

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

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

**по теме: «Провести испытания на сейсмоустойчивость полиэтиленовых
труб СПИРОЛАЙН и изделий из них с выдачей заключения и протокола
испытаний»**

Договор № 304/24-14-11/ск от 28 февраля 2011 г.

Москва 2011г.

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

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко

УТВЕРЖДАЮ:

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



И.И.Ведяков

2011г.

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

**по теме: «Провести испытания на сейсмоустойчивость полиэтиленовых
труб СПИРОЛАЙН и изделий из них с выдачей заключения и протокола
испытаний»**

Договор № 304/24-14-11/ск от 28 февраля 2011 г.

Руководитель Центра исследований
сейсмостойкости сооружений,
кандидат технических наук

В.И. Смирнов

Заведующий Лабораторией,
кандидат технических наук

А.В. Грановский

Старший научный сотрудник

З.И. Дотгуев

Старший научный сотрудник

Т.М. Хасанов

Москва 2011 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
1. ВВЕДЕНИЕ	3
2. ЗАДАЧИ ПРОВОДИМЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.	4
3. КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ТРУБ «СПИРОЛАЙН» И ИЗДЕЛИЙ ИЗ НИХ. СФЕРА ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ «СПИРОЛАЙН»	6
4. ЭЛЕМЕНТЫ БЕЗНАПОРНОЙ СИСТЕМЫ ТРУБОПРОВОДОВ НА БАЗЕ ТРУБ «СПИРОЛАЙН» И ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНА, ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ	18
5. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ НА БАЗЕ ТРУБ «СПИРОЛАЙН»	22
6. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ И РЕГИСТРАЦИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК	24
6.1. Оборудование для создания динамических нагрузок.	24
6.2. Средства измерения и регистрации динамических характеристик конструкций и воздействий на них.	25
7. РЕЗУЛЬТАТЫ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ	31
БЕЗНАПОРНОЙ СИСТЕМЫ ТРУБОПРОВОДОВ «СПИРОЛАЙН» .	
7.1. Методика проведения испытаний	31
7.2. Назначение параметров загрузки.	32
7.3. Условия проведения динамических испытаний	35
8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Выводы и рекомендации.	38
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	40
Приложение 1. Результаты динамических испытаний трубопроводов	42
Приложение 2. СВИДЕТЕЛЬСТВО (только в 1-м экз. отчета)	63

Приложение 3. Видеосъемка испытания трубопроводов на сейсмические воздействия (только в 1-м экз. отчета)	55
--	----

1. ВВЕДЕНИЕ

Настоящий технический отчет составлен по результатам экспериментальных исследований сейсмостойкости безнапорной системы трубопроводов на базе труб «Спиролайн» и соединительных резьбовых модулей ТУ 2248-009-61908297-09, колодцев сварных, фитингов, емкостей, жиролоуловителей, септиков и т.д. из полиэтилена (далее изделий из полиэтилена) изготавливаемых по ТУ 2291-015-61908297-10 на основе труб «Спиролайн» предприятиями ООО «Холдинг Полимерные Трубопроводные Системы» и ООО «ТТЗ» г. Тверь.

Испытания труб «Спиролайн», резьбовых соединительных модулей, а также изделий из полиэтилена, заполненных водой, проводились на специально разработанном в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко испытательном оборудовании.

Цель лабораторных испытаний – оценка пригодности и эксплуатационной надежности изделий при использовании их в сейсмических районах с балльностью 7÷9 баллов по шкале MSK-64

Отчет оформлен в соответствии с требованиями нормативных документов, технических регламентов и стандартов. При описании методики и результатов экспериментально-технических исследований сейсмостойкости системы трубопроводов на базе труб «Спиролайн» и изделий из полиэтилена, изготовленных на основе трубы «Спиролайн» использовались термины и определения, содержащиеся в действующих стандартах и нормативах.

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 динамической нагрузки на специальных стендах, виброплатформах и с помощью специальных вибромашин.

Полученные в результате испытаний данные позволяют определить физико-механические, эксплуатационные и другие характеристики исследуемых конструкций, включая динамические показатели. Полученные данные являются основанием для оценки возможности расширения области применения испытываемых конструкций с учетом требований безопасности, эксплуатационной надежности и долговечности, предъявляемых в сейсмических районах.

Оценка возможности применения безнапорной системы трубопроводов на базе труб «Спиралайн» и полиэтиленовых колодцев изготовленных на основе трубы «Спиралайн» в сейсмических районах России на площадках с балльностью 7÷9 баллов включает в себя следующие этапы:

1. Комплексные экспериментальные исследования работы безнапорной системы трубопроводов на базе труб «Спиралайн» и соединительных резьбовых модулей ТУ 2248-009-61908297-09, а также изделий из полиэтилена ТУ 2291-015-61908297-10, изготавливаемых из труб «Спиралайн», с их вибродиагностикой (испытания фрагментов трубопроводов на вибростенде).

2. Внесение в Стандарт предприятия или в Альбом технических решений ООО «ТТЗ» и согласование с ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко ОАО «НИЦ «Строительство» изменений (если это потребуется по результатам испыта-

ний) по конструктивному решению изделий из полиэтилена при строительстве в сейсмических районах РФ.

3. КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ТРУБ «СПИРОЛАЙН» И ИЗДЕЛИЙ ИЗ НИХ. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ «СПИРОЛАЙН»

Полиэтиленовые трубы «СПИРОЛАЙН» большого диаметра используются для ливневой и технической канализации. Трубы из полиэтилена «СПИРОЛАЙН» являются современной альтернативой металлическим и железобетонным трубам больших диаметров и имеют широкий спектр применения в инженерных сетях различного назначения. Трубы производятся из полиэтилена ПЭ-80 или ПЭ-100 по уникальной технологии и соответствуют ТУ 2248-009-78145892-09. Основные физико-механические характеристики полиэтилена ПЭ-80 и ПЭ-100 представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Физико-механические характеристики полиэтилена

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Значение
1	Плотность	кг	950-962
2	Индекс расплава	г/10мин	0,4-0,7
3	Предел текучести при растяжении	МПа	20-25
4	Относительное удлинение при разрыве	%	>600
5	Температура хрупкости	°С	<-70
6	Модуль изгиба	МПа	1000-1200
7	Ударная прочность	кДж/м ²	нет разрыва
8	Коэффициент теплового расширения	мм х м/°С	0,17
9	Диапазон температур монтажа	°С	От-50 до+50
10	Диапазон температур эксплуатации	-	Кратковременно, в течение 5 минут до +100°С

По технологии производства полые прямоугольные профили различных размеров при определенном температурном режиме наматываются на круглую оснастку (металлический барабан) и одновременно свариваются между собой (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Технология производства труб «Спиралайн»

Таким образом, используя цилиндрические барабаны необходимых диаметров и специальную оснастку для производства профилей различной конфигурации изготавливаются трубы диаметром от 500 до 2400 мм и классами жесткости от SN2 до SN16 в зависимости от условий эксплуатации трубопровода. Длина труб ограничена длиной транспортного средства для их перевозки - до 14,5 м.

Конструкция трубы «Спиралайн» показана на рисунке 3.2. Размеры труб и классы номинальной кольцевой жесткости, приведены в таблице 3.2.

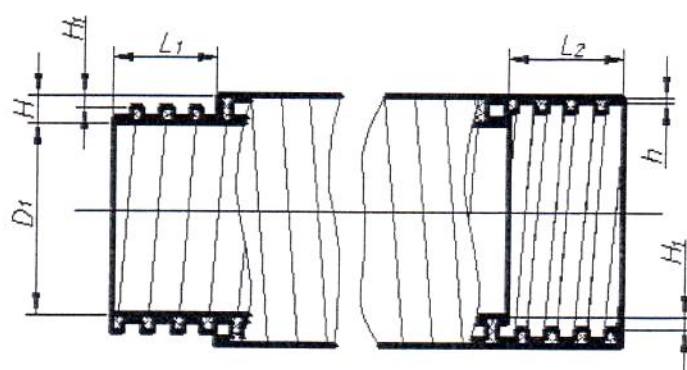
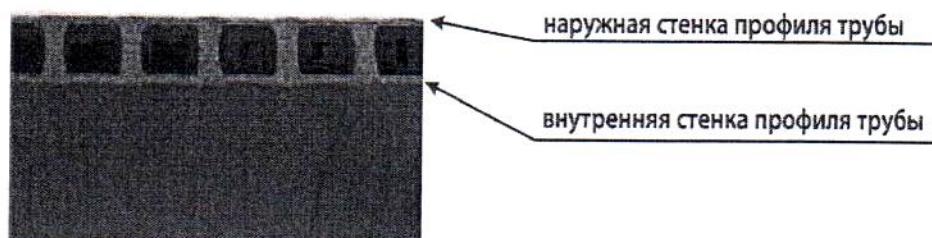
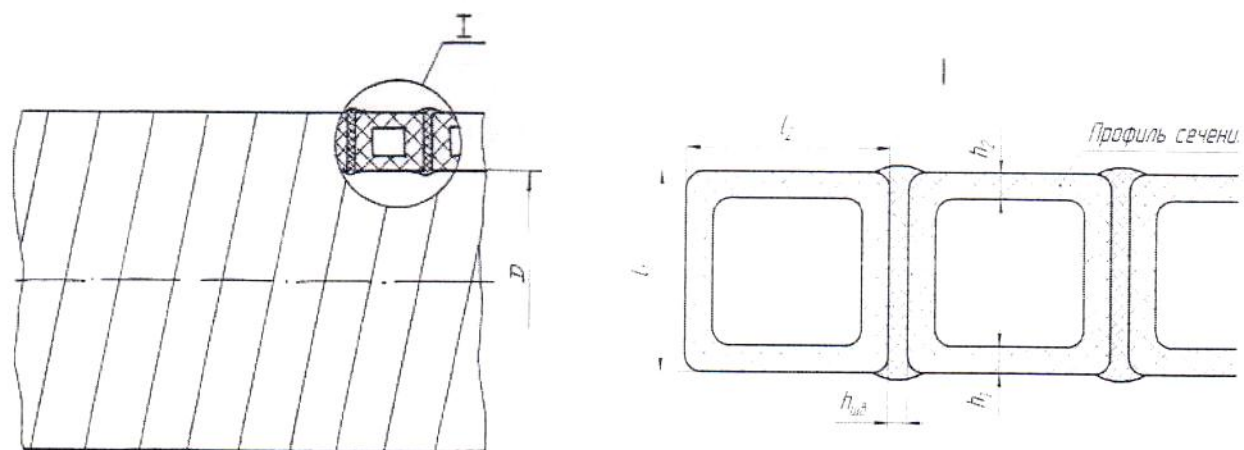


Рисунок 3.2 - Конструкция труб из полиэтилена с прямоугольным профилем «Спиролайн» ТУ 2248-009-61908297-09

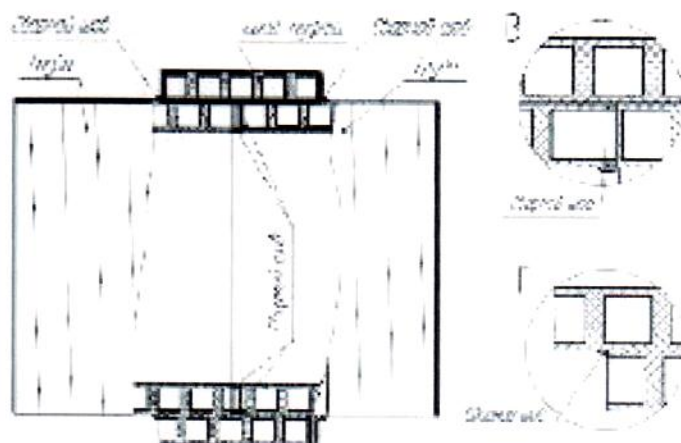
Таблица 3.2 – Размеры труб «Спиролайн»

№п/п	Внутренний диаметр (D), мм	Размеры профиля (l_1 , l_2), мм	Класс жесткости	Размеры резьбы, мм	
				H_1	L_1 и L_2
1	2	3	4	2	3
1	500 ± 5,0	25±2,0	SN 2	8 (+ 1)	75 ± 3
2		30±2,4	SN 4	8 (+ 1)	90 ± 3
3		39±3,1	SN 6	8 (+ 1)	120 ± 3
4		39±3,1	SN 8	8 (+ 1)	120 ± 3
5		44±3,5	SN 12	11 (+ 1)	120 ± 3
6		44±3,5	SN 16	13 (+ 1)	120 ± 3
7	600 ± 6,0	25±2,0	SN 2	8 (+ 1)	75 ± 3
8		30±2,4	SN 4	8 (+ 1)	90 ± 3
9		39±3,1	SN 6	8 (+ 1)	120 ± 3
10		39±3,1	SN 8	8 (+ 1)	120 ± 3
11		44±3,5	SN 12	11 (+ 1)	120 ± 3
12		44±3,5	SN 16	13 (+ 1)	120 ± 3
13	685 ± 6,9	30±2,4	SN 2	8 (+ 1)	90 ± 3
14		39±3,1	SN 4	8 (+ 1)	120 ± 3
15		39±3,1	SN 6	9 (+ 1)	120 ± 3
16		44±3,5	SN 8	9 (+ 1)	120 ± 3
17		50±4,0	SN 12	15 (+ 1,5)	150 ± 3
18		56±4,5	SN 16	15 (+ 1,5)	150 ± 3
19	700 ± 7,0	30±2,4	SN 2	8 (+ 1)	90 ± 3
20		39±3,1	SN 4	8 (+ 1)	120 ± 3
21		39±3,1	SN 6	9 (+ 1)	120 ± 3
22		44±3,5	SN 8	9 (+ 1)	120 ± 3
23		50±4,0	SN 12	15 (+ 1,5)	150 ± 3
24		56±4,5	SN 16	15 (+ 1,5)	150 ± 3
25	780 ± 7,8	39±3,1	SN 2	8 (+ 1)	120 ± 3
26		39±3,1	SN 4	9 (+ 1)	120 ± 3
27		44±3,5	SN 6	11 (+ 1)	120 ± 3
28		50±4,0	SN 8	11 (+ 1)	150 ± 3
29		56±4,5	SN 12	15 (+ 1,5)	150 ± 3
30		62±5,0	SN 16	15 (+ 1,5)	180 ± 3
31	800 ± 8,0	39±3,1	SN 2	8 (+ 1)	120 ± 3
32		39±3,1	SN 4	9 (+ 1)	120 ± 3
33		44±3,5	SN 6	11 (+ 1)	120 ± 3
34		50±4,0	SN 8	11 (+ 1)	150 ± 3
35		56±4,5	SN 12	15 (+ 1,5)	150 ± 3
36		62±5,0	SN 16	15 (+ 1,5)	180 ± 3

37	880 ± 8,8	39±3,1	SN 2	8 (+ 1)	120 ± 3
38		44±3,5	SN 4	11 (+ 1)	120 ± 3
39		56±4,5	SN 6	11 (+ 1)	150 ± 3
40		62±5,0	SN 8	12 (+ 1)	180 ± 3
41		62±5,0	SN 12	18 (+ 2)	180 ± 3
42		75±6,0	SN 16	18 (+ 2)	220 ± 3
43	900 ± 9,0	39±3,1	SN 2	8 (+ 1)	120 ± 3
44		44±3,5	SN 4	11 (+ 1)	120 ± 3
45		56±4,5	SN 6	11 (+ 1)	150 ± 3
46		62±5,0	SN 8	12 (+ 1)	180 ± 3
47		62±5,0	SN 12	18 (+ 2)	180 ± 3
48		75±6,0	SN 16	18 (+ 2)	220 ± 3
49	970 ± 9,7	44±3,5	SN 2	11 (+ 1)	150 ± 3
50		50±4,0	SN 4	11 (+ 1)	150 ± 3
51		56±4,5	SN 6	15 (+ 1,5)	180 ± 3
52		62±5,0	SN 8	15 (+ 1,5)	180 ± 3
53		75±6,0	SN 12	18 (+ 2)	220 ± 3
54		80±6,4	SN 16	18 (+ 2)	240 ± 3
55	1000 ± 10,0	44±3,5	SN 2	11 (+ 1)	150 ± 3
56		50±4,0	SN 4	11 (+ 1)	150 ± 3
57		56±4,5	SN 6	15 (+ 1,5)	180 ± 3
58		62±5,0	SN 8	15 (+ 1,5)	180 ± 3
59		75±6,0	SN 12	18 (+ 2)	220 ± 3
60		80±6,4	SN 16	18 (+ 2)	240 ± 3
61	1170 ± 11,7	50±4,0	SN 2	12 (+ 1)	150 ± 3
62		62±5,0	SN 4	15 (+ 1,5)	180 ± 3
63		75±6,0	SN 6	18 (+ 2)	220 ± 3
64		75±6,0	SN 8	18 (+ 2)	220 ± 3
65		87±7,0	SN 12	18 (+ 2)	240 ± 3
66		95±7,6	SN 16	21 (+ 2)	280 ± 3
67	1200 ± 12,0	50±4,0	SN 2	12 (+ 1)	150 ± 3
68		62±5,0	SN 4	15 (+ 1,5)	180 ± 3
69		75±6,0	SN 6	18 (+ 2)	220 ± 3
70		75±6,0	SN 8	18 (+ 2)	220 ± 3
71		87±7,0	SN 12	18 (+ 2)	240 ± 3
72		95±7,6	SN 16	21 (+ 2)	280 ± 3
73	1300 ± 13,0	50±4,0	SN 2	12 (+ 1)	150 ± 3
74		62±5,0	SN 4	15 (+ 1,5)	180 ± 3
75		75±6,0	SN 6	18 (+ 2)	220 ± 3
76		87±7,0	SN 8	18 (+ 2)	240 ± 3
77		95±7,6	SN 12	21 (+ 2)	280 ± 3
78		110±8,8	SN 16	22 (+ 2)	300 ± 3

79	1400 ± 14,0	56±4,5	SN 2	15 (+ 1,5)	150 ± 3
80		75±6,0	SN 4	18 (+ 2)	220 ± 3
81		87±7,0	SN 6	18 (+ 2)	240 ± 3
82		95±7,6	SN 8	18(+ 2)	280 ± 3
83		110±8,8	SN 12	22 (+ 2)	300 ± 3
84		110±8,8	SN 16	22 (+ 2)	300 ± 3
85	1500 ± 15,0	62±5,0	SN 2	15 (+ 1,5)	180 ± 3
86		75±6,0	SN 4	18 (+ 1,5)	220 ± 3
87		80±6,4	SN 4	18 (+ 2)	240 ± 3
88		87±7,0	SN 6	18(+ 2)	240 ± 3
89		95±7,6	SN 8	18(+ 2)	280 ± 3
90		110±8,8	SN 12	22 (+ 2)	300 ± 3
91		130±10,4	SN 16	25 (+ 2)	300 ± 3
92	1600 ± 16,0	75±6,0	SN 2	15 (+ 1,5)	220 ± 3
93		87±7,0	SN 4	15 (+ 1,5)	240 ± 3
94		95±7,6	SN 6	18 (+ 2)	280 ± 3
95		110±8,8	SN 8	18(+ 2)	300 ± 3
96		110±8,8	SN 12	25 (+ 2)	300 ± 3
97		120±9,6	SN 12	24 (+ 2)	300 ± 3
98		130±10,4	SN 16	25 (+ 2)	300 ± 3
99	1800 ± 18,0	80±6,4	SN 2	18 (+ 2)	240 ± 3
100		95±7,6	SN 4	18 (+ 2)	280 ± 3
101		110±8,8	SN 6	18 (+ 2)	300 ± 3
102		110±8,8	SN 8	22 (+ 2)	300 ± 3
103		120±9,6	SN 8	24 (+ 2)	300 ± 3
104		130±10,4	SN 12	25 (+ 2)	300 ± 3
105		155±12,4	SN 16	25 (+ 2)	350 ± 3
106	2000 ± 20,0	87±7,0	SN 2	18 (+ 2)	240 ± 3
107		110±8,8	SN 4	18 (+ 2)	300 ± 3
108		110±8,8	SN 6	22 (+ 2)	300 ± 3
109		120±9,6	SN 6	22 (+ 2)	300 ± 3
110		130±10,4	SN 8	25 (+ 2)	300 ± 3
111		155±12,4	SN 12	25 (+ 2)	350 ± 3
112	2200 ± 22,0	95±7,6	SN 2	18 (+ 2)	280 ± 3
113		110±8,8	SN 4	21 (+ 2)	300 ± 3
114		130±10,4	SN 6	25 (+ 2)	300 ± 3
115		155±12,4	SN 8	25 (+ 2)	350 ± 3
116	2400 ± 24,0	110±8,8	SN 2	22 (+ 2)	300 ± 3
117		130±10,4	SN 4	25 (+ 2)	300 ± 3
118		130±10,4	SN 6	25 (+ 2)	300 ± 3
119		155±12,4	SN 8	25 (+ 2)	350 ± 3

а)



б)



Для системы «Спиралайн» в соответствии с ТУ 2291-015-61908297-10 разрабатываются и производятся колодцы сварные для напорных и безнапорных сетей различной конструкции и назначения, а также фитинги - отводы, тройники, крестовины и др. С помощью сварных колодцев и фитингов обеспечиваются соединения трубопроводов различных диаметров под различными углами и на разных высотах.

Основные типы колодцев сварных из полиэтилена по ТУ 2291-015-61908297-10:

- колодцы сварные для напорных трубопроводов – предназначены для размещения и обслуживания запорной, измерительной и прочей аппаратуры на напорных трубопроводах диаметром до 630 мм;

Для соединения труб «Спиралайн» применяются резьбовые узлы запатентованной конструкции (патент Российской Федерации № 2263245 на изобретение «Способ соединения спиралешовных труб из витого полого профиля» с приоритетом от 23.09.2004 г.). При этом с одной стороны трубы снимается внутренняя стенка профиля, а с другой стороны – наружная, образуя выступы (ребра) (рисунок 3.3).

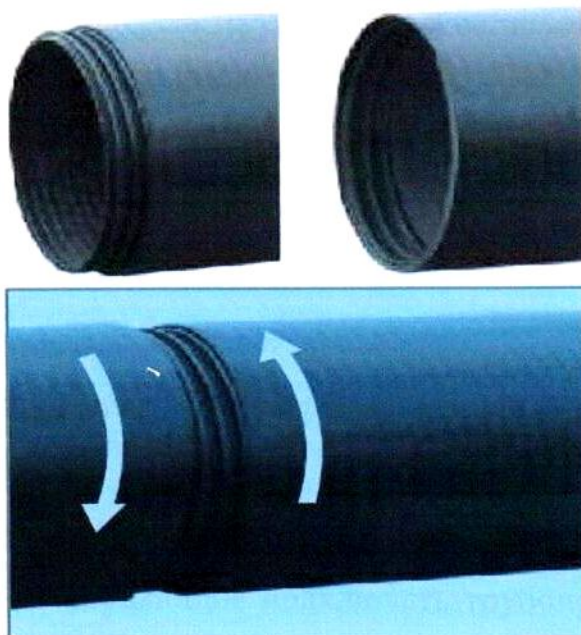


Рисунок 3.3 – Конструкция резьбового модуля

Существует соединение труб «Спиралайн» в стык. В данном случае гладкие концы труб центрируются, соединяются и стыки обвариваются с двух сторон.

Так же существует метод резьбового соединения труб «Спиралайн».

На трубах с подготовленными резьбовыми узлами выступы (ребра) образуют спираль (внешнюю с одной стороны трубы и внутреннюю - с другой) и с их помощью, как по резьбе, производится свинчивание труб при монтаже. Герметизация такого соединения обеспечивается проваркой шва ручным экструдером внутри или снаружи, либо с двух сторон. Для герметизации также применяется термоусаживающаяся муфта или лента, или электросварная лента.

- колодцы сварные (лотковые и безлотковые), для безнапорных трубопроводов – предназначены для проведения ремонтно-эксплуатационных работ на участках безнапорных трубопроводов, классифицируются по следующим признакам:

1. По степени контроля:

- обслуживаемые, с диаметром рабочей части шахты не менее 1 м, предназначенные для непосредственного доступа человека к каналу с целью проведения в нём эксплуатационных работ;

- инспекционные (колодцы-ревизии), с диаметром рабочей части шахты менее 1 м, предназначенные для проведения эксплуатационных работ с поверхности.

2. По выполняемым функциям:

- смотровые, предназначенные для выполнения эксплуатационных работ на трубопроводе;

- ливневые - предназначенные для приема дождевых и талых вод;

- перепадные - позволяющие подключать трубопроводы на различных уровнях;

- поворотные – для изменения направления трубопровода;

- разветвительные и прочие колодцы.

Шахты колодцев сварных изготавливаются из труб «Спиралайн» ТУ 2248-009-78145892-09. Диаметр шахты колодца определяется размерами трубы «Спиралайн» (см. таблицу 3.2 столбец 2). Высота шахты колодца определяется требованиями проектной документации и может быть любой в пределах области применения труб «Спиралайн». Кольцевая жесткость шахты колодца определяется требованиями технических условий и проектной документации и может достигать SN16 (для глубины заложения до 18 метров). Стандартно кольцевая жесткость на колодцах глубиной до 5 метров используется SN4.

Фитинги сварные производятся различных диаметров от 500 до 2200 мм и кольцевой жесткости от SN2 до SN16 (16000 Па). Фитинги сварные мо-

гут быть оборудованы инспекционным колодцем для контроля и обслуживания.

Резервуар сварной из полиэтилена представляет собой герметичную емкость, изготавливаемую различных размеров и объемов согласно таблицы 3.3, предназначенную для хранения питьевых и технических жидкостей, а также газообразных субстанций к которым материал резервуара химически стоек. Резервуар выполняет накопительную функцию в различных системах.

Таблица 3.3 – Основные характеристики резервуаров сварных по
ТУ 2291-015-61908297-10

Наименование	Внутренний диаметр D, мм	Наружный диаметр, мм	Длина L, мм	Внутренний диаметр горловины, мм	Высота горловины, мм	Жесткость корпуса	Объем резервуара, м ³
Резервуар накопительный V=1м ³	1200	1300	1100	700	1000	SN2	1
Резервуар накопительный V=2м ³	1200	1300	2000	700	1000	SN2	2
Резервуар накопительный V=3м ³	1400	1512	2200	700	1000	SN2	3
Резервуар накопительный V=4м ³	1400	1512	2800	700	1000	SN2	4

Резервуар накопитель- ный V=5м ³	1400	1512	3500	700	1000	SN2	5
Резервуар накопитель- ный V=6м ³	1400	1512	4100	700	1000	SN2	6
Резервуар накопитель- ный V=8м ³	1400	1512	5400	700	1000	SN2	8
Резервуар накопитель- ный V=10м ³	1800	1960	4200	700	1000	SN2	10
Резервуар накопитель- ный V=12м ³	1800	1960	5120	700	1000	SN2	12
Резервуар накопитель- ный V=15м ³	2200	2390	4450	700	1000	SN2	15
Резервуар накопитель- ный V=20м ³	2200	2390	5750	700	1000	SN2	20
Резервуар накопитель- ный V=25м ³	2200	2390	7100	700	1000	SN2	25
Резервуар накопитель- ный V=30м ³	2200	2390	8400	700	1000	SN2	30

Резервуар накопитель- ный V=35м ³	2200	2390	9700	700	1000	SN2	35
Резервуар накопитель- ный V=40м ³	2200	2390	11000	700	1000	SN2	40
Резервуар накопитель- ный V=45м ³	2200	2390	12320	700	1000	SN2	45
Резервуар накопитель- ный V=50м ³	2200	2390	13500	700	1000	SN2	50
Резервуар накопитель- ный V=60м ³	2200	2390	16260	700	1000	SN2	60
Резервуар накопитель- ный V=80м ³	2200	2390	21550	700	1000	SN2	80
Резервуар накопитель- ный V=100м ³	2200	2390	26800	700	1000	SN2	100
Резервуар накопитель- ный V=150м ³	2200	2390	39950	700	1000	SN2	150
Резервуар накопитель- ный V=200м ³	2200	2390	53100	700	1000	SN2	200

Основные размеры и характеристики резервуаров сварных, в соответствии с требованиями проектной документации, могут отличаться от заявленных в таблице 3.3.

4. ЭЛЕМЕНТЫ БЕЗНАПОРНОЙ СИСТЕМЫ ТРУБОПРОВОДОВ НА БАЗЕ ТРУБ «СПИРОЛАЙН» И ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНА, ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

Элементы трубопровода для испытаний и их геометрические размеры приняты в соответствии с существующей технической документацией.

Для проведения динамических испытаний Заказчиком (ООО «ТТЗ») были предоставлены элементы канализационной системы «Спиролайн» с кольцевой жесткостью SN4 - сварной лотковый полиэтиленовый колодец диаметром 1000 мм (рисунок 4.1), трубы «Спиролайн» диаметром 600, 1000 и 2000мм, отвод «Спиролайн» диаметром 600мм, резервуар накопительный для питьевой и технической воды диаметром 2000 мм (рисунок 4.2), а также четыре различных способа соединения труб «Спиролайн».

Образец №1 - колодец сварной для проведения динамических испытаний

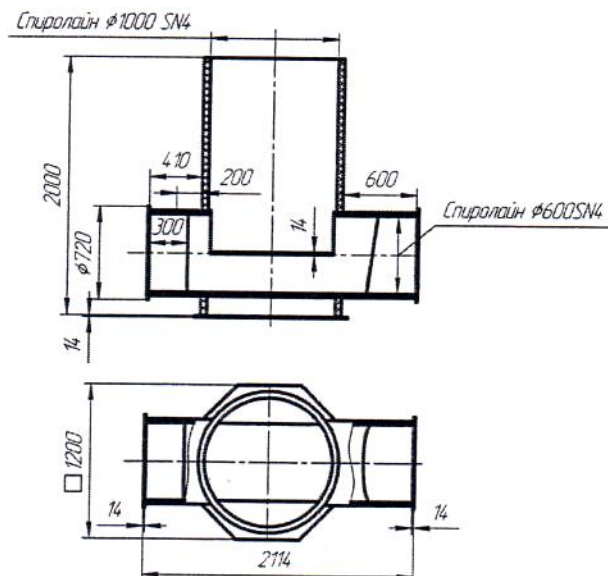


Рисунок 4.1 - Конструкция колодца сварного для испытаний

Колодец сварной для проведения динамических испытаний изготовлен по ТУ 2291-015-61908297-10 из трубы «Спиролайн» диаметром 1000 мм, с классом жесткости SN4 общей высотой $H=2000$ мм. В нижней части к колодцу с помощью ручной экструзионной сварки ГОСТ16310-80 было приварено восьмиугольное дно, изготовленное из полиэтиленового листа толщиной $S=14$ мм ТУ 2246-004-61908297-09. Внутри колодца изготовлен лоток из трубы «Спиролайн» диаметром 600 мм SN4.

К патрубкам колодца с внешней стороны были присоединены два отрезка из трубы «Спиролайн» диаметром 600 мм SN4.

Соединение труб «Спиролайн» с патрубками колодца выполнено на основании технологических рекомендаций по проектированию и монтажу подземных напорных и безнапорных трубопроводных систем водоснабжения, хозяйственно-бытовой и дождевой канализации с применением полиэтиленовых труб и колодцев «Спиролайн» и по техническому регламенту ООО «ТТЗ».

Один из отрезков трубы «Спиролайн» крепился к патрубку колодца с помощью резьбового соединения, герметизация стыка была выполнена с помощью ручной экструзионной сварки ГОСТ 16310-80 с внешней стороны стыка по техническому регламенту ООО «ТТЗ». Второй патрубок приварен встык под углом (элемент отвода трубы «Спиролайн») по оригинальной технологии разработанной специалистами ООО «Холдинг Полимерные Трубопроводные Системы» и ООО «ТТЗ» с помощью ручной экструзионной сварки по ГОСТ 16310-80.

Торцы присоединяемых патрубков были заварены листом из полиэтилена толщиной 14 мм ТУ 2246-004-61908297-09. При испытаниях образец №1 был заполнен водой.

Образец №2 для проведения динамических испытаний

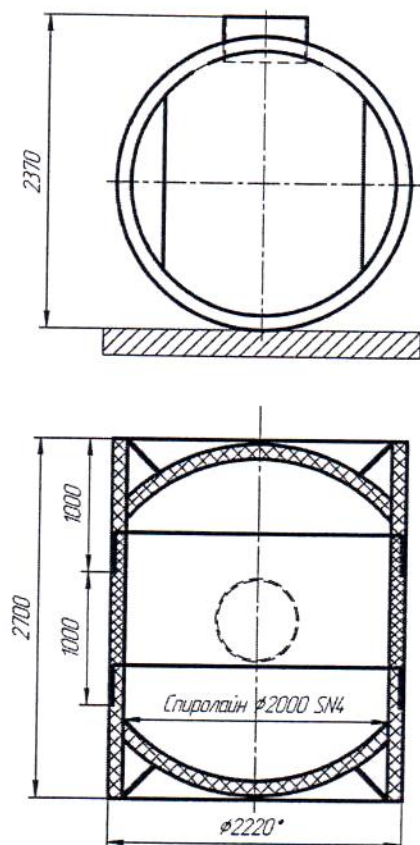


Рисунок 4.2 – Конструкция образца №2 для динамических испытаний

Данным образцом была представлена труба «Спиралайн» с внутренним диаметром 2000 мм, с кольцевой жесткостью SN4, два соединения труб «Спиралайн» и элементы резервуаров. Образец был выполнен в виде резервуара накопительного для динамических испытаний, изготовленного по ТУ 2291-015-61908297-10 из трубы «Спиралайн» диаметром 2000 мм, с классом жесткости SN4 и состоящей из трех частей длиной $L=1000$ мм соединенных между собой с помощью резьбовых соединений. Герметизация резьбовых соединений выполнена на основании технологических рекомендаций по проектированию и монтажу подземных напорных и безнапорных трубопроводных систем водоснабжения, хозяйственно-бытовой и дождевой канализации с применением полиэтиленовых труб и колодцев «Спиралайн», а также по техническому регламенту ООО «ТТЗ».

Герметизация одного из стыков труб «Спиролайн» была выполнена ручной экструзионной сваркой ГОСТ 16310-80 внутри и снаружи, второй стык загерметизирован с помощью ручной экструзионной сварки ГОСТ 16310-80 внутри и с помощью термоусаживающейся ленты снаружи по техническому регламенту ООО «ТТЗ» .

Торцевые стенки образца для динамических испытаний изготовлены из трубы «Спиролайн» по оригинальной технологии разработанной специалистами ООО «Холдинг Полимерные Трубопроводные Системы» и ООО «ТТЗ».

При испытаниях образец был заполнен водой.

Нормативные документы:

1. ТУ 2248-009-61908297-09 «Трубы из полиэтилена спиральновитые с поллой стенкой «Спиролайн»
2. ТУ 2291-015-61908297-10 «Изделия из полиэтилена»
3. ТУ 2246-004-61908297-09 Листы из полиолефинов
4. Технологические рекомендации по проектированию и монтажу подземных напорных и безнапорных трубопроводных систем водоснабжения, хозяйственно-бытовой и дождевой канализации с применением полиэтиленовых труб и колодцев «Спиролайн».

5. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ НА БАЗЕ ТРУБ «СПИРОЛАЙН»

Программа испытаний включает в себя следующие этапы:

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

В ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко разработан испытательный стенд, возбуждение колебаний которого может осуществляться одним из двух способов:

- колебания платформы-маятника, на который установлен система трубопроводов, возбуждаются с помощью вибромашины ВИД-12, закрепленной на платформе. За счет инерционной силы, развиваемой ВИД-12, обеспечивается тот или иной частотный спектр воздействий на трубопровод и определенный уровень амплитуды колебаний платформы. Как показали испытания, максимальная величина амплитуды колебаний платформы при использовании ВИД-12 составляет 150 мм;
- в зависимости от поставленной задачи вместо инерционной нагрузки на платформу от вибромашины возможно возбуждение

колебаний платформы обеспечить за счет ударного воздействия. Испытания показали, что в момент удара максимальное ускорение на уровне основания стенда составляет 1,2g.

С учетом отмеченного выше программа динамических испытаний полиэтиленовых спиральновитых труб «СПИРОЛАЙН» на виброплатформе включает в себя следующие этапы.

1. Проводятся испытания трубопроводов заполненных водой с изменением частотного спектра от 0 до 18-20 Гц при фиксированной амплитуде перемещения виброплатформы. Далее изменяется значение амплитуда и осуществляется задание частот в указанном выше спектре. Длительность каждого из указанных этапов динамического нагружения (при фиксированных амплитуде и частоте) системы составляет приблизительно 30сек.
2. По результатам испытаний (п.1) устанавливаются уровни воздействий, соответствующие резонансным колебаниям системы, и уровни ускорений виброплатформы, соответствующие 7÷9-ти балльным воздействиям по шкале MSK-64.
3. После завершения испытаний в соответствии с заданной программой изменения амплитудно-частотного спектра виброплатформы проводятся повторные испытания при сочетаниях амплитудно-частотных параметрах виброплатформы, соответствующих резонансным колебаниям системы и 7÷9-ти балльным воздействиям. Длительность повторных динамических испытаний при указанных выше сочетаниях составляет 40-50сек.
4. Если в процессе испытаний имеют место разрушения или нарушение герметичности трубопроводов, совместно с Заказчиком разрабатываются способы повышения их надежности, и испытания повторяются согласно п.п.1,2.

6. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ И РЕГИСТРАЦИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

6.1. Оборудование для создания динамических нагрузок.

Как уже отмечалось, для создания динамических воздействий на испытываемые образцы использовался специальный стенд.

Стенд состоит из маятниковой платформы, подвешенной на гибких (из полосовой стали) стальных связях к опорной силовой раме. Рама жестко заземлена в силовой пол лабораторного корпуса. Активация платформы осуществляется вибромашиной ВИД-12М, установленной на консоли маятниковой платформы (см. фото на рис. 6.1).

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 плоскости.

Управление ВИД-12М осуществляется с пульта управления, расположенного в электрошкафу. Основные технические характеристики маятниковой виброплатформы приведены в табл. 6.1.

Основные технические данные машины ВИД-12 Таблица 6.1.

№№	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 исходя веса вибромашины при любой скорости вращения инерционная сила ограничена величиной 12 т.

6.2 Средства измерения и регистрации динамических характеристик конструкций и воздействий на них

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

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. 6.2, а).

Для измерения ускорений, частот колебаний, а также динамических перемещений применяются однокомпонентные датчики – акселерометры АТ 1105 – 10м (рис. 6.2, б).

Характеристики датчиков (акселерометров) представлены в таблице 6.2.

Основные технические данные акселерометра АТ 1105 – 10м

Таблица 6.2.

№	Наименование параметра	Значение
1	Электропитание от источника постоянного тока относительно средней точки, В	$\pm 12 \pm 12$
2	Диапазон измерения, м/с^2 (g)	98,1 (10,0)
3	Частотная характеристика - нижняя частота, Гц - верхняя частота, Гц	0 700
4	Диапазон рабочих температур, $^{\circ}\text{C}$	от +15 до +35

Точки расположения акселерометров выбирались из следующих условий:

- места, где по результатам расчетов ожидается развитие максимальных ускорений и перемещений;

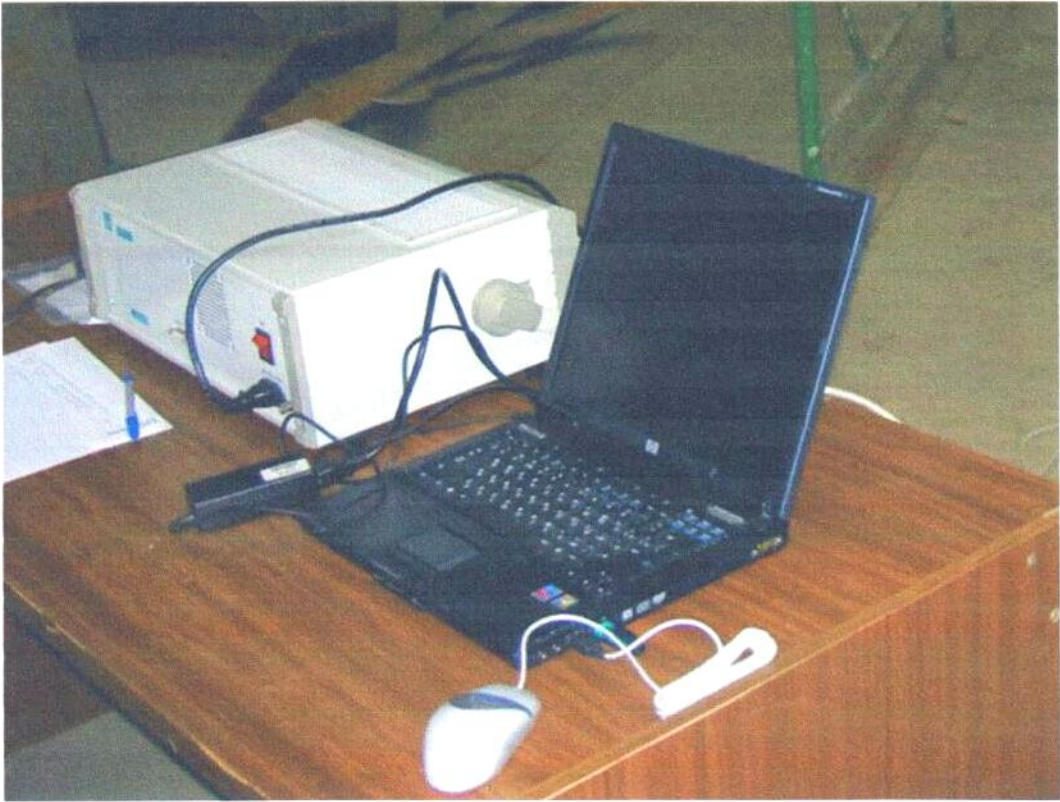
- для контроля задаваемых динамических нагрузок один датчик был установлен на виброплатформе.

Общее количество контролируемых точек (количество акселерометров) - 6. Датчики установленные на трубопроводе показана на рис. 6.3.



Рис. 6.1

a)



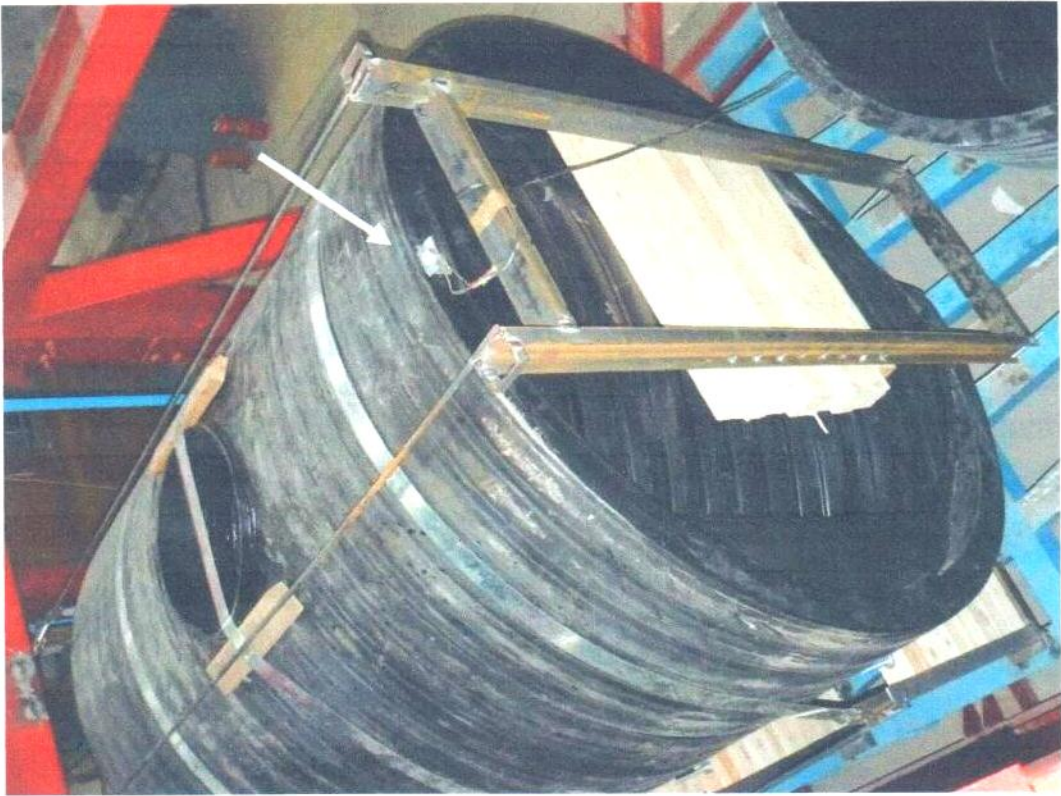
б)



Рис. 6.2



б)



а)

Рис. 6.3.

7. РЕЗУЛЬТАТЫ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ БЕЗНАПОРНОЙ СИСТЕМЫ ТРУБОПРОВОДОВ «СПИРОЛАЙН»

7.1. Методика проведения испытаний

Натурные испытания системы трубопроводов проводились вибрационным (резонансным) методом, который позволяет измерить количественно силовую нагрузку, имитирующую сейсмическое воздействие в широком диапазоне частот.

По данным вибрационных испытаний для конкретных уровней нагружения были определены амплитудно-частотные характеристики испытуемого фрагмента, представляющие зависимость амплитуд колебаний сооружения от частоты гармонического воздействия. Кроме этого, по результатам обработки на ЭВМ с использованием специального программного комплекса «WinПОС» записей были построены зависимости изменения ускорений в различных точках модели от времени. Как уже отмечалось выше, акселерометры крепились к следующим элементам экспериментальной модели:

- к виброплатформе, что позволяло оценивать уровень динамического воздействия на модель и сравнивать их с нормативными значениями ускорения;
- непосредственно к фрагментам испытываемых образцов.

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

ОпираНИЕ элементов экспериментальных образцов на платформу осуществлялось через специальные прокладки. Принятое опирание предоставляет более жесткие условия эксплуатации трубопровода при сейсмических воздействиях по сравнению с трубопроводом, уложенном на постель из грунтового основания.

7.2. Назначение параметров загрузки

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

- при жестких системах ($T=0\div 0.05$) максимальные ускорения возникают почти мгновенно с началом колебаний (зона наиболее высоких значений коэффициента динамичности);
- наиболее характерные периоды сейсмического воздействия находятся в диапазоне короткопериодного спектра от 0.1 до 0.5 сек ($f\rightarrow$ от 10 до 2 Гц);
- в [8] отмечается, что как показывают многочисленные экспериментальные исследования, независимо от частот внешнего воздействия сооружение обычно колеблется с частотой, отвечающей частоте их собственных колебаний. Периоды же свободных колебаний большинства зданий составляют 0.1–2.0 сек. Т.е. частота динамической нагрузки, испытываемой сооружением в условиях землетрясений будет находиться в основном в пределах 0.5–10 Гц.

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

Этапы загрузки приведены в таблице 7.1 и выбраны так, чтобы иметь возможность оценить поведение трубопровода при резонансе. Указанные в таблице амплитудно-частотные характеристики и соответствующие им величины ускорений соответствуют значениям, полученным по данным акселерометров, установленных на виброплатформе.

Динамические нагрузки создавались при помощи вибромашины ВИД-12М, путем возбуждения механических колебаний в горизонтальной плоскости.

Приведенные в табл. 7.1 значения по цветовой гамме соответствуют зонам сейсмичности, указанным на карте сейсмического районирования территории РФ (рис. 7.1). Схема расстановки датчиков показана на рис. 7.2.

В Приложении 1 к настоящему отчету приведены данные замеров ускорений по датчикам, установленным на экспериментальной модели.

Параметры динамического нагружения платформы

Таблица 7.1.

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (м/с ²)	балльность
1	1,8	19,5	2,49	8,3
2	2,6	19,1	5,08	9,3
3	2,5	14,6	3,60	8,8
4	3	13,9	4,95	9,3
5	2,6	11,1	2,97	8,6
6	3	10,5	3,74	8,9
7	3,4	10	4,54	9,2
8	2,5	7,3	1,79	7,8
9	2,9	7,1	2,34	8,2
10	3,8	6,7	3,80	8,9
11	4,3	6,1	4,45	9,2
12	2,8	3,8	1,18	7,2
13	3,8	3,6	2,07	8,0
14	4,7	3,1	2,67	8,4
15	5,2	3,2	3,39	8,8
16	5,7	5,6	7,23	9,9
17	2,9	2,4	0,78	6,6
18	3,9	2,2	1,29	7,4
19	4,7	2,1	1,81	7,9
20	5,7	3,4	4,41	9,1
21	3,9	1,3	0,78	6,6
22	4,8	1,2	1,06	7,1
23	5,7	1,1	1,40	7,5
24	6,9	1,7	3,26	8,7
25	7,3	1,6	3,42	8,8
26	7,5	1,4	3,18	8,7
27	7,8	1,6	3,75	8,9

7.3. Условия проведения динамических испытаний

Вибрационные испытания проводились в дневное время 18.04.2011 года при температуре воздуха - не ниже $+15^{\circ}\text{C}$. Условия проведения вибрационных испытаний соответствуют нормальным и рабочим условиям применения используемого типа акселерометров АТ1105–10м.

Анализ результатов натуральных динамических испытаний полиэтиленовых спиральновитых труб «СПИРОЛАЙН» позволяет отметить следующее:

- в процессе испытаний ускорение виброплатформы по данным акселерометров, установленных на ней, изменялось в интервале от 0,78 до 7,23 м/с^2 . Частоты колебания системы изменялись в интервале от 1,8 до 7,8 Гц, амплитуды колебаний системы – от 1,1 до 19,5 мм. При этом ускорение в разных точках трубопровода изменялось в интервале от 0,01 до 21,9 м/с^2 .
- в процессе испытаний при совпадении величин собственных частот колебаний трубопровода с частотами колебаний виброплатформы имел место резонанс. Это явление наблюдалось при колебаниях системы с частотой $f=5,7$ Гц при амплитуде $A=5,6$ мм. При резонансе эксплуатационная надежность трубопроводов не была нарушена.
- в Приложении 1 к настоящему отчету приведены осциллограммы, записанные с датчиков. По результатам обработки на ЭВМ полученных по испытаниям осциллограмм с помощью специальных программ выделены спектры пиковых значений ускорений и амплитуд колебаний элементов системы.

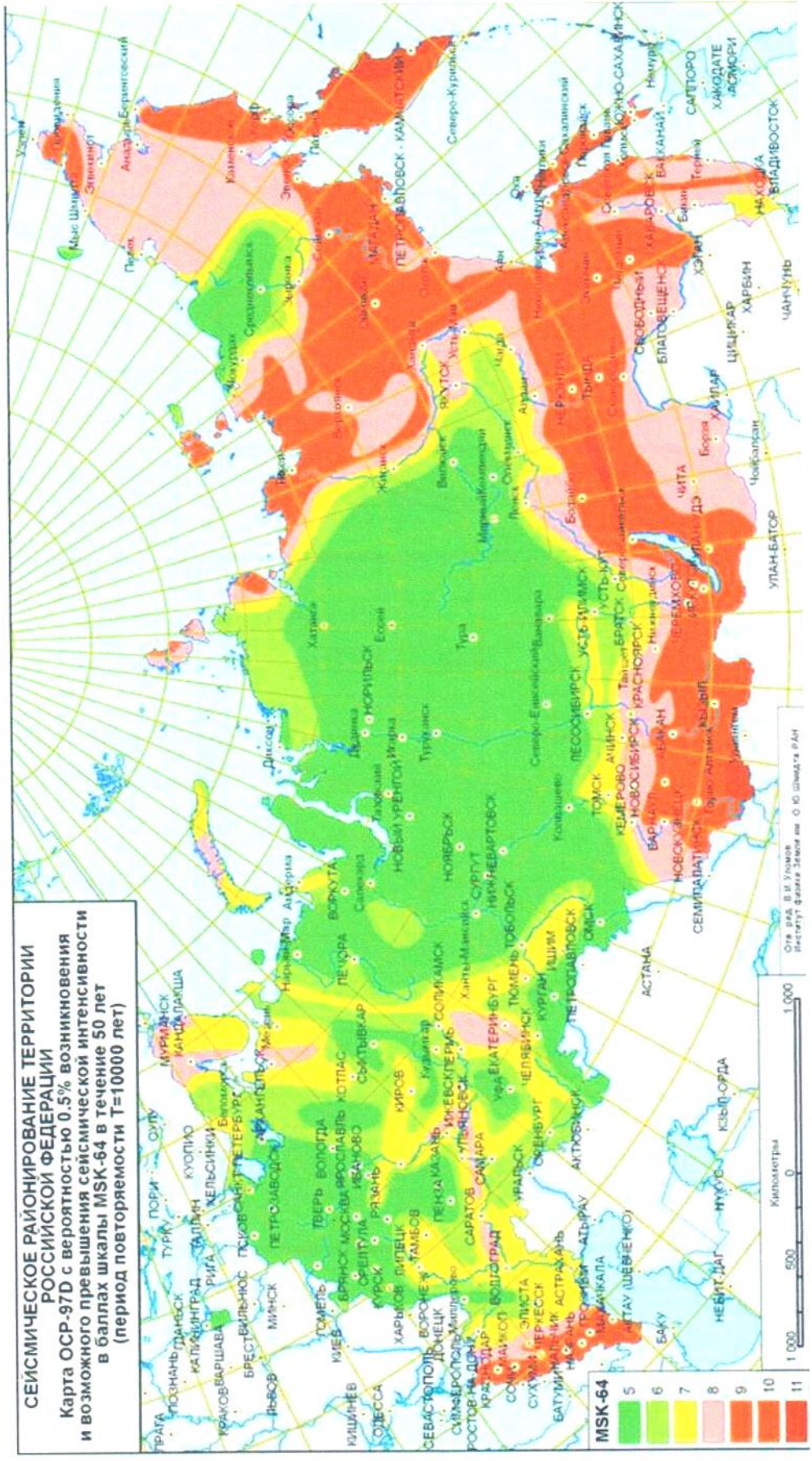


Рис. 7.1

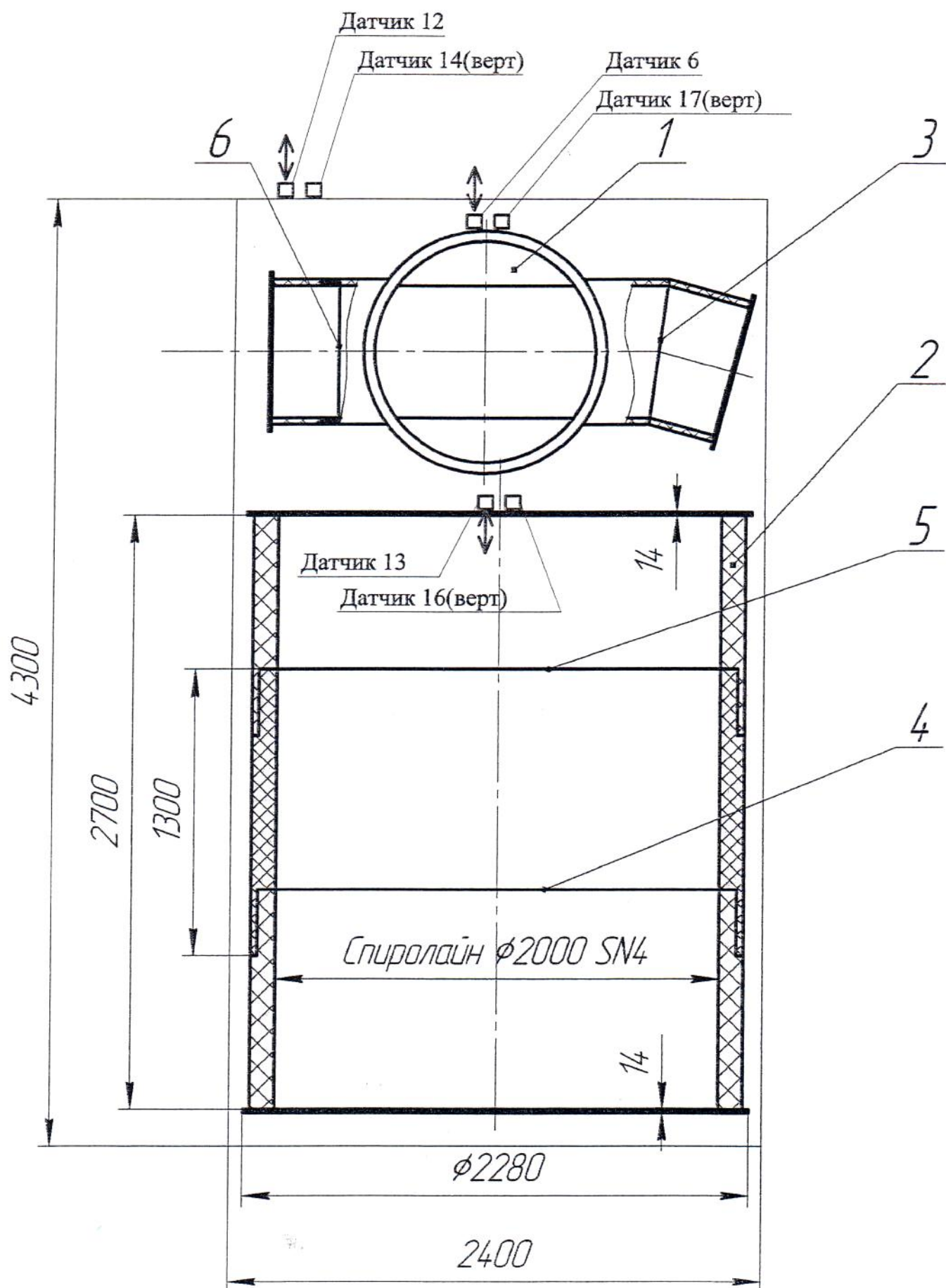


Рис. 7.2. Схема расположения датчиков.

8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

На основе анализа результатов динамических испытаний трубопроводов на базе полиэтиленовых спиральновитых труб «СПИРОЛАЙН» можно отметить следующее:

1. В соответствии с программой экспериментальных исследований на виброплатформе Центра исследований сейсмостойкости сооружений были проведены динамические испытания полиэтиленовых спиральновитых труб «СПИРОЛАЙН». При испытаниях моделировались динамические нагрузки, соответствующие 7÷9 балльному воздействию. Трубы при проведении испытаний были заполнены водой.
2. Для испытаний были использованы образцы труб и фитингов «СПИРОЛАЙН» диаметром от 500 мм до 2400 мм, изготовленные по ТУ 2248-009-61908297-09 и по ТУ 2291-015-61908297-10, колодцы на основе трубы «СПИРОЛАЙН» для напорных и безнапорных трубопроводов диаметром от 600 до 2400 мм, резервуары для питьевой и технической воды и продукция по ТУ 2291-015-61908297-10.
3. При сборке экспериментальных образцов соединение труб «СПИРОЛАЙН» осуществлялось по следующим схемам:
 - резьбовое соединение полиэтиленовых труб «СПИРОЛАЙН» с последующей герметизацией стыка методом экструзионной сварки по технологии завода изготовителя (ООО «ТТЗ») - шов внутри и снаружи;
 - резьбовое соединение полиэтиленовых труб «СПИРОЛАЙН» с последующей герметизацией стыка методом экструзионной сварки по технологии завода изготовителя (ООО «ТТЗ») - шов только снаружи;
 - резьбовое соединение полиэтиленовых труб «СПИРОЛАЙН» с последующей герметизацией стыка термоусадочной лентой по технологии завода изготовителя (ООО «ТТЗ»);
 - соединение гладких торцов труб «СПИРОЛАЙН» под углом с обваркой экструдером внутреннего и наружного стыка по технологии завода изготовителя (ООО «ТТЗ»).

4. В процессе испытаний ускорение виброплатформы по данным акселерометров, установленных на ней, изменялось в интервале от 0,78 до 7,23 м/с². Частоты колебания системы изменялись в интервале от 1,8 до 7,8 Гц, амплитуды колебаний системы – от 1,1 до 19,5 мм. При этом ускорение в разных точках трубопровода изменялось в интервале от 0,01 до 21,9 м/с².
5. В процессе испытаний при совпадении величин собственных частот колебаний трубопровода с частотами колебаний виброплатформы имел место резонанс. Это явление наблюдалось при колебаниях системы с частотой $f=5,7$ Гц при амплитуде $A=5,6$ мм. При резонансе эксплуатационная надежность трубопроводов не была нарушена.
6. Система трубопроводов на базе полиэтиленовых спиральновитых труб «СПИРОЛАЙН» и изделия из них могут быть рекомендованы для применения в районах с сейсмичностью 7÷9 баллов.
7. В приложении 3 к настоящему отчету приложена видеосъемка испытания трубопровода 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 40-102-2000 «Свод правил по проектированию и монтажу трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования»;
4. СПиП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети и сооружения»,
5. Я.М. Айзенберг, Р.Т. Акбиев, В.И. Смирнов, М.Ж. Чубаков. «Динамические испытания и сейсмостойкость навесных фасадных систем». Ж. «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений» №1, 2008г. стр. 13-15.
6. Назаров А.Г., С.С. Дарбинян. Шкала для определения интенсивности сильных землетрясений на количественной основе. // В. кн.: Сейсмическая шкала и методы измерения сейсмической интенсивности. Академия наук СССР. Межведомственный совет по сейсмологии и сейсмостойкому строительству (МСССС) при президиуме АН СССР. М.: Наука, 1975.
7. Методические рекомендации по инженерному анализу последствий землетрясений. ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко ГОССТРОЯ СССР. – М., 1980, 62 с.
8. Отчет по результатам натурных испытаний фрагментов навесных вентилируемых фасадов «ДИАТ». ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко-М., 2007.
9. Поляков С.В., «Сейсмостойкие конструкции зданий», Изд. «Высшая школа», М., 1969г., 335 с.

10. Корчинский И.Л. и др., «Сейсмостойкое строительство зданий», Изд. «Высшая школа», М., 1971г., 319 с.
11. Карапетян Б.К. «Колебание сооружений, возведенных в Армении», Изд. «Айостан», Ереван, 1967.
12. Корчинский И.Л., Беченева Г.В. «Прочность строительных материалов при динамических нагрузениях», Стройиздат, М., 1966г.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

РЕЗУЛЬТАТЫ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ
ТРУБОПРОВОДОВ

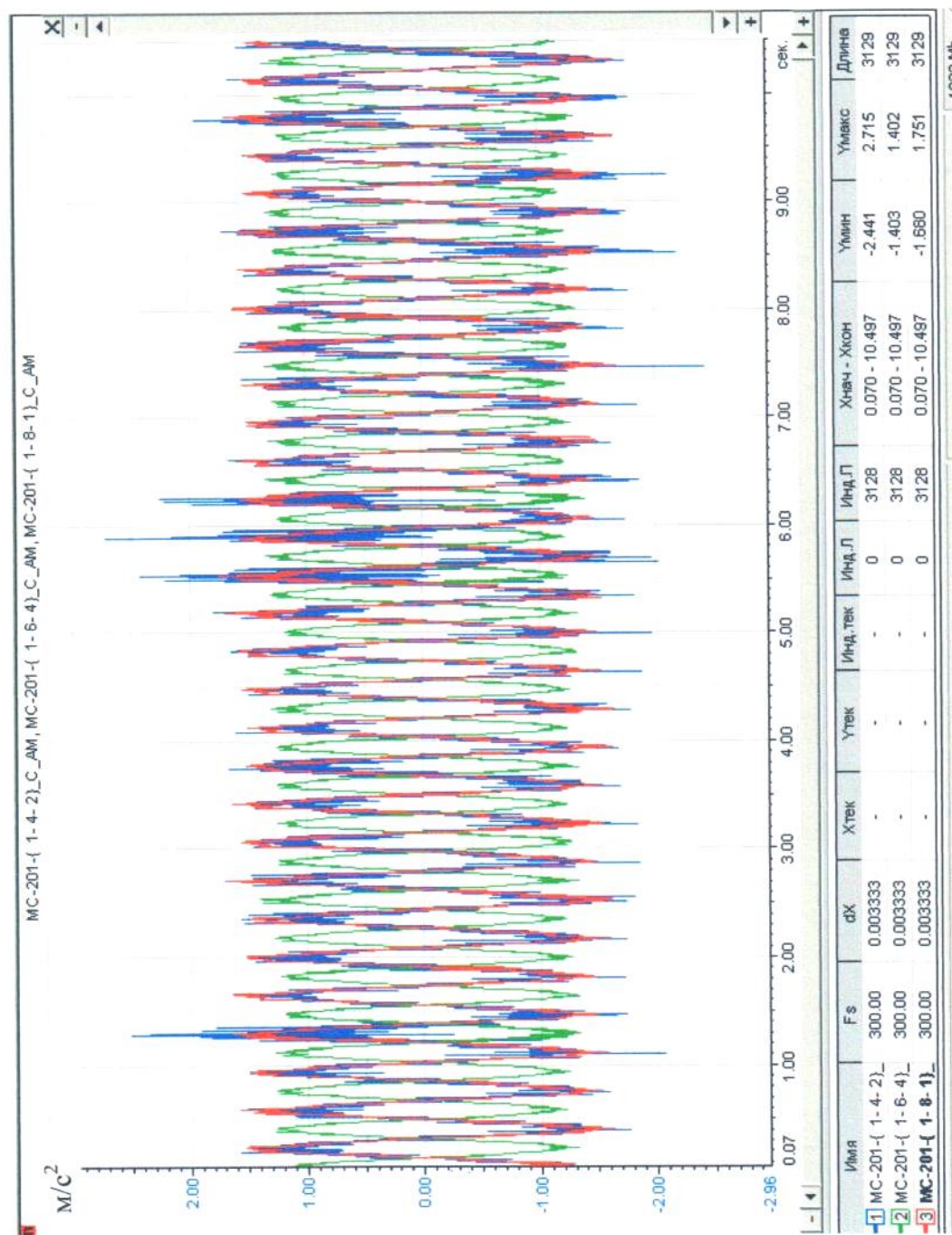


Рис. П-1-1 . Акселерограммы (m/s^2), записанные с датчика 6 (синим цветом), датчика 12 (зеленым цветом) и датчика 13 (красным цветом) при 12-м режиме испытаний (частота $f=2.8$ Гц; амплитуда $A=3.8$ мм)

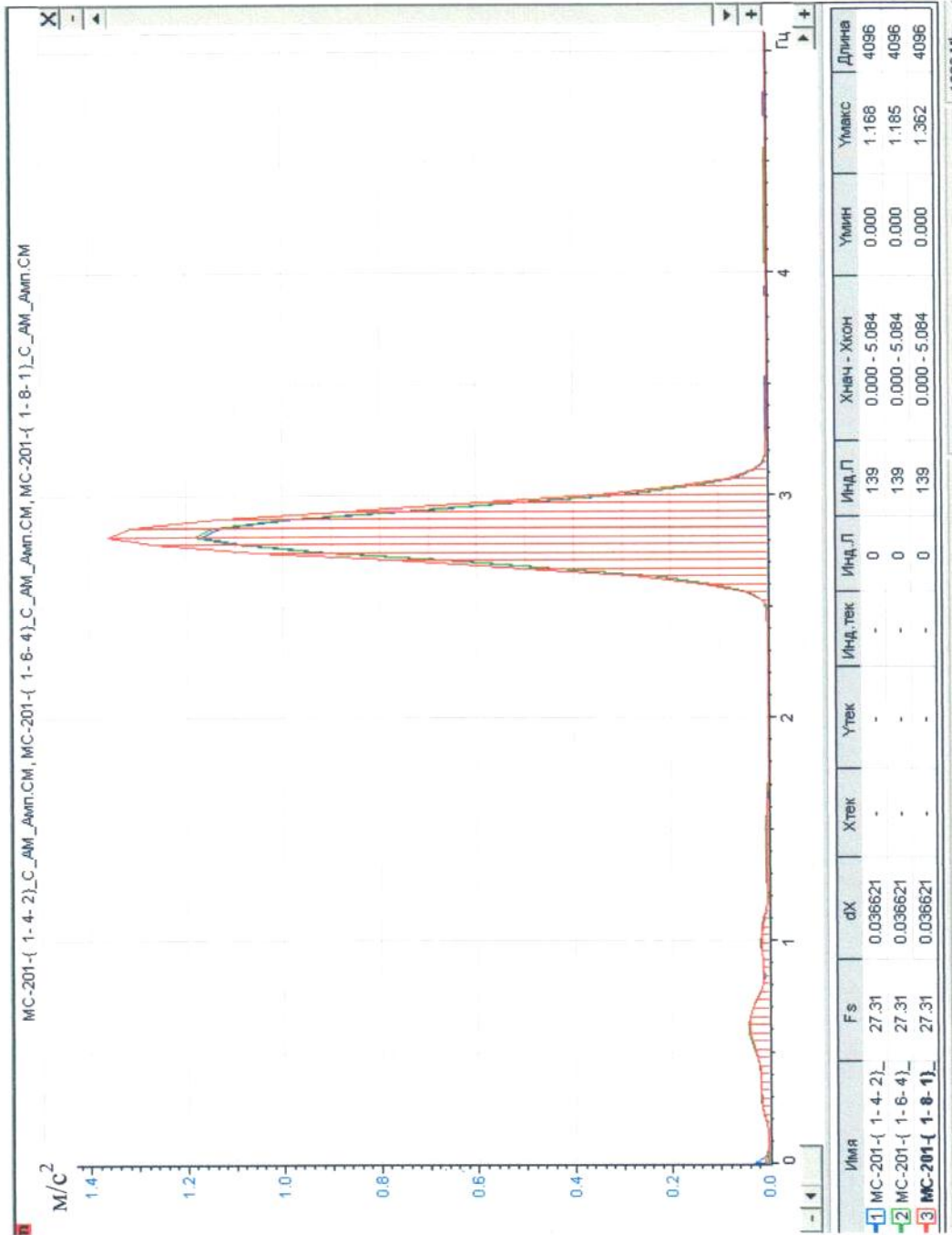


Рис. П-1-2. Спектры пиковых значений ускорений (m/s^2) для датчика 6 (синим цветом), датчика 12 (зеленым цветом) и датчика 13 (красным цветом) при 12-м режиме испытаний (частота $f=2.8$ Гц; амплитуда $A=3.8$ мм)

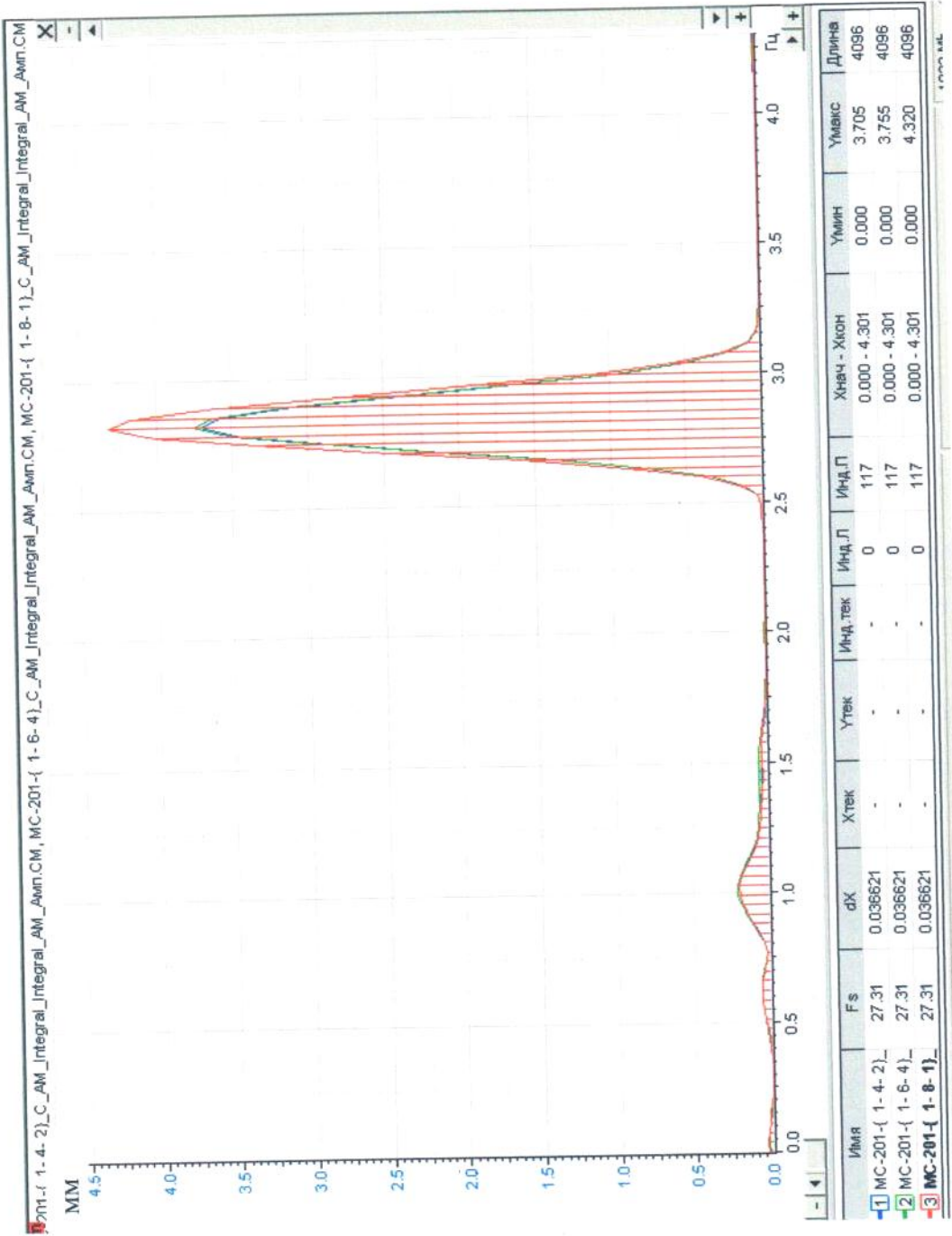


Рис. П-1-3. Спектры пиковых значений амплитуд (мм) для датчика 6 (синим цветом), датчика 12 (зеленым цветом) и датчика 13 (красным цветом) при 12-м режиме испытаний (частота $f=2.8$ Гц; амплитуда $A=3.8$ мм)

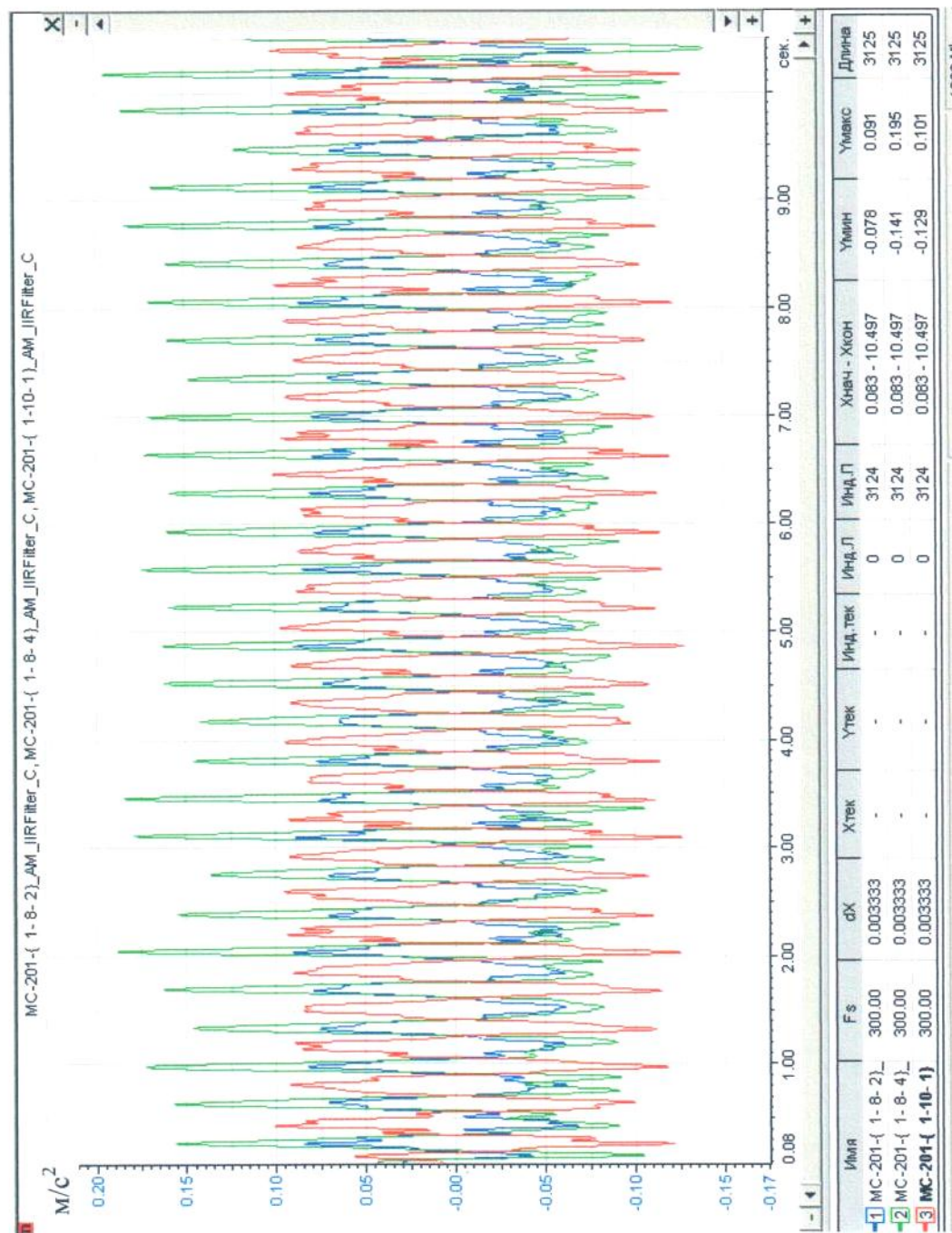


Рис. П-1-4. Акселерограммы (m/s^2), записанные с датчика 14 (синим цветом), датчика 16 (зеленым цветом) и датчика 17 (красным цветом) при 12-м режиме испытаний (частота $f=2.8$ Гц; амплитуда $A=3.8$ мм)

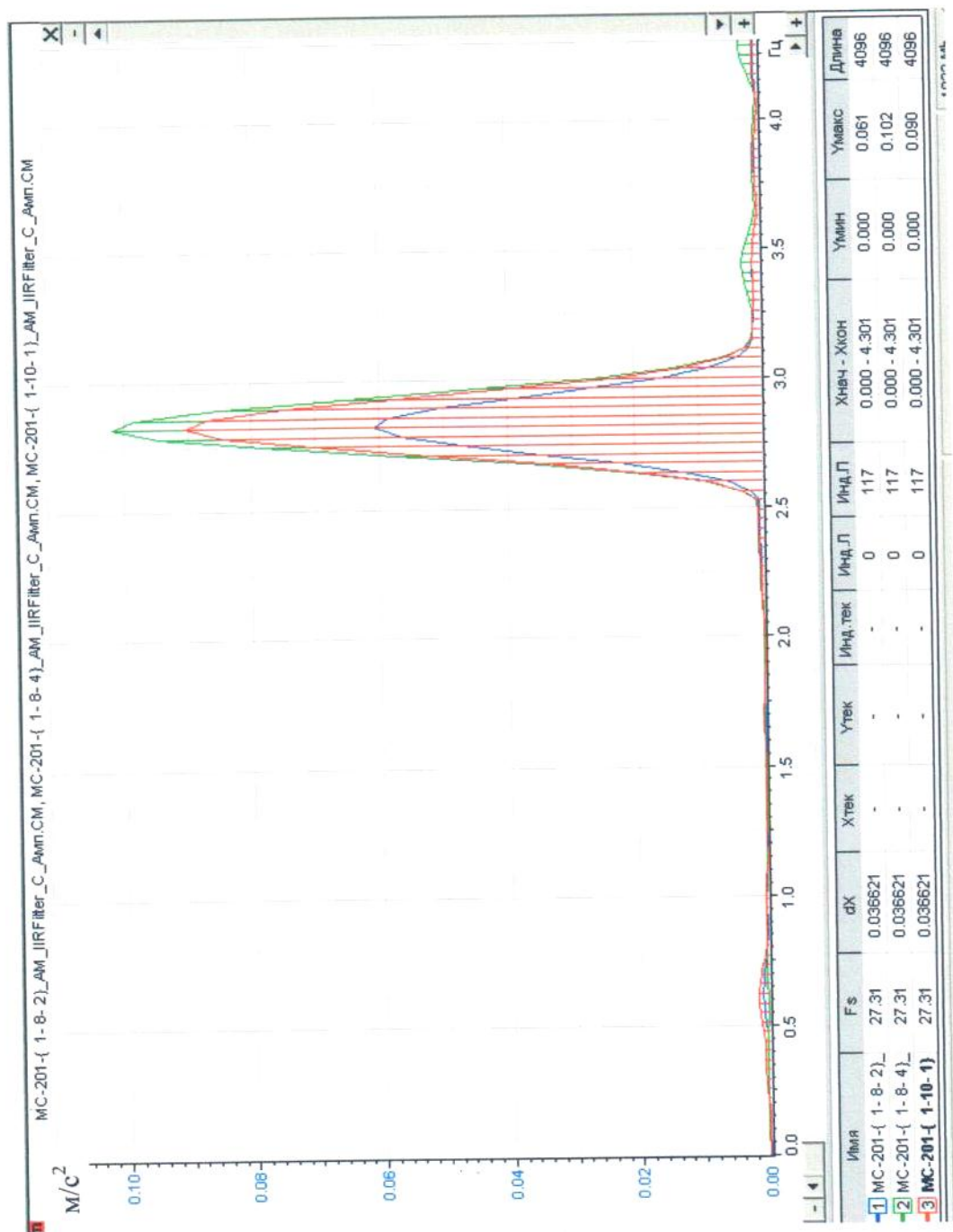


Рис. П-1-5. Спектры пиковых значений ускорений (m/s^2) для датчика 14 (синим цветом), датчика 16 (зеленым цветом) и датчика 17 (красным цветом) при 12-м режиме испытаний (частота $f=2.8$ Гц; амплитуда $A=3.8$ мм)

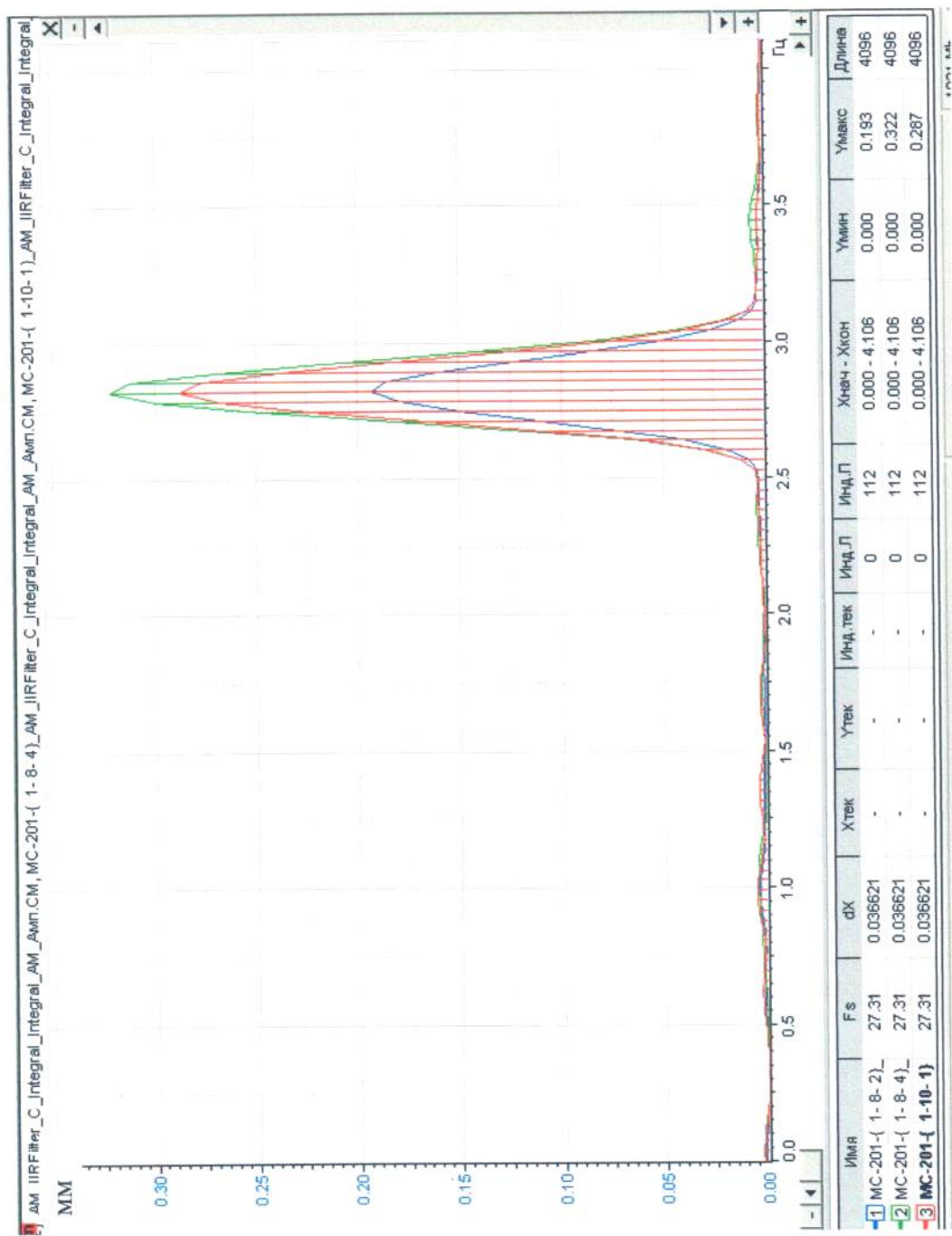


Рис. П-1-6. Спектры пиковых значений амплитуд (мм) для датчика 14 (синим цветом), датчика 16 (зеленым цветом) и датчика 17 (красным цветом) при 12-м режиме испытаний (частота $f=2.8$ Гц; амплитуда $A=3.8$ мм)

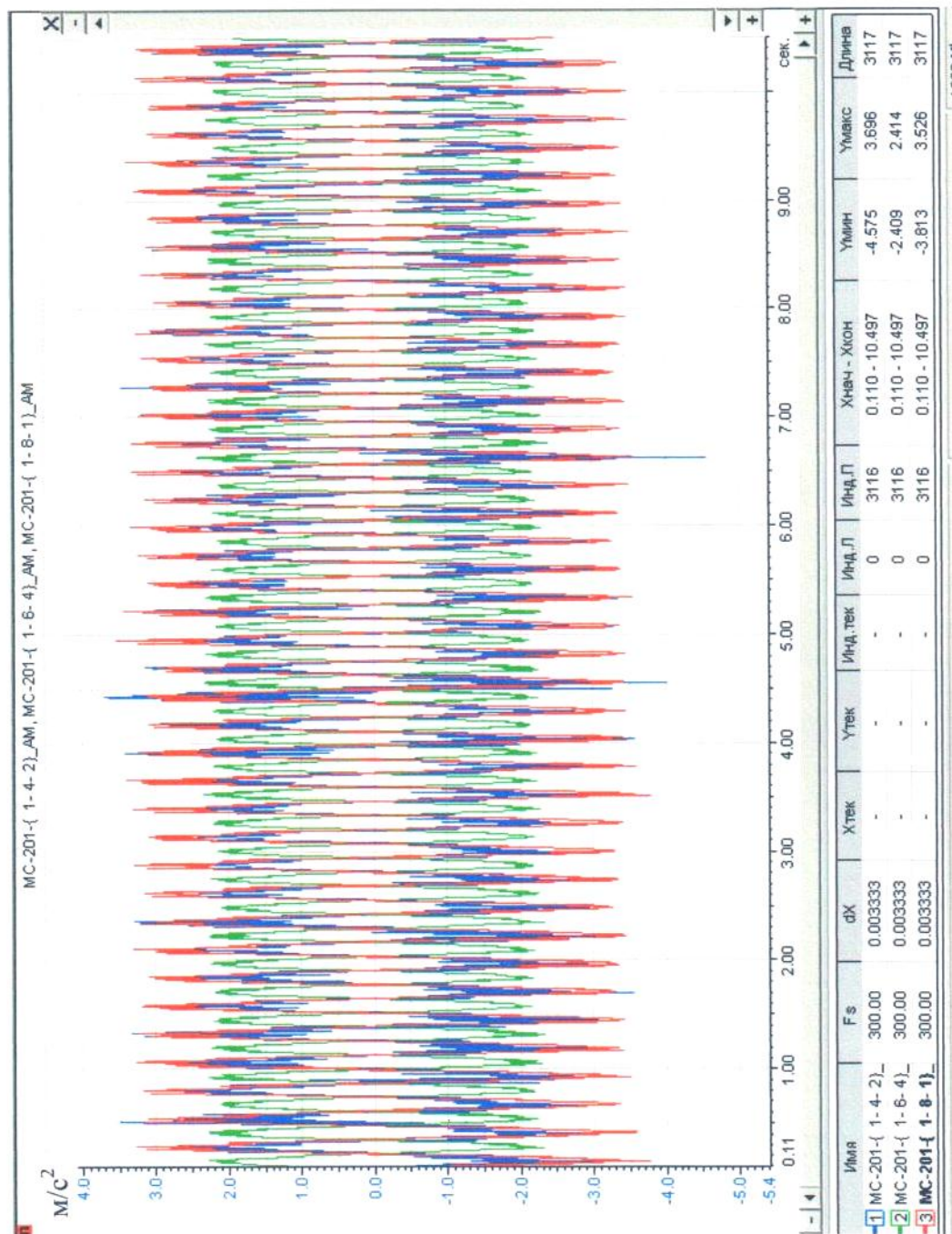


Рис. П-1-7. Акселерограммы (m/s^2), записанные с датчика 6 (синим цветом), датчика 12 (зеленым цветом) и датчика 13 (красным цветом) при 13-м режиме испытаний (частота $f=3.8$ Гц; амплитуда $A=3.6$ мм)

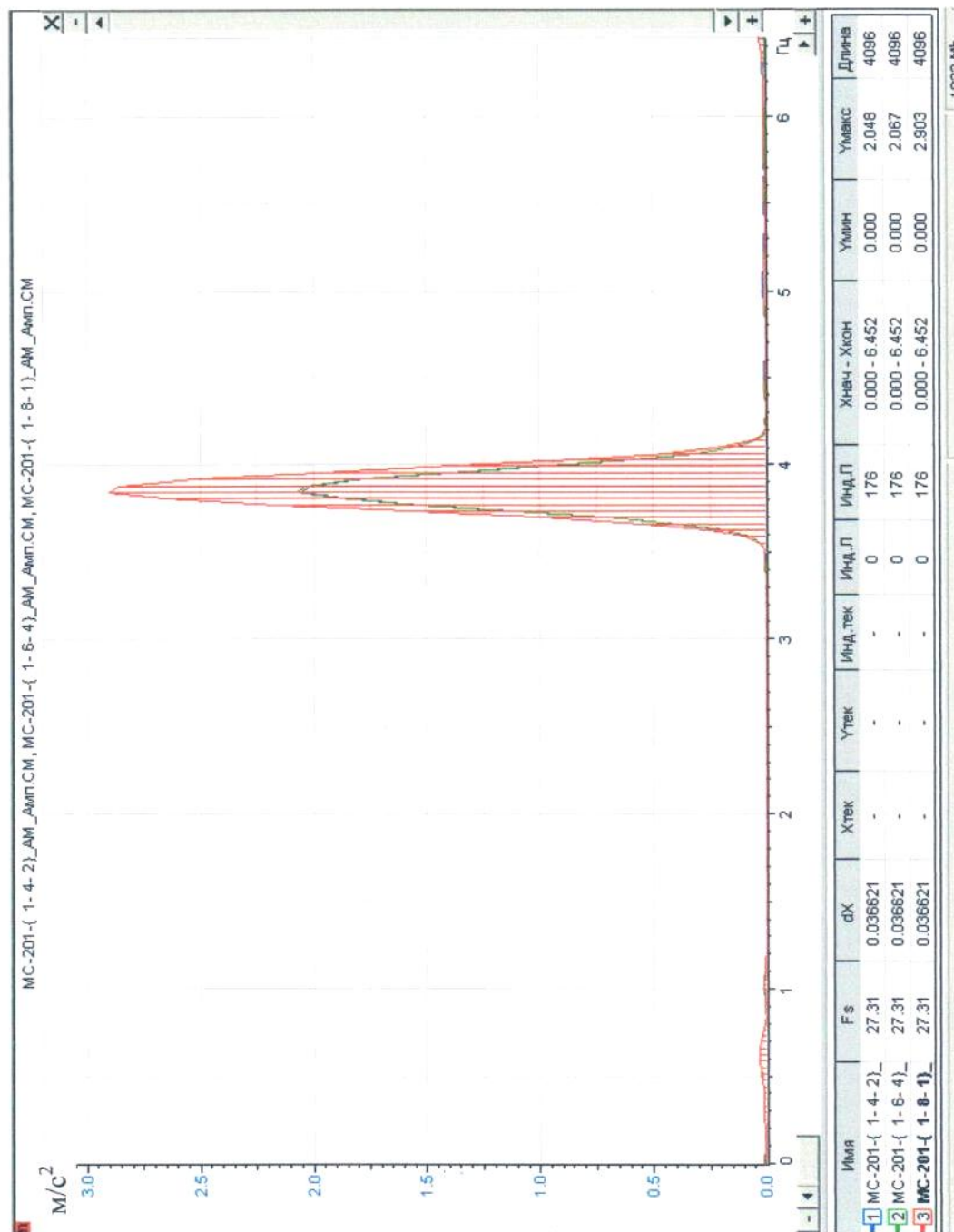


Рис. П-1-8. Спектры пиковых значений ускорений (m/s^2) для датчика 6 (синим цветом), датчика 12 (зеленым цветом) и датчика 13 (красным цветом) при 13-м режиме испытаний (частота $f=3.8$ Гц; амплитуда $A=3.6$ мм)

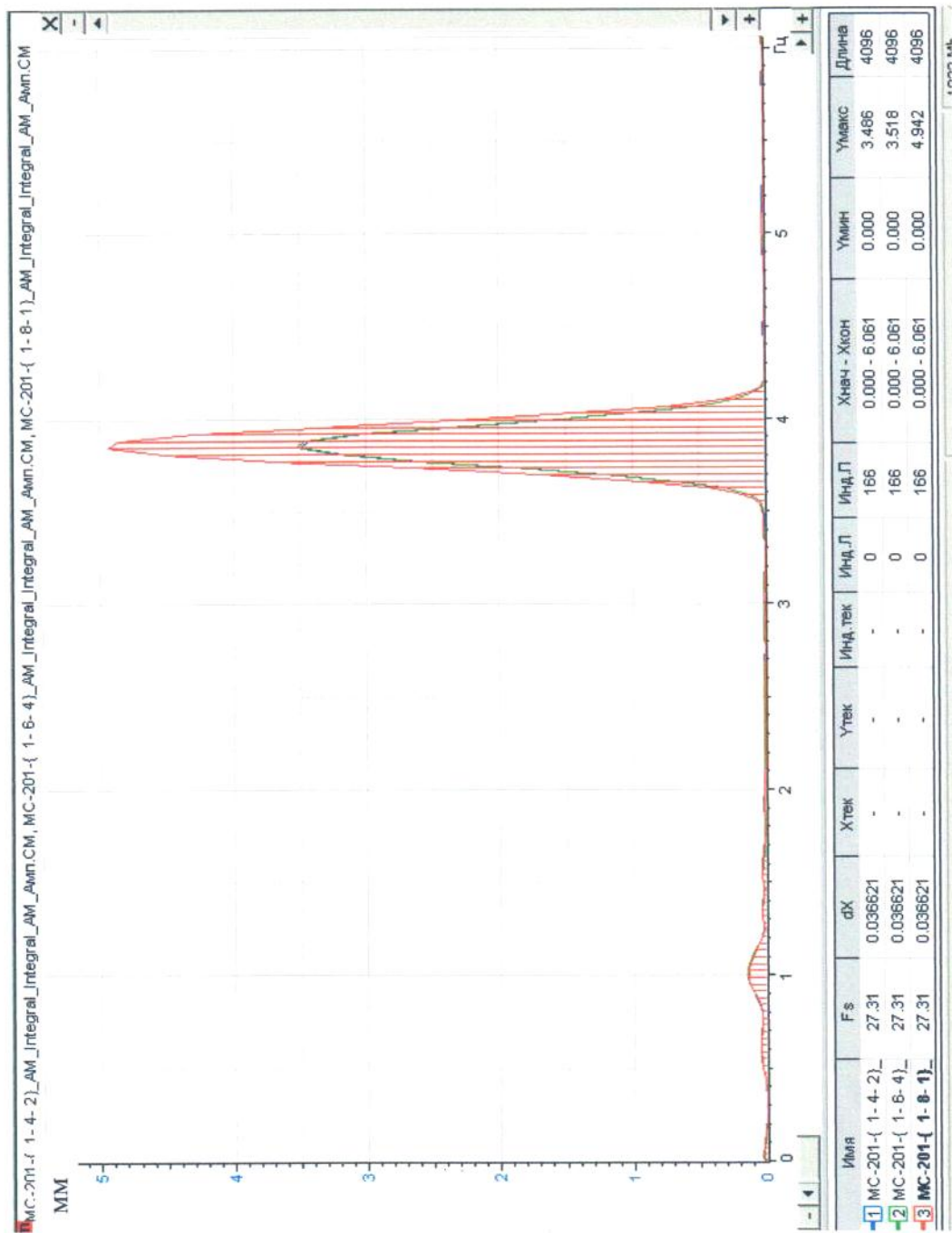


Рис. П-1-9. Спектры пиковых значений амплитуд (мм) для датчика 6 (синим цветом), датчика 12 (зеленым цветом) и датчика 13 (красным цветом) при 13-м режиме испытаний (частота $f=3.8$ Гц; амплитуда $A=3.6$ мм)

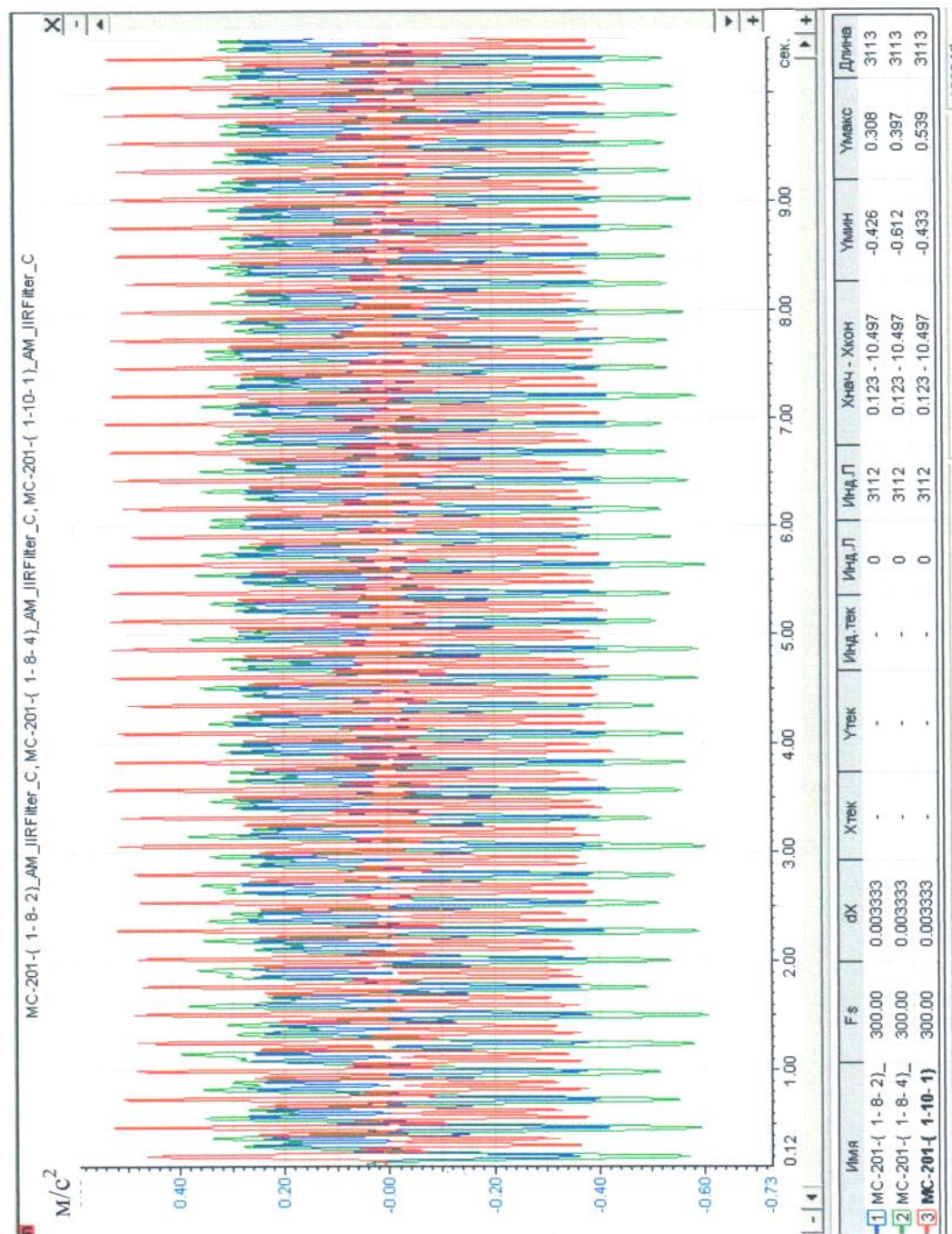


Рис. П-1-10. Акселерограммы (m/s^2), записанные с датчика 14 (синим цветом), датчика 16 (зеленым цветом) и датчика 17 (красным цветом) при 13-м режиме испытаний (частота $f=3.8$ Гц; амплитуда $A=3.6$ мм)

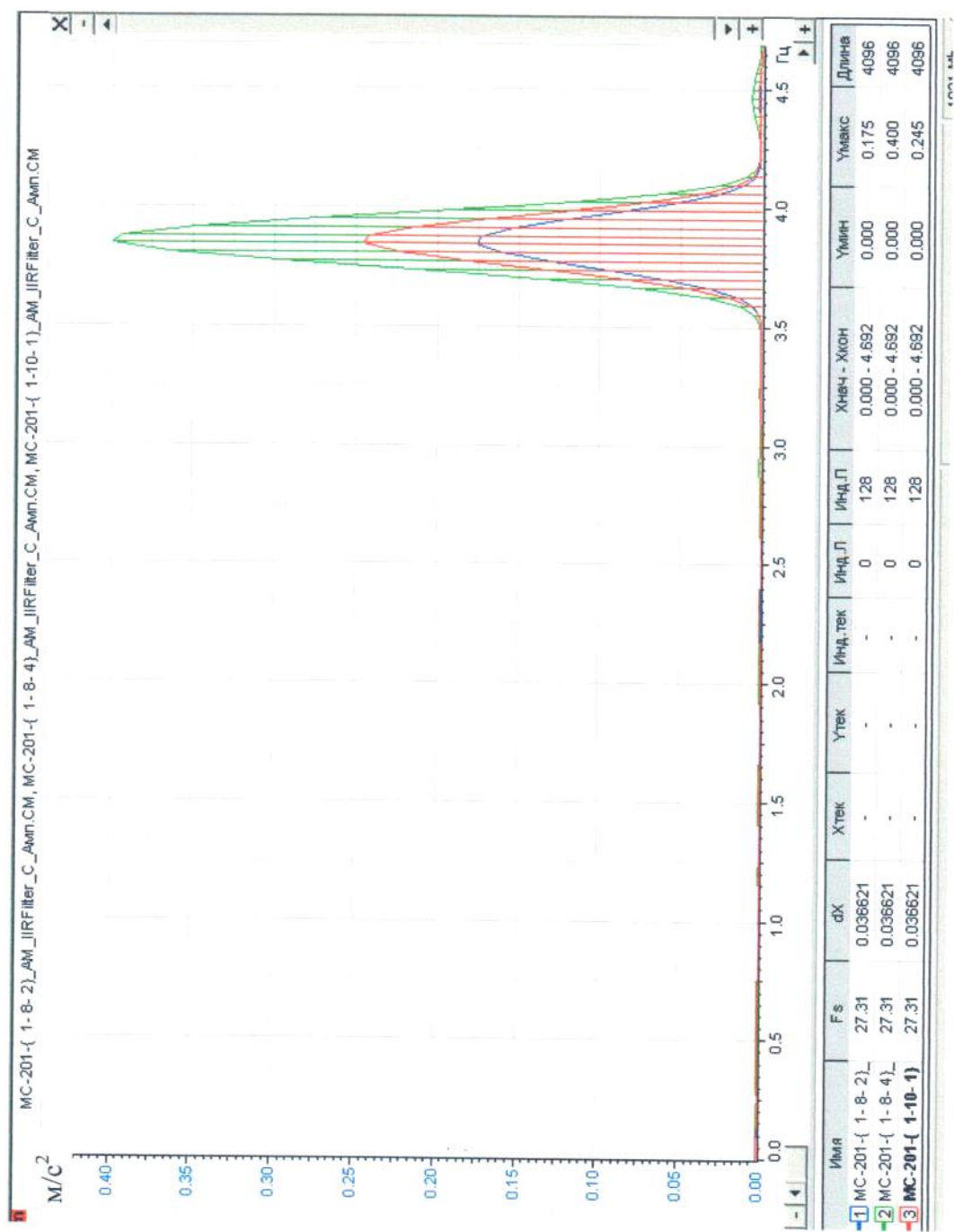


Рис. П-1-11. Спектры пиковых значений ускорений (m/s^2) для датчика 14 (синим цветом), датчика 16 (зеленым цветом) и датчика 17 (красным цветом) при 13-м режиме испытаний (частота $f=3.8$ Гц; амплитуда $A=3.6$ мм)

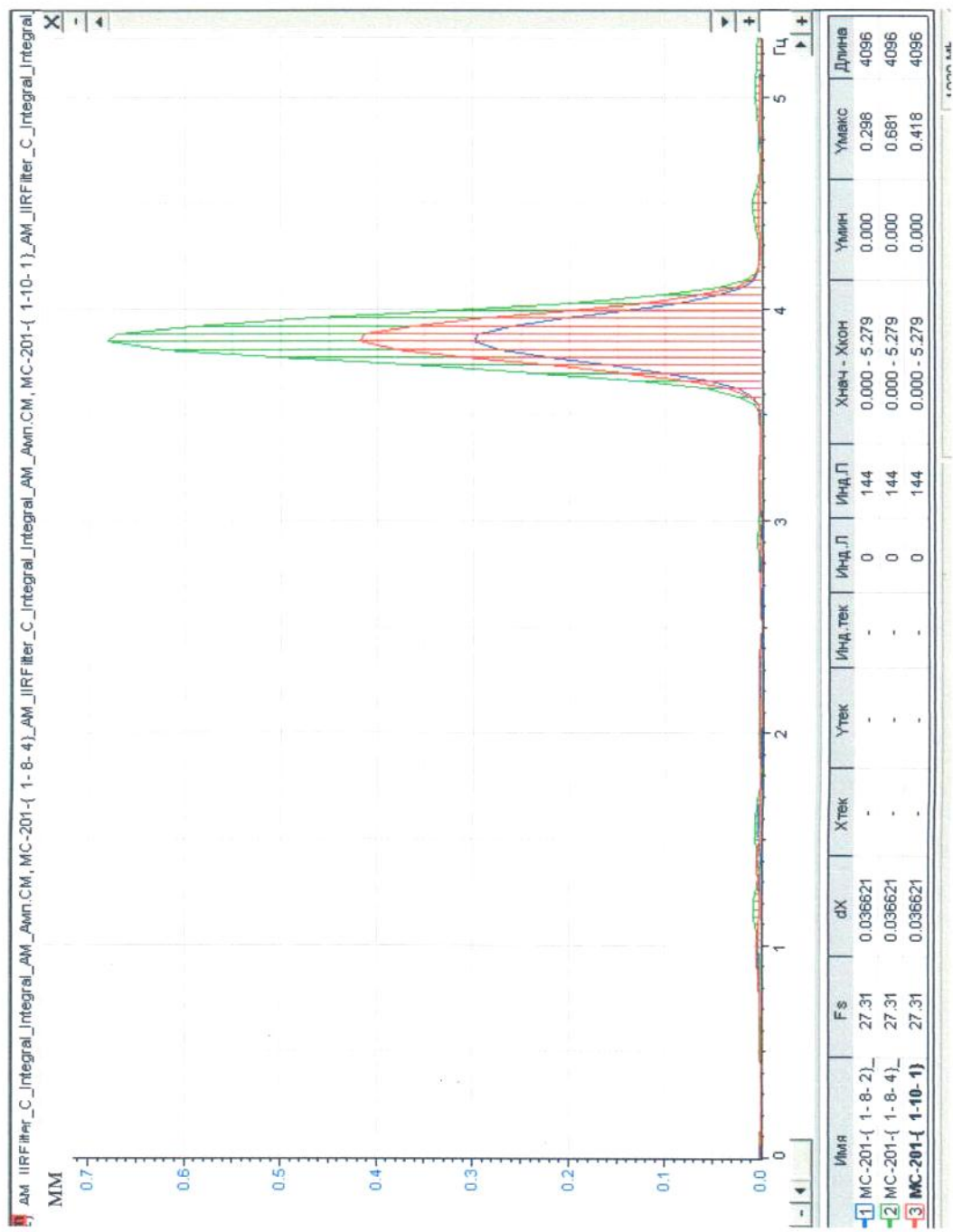


Рис. П-1-12. Спектры пиковых значений амплитуд (мм) для датчика 14 (синим цветом), датчика 16 (зеленым цветом) и датчика 17 (красным цветом) при 13-м режиме испытаний (частота $f=3.8$ Гц; амплитуда $A=3.6$ мм)

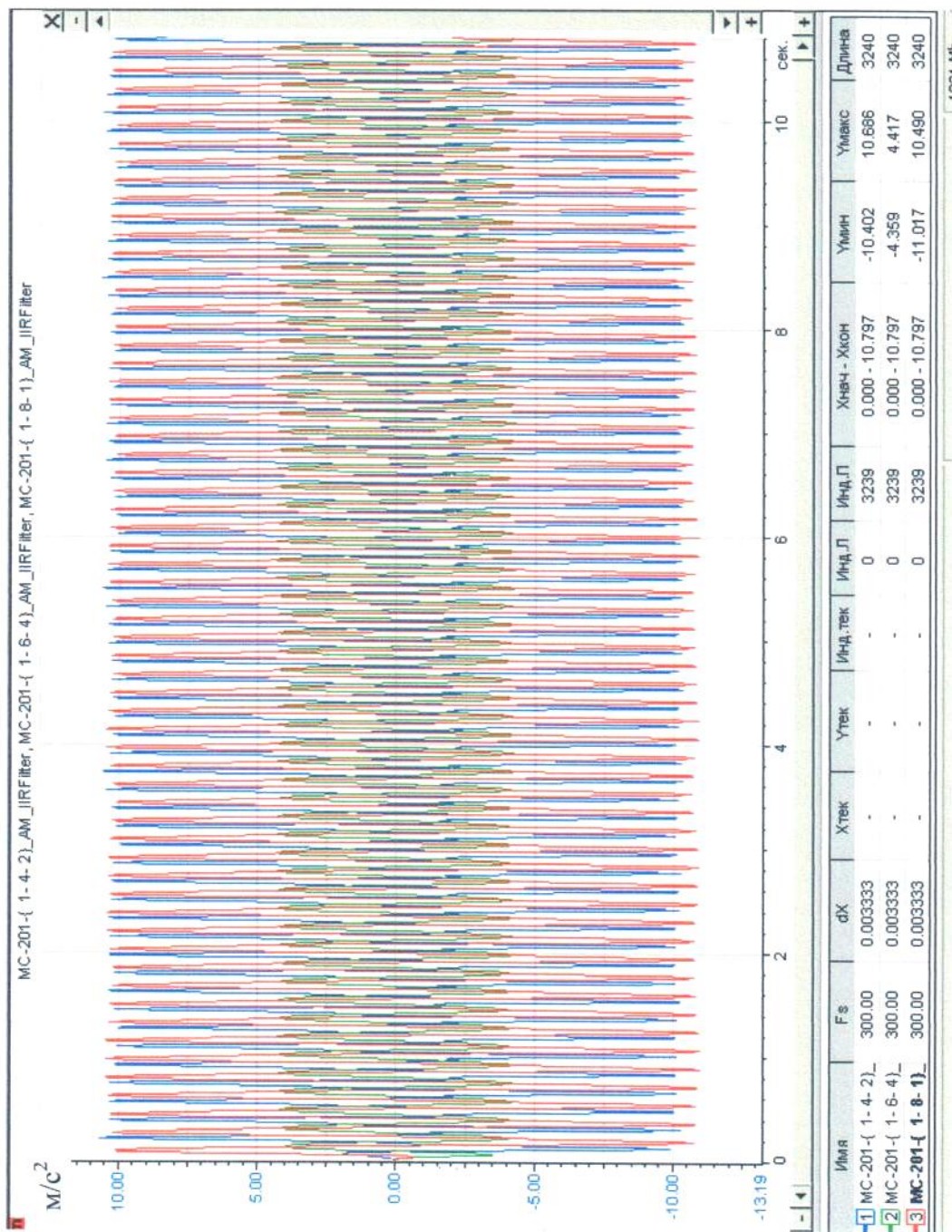


Рис. П-1-13. Акселерограммы (m/c^2), записанные с датчика 6 (синим цветом), датчика 12 (зеленым цветом) и датчика 13 (красным цветом) при 20-м режиме испытаний (частота $f=5.7$ Гц; амплитуда $A=3.4$ мм)

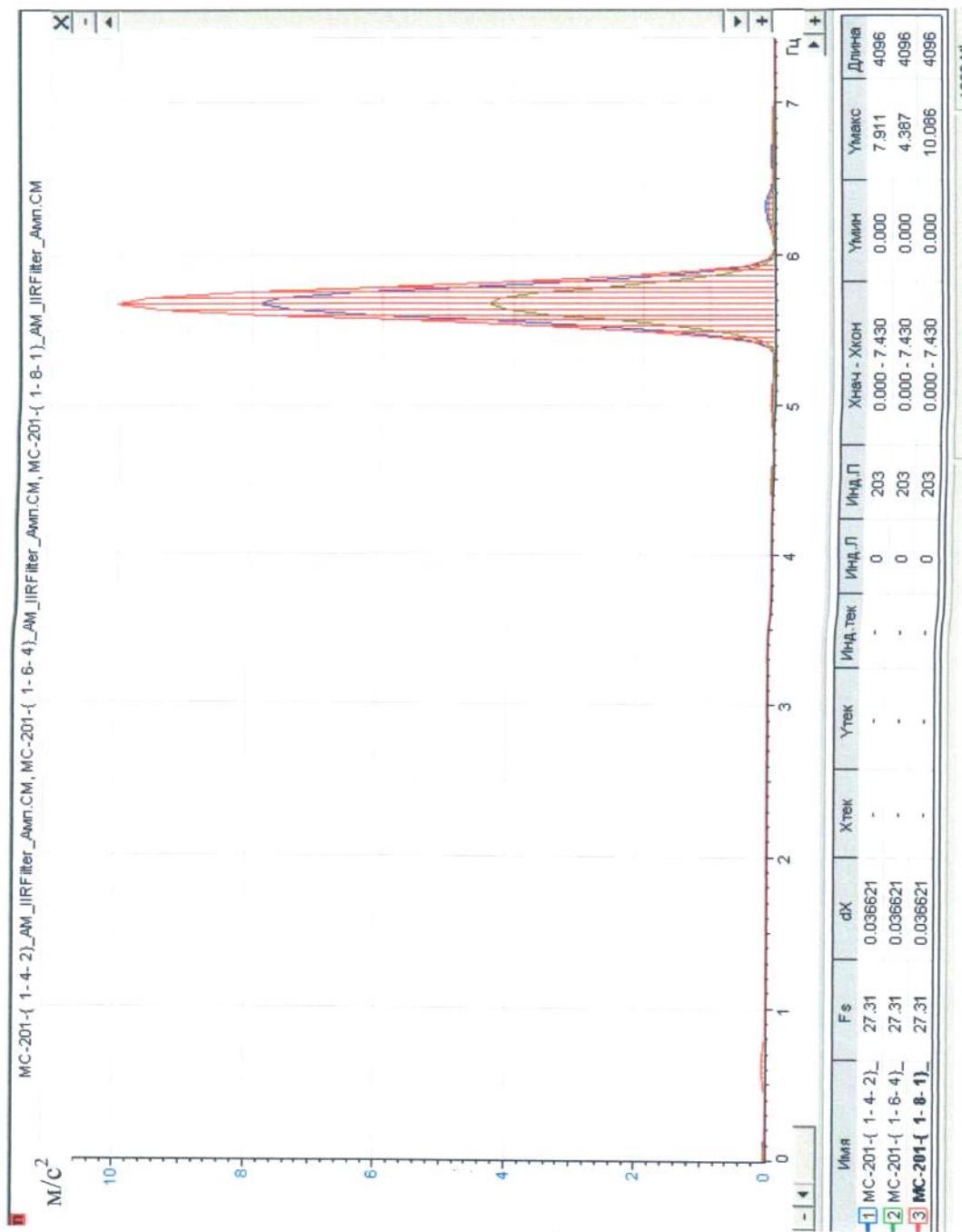


Рис. П-1-14. Спектры пиковых значений ускорений (м/с^2) для датчика 6 (синим цветом), датчика 12 (зеленым цветом) и датчика 13 (красным цветом) при 20-м режиме испытаний (частота $f=5.7$ Гц; амплитуда $A=3.4$ мм)

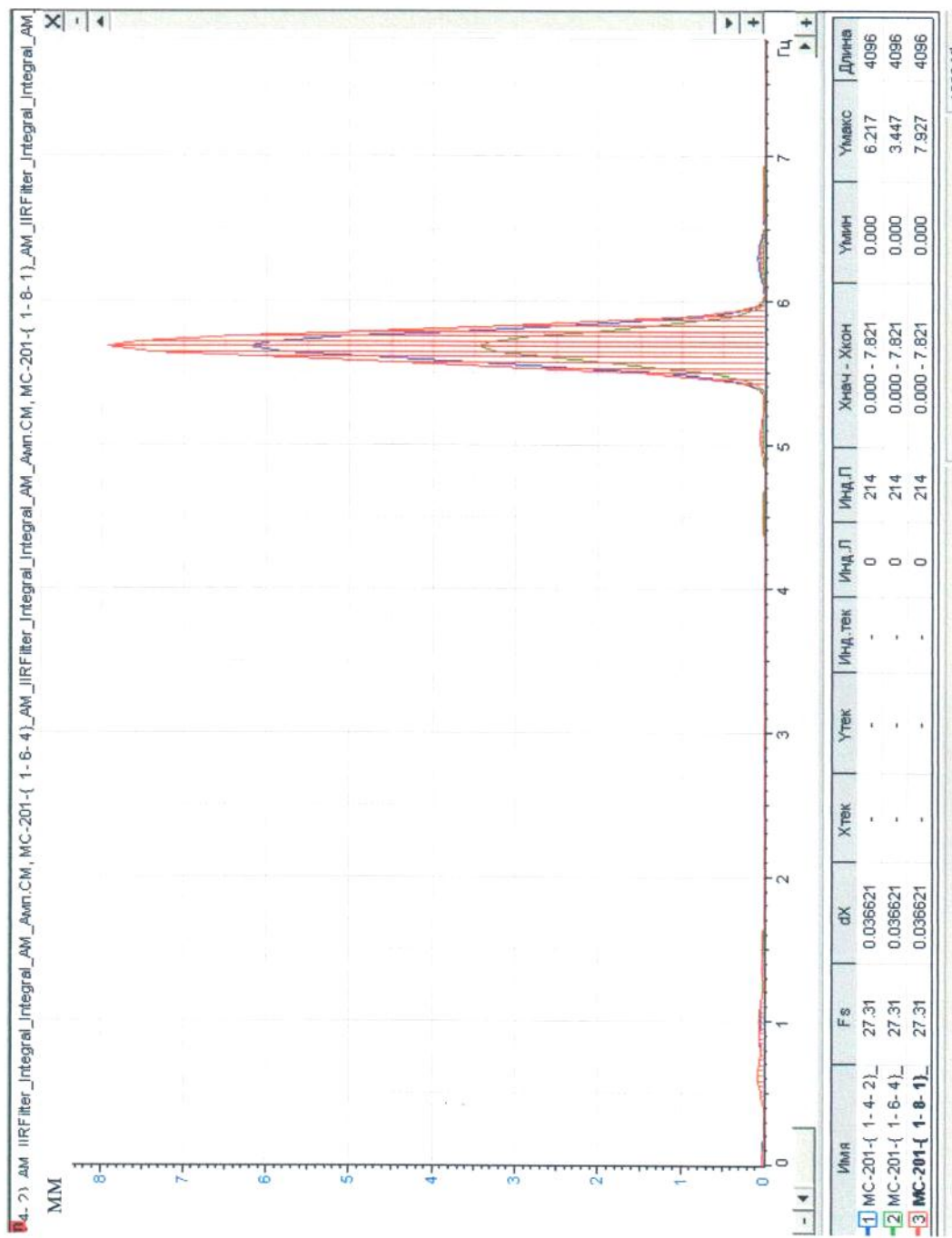


Рис. П-1-15. Спектры пиковых значений амплитуд (мм) для датчика 6 (синим цветом), датчика 12 (зеленым цветом) и датчика 13 (красным цветом) при 20-м режиме испытаний (частота $f=5.7$ Гц; амплитуда $A=3.4$ мм)

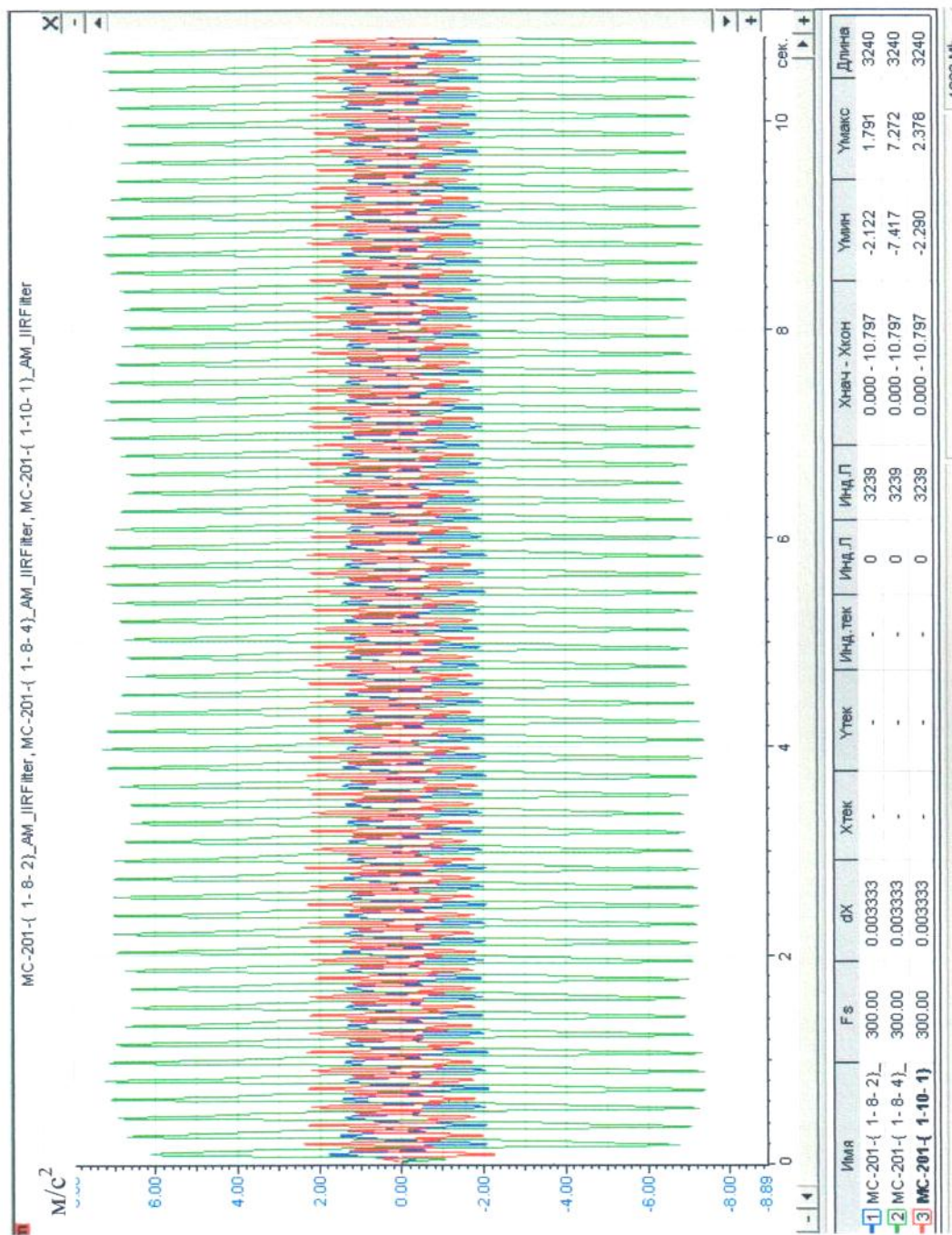


Рис. П-1-16. Акселерограммы (m/s^2), записанные с датчика 14 (синим цветом), датчика 16 (зеленым цветом) и датчика 17 (красным цветом) при 20-м режиме испытаний (частота $f=5.7$ Гц; амплитуда $A=3.4$ мм)

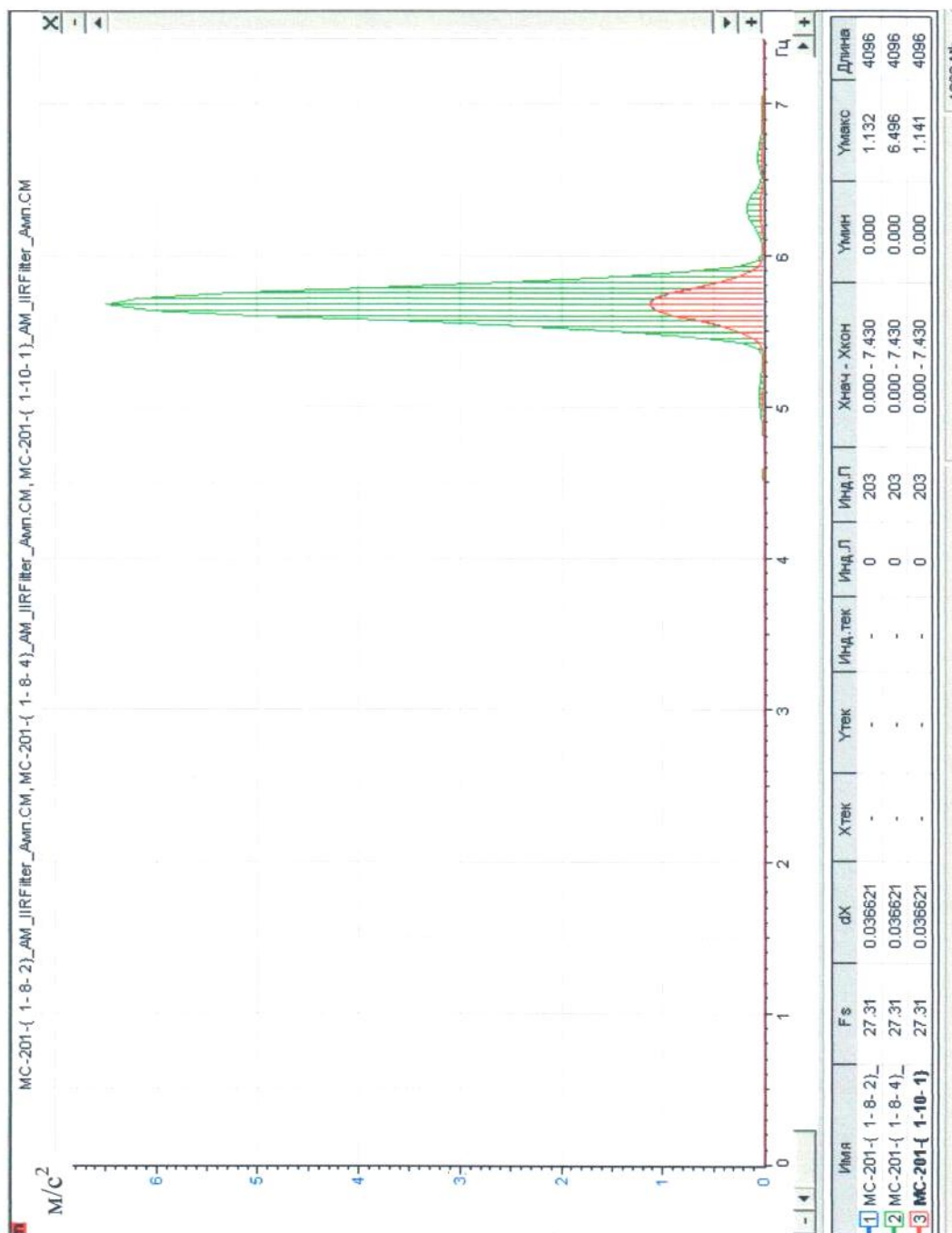


Рис. П-1-17. Спектры пиковых значений ускорений (m/s^2) для датчика 14 (синим цветом), датчика 16 (зеленым цветом) и датчика 17 (красным цветом) при 20-м режиме испытаний (частота $f=5.7$ Гц; амплитуда $A=3.4$ мм)

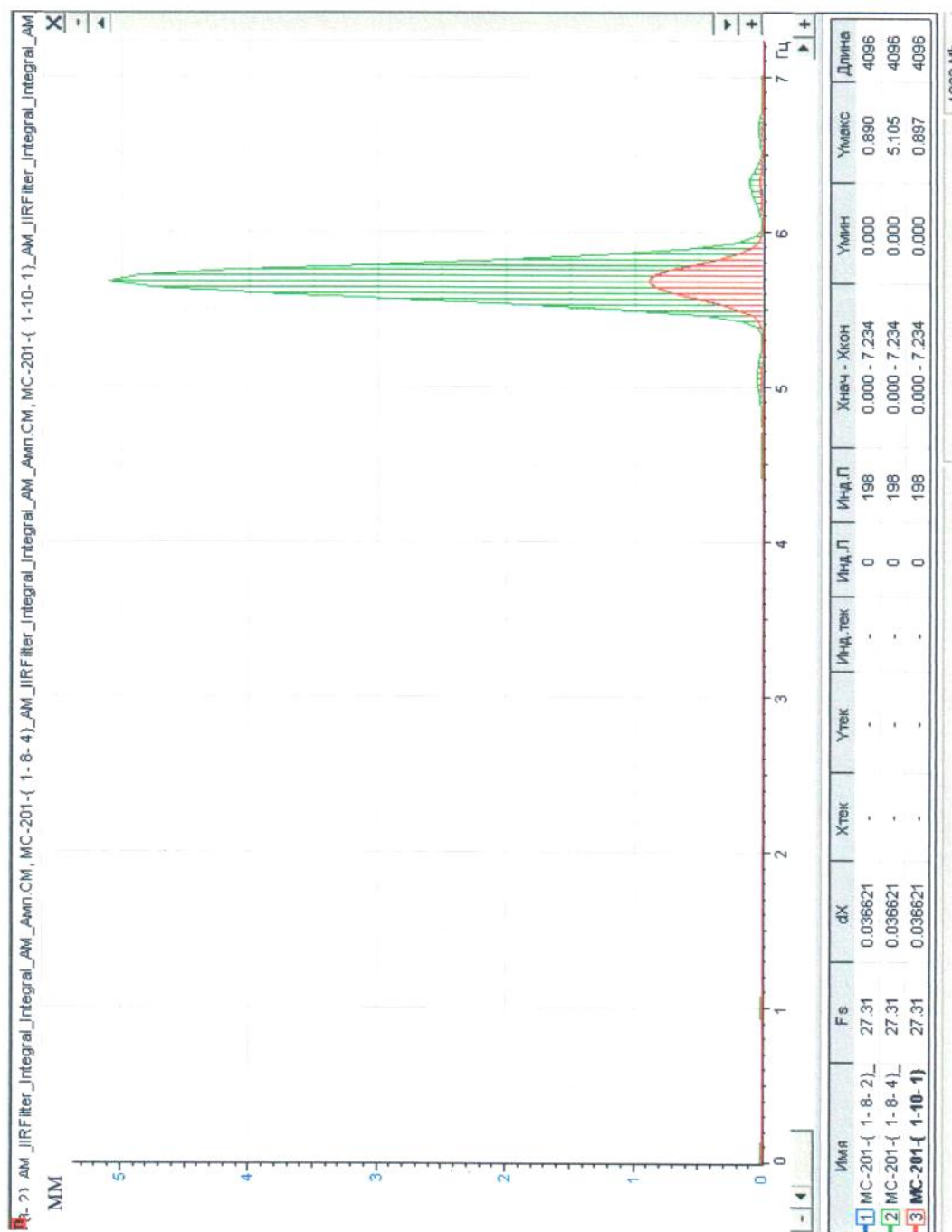


Рис. П-1-18. Спектры пиковых значений амплитуд (мм) для датчика 14 (синим цветом), датчика 16 (зеленым цветом) и датчика 17 (красным цветом) при 20-м режиме испытаний (частота $f=5.7$ Гц; амплитуда $A=3.4$ мм)