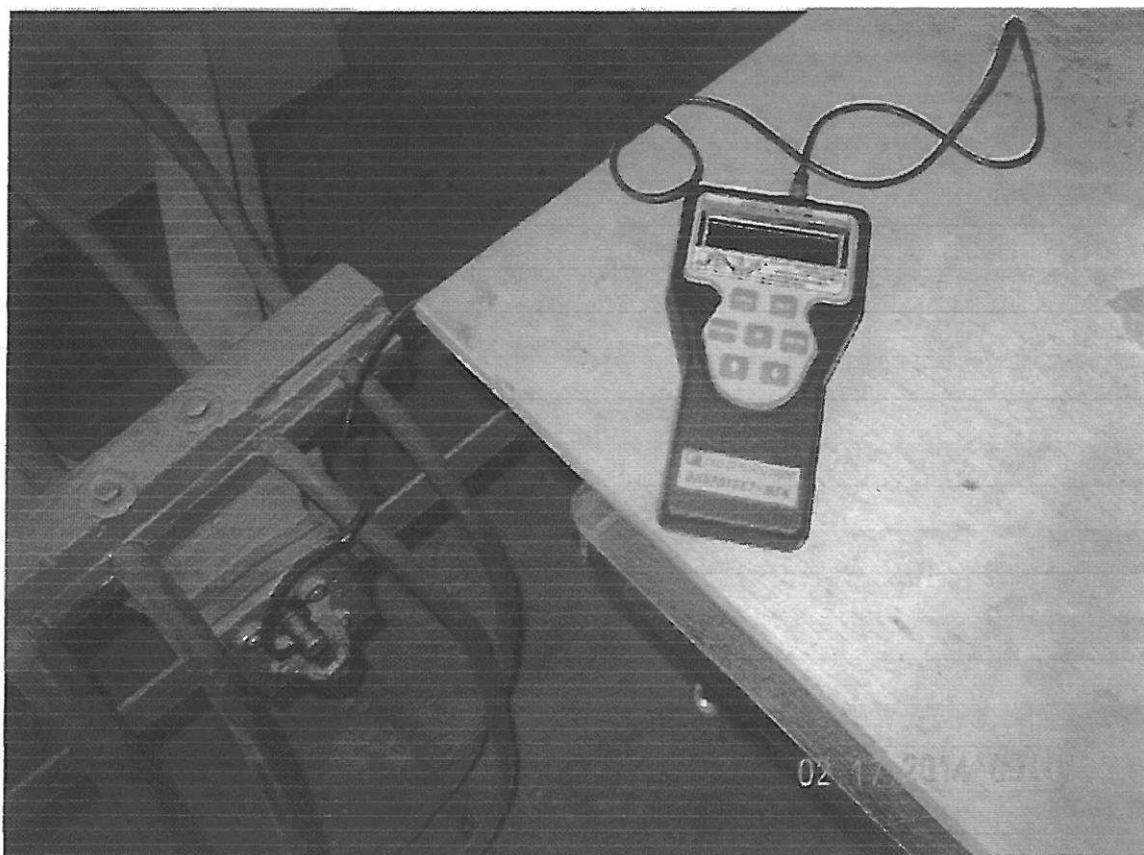


Рис. 5.3. Общий вид прибора Вибротест МГ-4

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 (рис. 6.1). Компоновка несущих элементов стенда проводилась с учетом монтажных схем установки кронштейнов.

Монтаж НФС НФС «АКВАПАНЕЛЬ®» с вертикальным и перекрестным расположением направляющих, а также с подконструкциями из алюминия 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 НФС «АКВАПАНЕЛЬ®» с вертикальным и перекрестным расположением направляющих, а также с подконструкциями из алюминия на стенд осуществлялся по следующей схеме:

1. Системы навешивались на кронштейны, которые крепились к металлическим элементам стенда с помощью болтов.
2. Несущие вертикальные и горизонтальные направляющие профили жестко крепились к кронштейнам с помощью саморезов.
3. К вертикальным и горизонтальным направляющим профилям крепились облицовка в виде армированных цементно-минеральных плит «АКВАПАНЕЛЬ – Наружная» производства фирмы «KNAUF USG

Systems» (КНАУФ УСГ Системс) с последующим устройством лицевого декоративного слоя и клинкерной плитки в варианте с подконструкциями из алюминия.

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

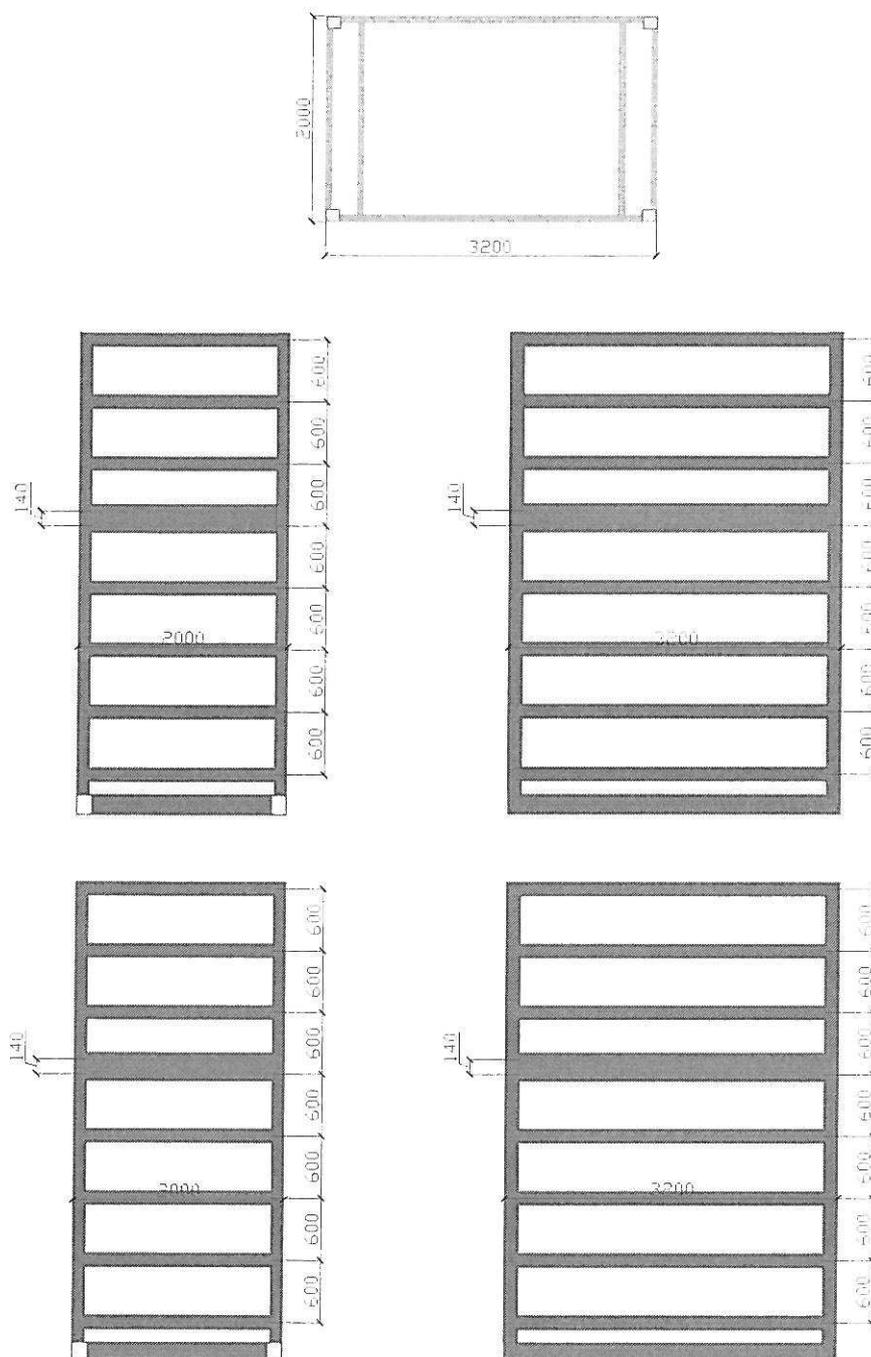


Рис. 6.1. Схема стенда для испытаний.

7. Динамические испытания НФС «АКВАПАНЕЛЬ®» с вертикальным и перекрестным расположением направляющих, а также с подконструкциями из алюминия

7.1. Методика Проведения испытаний

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 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 [7,8] 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 [9] максимальные ускорения почвы при землетрясениях соответствовали периодам 0.05 и 0.1 сек ($f=20$ и 10 Гц). По данным И.Л. Корчинского [8]:

- 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 [8,10] 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 [8], отвечает скорости нагружения строительных конструкций при сейсмических нагрузках.

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

7.3. Условия проведения динамических испытаний

Вибрационные испытания проводились 03.02.2014 г. в дневное время при температуре воздуха - не ниже +10 °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 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 НФС в связи с отсутствием нормативных документов, определяющих надежность фасадных конструкций в процессе их эксплуатации в сейсмоопасных районах РФ, условно разделены на две группы:

- первая группа включает предельные состояния, которые ведут 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. 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 7.1 и 7.2.
2. За 1-е предельное состояние конструкций НФС принимается такое техническое состояние, при котором происходит разрушение узлов крепления панелей к направляющим, разрушение несущих конструкций или разрушение самих панелей. 2-му предельному состоянию соответствует смещение панелей относительно друг друга на $\Delta \leq 4\text{мм}$.

**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 и их анализ

Анализ результатов лабораторных динамических испытаний НФС «АКВАПАНЕЛЬ®» с вертикальным и перекрестным расположением направляющих, а также с подконструкциями из алюминия с использованием облицовки в виде армированных цементно-минеральных «АКВАПАНЕЛЬ – Наружная» толщиной 12,5 мм, производства фирмы «KNAUF USG Systems» (КНАУФ УСГ Системс) позволяет отметить следующее.

1. В таблицах 7.3-7.4 приведены параметры динамического нагружения платформы в горизонтальной и вертикальной плоскостях, установленных по акселерометрам, закрепленным в уровне платформы (рис. 5.2), а в таблицах 7.5-7.6 приведены параметры динамического нагружения фрагментов образцов в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Приведенные в табл. 7.3-7.6 значения по цветовой гамме соответствуют зонам сейсмичности, указанным на карте сейсмического районирования территории РФ (рис. 7.1).
2. В процессе испытаний ускорение виброплатформы по данным акселерометров (таб. 7.3-7.4), установленных на ней, изменялось в интервале от 0,3 до 4,3 м/с² - в горизонтальном направлении, и от 0,1 до 3,0 м/с² - в вертикальном направлении. Горизонтальные ускорения фрагментов образцов по данным акселерометров (таб. 7.5), установленных в уровне верха НФС, изменялись в интервале от 0,4 до 11,8 м/с², а вертикальные ускорения (таб. 7.6) - в интервале от 0,1 до 0,7 м/с². Полученные значения горизонтальных ускорений виброплатформы превышают значения нормативных ускорений, соответствующих 9 баллам по шкале MSK-64 – 4 м/с²). Частота колебания системы изменялась в интервале от 1,2 до 7,2 Гц. Максимальная амплитуда горизонтальных колебаний виброплатформы составила 10,3 мм, а вертикальных колебаний 2,7 мм. Максимальная амплитуда горизонтальных колебаний

фрагментов образцов в уровне верха НФС составила 13,7 мм, а вертикальных колебаний 2,1 мм.

3. Во время испытаний в момент, когда собственные частоты колебаний НФС совпали с вынужденными частотами колебаний, виброплатформы НФС вошла в резонанс (режим 34). Это явление наблюдалось при частоте $f=6,5$ Гц ($a=1,9$ м/с² – 7 баллов).

В Приложении 2 к настоящему отчету приведены акселерограммы, записанные с датчиков. Кроме того, построены амплитудно-частотные характеристики испытываемого образца при колебаниях с заданной частотой.

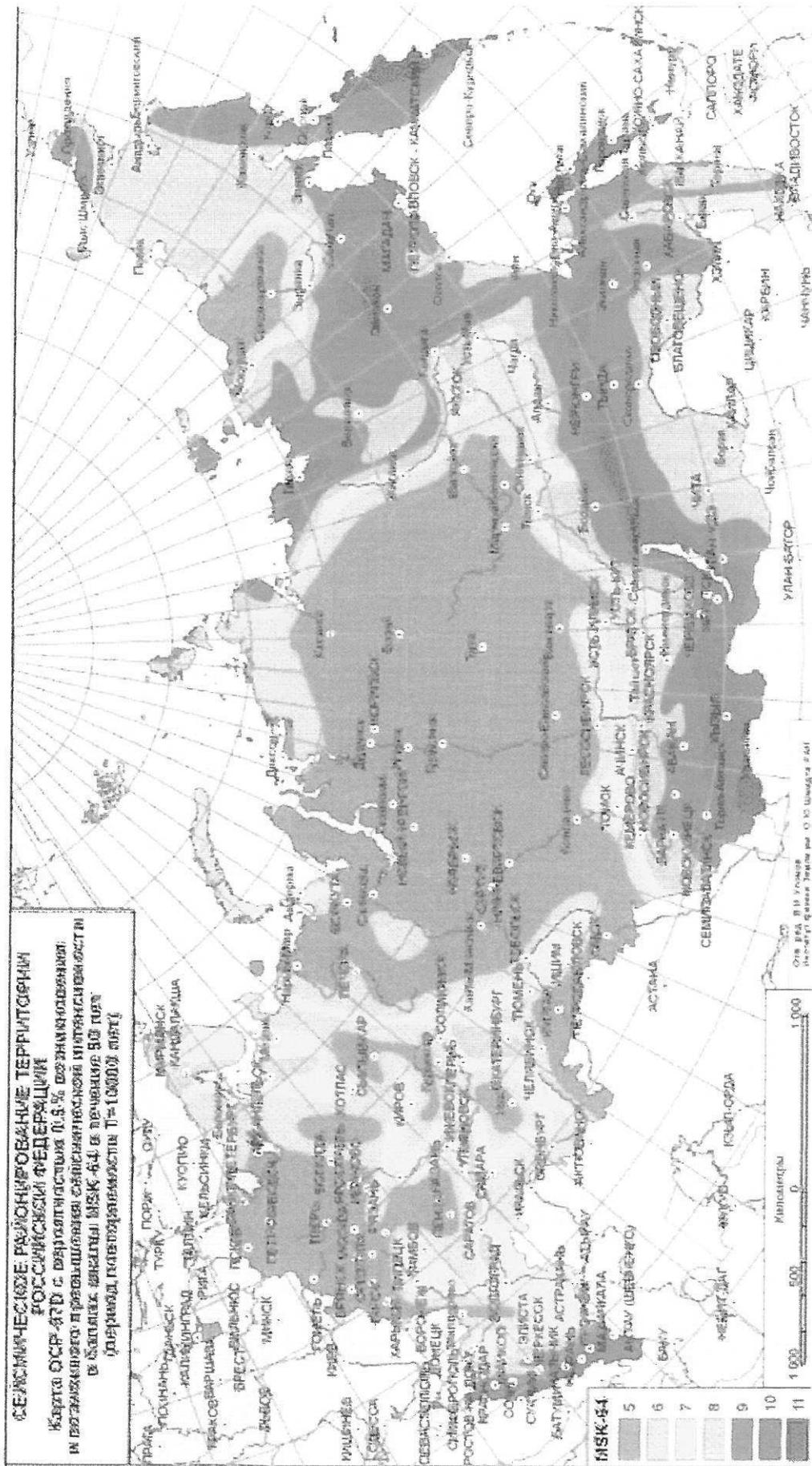


Рис. 7.1

**Параметры динамического нагружения виброплатформы
в горизонтальной плоскости (датчик 1-6-3)**

Таблица 7.3

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

**Параметры динамического нагружения виброплатформы
в вертикальной плоскости (датчик 1-8-4)**

Таблица 7.4

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

**Параметры динамического нагружения опытного образца
в горизонтальной плоскости (датчик 1-10-1)**

Таблица 7.5

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

**Параметры динамического нагружения испытательного образца
в вертикальной плоскости (датчик 1-6-4)**

Таблица 7.6

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

8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Выводы и рекомендации.

На основе анализа результатов динамических испытаний навесных фасадных систем «АКВАПАНЕЛЬ®» с вертикальным и перекрестным расположением направляющих, а также с подконструкциями из алюминия с использованием облицовки в виде армированных цементно-минеральных плит «АКВАПАНЕЛЬ – Наружная» толщиной 12,5 мм, производства фирмы «KNAUF USG Systems» (КНАУФ УСГ Системс) можно отметить следующее.

1. В соответствии с программой экспериментальных исследований на виброплатформе Центра исследований сейсмостойкости сооружений были проведены динамические испытания НФС «АКВАПАНЕЛЬ®» с вертикальным и перекрестным расположением направляющих, а также с подконструкциями из алюминия. При динамических испытаниях моделировались нагрузки, соответствующие сейсмическим воздействиям 7-9 баллов.
2. В процессе испытаний ускорение виброплатформы по данным акселерометров (таб. 7.3-7.4), установленных на ней, изменялось в интервале от 0,3 до 4,3 м/с² - в горизонтальном направлении и от 0,1 до 3,0 м/с² - в вертикальном направлении. Полученные значения горизонтальных ускорений виброплатформы превышают значения нормативных ускорений, соответствующих 9 баллам (по шкале MSK-64 – 4 м/с²).
3. Горизонтальные ускорения фрагментов образцов по данным акселерометров (таб. 7.5), установленных в уровне верха НФС изменялись в интервале от 0,4 до 11,8 м/с², вертикальные ускорения (таб. 7.6) - в интервале от 0,1 до 0,7 м/с².
4. Частота колебаний системы изменялись в интервале от 1,2 до 7,2 Гц. При этом максимальная амплитуда горизонтальных колебаний виброплатформы составила 10,3 мм, а вертикальных

колебаний – 2,7 мм. Максимальная амплитуда горизонтальных колебаний фрагментов НФС в уровне её верха составила 13,7 мм, а вертикальных – 2,1 мм.

5. Во время испытаний в момент, когда собственные частоты колебаний НФС совпали с вынужденными частотами колебаний виброплатформы, НФС вошла в резонанс (режим 34). Это явление наблюдалось при частоте $f=6,5$ Гц ($a=1,9$ м/с² – 7 баллов). При резонансе прочность и эксплуатационная надежность НФС «АКВАПАНЕЛЬ®» с вертикальным и перекрестным расположением направляющих, а также с подконструкциями из алюминия не были нарушены.
6. По результатам динамических испытаний допускается применение фасадной системы «АКВАПАНЕЛЬ®» с вертикальным и перекрестным расположением направляющих, а также с подконструкциями из алюминия с использованием облицовки в виде армированных цементно-минеральных плит «АКВАПАНЕЛЬ – Наружная» толщиной 12,5 мм, производства фирмы «KNAUF USG Systems» (КНАУФ УСГ Системс) толщиной 12,5 мм в сейсмических районах при балльности площадки строительства от 7 до 9 баллов включительно. При этом должны соблюдаться требования, касающиеся долговечности, огнестойкости и коррозионной стойкости элементов фасадных систем и облицовки.
7. 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 типовых технических решений «Конструкции навесной фасадной системы с воздушным зазором «АКВАПАНЕЛЬ®».
5. Альбом типовых технических решений «Конструкции навесной фасадной системы с воздушным зазором «АКВАПАНЕЛЬ®» - с подконструкциями из алюминия.
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 ИЗМЕРЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ФАСАДНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИБОРА
ВИБРОТЕСТ-МГ4

N	Дата	Время	a, м/кв.с	f, Гц	V, мм/с	S, мм	Примечание
1	03.02.2015	14:13:33	1,1	2,6	67,9	4,16	
2	03.02.2015	14:14:16	1,8	3,5	81,4	3,7	
3	03.02.2015	14:14:16	1,8	3,5	81,4	3,7	
4	03.02.2015	14:15:34	3,3	5,1	103,3	3,22	
5	-	-	-	-	-	-	
6	03.02.2015	14:18:05	1,9	3,3	90,7	4,37	
7	03.02.2015	14:18:54	2,6	4,2	99,7	3,78	
8	03.02.2015	14:19:33	3,5	5,1	110,5	3,45	
9	03.02.2015	14:20:16	6,7	5,5	193,3	5,59	
10	03.02.2015	14:21:23	1,6	2,6	97,9	6	
11	03.02.2015	14:22:02	2,6	3,5	118,2	5,38	
12	03.02.2015	14:22:42	3,6	4,3	134	4,96	
13	03.02.2015	14:23:21	4,1	5,1	128,9	4,02	
14	03.02.2015	14:24:01	6,5	5,3	194	5,83	
15	03.02.2015	14:25:07	1,2	1,7	110,5	10,34	
16	03.02.2015	14:25:53	2,3	2,6	140,8	8,62	
17	03.02.2015	14:26:37	4	3,5	183,7	8,35	
18	03.02.2015	14:27:17	5,1	4,2	192,9	7,31	
19	03.02.2015	14:27:59	6,1	4,5	214,7	7,59	
20	03.02.2015	14:29:27	1,6	1,7	146	13,67	
21	03.02.2015	14:30:11	3,5	2,6	212,4	13	
22	03.02.2015	14:30:53	5,1	3,3	247,9	11,96	
23	03.02.2015	14:31:35	6,8	3,9	278,3	11,36	
24	03.02.2015	14:32:15	7,3	4,1	283,8	11,02	
25	03.02.2015	14:33:21	1	1,2	136,6	18,12	
26	03.02.2015	14:34:08	3,2	2,2	230,8	16,69	
27	03.02.2015	14:34:50	4,9	2,8	276,2	15,7	
28	03.02.2015	14:35:37	6,4	3,2	320,3	15,93	
29	03.02.2015	14:36:57	1,8	1,5	187,8	19,93	
30	03.02.2015	14:37:49	3,9	2,2	282,1	20,41	
31	03.02.2015	14:38:32	5,3	2,6	323,2	19,78	
32	03.02.2015	14:39:18	7	2,9	382	20,96	
33	03.02.2015	14:39:59	8,9	3,4	417,1	19,52	
34	03.02.2015	14:41:52	8,1	6,4	202,4	5,03	
35	03.02.2015	14:43:52	10,4	5,5	300,9	8,71	
36	-	-	-	-	-	-	

РЕЗУЛЬТАТЫ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ
ФАСАДНЫХ СИСТЕМ

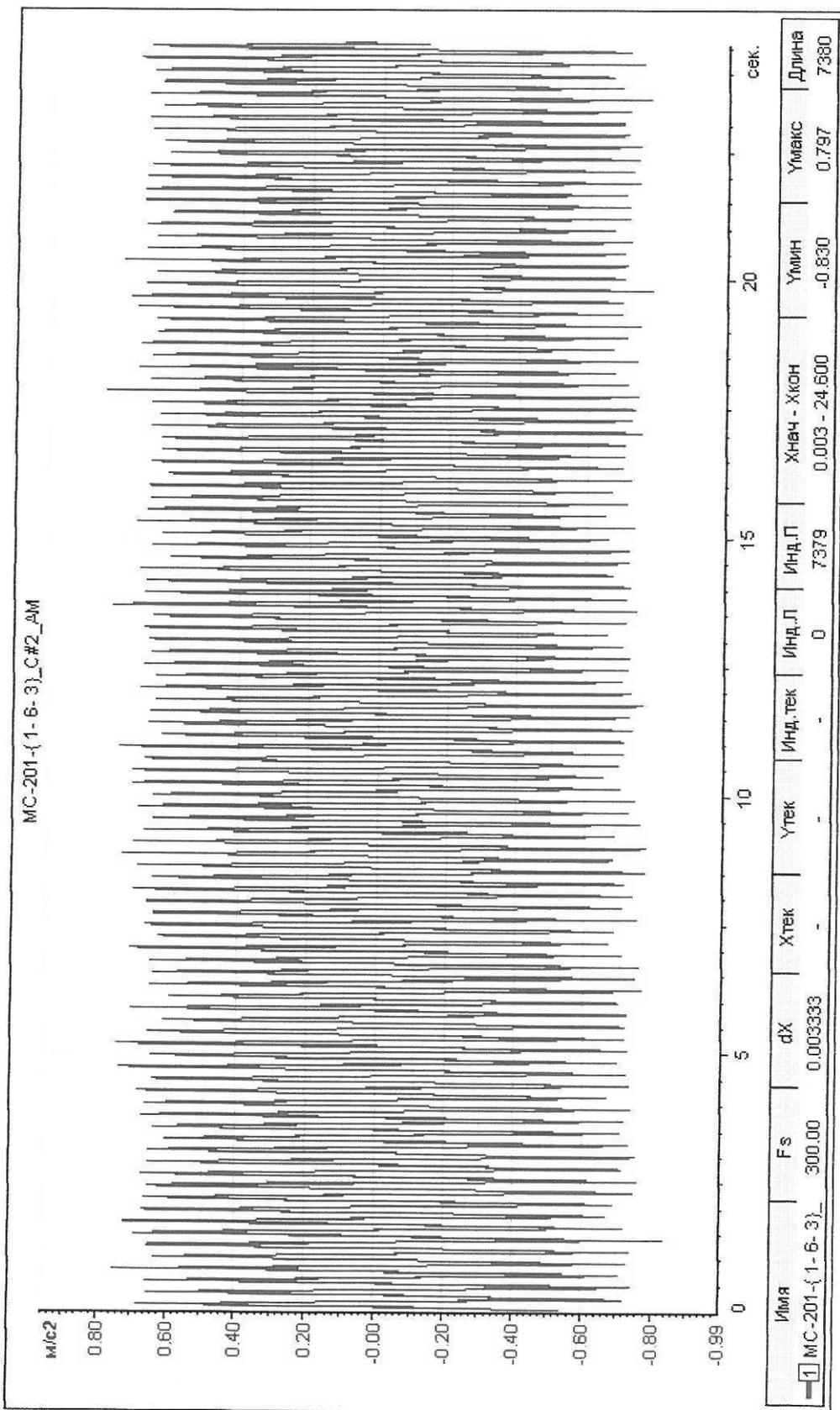


Рис. П2.1 Акселерограмма горизонтальных ускорений. Режим 3

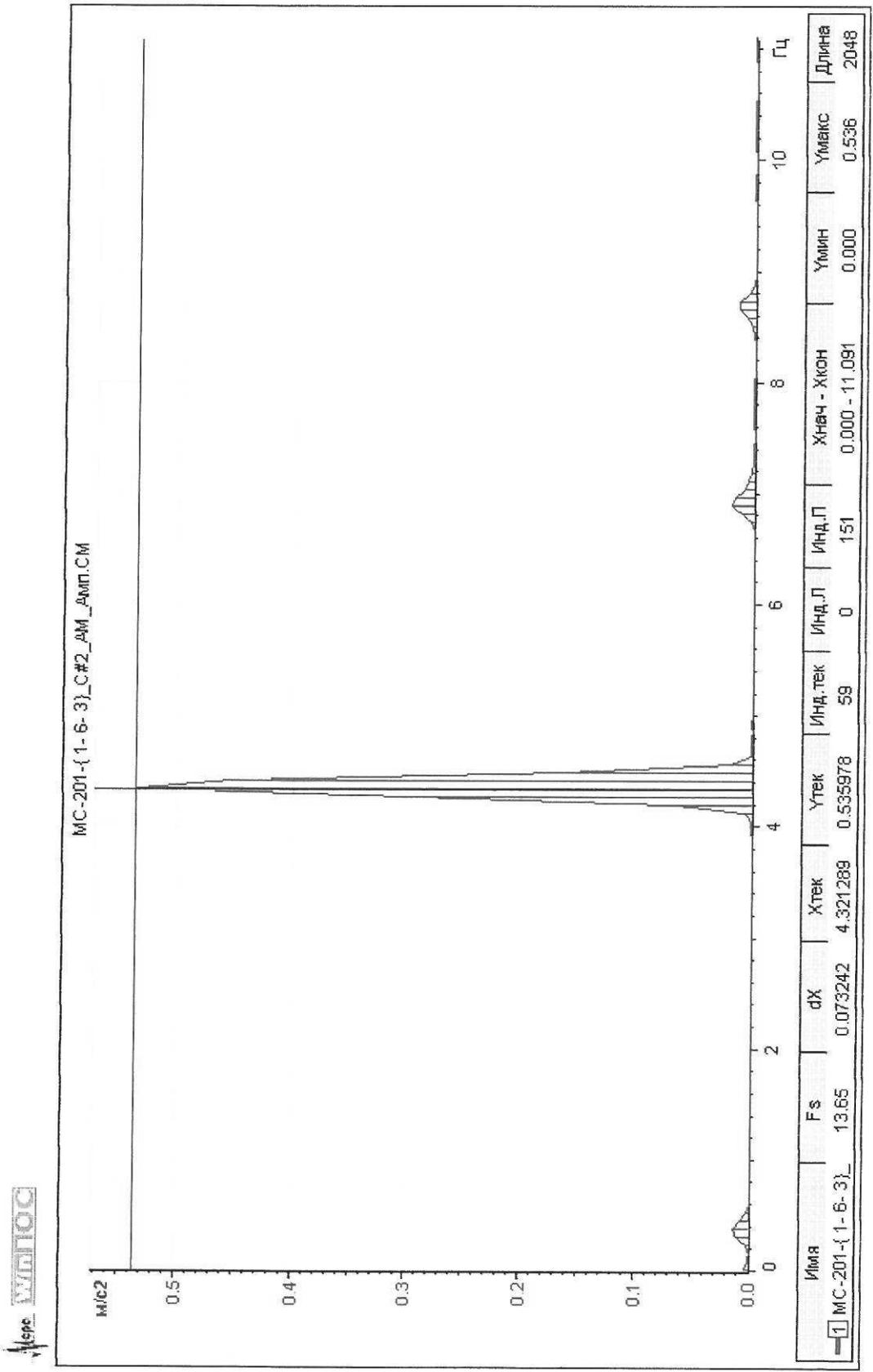


Рис. П2.2 Спектр пиковых значений горизонтальных ускорений. Режим 3

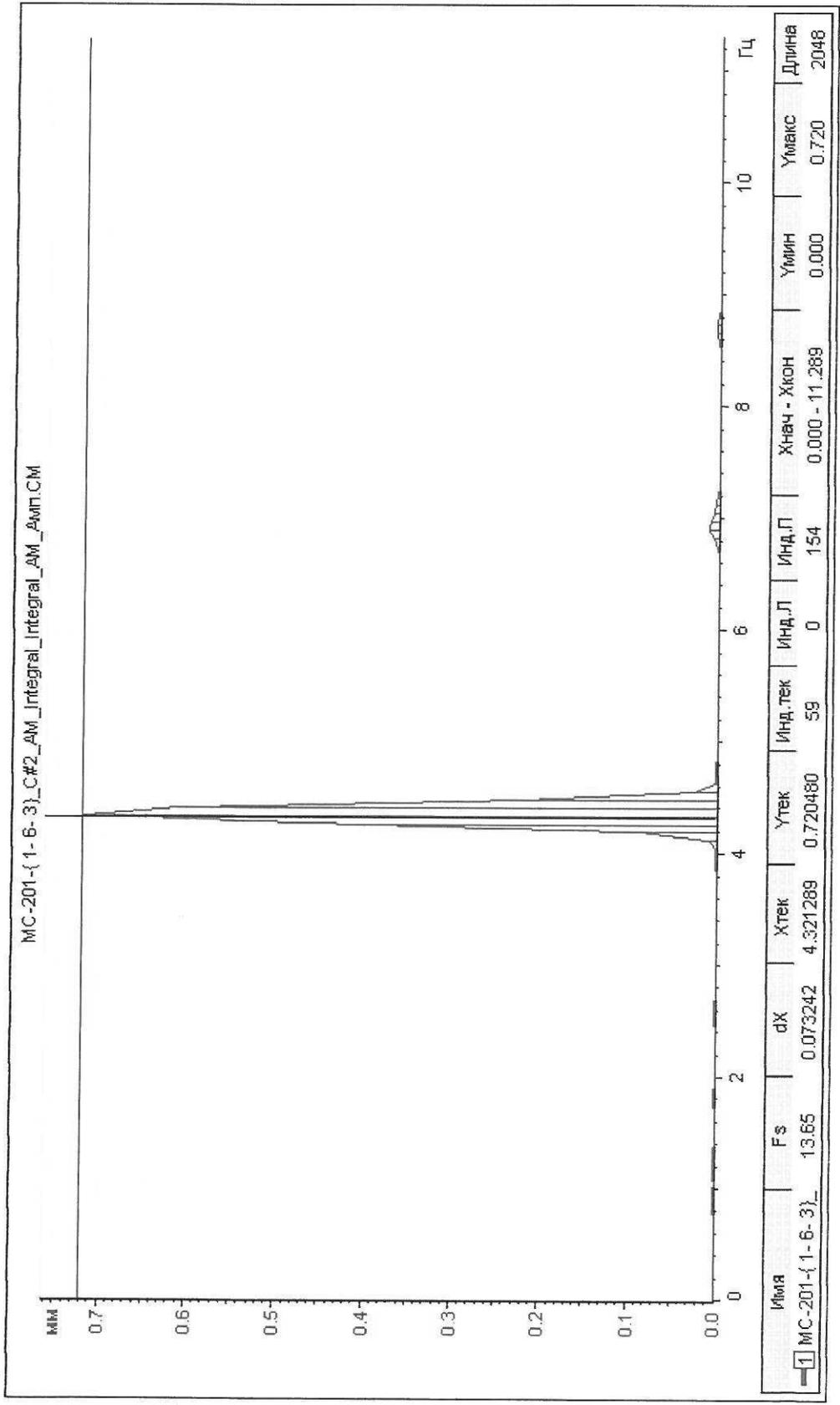


Рис. П2.3 Спектр пиковых значений горизонтальных перемещений. Режим 3

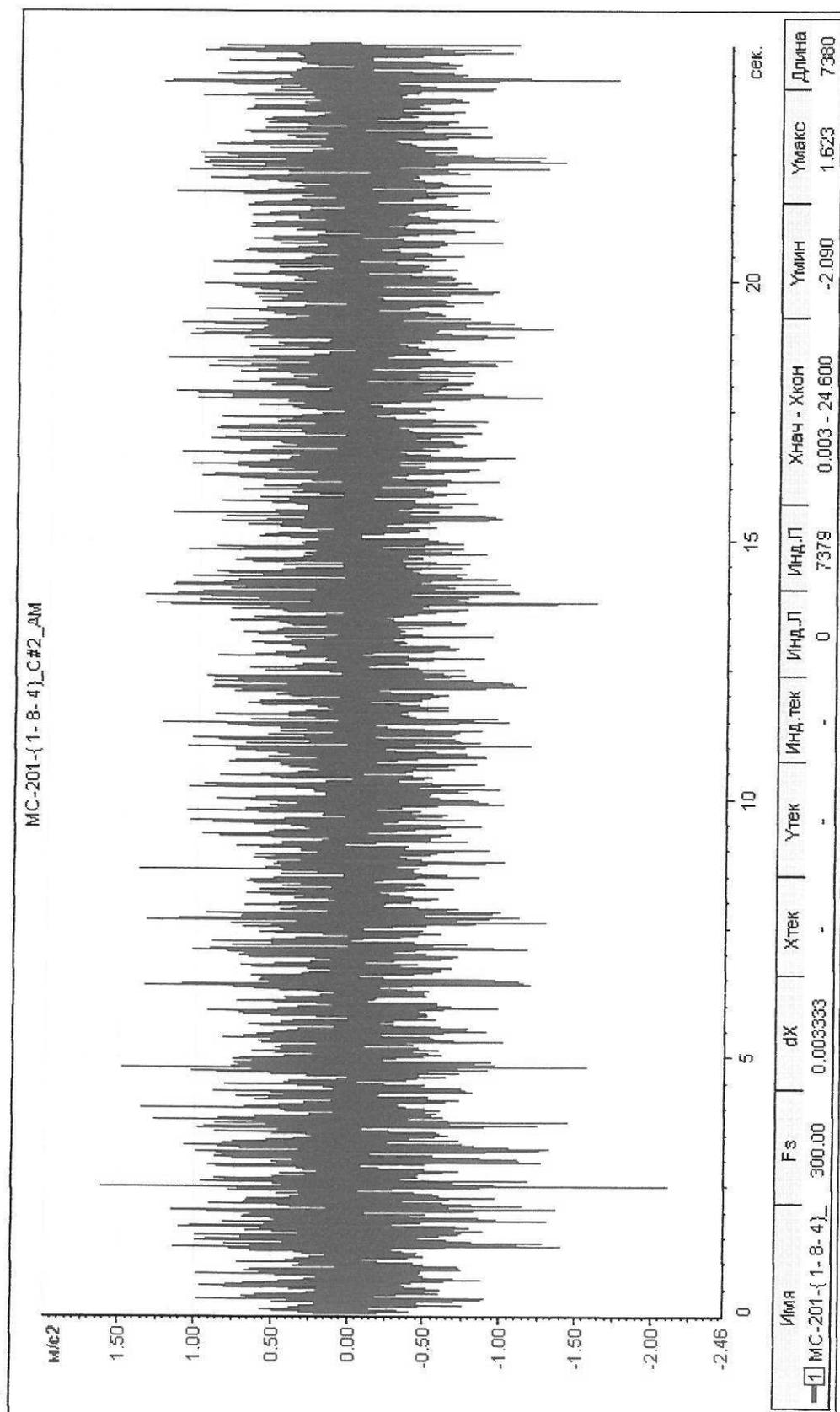


Рис. П2.4 Акселерограмма вертикальных ускорений. Режим 3

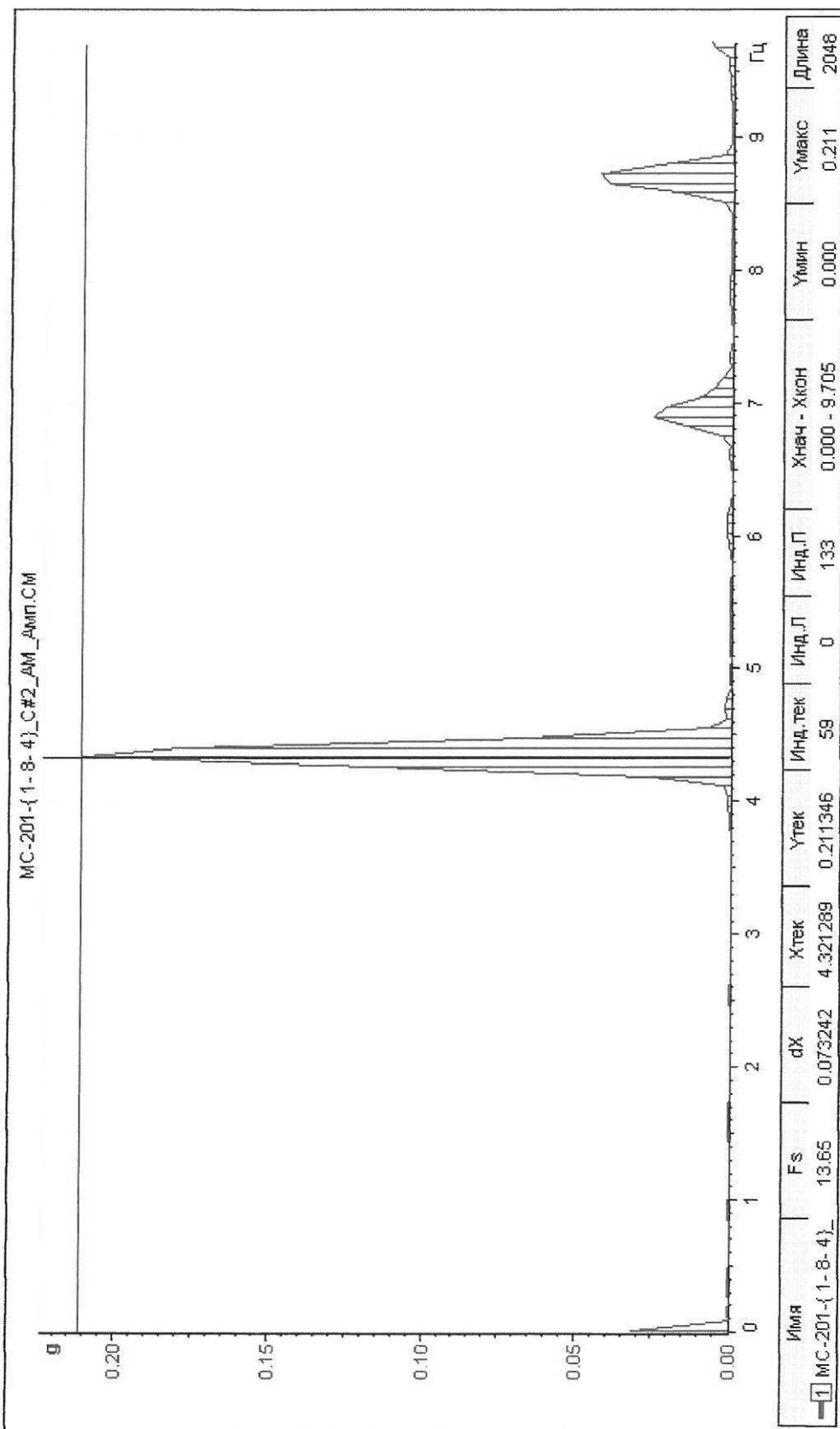


Рис. П2.5 Спектр пиковых значений вертикальных ускорений. Режим 3

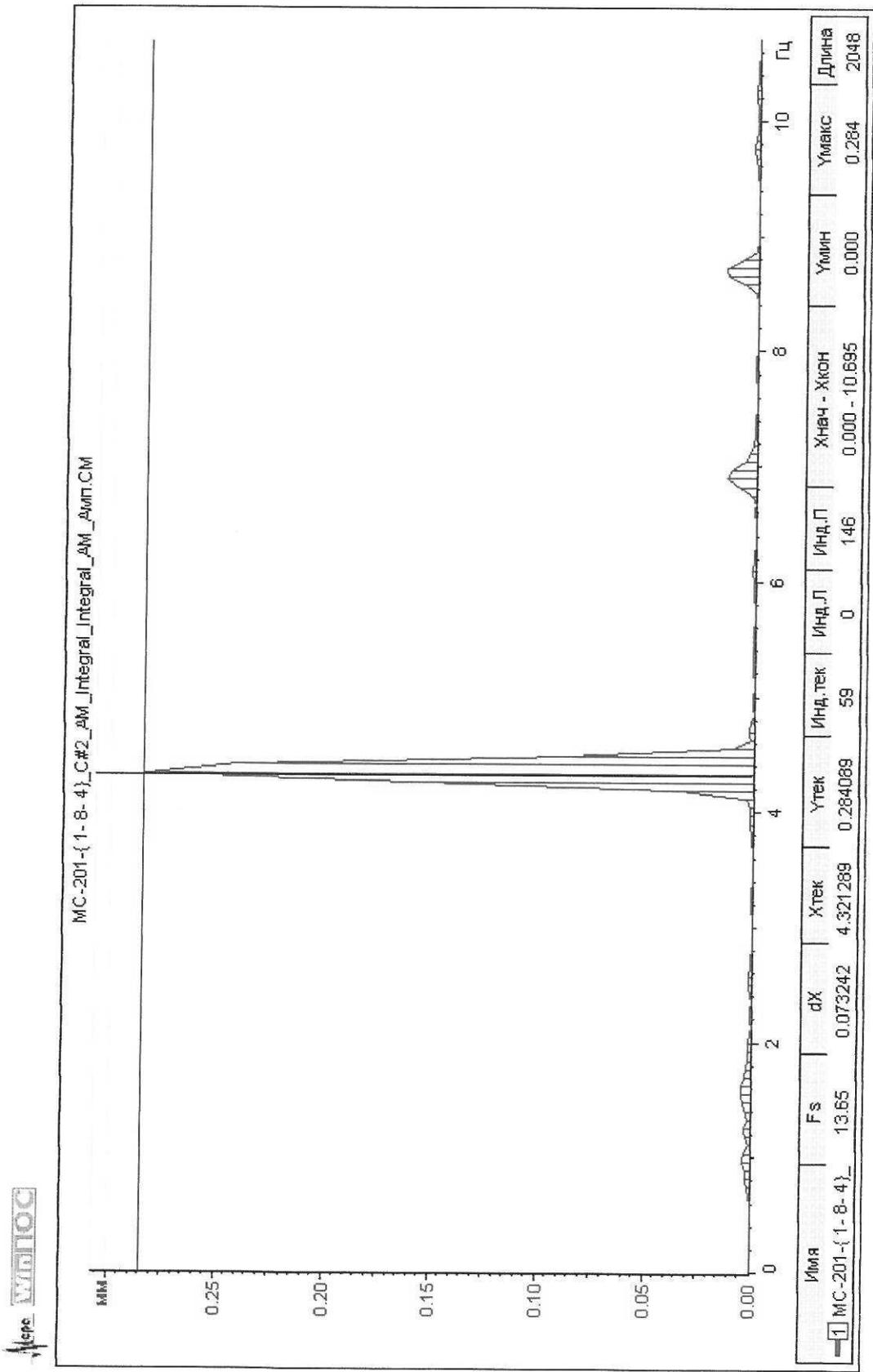


Рис. П2.6 Спектр пиковых значений вертикальных перемещений. Режим 3

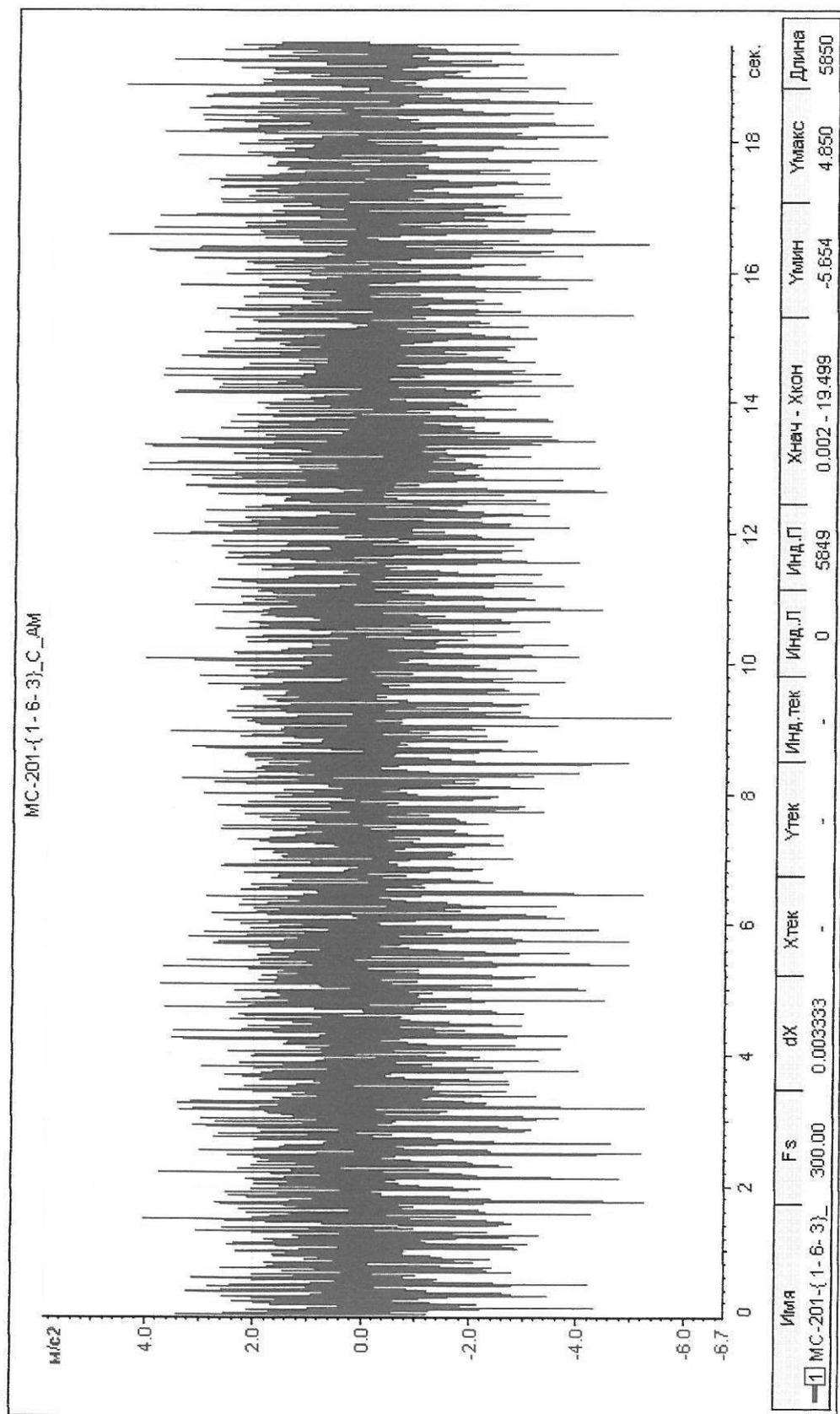


Рис. П2.7 Акселерограмма горизонтальных ускорений. Режим 9

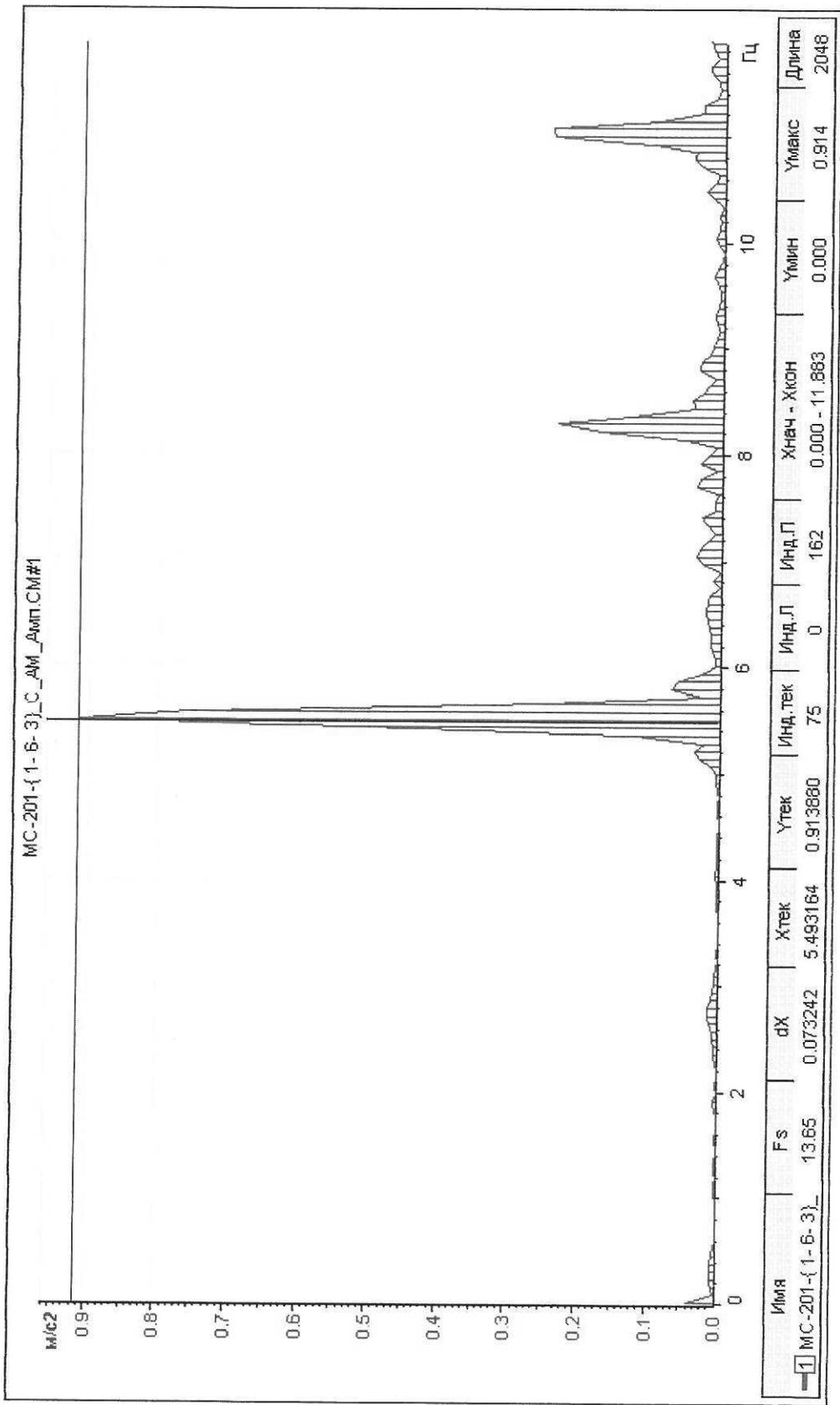


Рис. П2.8 Спектр пиковых значений горизонтальных ускорений. Режим 9

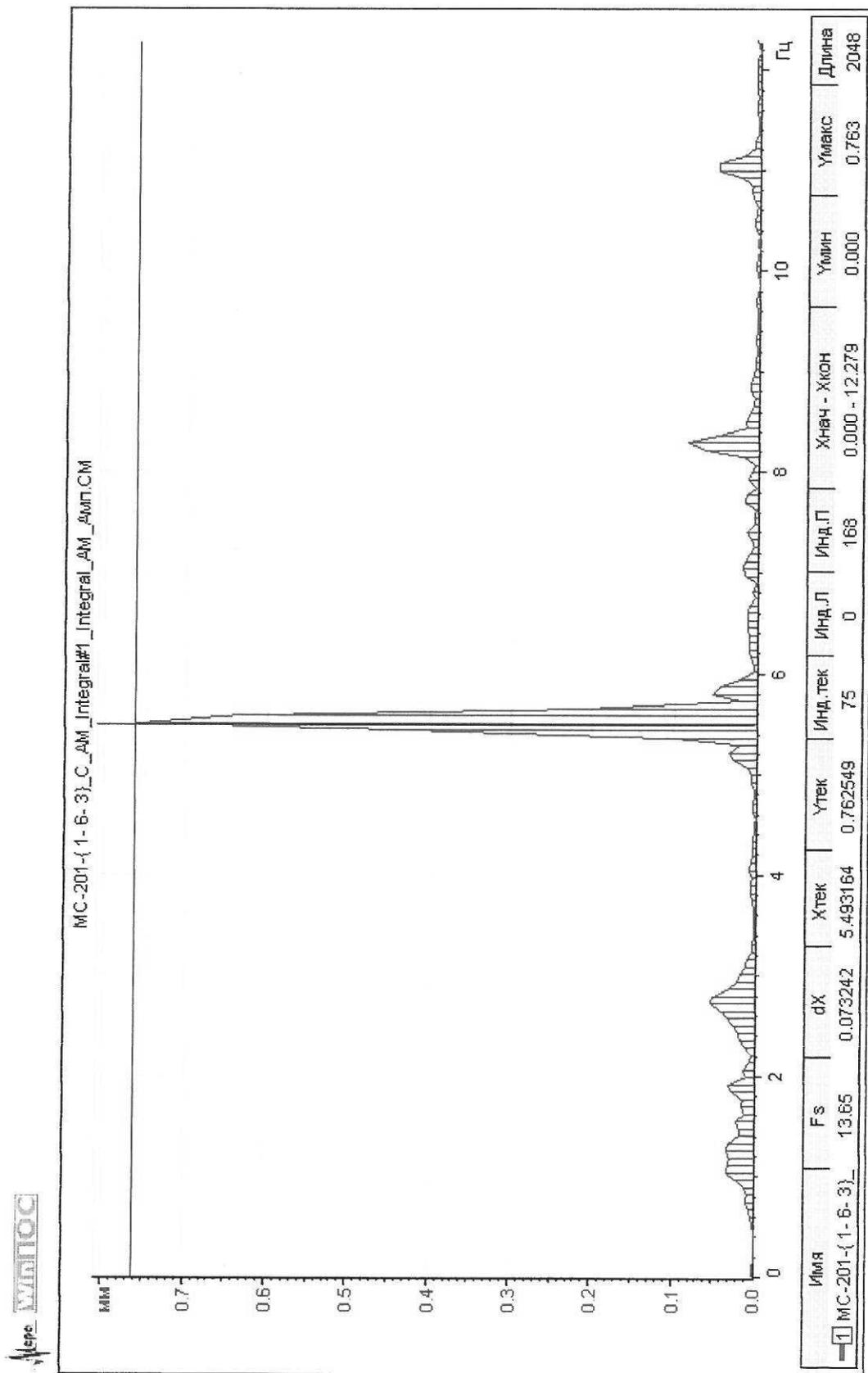


Рис. П2.9 Спектр пиковых значений горизонтальных перемещений. Режим 9

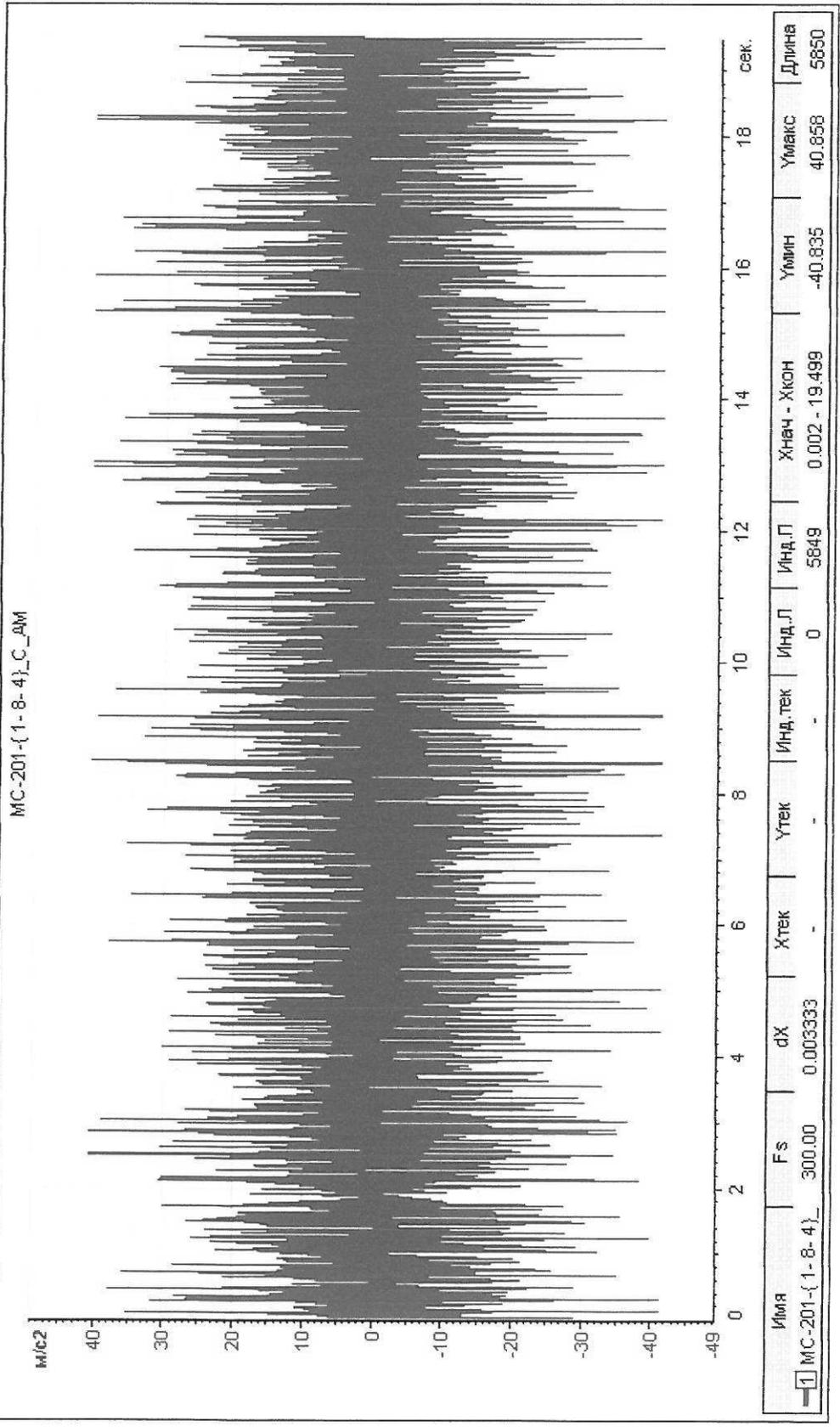


Рис. П2.10 Акселерограмма вертикальных ускорений. Режим 9

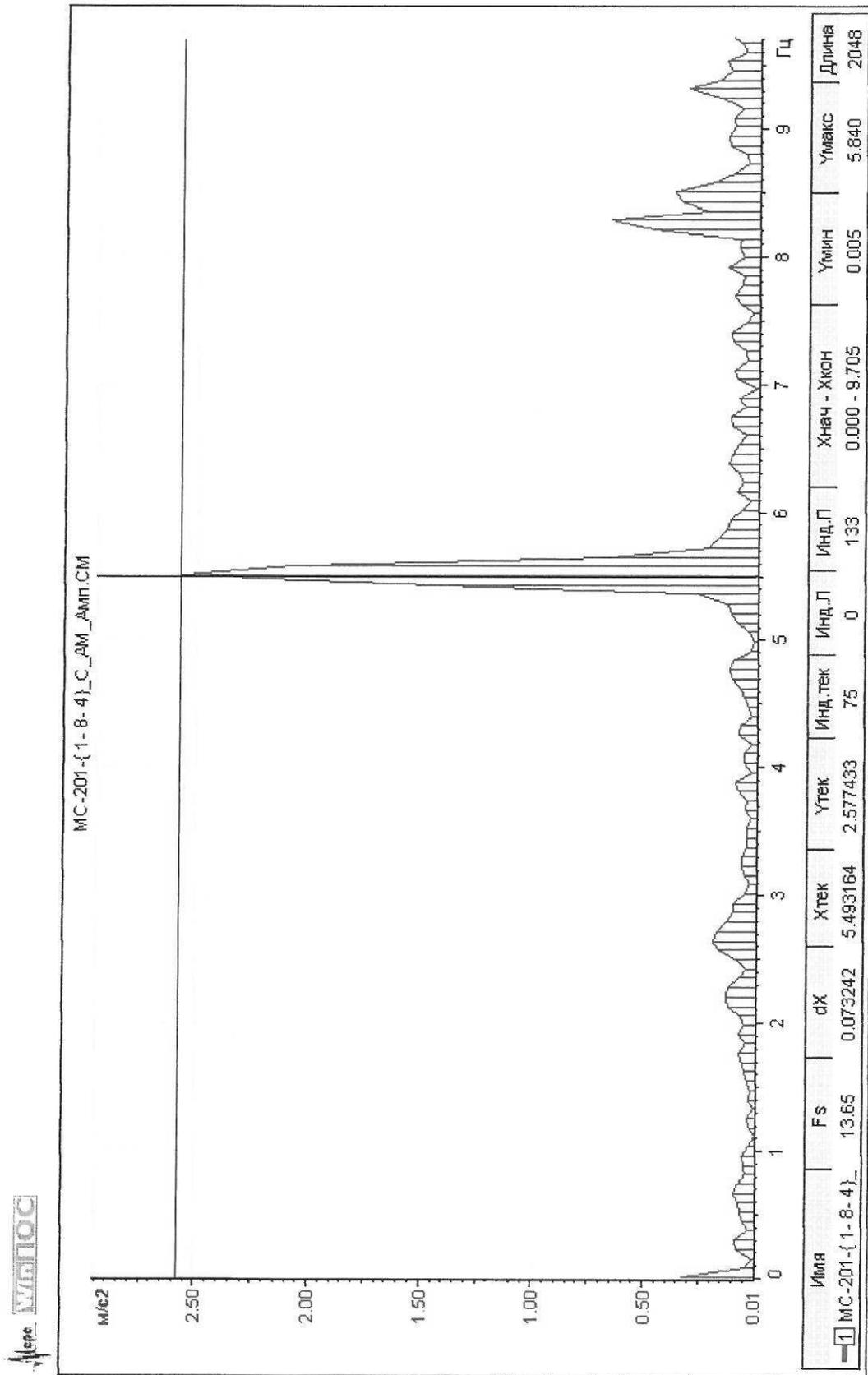


Рис. П2.11 Спектр пиковых значений вертикальных ускорений. Режим 9

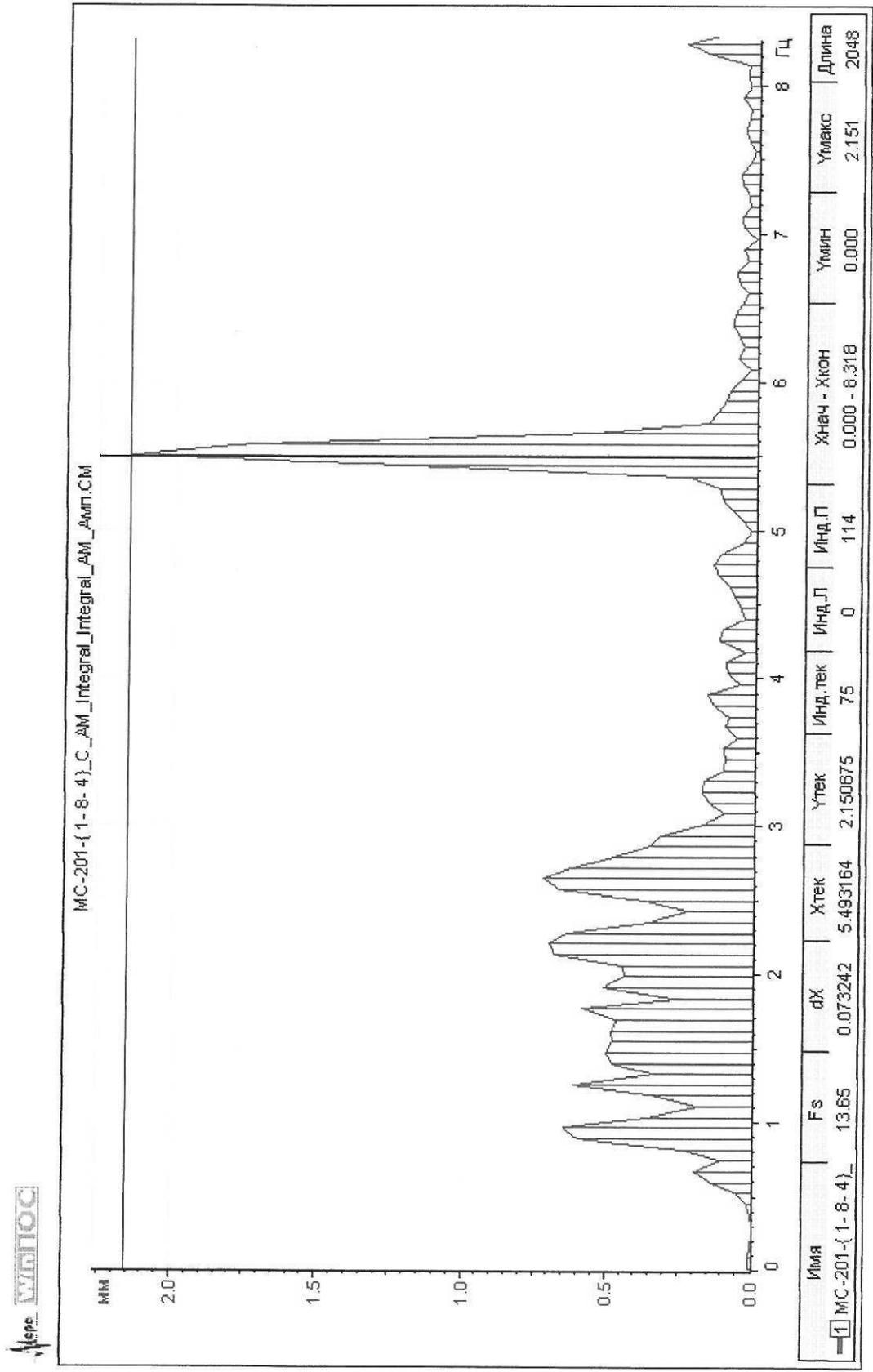


Рис. П2.12 Спектр пиковых значений вертикальных перемещений. Режим 9

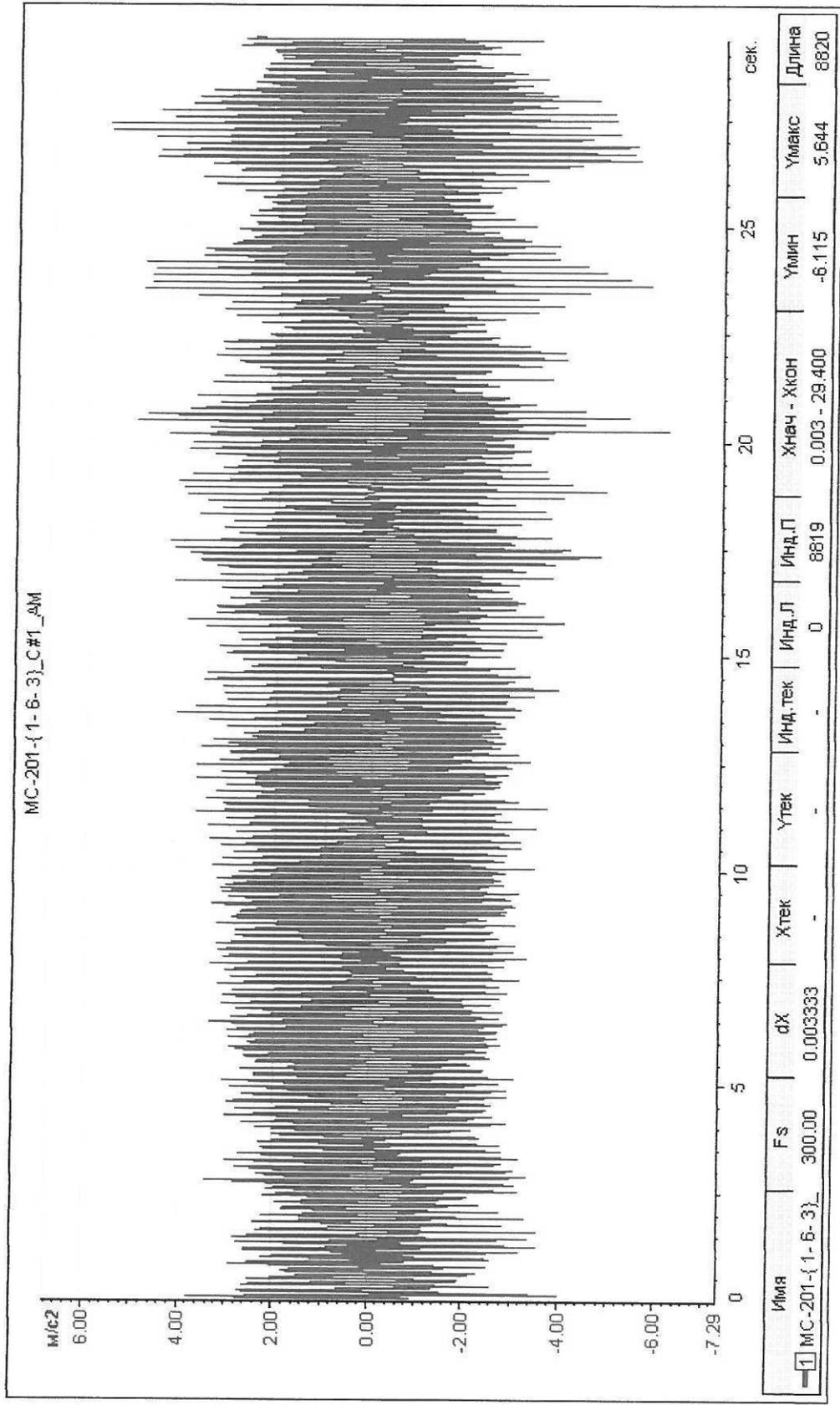


Рис. П2.13 Акселерограмма горизонтальных ускорений. Режим 34

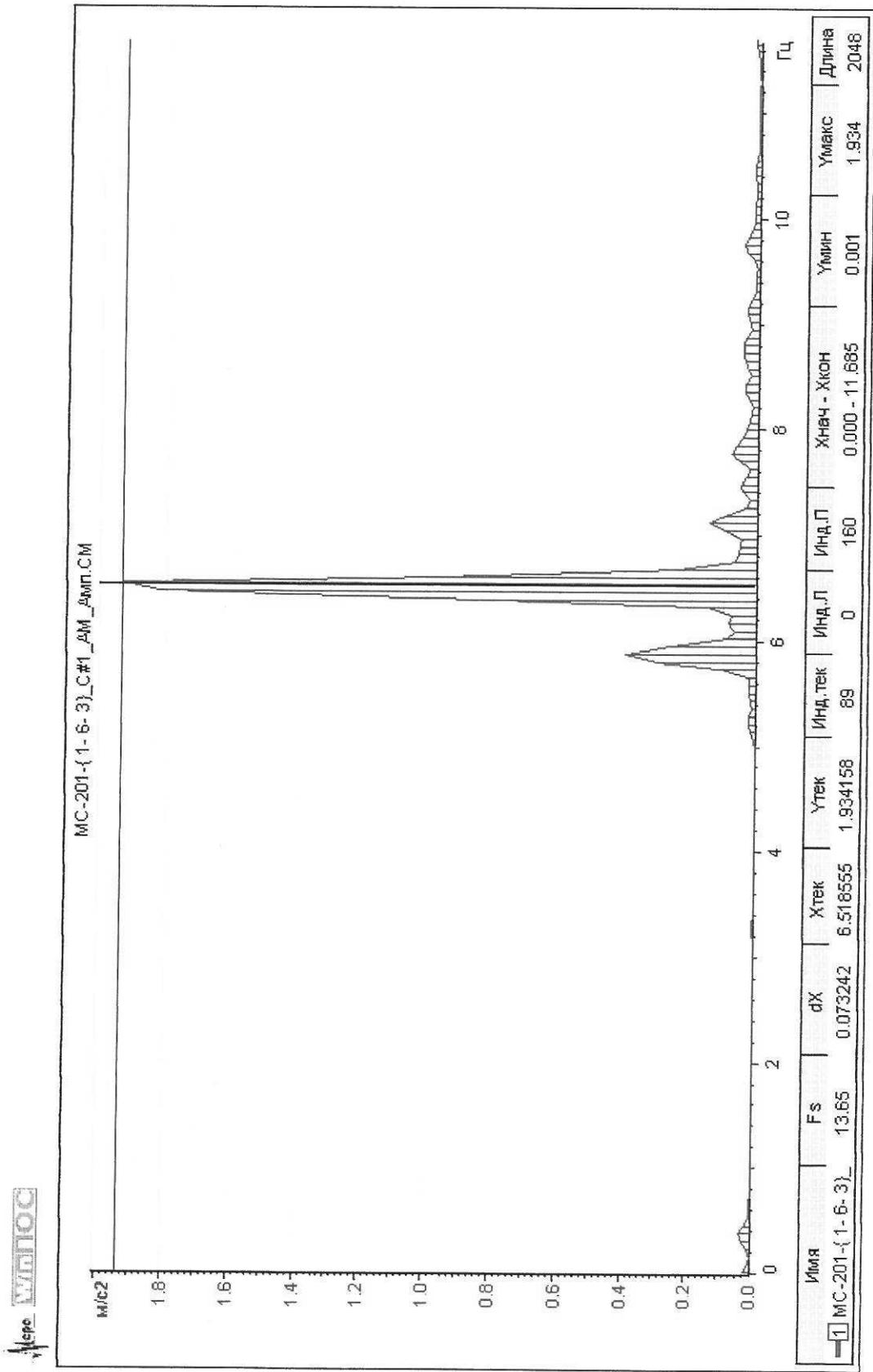


Рис. П2.14 Спектр пиковых значений горизонтальных ускорений. Режим 34

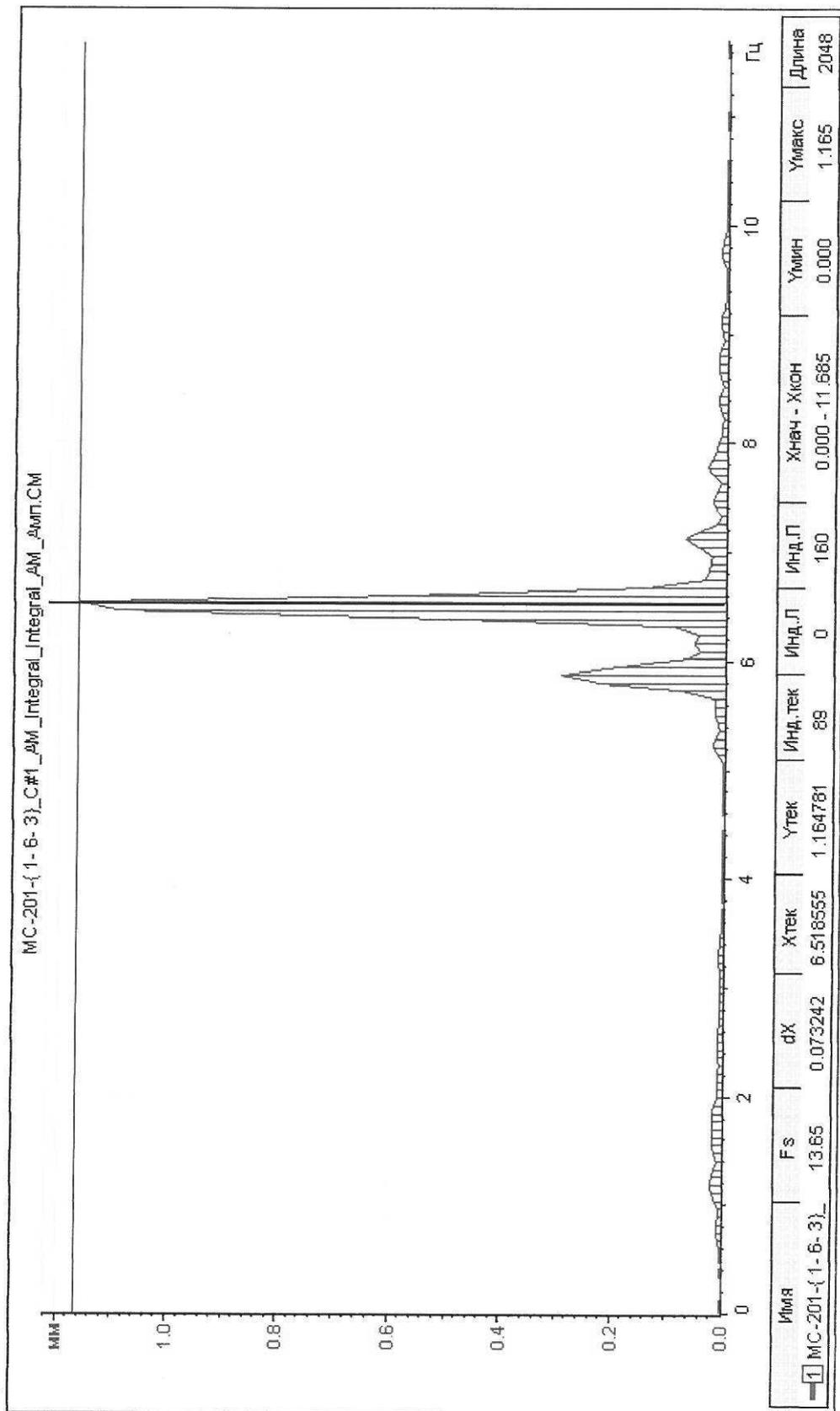


Рис. П2.15 Спектр пиковых значений горизонтальных перемещений. Режим 34

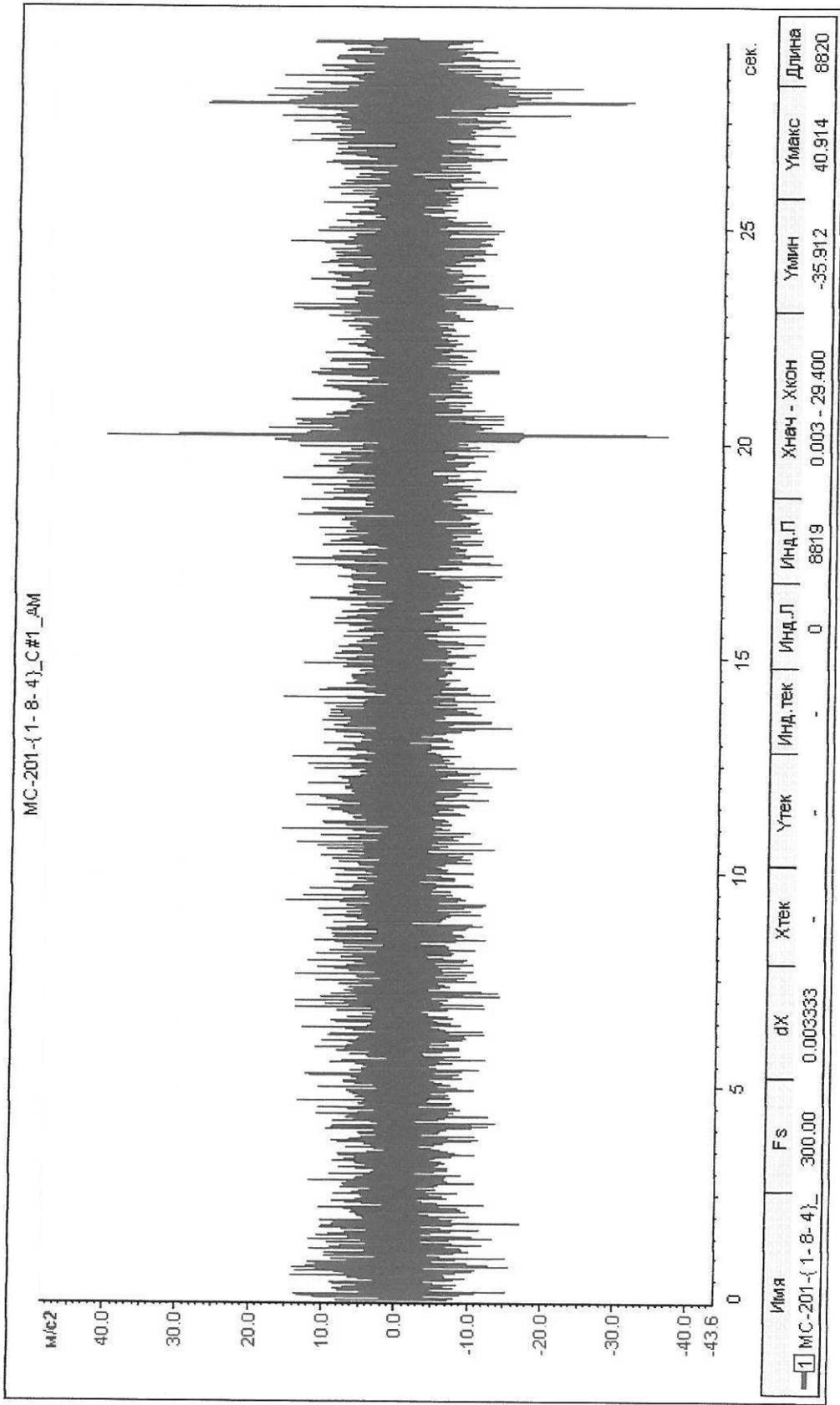


Рис.П2.16 Акселерограмма вертикальных ускорений. Режим 34

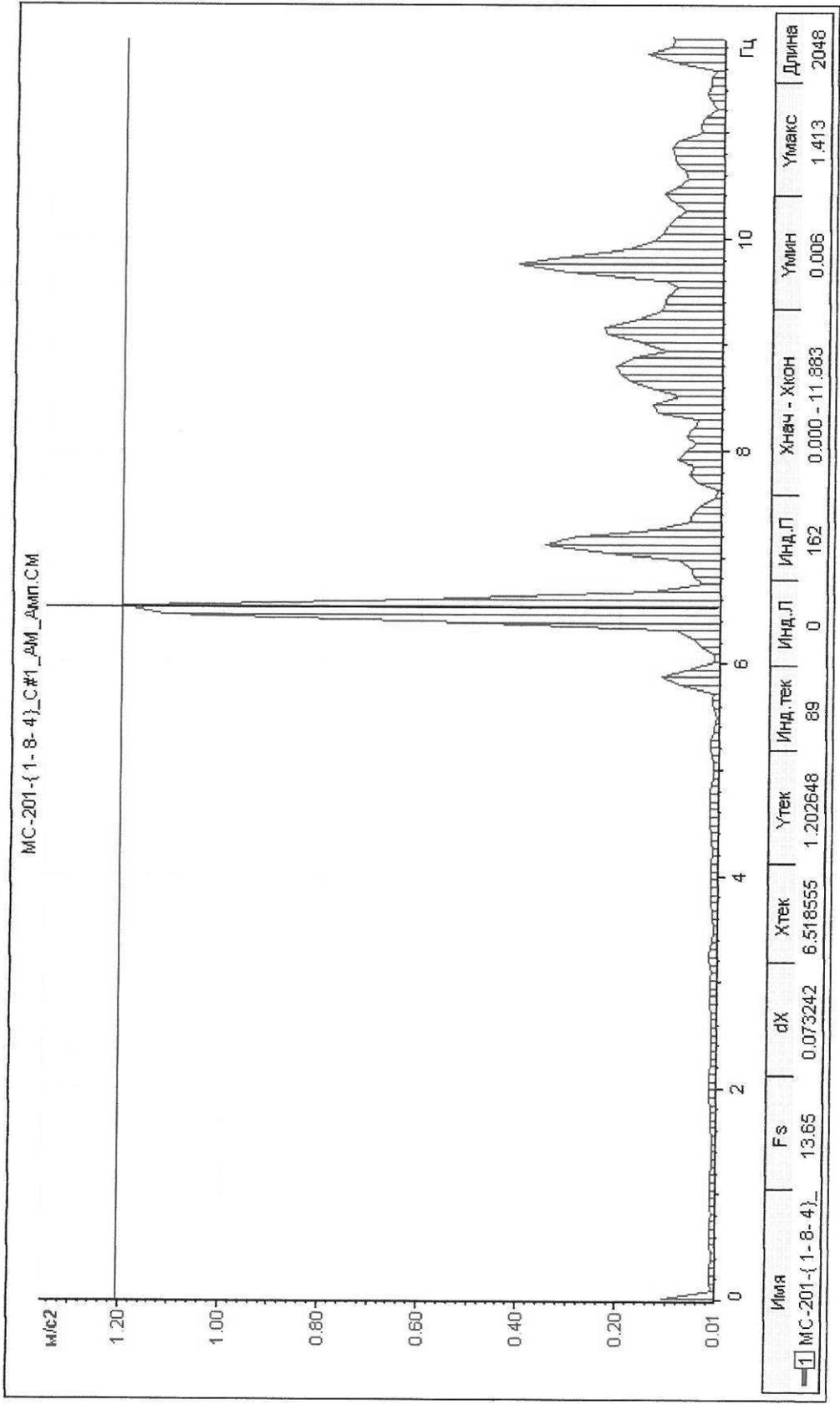


Рис. П2.17 Спектр пиковых значений вертикальных ускорений. Режим 34

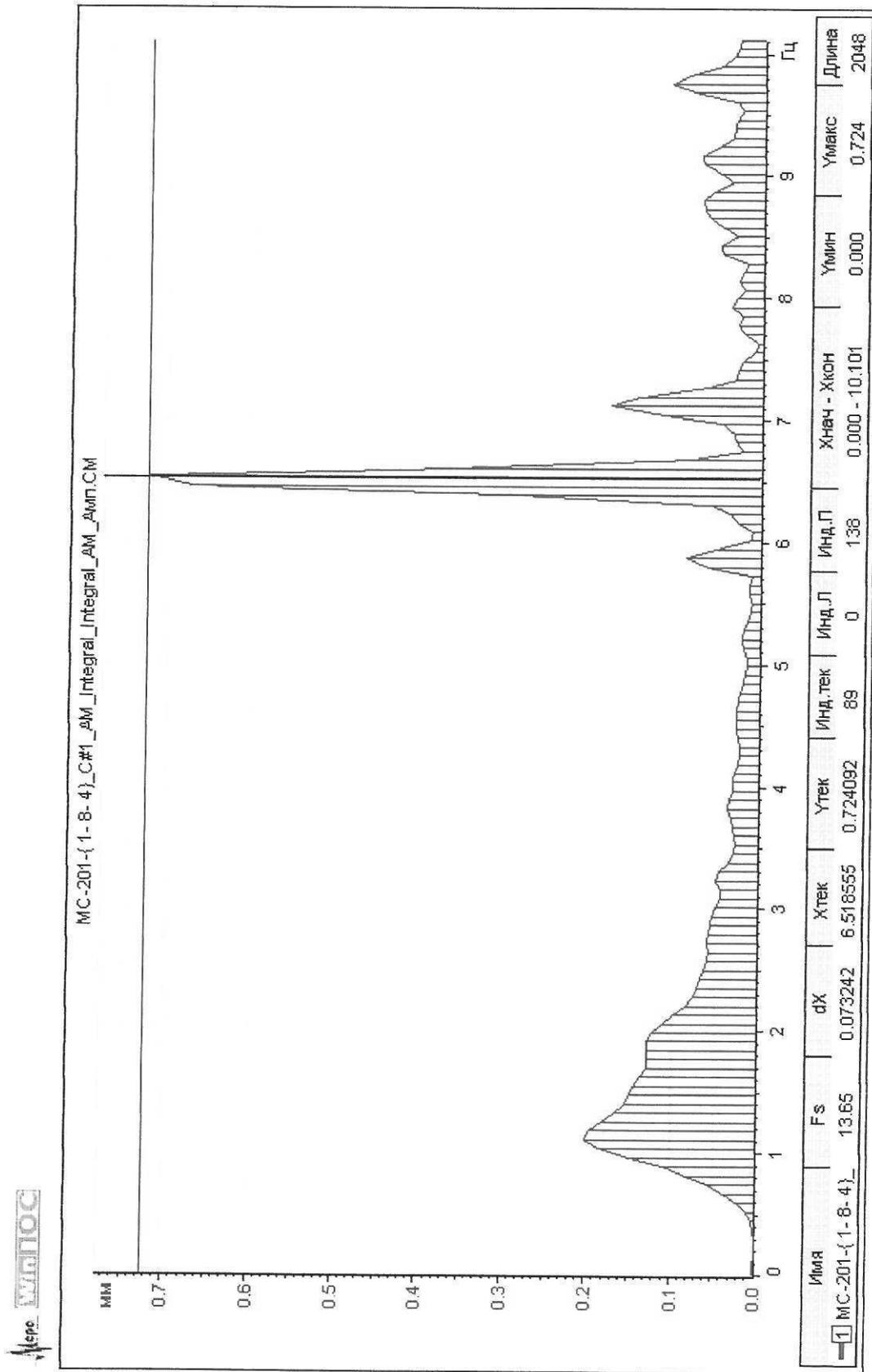


Рис. П2.18 Спектр пиковых значений вертикальных перемещений. Режим 34

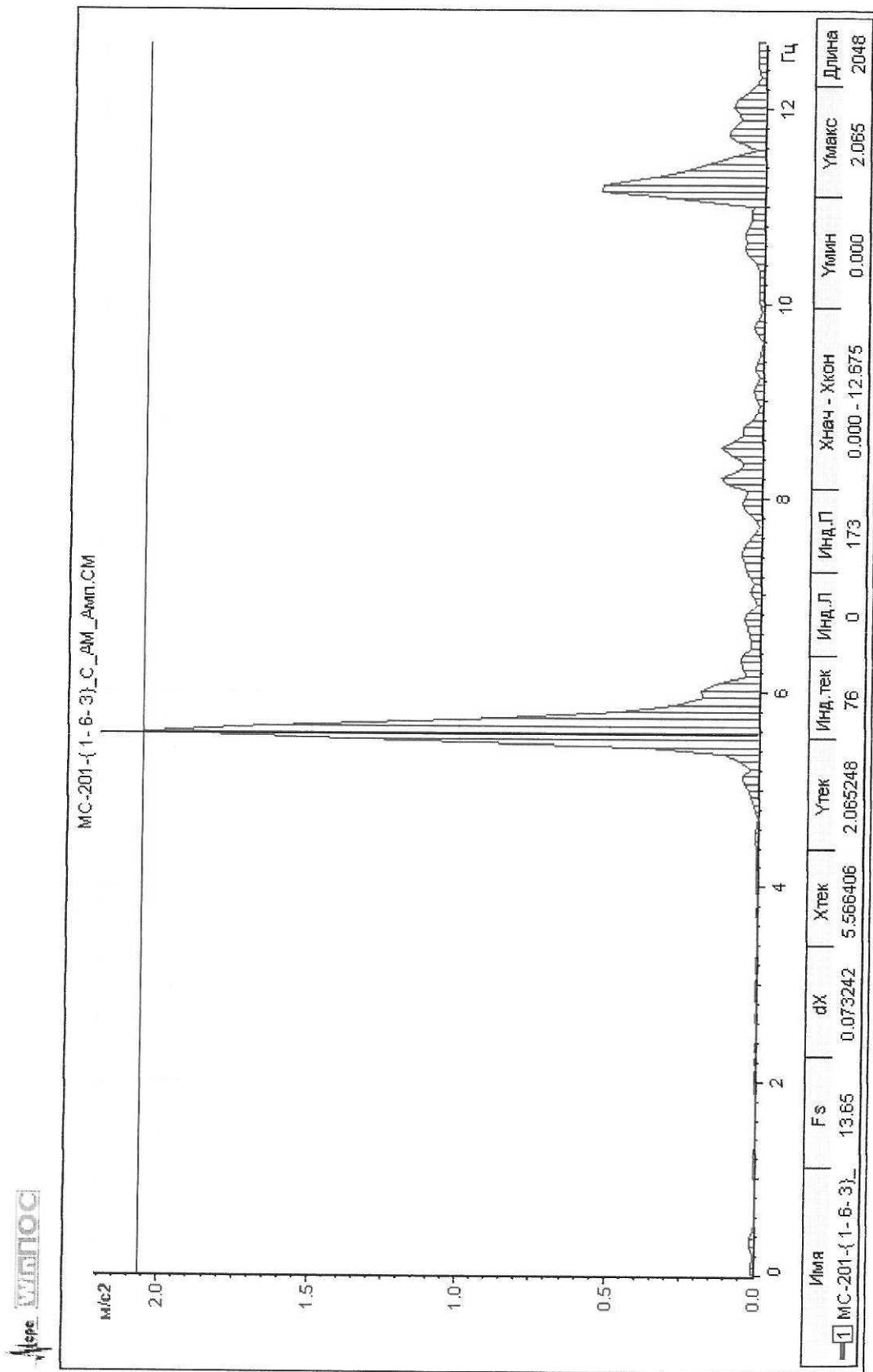


Рис. П2.20 Спектр пиковых значений горизонтальных ускорений. Режим 36

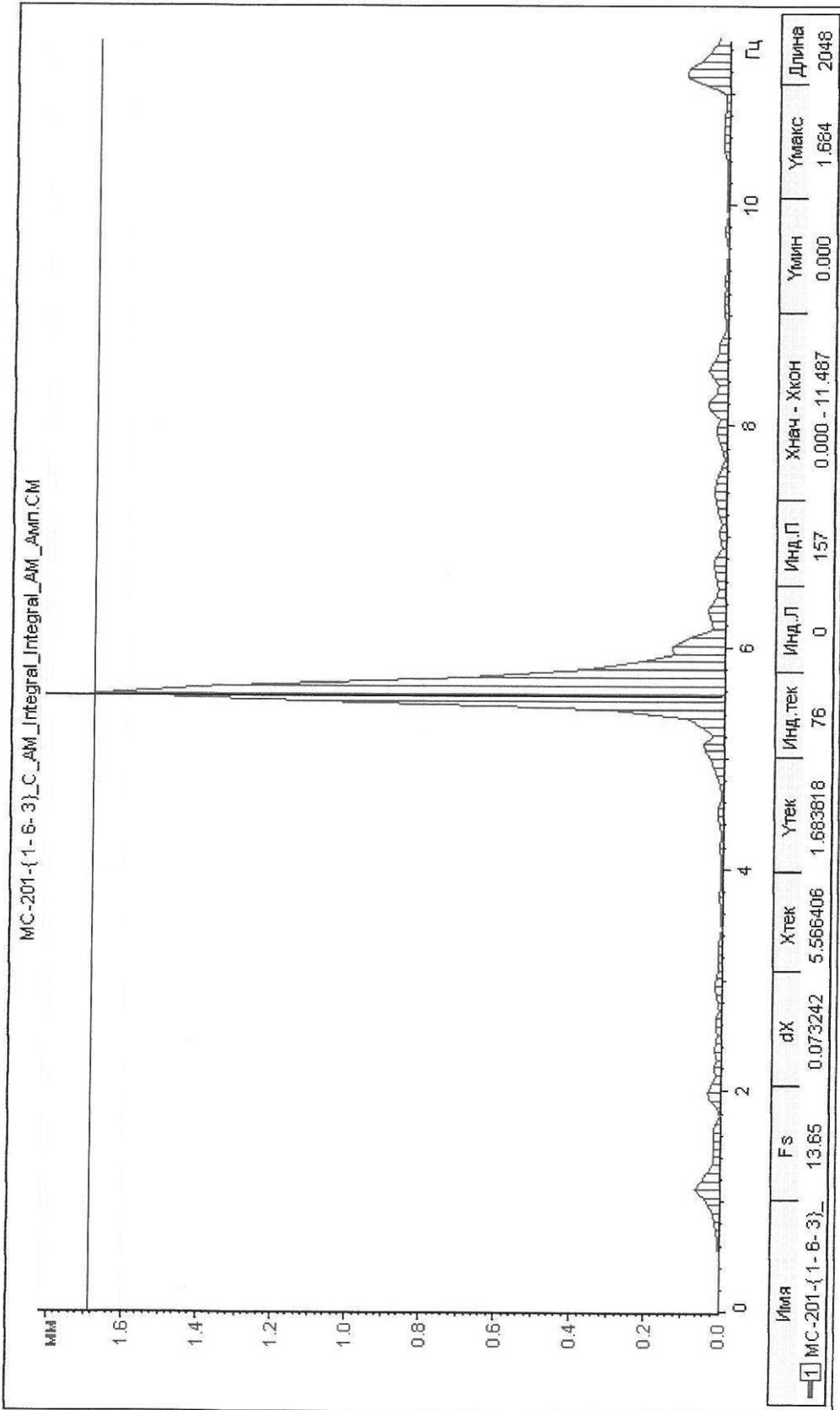


Рис. П2.2.1 Спектр пиковых значений горизонтальных перемещений. Режим 36

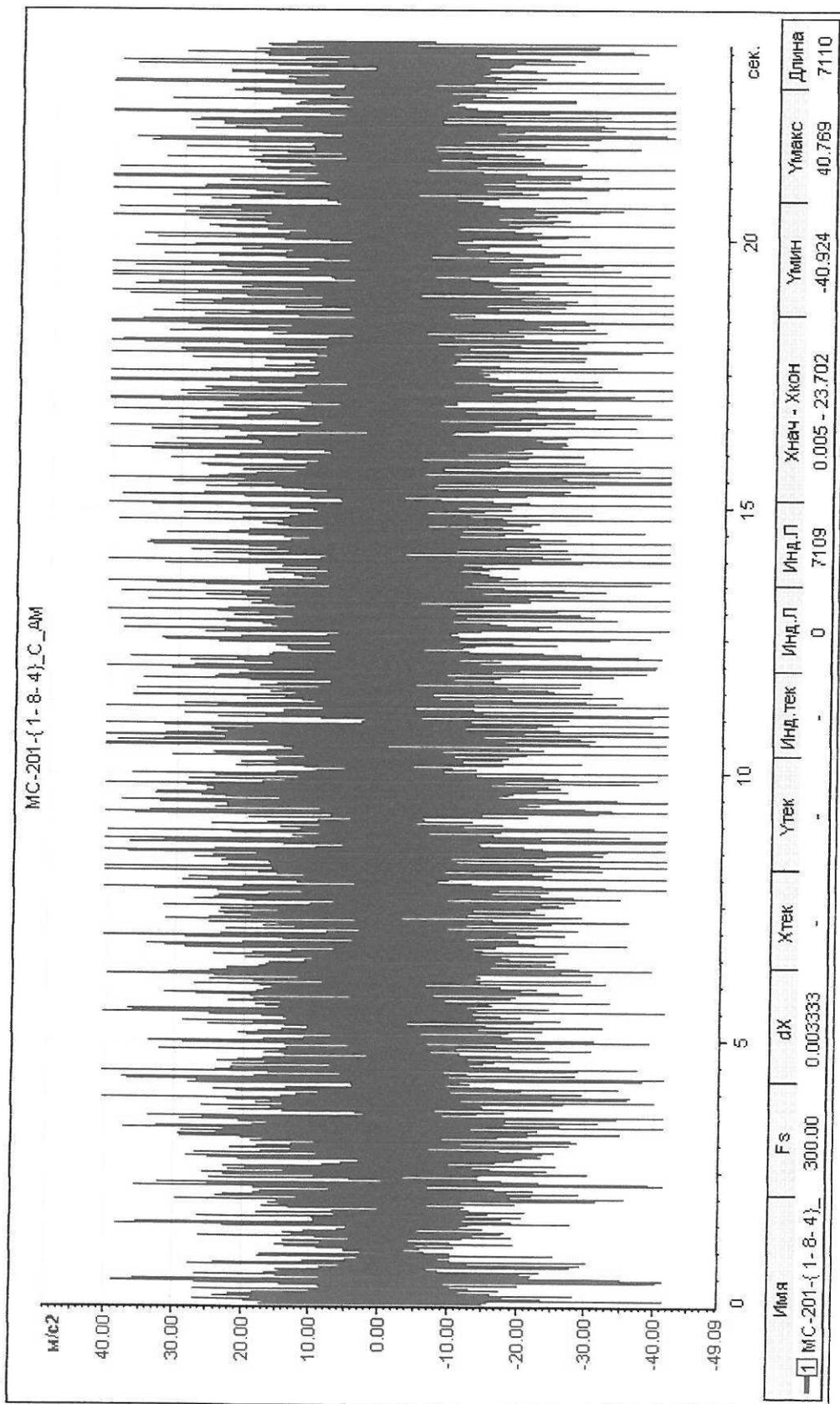


Рис. П2.22 Акселерограмма вертикальных ускорений. Режим 36

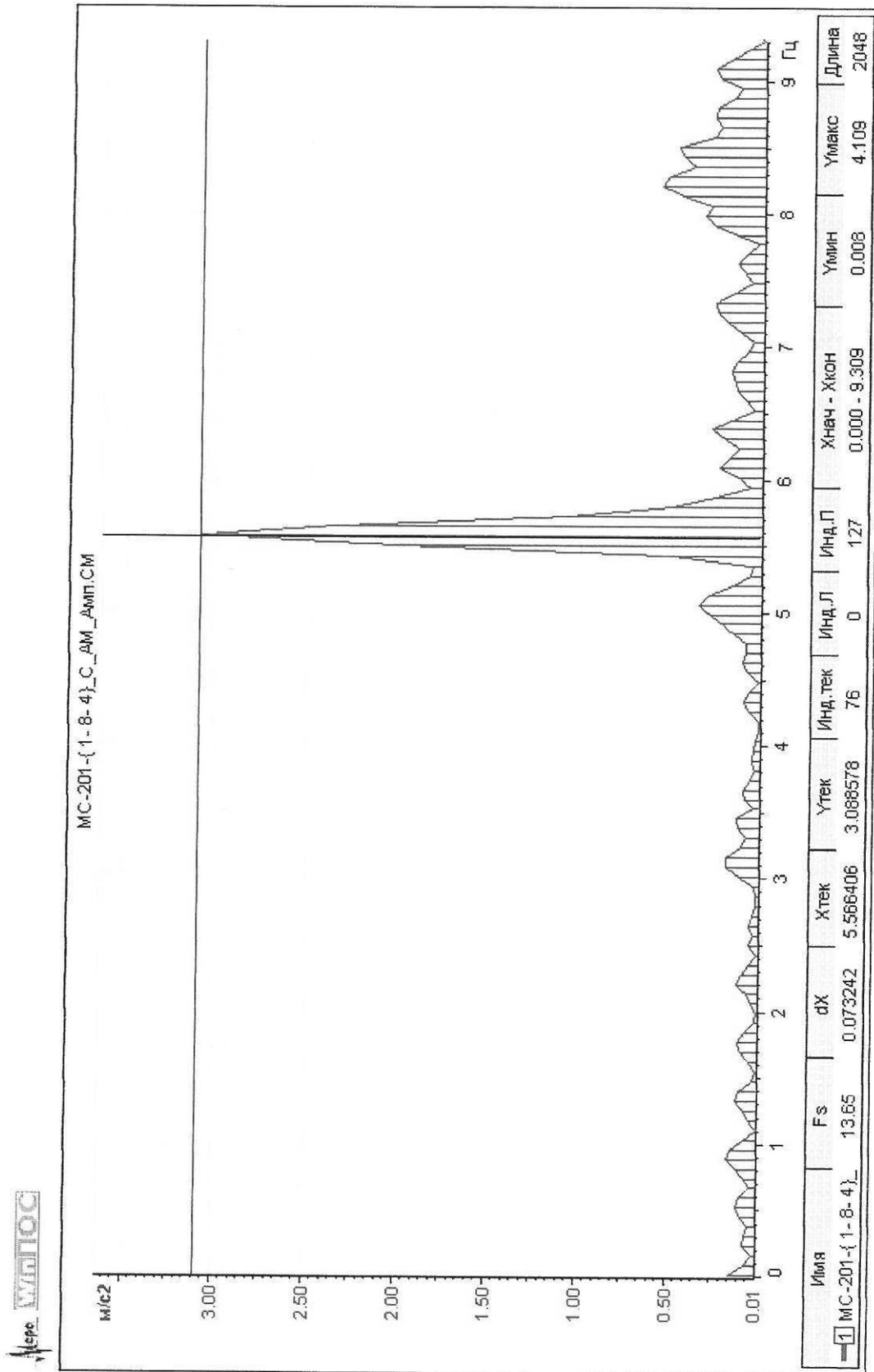


Рис. П2.23 Спектр пиковых значений вертикальных ускорений. Режим 36

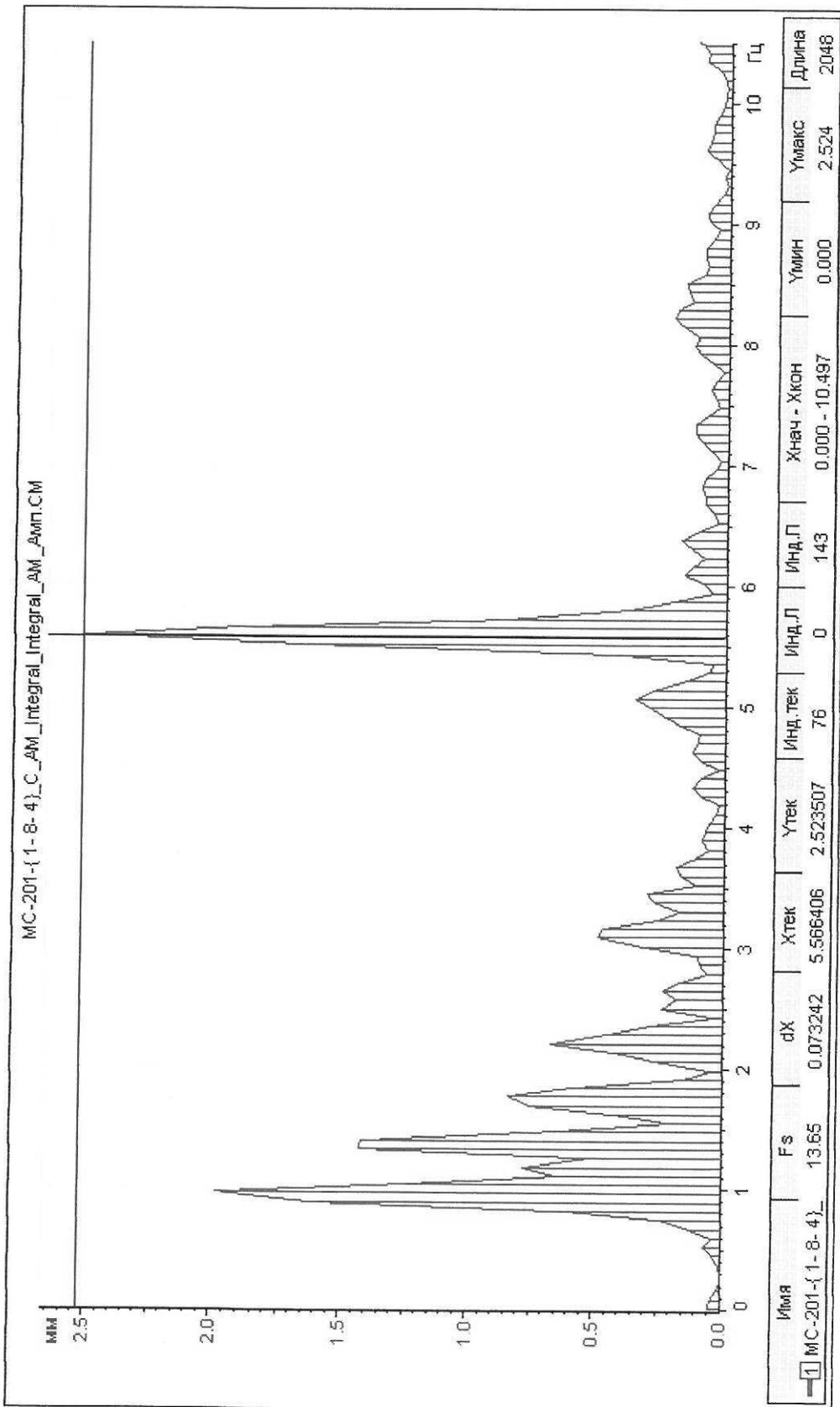


Рис. П2.24 Спектр пиковых значений вертикальных перемещений. Режим 36