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

«___» _____ 2010г.

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

по теме: **«Провести динамические испытания полиэтиленовых колодцев фирмы ООО «Группа ПОЛИПЛАСТИК» на виброплатформе ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко с оценкой возможности их использования в районах РФ с сейсмичностью 7÷9 баллов»**

Договор № 832/24-44-10/ск от 31 мая 2010 г.

Руководитель ЦИСС
кандидат технических наук, В.И.Смирнов

Заведующий Лабораторией,
кандидат технических наук А.В.Грановский

Ст. научн. сотрудник З.И.Доттуев

Ст. научн. сотрудник Т.М.Хасанов

Москва 2010 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

стр.

1. ВВЕДЕНИЕ 3
2. ЗАДАЧИ ПРОВОДИМЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ. 4
3. КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ БЕЗНАПОРНОЙ СИСТЕМЫ ТРУБОПРОВОДОВ НА БАЗЕ ТРУБ «КОРСИС» И ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ КОЛОДЦЕВ ИЗГОТОВЛЕННЫХ НА ОСНОВЕ ДВУХСЛОЙНОЙ ПРОФИЛИРОВАННОЙ ТРУБЫ «КОРСИС». 6
4. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ БЕЗНАПОРНОЙ СИСТЕМЫ ТРУБОПРОВОДОВ НА БАЗЕ ТРУБ «КОРСИС» И ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ КОЛОДЦЕВ ИЗГОТОВЛЕННЫХ НА ОСНОВЕ ДВУХСЛОЙНОЙ ПРОФИЛИРОВАННОЙ ТРУБЫ «КОРСИС» 20
5. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ И РЕГИСТРАЦИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК 22
   5.1. Оборудование для создания динамических нагрузок. 22
   5.2. Средства измерения и регистрации динамических характеристик конструкций и воздействий на них. 23
6. РЕЗУЛЬТАТЫ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ БЕЗНАПОРНОЙ СИСТЕМЫ ТРУБОПРОВОДОВ НА БАЗЕ ТРУБ «КОРСИС» И ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ КОЛОДЦЕВ ИЗГОТОВЛЕННЫХ НА ОСНОВЕ ДВУХСЛОЙНОЙ ПРОФИЛИРОВАННОЙ ТРУБЫ «КОРСИС» И ИХ АНАЛИЗ 29
   6.1. Методика проведения испытаний 29
   6.2. Назначение параметров загружения. 30
   6.3. Условия проведения динамических испытаний 35
7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Выводы и рекомендации. 37
   СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 38
   Приложение 1. Результаты динамических испытаний трубопроводов 40
   Приложение 2. СВИДЕТЕЛЬСТВО (только в 1-м экз. отчета) 59
   Приложение 3. Видеосъемка испытания трубопроводов на сейсмические воздействия (только в 1-м экз. отчета) 60

1. ВВЕДЕНИЕ

Настоящий технический отчет составлен по результатам экспериментальных исследований сейсмостойкости безнапорной системы трубопроводов на базе труб «Корсис» и полиэтиленовых колодцев изготовленных на основе двухслойной профилированной трубы «Корсис» производимых предприятиями ООО «Группа ПОЛИПЛАСТИК».

Испытания полиэтиленовых колодцев, заполненных водой, проводились на специально разработанном в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко стенде.

Цель лабораторных испытаний **–** оценка пригодности и эксплуатационной надежности полиэтиленовых колодцев при использовании ее в сейсмических районах с балльностью 7÷9 баллов по шкале MSK-64 [1].

Отчет оформлен в соответствии с требованиями нормативных документов, технических регламентов и стандартов. При описании методики и результатов экспериментально-технических исследований сейсмостойкости безнапорной системы трубопроводов на базе труб «Корсис» и полиэтиленовых колодцев изготовленных на основе двухслойной профилированной трубы «Корсис» использовались термины и определения, содержащиеся в действующих стандартах и нормативах [2,3].

2. ЗАДАЧИ ПРОВОДИМЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

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

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

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

Оценка возможности применения безнапорной системы трубопроводов на базе труб «Корсис» и полиэтиленовых колодцев изготовленных на основе двухслойной профилированной трубы «Корсис» 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 «Корсис» и полиэтиленовых колодцев изготовленных на основе двухслойной профилированной трубы «Корсис» с их вибродиагностикой: испытания фрагментов трубопроводов на вибростенде.

2. Внесение в Стандарт предприятия или в Альбом технических решений ООО «Группа ПОЛИПЛАСТИК» и согласование с ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко ОАО «НИЦ «Строительство» изменений (если это потребуется по результатам испытаний) по конструктивному решению полиэтиленовых колодцев при строительстве в сейсмических районах РФ.

3. КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ БЕЗНАПОРНОЙ СИСТЕМЫ ТРУБОПРОВОДОВ НА БАЗЕ ТРУБ «КОРСИС» И ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ КОЛОДЦЕВ ИЗГОТОВЛЕННЫХ НА ОСНОВЕ ДВУХСЛОЙНОЙ ПРОФИЛИРОВАННОЙ ТРУБЫ «КОРСИС»

Трубы с двухслойной профилированной стенкой из полиэтилена - КОРСИС изготавливаются методом экструзии и имеют гладкий внутренний и наружный профилированный слой в виде гофра. Трубы предназначены для строительства подземных сетей водоотведения (безнапорной и ливневой канализации, водостоков), дренажа *и* других целей.

Конструкция трубы приведена на рисунке 3.1. Размеры труб, в том числе для различных классов номинальной кольцевой жесткости, приведены в таблице 3.1, основные технические характеристики полиэтилена приведены в таблице 3.2.

Трубы изготовляют двух видов: труба без раструба; труба с приваренным раструбом под соединение *с* уплотнительным кольцом из эластомера.

Трубы изготовляют в прямых отрезках длиной 6 и 12м, предельное отклонение длины от номинальной не более 1%. Допускается по согласованию с потребителем изготовление труб другой длины и других предельных отклонений.

Колодцы из полиэтилена применяются в сетях хозяйственно-бытовой; ливневой и общесплавной канализации, а также в технологических каналах (в промышленности); при условии устойчивости материала к транспортируемой рабочей жидкости; служат для доступа к сточным каналам; измерительной и запорно-регулировочной арматуре. Помимо этого они используются в качестве колодцев-ревизий, дожде приемных и дренажных колодцев.

Таблица 3.1- Размеры труб КОРСИС и для различных классов номинальной кольцевой жесткости SN (мм)

Ном. размер трубопровода/ внутренний диаметр (DN/OD)/d_i	Средний наружный диаметр d_{em}		Внутр. диаметр d_i*	Высота гофра e_2		Толщина стенки гофра e_3, не менее для номинальной кольцевой жесткости			Толщина стенки внутреннего слоя e_5, не менее			Толщина стенки e_4, не менее	Шаг гофра t*	Ширина выступа гофра
	Ном. наружный диаметр d_n	Пред. откл.		Ном.	Пред. откл.	SN 4	SN 6 (ПЭ) SN 12 (ПП)	SN 8 (ПЭ) SN 16 (ПП)	SN 4	SN 6 (ПЭ) SN 12 (ПП)	SN 8 (ПЭ) SN 16 (ПП)			t'*
110/91	110	±0,6	91	8,7	±0,8	0,4	0,45	0,5	0,3	0,55	0,8	1,0	12,6	8,6
125/107	125	±0,7	107	9,0	±0,9	0,4	0,5	0,6	0,5	0,65	0,8	1,0	12,6	8,6
160/139	160	±0,8	139	10,0	±1,0	0,4	0,55	0,7	0,6	0,7	0,8	1,0	12,6	9
200/176	200	±1,0	176	13,0	±1,0	0,5	0,6	0,7	1,1			1,4	16,5	12
250/216	250	±1,2	216	15,0	±1,5	0,5	0,65	0,8	1,4			1,7	37	23
315/271	315	±1,4	271	21,0	±1,5	0,6	0,9	1,2	1,6			1,9	42	27
400/343	400	±1,8	343	26,0	±1,5	0,8	1,15	1,5	2,0			2,3	49	30
500/427	500	±2,0	427	33,0	±1,5	1,0	1,3	1,6	2,8			2,8	58	38
630/535	630	±2,4	535	45,0	±2,0	1,0	1,3	1,6	3,3			3,3	75	47
800/678	800	$^{+2,0}_{-4,0}$	678	55,0	±2,0	1,4	1,85	2,3	4,1			4,1	89	56
1000/851	1000	$^{+2,4}_{-4,8}$	851	71,0	±2,0	1,5	1,95	2,4	5,0			5,0	98	60
1200/1030	1200	$^{+2,8}_{-5,6}$	1030	79,0	±2,0	1,7	2,15	2,6	5,0			5,0	110	80

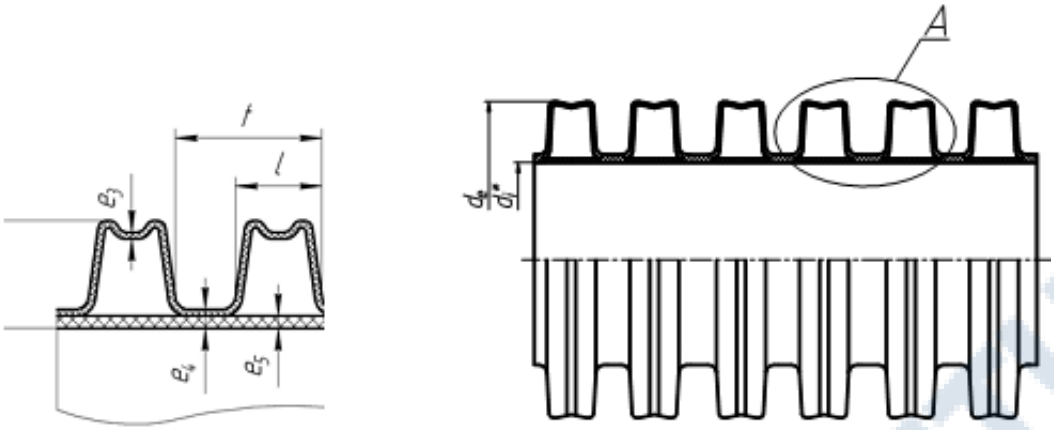


Рис. 3.1. Конструкция труб из пластмассы с двухслойной профилированной стенкой КОРСИС.

Таблица 3.2.

п/п	Наименование показателя	Размерность	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

Колодцы изготавливаются из специальной марки полиэтилена высокой плотности со следующими свойствами.

• Плотность; не менее 950 кгЛг

• Индекс расплава; не более 1,6 г/10 мин

• Термостабильность при 200 °С, не менее 20 мин

• Массовая доля технического углерода (сажи) 2,0-2,5 %

• Предел текучести при растяжении; не менее 20 МПа

• Относительное удлинение при разрыве, не менее 600 %

• Модуль упругости; не менее 800 МПа

• Температура хрупкости; не выше <-70 °С

• Коэффициент теплового расширения, не более $2\text{-}10^{-4}$ 1/°С

• Температура монтажа -50…+50°С

• Глубина заложения; не более 6м

• Температура транспортируемой жидкости; не более + 60°С.

Колодцы из, полиэтилена классифицируются по следующим признакам.

1. По возможности доступа человека:
   - Обслуживаемые. 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), диаметром рабочей части шахты менее 1 м, предназначенные для проведения эксплуатационных работ с поверхности.
2. По выполняемым функциям:
   - Смотровые. применяющиеся в общесплавной, хозяйственно-бытовой и ливневой канализации для выполнения эксплуатационных работ;
   - Ливневые, предназначенные для приема дождевых вод;
   - Перепадные, позволяющие подключать трубопроводы на различных уровнях.
3. По конструкции.

- Сборные, состоящие из питой горловины; литой лотковой части и рабочей камеры; изготовленной из полиэтиленовой двухслойной гофрированной трубы;
- Сварные (монолитные), состоящие рабочей камеры, изготовленной из. полиэтиленовой гофрированной трубы, и приваренных к ней патрубков

Сварные; в свою очередь; изготавливаются двух типов'

- Лотковые -для хозяйственно-бытовой канализации;
- Безлотковые - для приема дренажных вод.

Основные размеры колодцев представлены в таблицах 3.3 и 3.4.

Таблица 3.3

Номинальный наружный диаметр отводного патрубка, мм	Длина свободной части отводного патрубка I-, мм не менее
110.	125
125	125
160	125
200	165
315	210
400	210
500	230
630	295
800	295

Таблица 3.4

Наружный диаметр шахты 0, мм	Высота шахты Н, м	max диаметры патрубков, мм
315	0.-6)М),025	160
400	(Т ..6^0,025	200
500	(1 ..6)^0,025	250
630	(1..6)±0,025	400
800	<1..б)*0,030	500
1000	(1..61±0.035	600
1200	(1..б)±0,040	800

Для проведения динамических испытаний Заказчиком (ООО «Группа ПОЛИПЛАСТИК») были предоставлены сварные безлотковые одноуровневые полиэтиленовые колодцы диаметром 630 и 1200мм (рис. 3.2, 3.3), трубы КОРСИС диаметром 315 и 500мм и соединительные муфты. К колодцам были приварены по два патрубка диаметром 315мм (колодец диаметром 630мм) и 500мм (колодец диаметром 1200мм). Для испытания полиэтиленовых колодцев были смонтированы два фрагмента, представляющие собой колодцы с трубопроводами (рис. 3.4). К патрубкам колодцев с помощью муфт с уплотнительным кольцом соединялись трубы с заглушками. Уплотнительное резиновое кольцо устанавливается в паз первого гофра трубы или патрубка, затем производится установка муфты. При испытаниях системы трубопроводов были заполнены водой.

На рис. 3.5–3.8 представлены основные элементы и узлы испытываемого фрагмента.

Элементы трубопровода и их геометрические параметры приняты в соответствии с существующей технической документацией:

1. «Технические рекомендации по проектированию и строительству подземных трубопроводных систем безнапорной хозяйственно-бытовой и дождевой канализации с применением колодцев из полиэтилена». ТР 102-08. Москва 2008.
2. «Методические рекомендации по проектированию и строительству безнапорных канализационных сетей, водостоков, дренажей и кабельной канализации дорог и аэродромов с применением пластмассовых профилированных труб КОРСИС, КОРСИС ПРО, КОРСИС ПЛЮС, ПЕРФОКОР ЭЛЕКТРОКОР». Балашиха 2009.
3. ТУ 2248-001-73011750-2005 «Трубы из полиэтилена с двухслойной профилированной стенкой для безнапорных трубопроводов «Корсис».

4. ТУ 2248-005-73011750-2008 «Трубы из полиэтилена «Корсис Плюс» для водоотведения и канализации».
5. ТУ 2291-011-59355492-2010 «Колодцы из полиэтилена сварные для безнапорных трубопроводов» и др.

а)

б)

Рис. 3.2.

а) б)

Рис. 3.3.

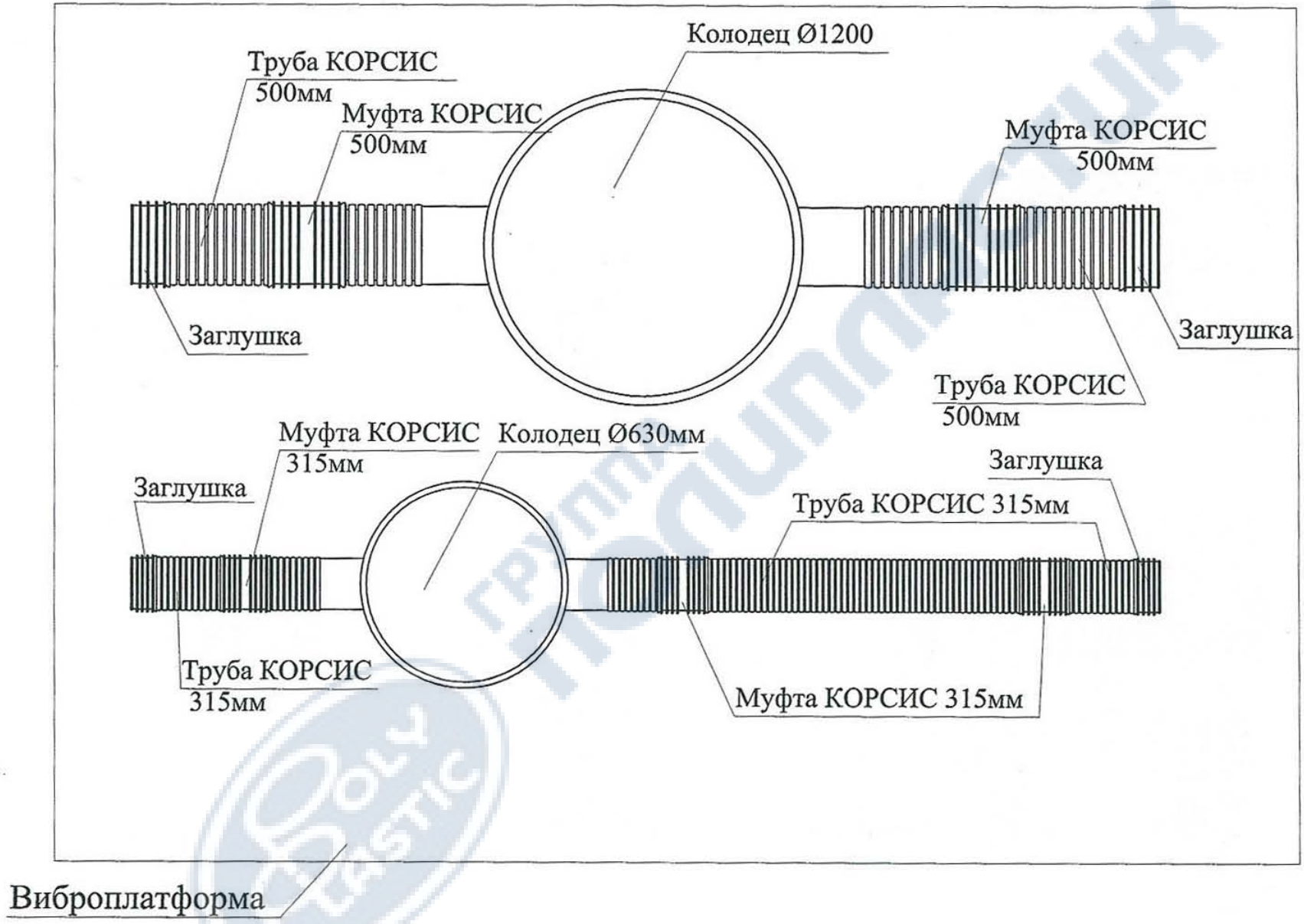

Колодец Ø1200
Труба КОРСИС
500мм
Муфта КОРСИС
500мм
Муфта КОРСИС
500мм
Заглушка
Заглушка
Труба КОРСИС
500мм
Муфта КОРСИС
315мм
Колодец Ø630мм
Заглушка
Заглушка
Труба КОРСИС 315мм
Труба КОРСИС
315мм
Муфта КОРСИС 315мм
Виброплатформа

Рис. 3.4.

а)

б)

Рис. 3.5.

а)

б)

Рис. 3.6.

а)

б)

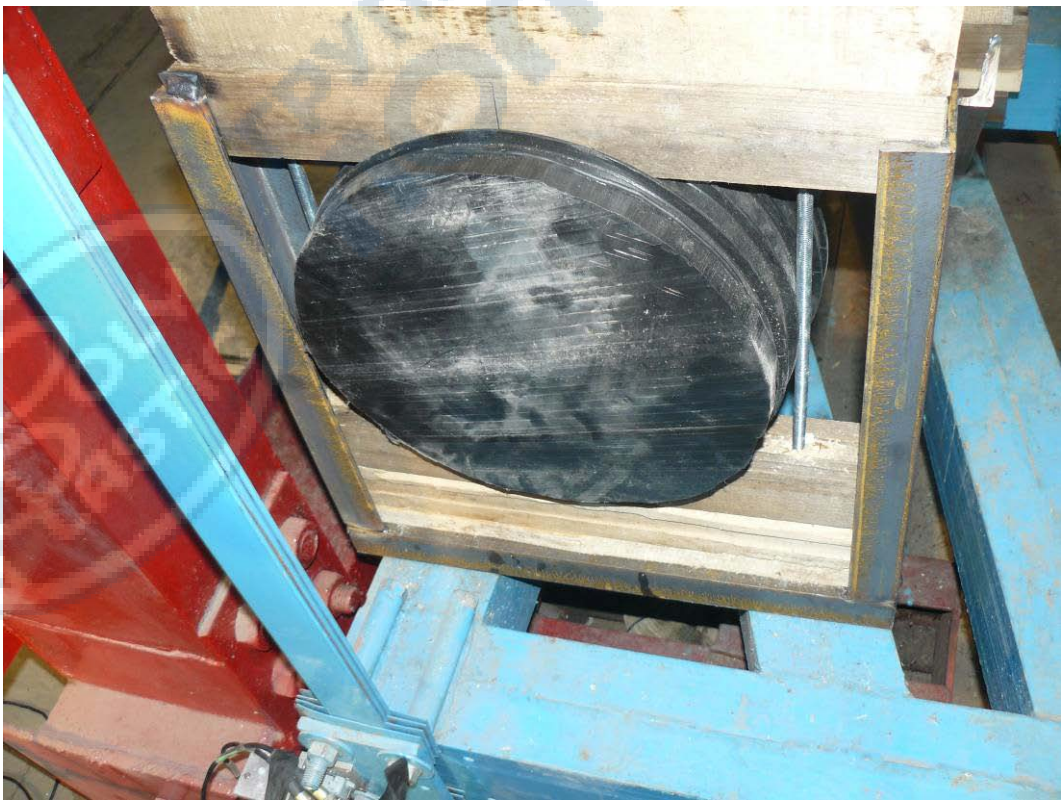


Рис. 3.7.

а)

б)

Рис. 3.8.

4. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ БЕЗНАПОРНОЙ СИСТЕМЫ ТРУБОПРОВОДОВ НА БАЗЕ ТРУБ «КОРСИС» И ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ КОЛОДЦЕВ ИЗГОТОВЛЕННЫХ НА ОСНОВЕ ДВУХСЛОЙНОЙ ПРОФИЛИРОВАННОЙ ТРУБЫ «КОРСИС»

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 натурного 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 под руководством д.т.н. А.М. Курзанова 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 безнапорной системы трубопроводов на базе труб «Корсис» и полиэтиленовых колодцев изготовленных на основе двухслойной профилированной трубы «Корсис» 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.

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

5.1. 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) силовых связях к опорной силовой раме. Рама жестко защемлена в силовой пол лабораторного корпуса. Активация платформы осуществляется вибромашиной ВИД-12М, установленной на консоли маятниковой платформы (см. фото на рис. 5.1).

Вибромашина ВИД-12М позволяет обеспечить необходимые параметры динамических воздействий на исследуемые образцы в широком диапазоне частот и инерционных нагрузок путем возбуждения механических колебаний платформы в горизонтальной плоскости. На фото рис. 3.1 показан общий вид виброплатформы с установленными на ней образцами.

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

Основные технические данные машины ВИД-12 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 исходя веса вибромашины при любой скорости вращения инерционная сила ограничена величиной 12 т.

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

Регистрация и измерение сигналов проводились при помощи специализированного измерительно-вычислительного комплекса MIC - 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 MIC – 036 дополнительно укомплектован ноутбуком со специализированным пакетом прикладных программ и периферийных устройств, необходимых для автоматизированного процесса обработки сигналов, а также для документирования результатов обработки (рис. 5.2, а).

Для измерения ускорений, частот колебаний, а также динамических перемещений применяются однокомпонентные датчики – акселерометры АТ 1105 – 10м (рис. 5.2, б).

Характеристики датчиков (акселерометров) представлены в таблице 5.2.

Основные технические данные акселерометра АТ 1105 – 10м

Таблица 5.2.

№ №	Наименование параметра	Значение
1	Электропитание от источника постоянного тока относительно средней точки, В	±12 ±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, ^{0}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. Схема расстановки датчиков, установленных на трубопроводы, показана на рис. 5.3.

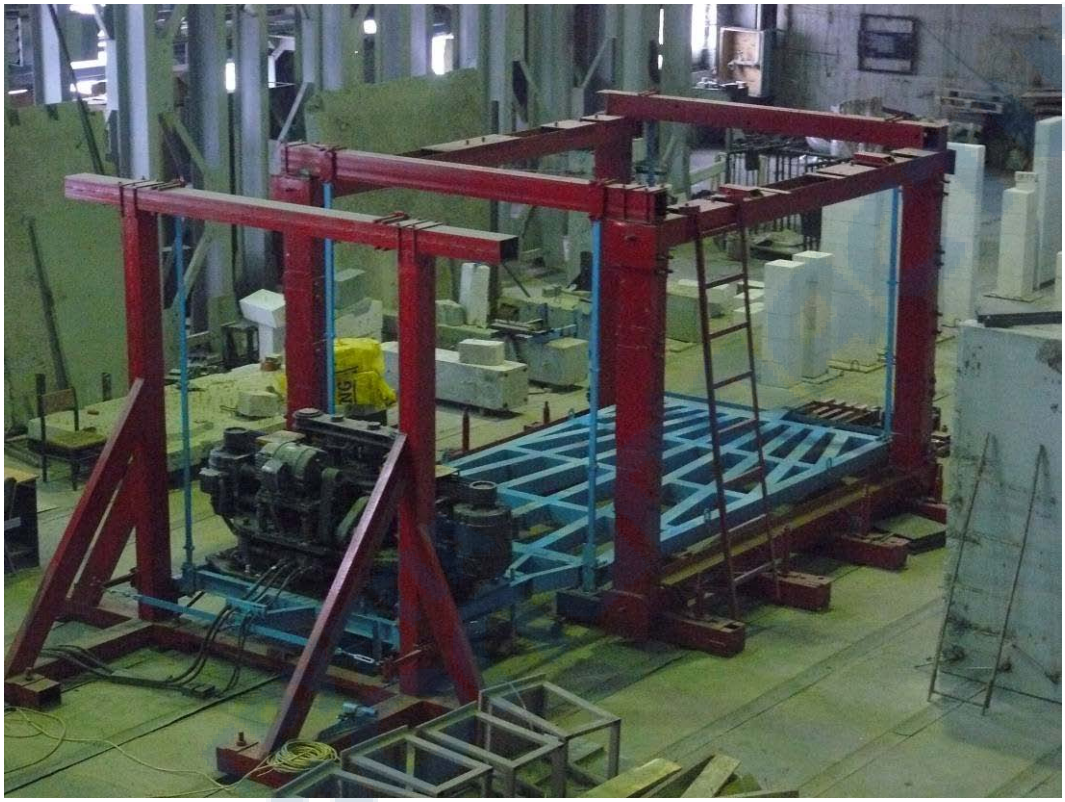
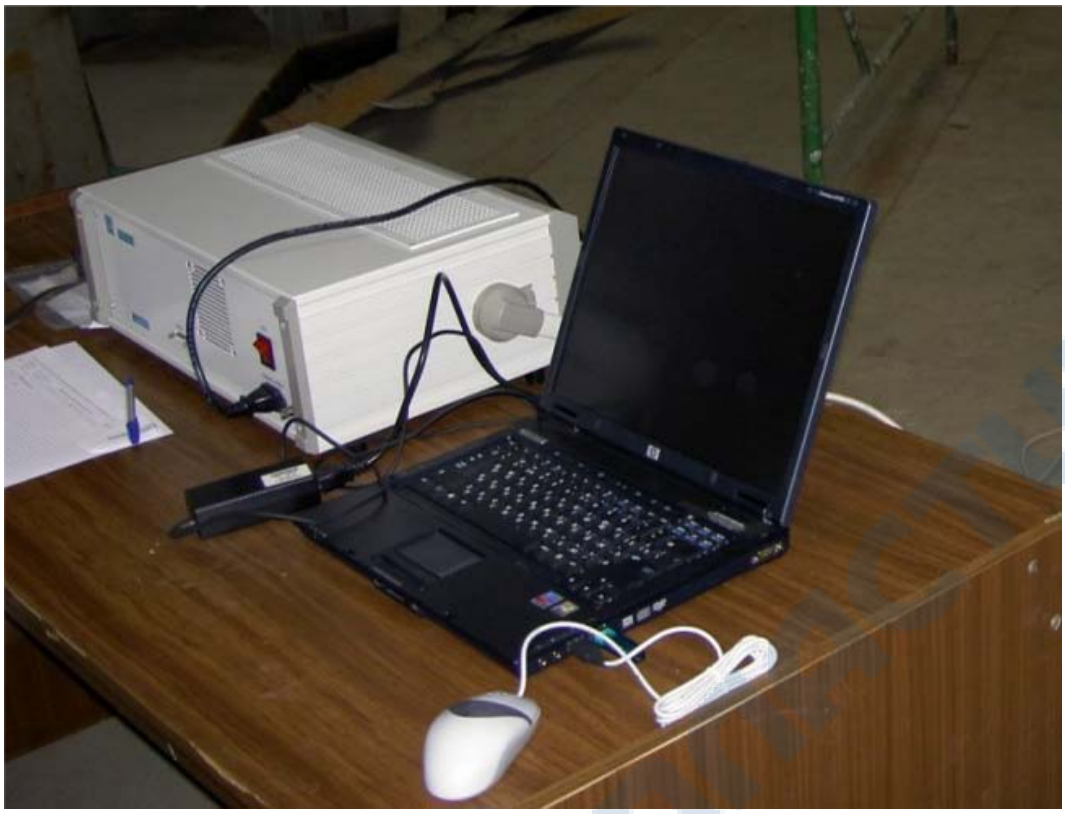


Рис. 5.1

а)



б)

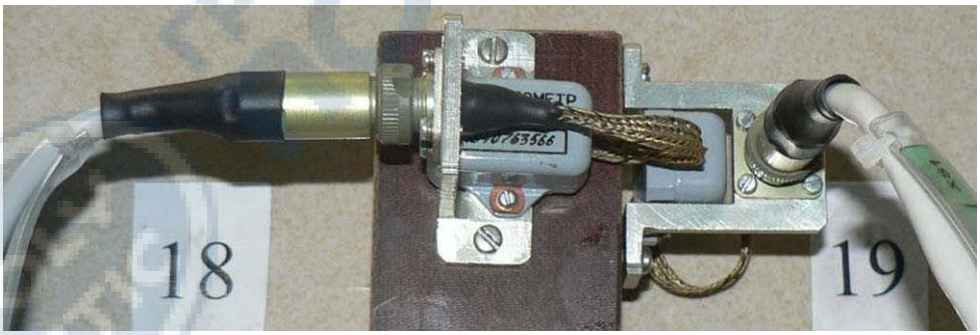


Рис. 5.2

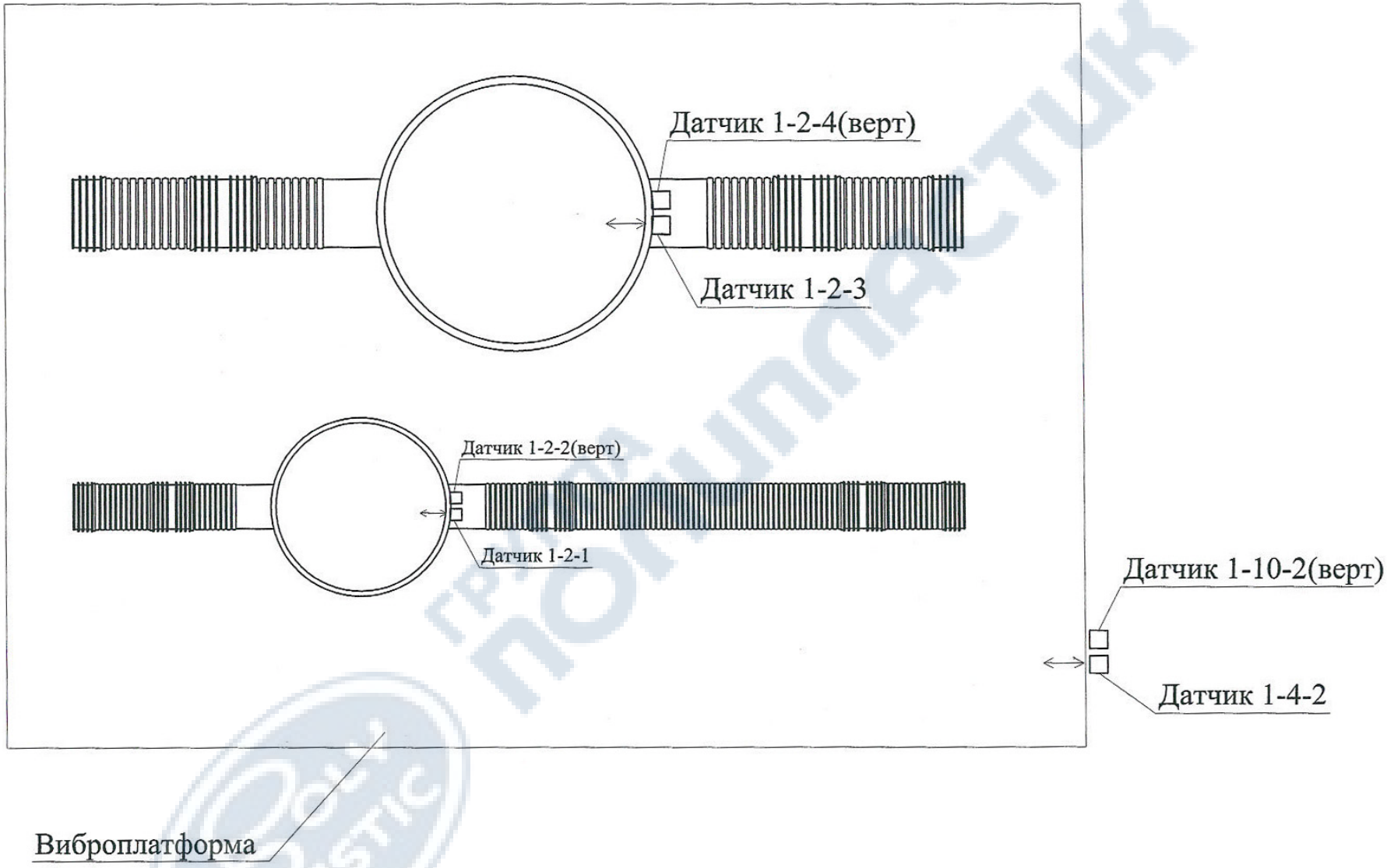

Датчик 1-2-4(верт)
Датчик 1-2-3
Датчик 1-2-2(верт)
Датчик 1-2-1
Датчик 1-10-2(верт)
Датчик 1-4-2
Виброплатформа

Рис. 5.3

6. РЕЗУЛЬТАТЫ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ БЕЗНАПОРНОЙ СИСТЕМЫ ТРУБОПРОВОДОВ НА БАЗЕ ТРУБ «КОРСИС» И ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ КОЛОДЦЕВ ИЗГОТОВЛЕННЫХ НА ОСНОВЕ ДВУХСЛОЙНОЙ ПРОФИЛИРОВАННОЙ ТРУБЫ «КОРСИС» И ИХ АНАЛИЗ

6.1. 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, расположенные с шагом 30÷40см по длине трубопровода. Принятое опирание предоставляет более жесткие условия эксплуатации трубопровода при сейсмических воздействиях по сравнению с трубопроводом, уложенном на постель из грунтового основания.

6.2. Назначение параметров загружения

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÷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→ 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. Беченевой 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 загружения приведены в таблице 6.1 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. 6.1 значения по цветовой гамме соответствуют зонам сейсмичности, указанным на карте сейсмического районирования территории РФ (рис. 6.1). В таблицах 6.2÷6.7 приведены результаты обработки показаний акселерометров, установленных непосредственно на платформе и колодцах (рис. 5.3).

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

Параметры динамического нагружения платформы

Таблица 6.1.

№ режима	Частота ***f*** *(Гц)*	Амплитуда ***A*** *(мм)*	Ускорение ***a*** *(м/с^2)*	балльность
1	10.3	2.1	8.59	10.1
2	11.7	2.3	12.17	10.6
3	13.8	2.2	16.80	11.1
4	7.8	4.3	10.27	10.4
5	7.7	2	4.68	9.2
6	7.7	3.8	8.86	10.1
7	3.9	4.7	2.80	8.5
8	5.1	4.1	4.20	9.1
9	5.7	3.3	4.24	9.1
10	6.3	5.1	7.91	10.0
11	2.7	9.1	2.62	8.4
12	3	9.4	3.32	8.7
13	3.6	8.9	4.57	9.2
14	4	9	5.71	9.5
15	1.8	14.8	1.89	7.9
16	2.6	14.2	3.79	8.9
17	3	13.9	4.95	9.3
18	3.8	13.6	7.76	10.0
19	2.2	19.1	3.65	8.9
20	2.6	18.8	5.00	9.3
21	3.1	18.6	7.06	9.8
22	1.8	26.8	3.43	8.8
23	2.5	24.1	5.95	9.6
24	2.6	24.3	6.47	9.7
25	1.9	29	4.13	9.0
26	2.4	28.3	6.42	9.7
27	2.9	27.3	9.07	10.2
28	6	1	1.46	7.5
29	7	1.6	3.05	8.6
30	7.8	1.7	4.00	9.0
31	8.8	1.7	5.11	9.4
32	9.3	1.6	5.52	9.5
33	10.3	2	8.30	10.1
34	11	1.9	9.13	10.2
35	11.7	1.9	10.42	10.4
36	12.8	2.1	13.89	10.8

Таблица 6.2.

датчик №1 (1-2-1) продольн					датчик №2 (1-2-2) верт				
№	f, Гц	A, мм	a, м/с^2	бал.	№	f, Гц	A, мм	a, м/с^2	бал.
1	10.3	4.4	18.21	11.2	1	10.3	0.8	3.23	8.7
2	11.7	5.2	27.95	11.8	2	11.7	0.6	3.06	8.6
3	13.8	5.6	42.36	12.4	3	13.8	2.8	21.07	11.4
4	7.8	6.4	15.46	11.0	4	7.8	0.3	0.83	6.7
5	7.7	3.1	7.20	9.8	5	7.7	0.6	1.50	7.6
6	7.7	5.7	13.39	10.7	6	7.7	0.9	2.08	8.1
7	3.9	5.2	3.12	8.6	7	3.9	0.2	0.11	3.8
8	5.1	4.9	5.02	9.3	8	5.1	0.3	0.28	5.2
9	5.7	4.2	5.41	9.4	9	5.7	0.5	0.63	6.3
10	6.3	7.2	11.24	10.5	10	6.3	0.9	1.43	7.5
11	2.7	9.7	2.78	8.5	11	2.7	0.2	0.07	3.2
12	3	10.1	3.57	8.8	12	3	0.3	0.09	3.5
13	3.6	9.9	5.04	9.3	13	3.6	0.3	0.16	4.4
14	4	10.3	6.49	9.7	14	4	0.4	0.24	4.9
15	1.8	15.1	1.93	7.9	15	1.8	0.2	0.03	1.9
16	2.6	15	4.00	9.0	16	2.6	0.3	0.09	3.5
17	3	15	5.33	9.4	17	3	0.4	0.14	4.2
18	3.8	15.4	8.79	10.1	18	3.8	0.6	0.32	5.4
19	2.2	20	3.81	8.9	19	2.2	0.4	0.07	3.2
20	2.6	19.8	5.29	9.4	20	2.6	0.5	0.12	3.9
21	3.1	20.2	7.65	9.9	21	3.1	0.6	0.21	4.7
22	1.8	27.5	3.51	8.8	22	1.8	0.4	0.05	2.7
23	2.5	25.5	6.29	9.7	23	2.5	0.6	0.14	4.2
24	2.6	25.8	6.88	9.8	24	2.6	0.6	0.16	4.4
25	1.9	29.8	4.24	9.1	25	1.9	0.4	0.06	2.9
26	2.4	29.6	6.73	9.8	26	2.4	0.6	0.13	4.1
27	2.9	29.5	9.78	10.3	27	2.9	0.8	0.25	5.0
28	6	1.4	1.98	8.0	28	6	0.2	0.28	5.2
29	7	2.2	4.33	9.1	29	7	0.2	0.30	5.3
30	7.8	2.5	6.04	9.6	30	7.8	0.3	0.80	6.7
31	8.8	2.9	8.99	10.2	31	8.8	0.7	2.08	8.1
32	9.3	3.2	10.90	10.4	32	9.3	0.1	0.37	5.6
33	10.3	4.5	18.97	11.2	33	10.3	0.6	2.46	8.3
34	11	4.4	21.21	11.4	34	11	0.3	1.46	7.5
35	11.7	5.4	29.11	11.9	35	11.7	0.8	4.07	9.0
36	12.8	6.9	44.64	12.5	36	12.8	2	13.18	10.7

Таблица 6.3.

датчик №1 (1-2-3) продольн					датчик №2 (1-2-2) верт				
№	f, Гц	A, мм	a, м/с^2	бал.	№	f, Гц	A, мм	a, м/с^2	бал.
1	10.3	5.2	21.66	11.4	1	10.3	1.4	5.85	9.5
2	11.7	6.8	36.63	12.2	2	11.7	1.9	10.25	10.4
3	13.8	4.9	36.87	12.2	3	13.8	2.7	20.63	11.4
4	7.8	6.9	16.51	11.0	4	7.8	0.7	1.78	7.8
5	7.7	3.3	7.65	9.9	5	7.7	0.9	2.15	8.1
6	7.7	6.8	16.00	11.0	6	7.7	1.3	3.12	8.6
7	3.9	5	2.99	8.6	7	3.9	0.1	0.06	2.9
8	5.1	4.4	4.55	9.2	8	5.1	0.2	0.21	4.7
9	5.7	3.7	4.80	9.3	9	5.7	0.4	0.50	6.0
10	6.3	8.5	13.25	10.7	10	6.3	0.3	0.53	6.1
11	2.7	9.6	2.75	8.5	11	2.7	0.1	0.02	1.4
12	3	9.9	3.50	8.8	12	3	0.1	0.04	2.4
13	3.6	9.5	4.86	9.3	13	3.6	0.2	0.08	3.4
14	4	9.8	6.17	9.6	14	4	0.2	0.15	4.3
15	1.8	14.7	1.88	7.9	15	1.8	0.1	0.01	0.4
16	2.6	14.8	3.95	9.0	16	2.6	0.2	0.04	2.4
17	3	14.6	5.19	9.4	17	3	0.2	0.06	2.9
18	3.8	14.8	8.43	10.1	18	3.8	0.3	0.18	4.5
19	2.2	19.9	3.79	8.9	19	2.2	0.1	0.02	1.4
20	2.6	19.5	5.20	9.4	20	2.6	0.2	0.05	2.7
21	3.1	19.7	7.45	9.9	21	3.1	0.3	0.10	3.7
22	1.8	26.8	3.43	8.8	22	1.8	0.2	0.02	1.4
23	2.5	25.1	6.18	9.6	23	2.5	0.2	0.05	2.7
24	2.6	25.3	6.75	9.8	24	2.6	0.2	0.06	2.9
25	1.9	29.2	4.16	9.1	25	1.9	0.2	0.03	1.9
26	2.4	28.9	6.57	9.7	26	2.4	0.2	0.05	2.7
27	2.9	28.8	9.56	10.3	27	2.9	0.3	0.11	3.8
28	6	1.3	1.91	7.9	28	6	0.1	0.13	4.1
29	7	2	3.87	9.0	29	7	0.1	0.16	4.4
30	7.8	2.3	5.56	9.5	30	7.8	0.5	1.08	7.1
31	8.8	2.9	8.84	10.1	31	8.8	0.7	1.99	8.0
32	9.3	3.4	11.71	10.5	32	9.3	0.3	1.16	7.2
33	10.3	3.2	13.20	10.7	33	10.3	0.9	3.93	9.0
34	11	2.9	13.74	10.8	34	11	0.5	2.17	8.1
35	11.7	4.2	22.78	11.5	35	11.7	0.7	3.97	9.0
36	12.8	5.3	34.11	12.1	36	12.8	1.6	10.45	10.4

6.3. Условия проведения динамических испытаний

Вибрационные испытания проводились в дневное время с 11.08.2010 по 12.05.2010 года при температуре воздуха - не ниже +15 ^{0}С. Условия проведения вибрационных испытаний соответствуют нормальным и рабочим условиям применения используемого типа акселерометров АТ1105–10м.

Анализ результатов натурных динамических испытаний безнапорной системы трубопроводов на базе труб «Корсис» и полиэтиленовых колодцев изготовленных на основе двухслойной профилированной трубы «Корсис» позволяет отметить следующее:

- в процессе испытаний ускорение виброплатформы по данным акселерометров, установленных на ней, изменялось в интервале от 1,46 до 16,8 м/с^2. Частоты колебания системы изменялись в интервале от 1,8 до 13,8 Гц, амплитуды колебаний системы – от 1 до 29 мм. При этом ускорение в разных точках трубопровода изменялось в интервале от 0,01 до 44,64 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*=5,1 Гц при амплитуде А=4,1 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.

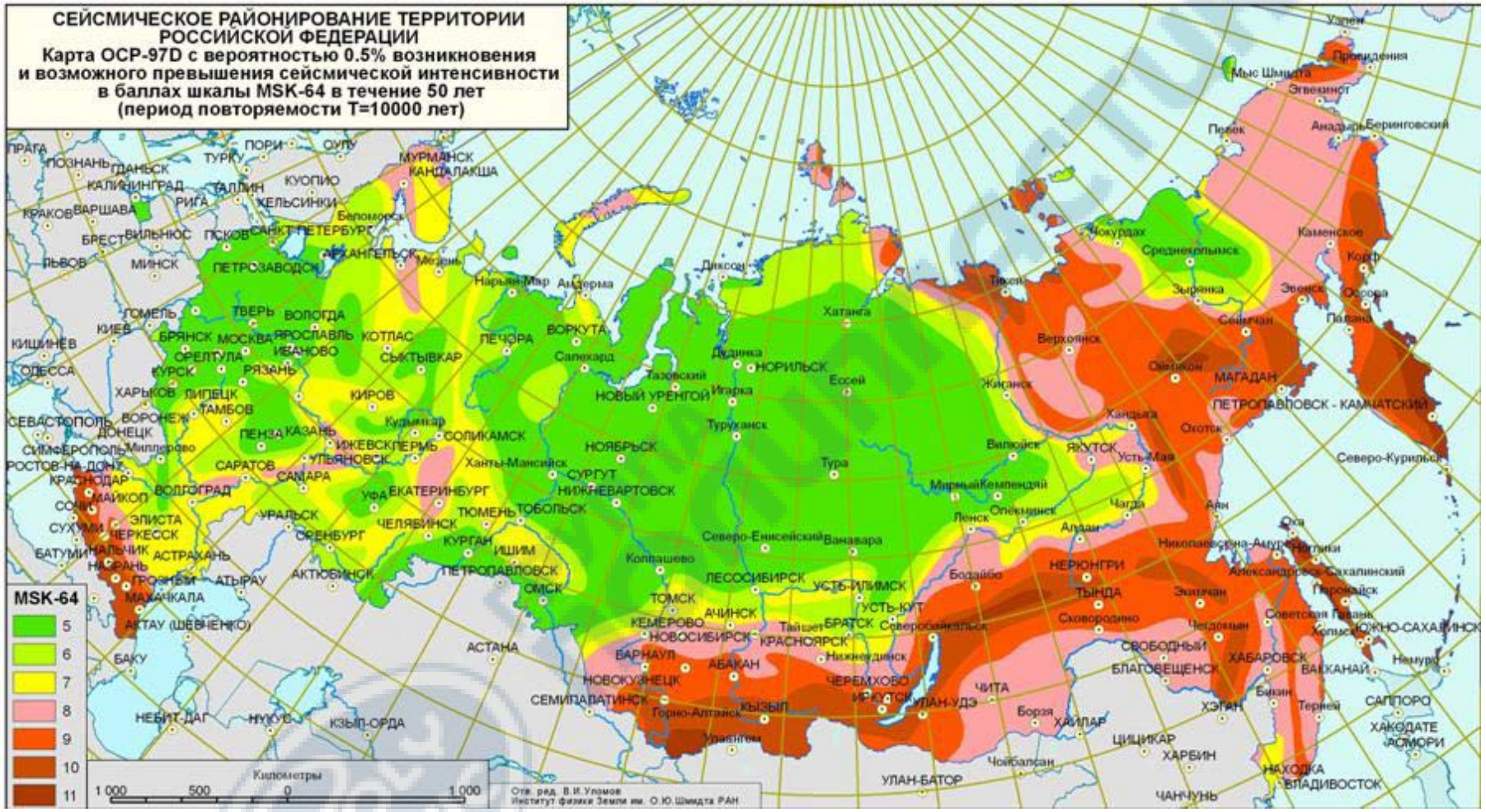

СЕЙСМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Карта ОСР-97D с вероятностью 0.5% возникновения
и возможного превышения сейсмической интенсивности
в баллах шкалы MSK-64 в течение 50 лет
(период повторяемости Т=10000 лет)
MSK-64
5
6
7
8
9
10
11
Километры
1 000
500
0
1 000
Отв. ред. В.И.Уломов
Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН

Рис. 6.1

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

На основе анализа результатов динамических испытаний безнапорной системы трубопроводов на базе труб «Корсис» и полиэтиленовых колодцев изготовленных на основе двухслойной профилированной трубы «Корсис» можно отметить следующее:

1. В соответствии с программой экспериментальных исследований на виброплатформе Центра исследований сейсмостойкости сооружений были проведены динамические испытания безнапорной системы трубопроводов на базе труб «Корсис» и полиэтиленовых колодцев изготовленных на основе двухслойной профилированной трубы «Корсис». При испытаниях моделировались динамические нагрузки, соответствующие ÷9 балльному воздействию. Колодцы при проведении испытаний были заполнены водой.
   - в процессе испытаний ускорение виброплатформы по данным акселерометров, установленных на ней, изменялось в интервале от 1,46 до 16,8 м/с^2. Частоты колебания системы изменялись в интервале от 1,8 до 13,8 Гц, амплитуды колебаний системы – от 1 до 29 мм. При этом ускорение в разных точках трубопровода изменялось в интервале от 0,01 до 44,64 м/с^2(4,46g).
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*=5,1Гц при амплитуде А=4,1 мм. При резонансе эксплуатационная надежность системы трубопроводов не была нарушена.**
3. **Безнапорная система трубопроводов на базе труб «Корсис» и полиэтиленовых колодцев изготовленных на основе двухслойной профилированной трубы «Корсис» может быть рекомендована для применения в районах с сейсмичностью 7÷9 баллов.**
4. В приложении 3 к настоящему отчету приложена видеосъемка испытания трубопровода на сейсмические воздействия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

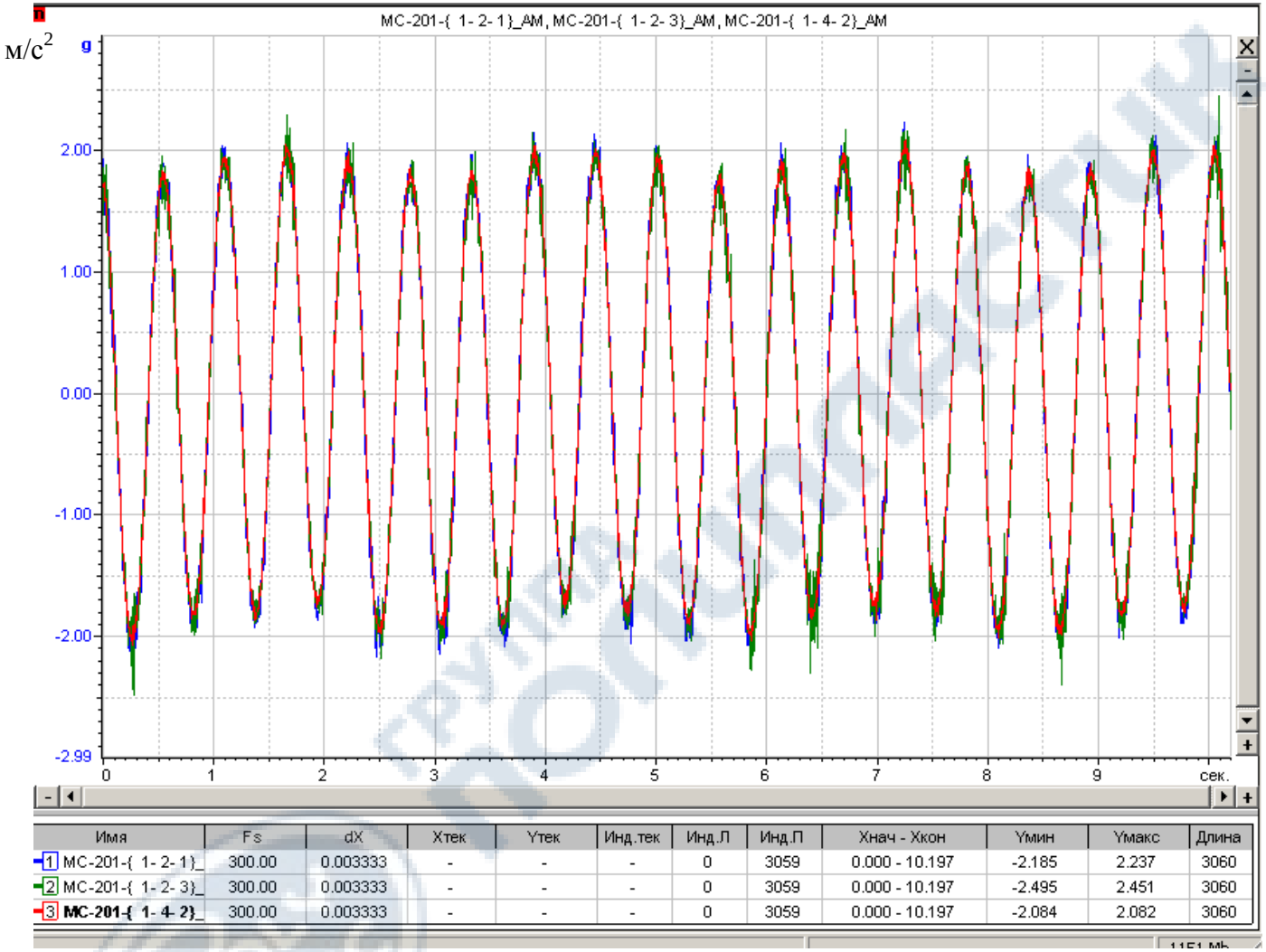
1. MSK-64. Шкала сейсмической интенсивности MSK. 1964.
2. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 30546.1-98 «Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям и методы расчета их сложных конструкций в части сейсмостойкости».
3. СП 40-102-2000 «Свод правил по проектированию и монтажу трубопроводов 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. Междуведомственный 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 нагружениях», Стройиздат, М., 1966г.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

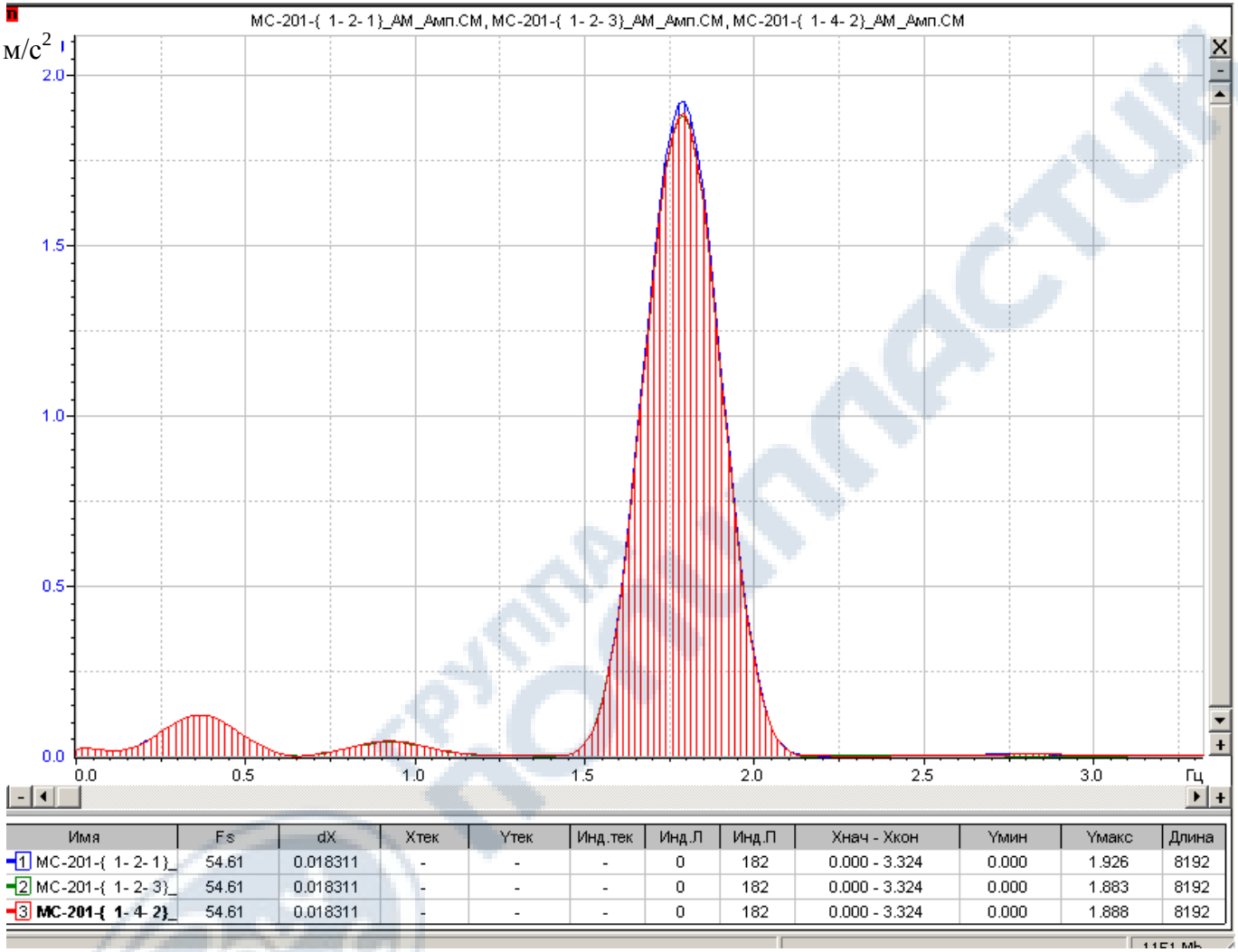
РЕЗУЛЬТАТЫ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ

ГРУППА ПОЛИПЛАСТИК
POLY PLASTIC



Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Ymин	Ymакс	Длина
1 MC-201-{ 1- 2- 1}_	300.00	0.003333	-	-	-	0	3059	0.000 - 10.197	-2.185	2.237	3060
2 MC-201-{ 1- 2- 3}_	300.00	0.003333	-	-	-	0	3059	0.000 - 10.197	-2.495	2.451	3060
3 MC-201-{ 1- 4- 2}_	300.00	0.003333	-	-	-	0	3059	0.000 - 10.197	-2.084	2.082	3060

Рис.П-1-1 . Акселерограммы (м/с^2), записанные с датчика 1-2-1 (синим цветом), датчика 1-2-3 (зеленым цветом) и датчика 1-4-2 (красным цветом) при 15-м режиме испытаний (частота *f*=1.8 Гц; амплитуда А=14.8 мм)



Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Ymин	Ymакс	Длина
1 MC-201-{ 1- 2- 1}_	54.61	0.018311	-	-	-	0	182	0.000 - 3.324	0.000	1.926	8192
2 MC-201-{ 1- 2- 3}_	54.61	0.018311	-	-	-	0	182	0.000 - 3.324	0.000	1.883	8192
3 **MC-201-{ 1- 4- 2}_**	54.61	0.018311	-	-	-	0	182	0.000 - 3.324	0.000	1.888	8192

Рис. П-1-2. Спектры пиковых значений ускорений (м/с^2) для датчика 1-2-1 (синим цветом), датчика 1-2-3 (зеленым цветом) и датчика 1-4-2 (красным цветом) при 15-м режиме испытаний (частота *f*=1.8 Гц; амплитуда А=14.8 мм)

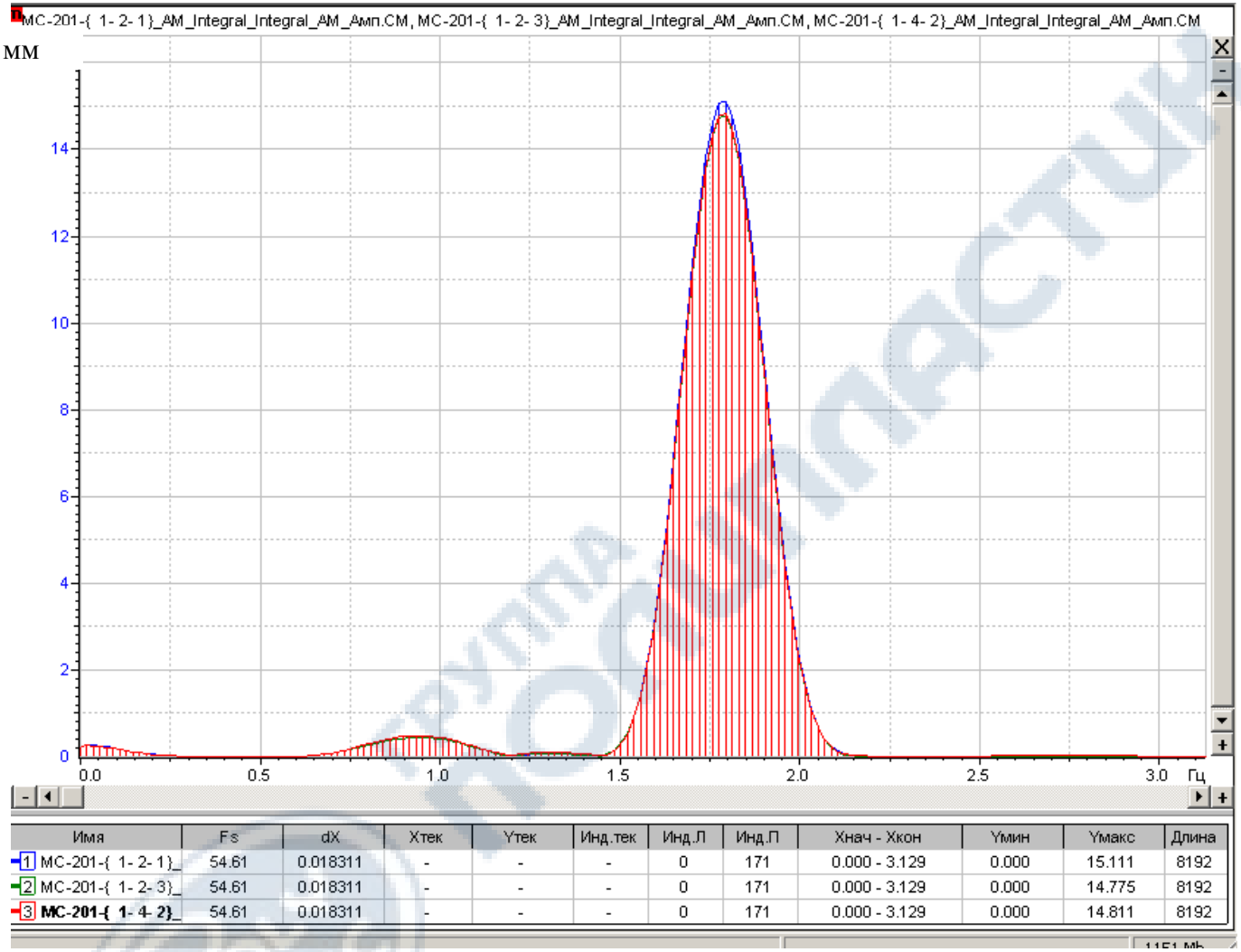
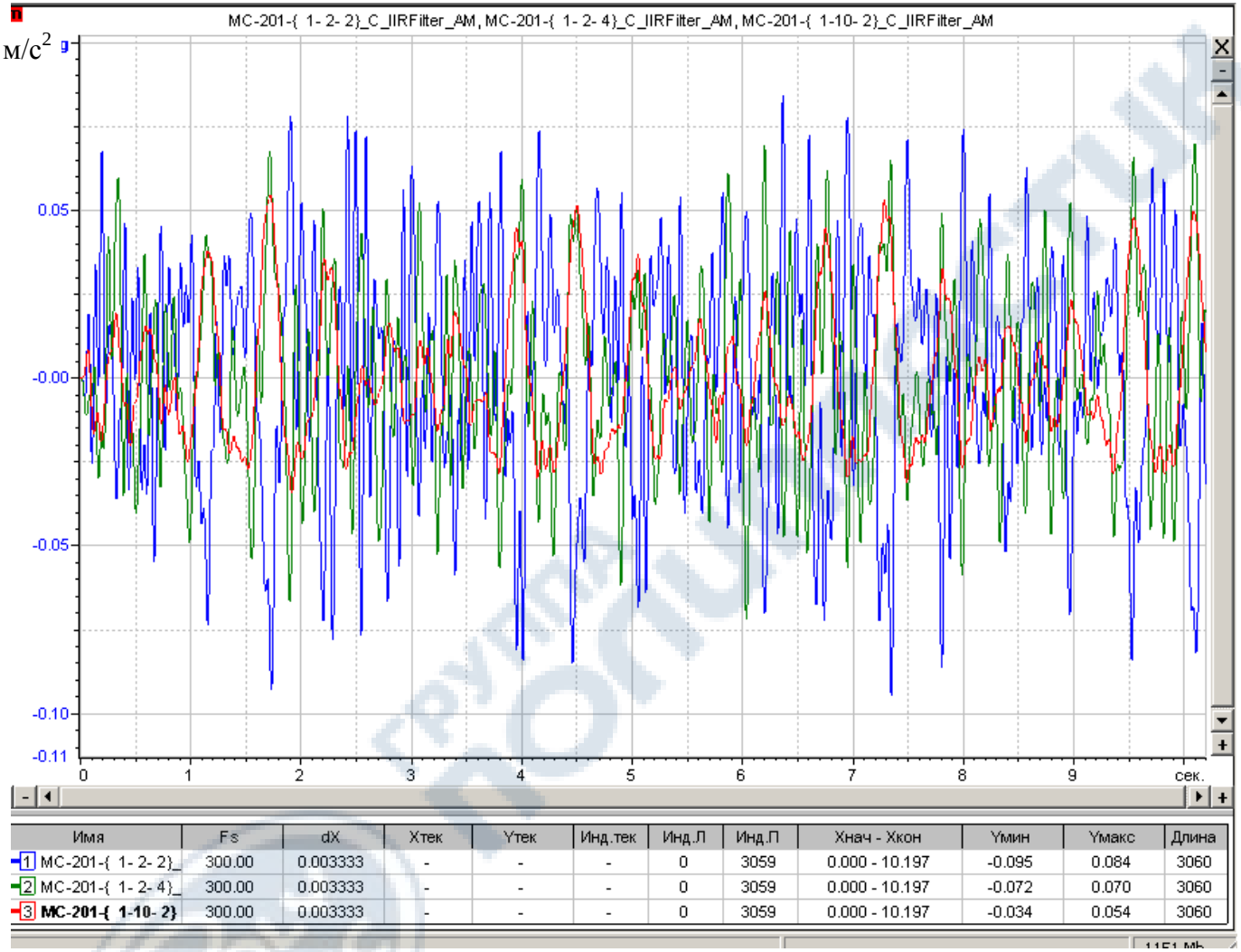
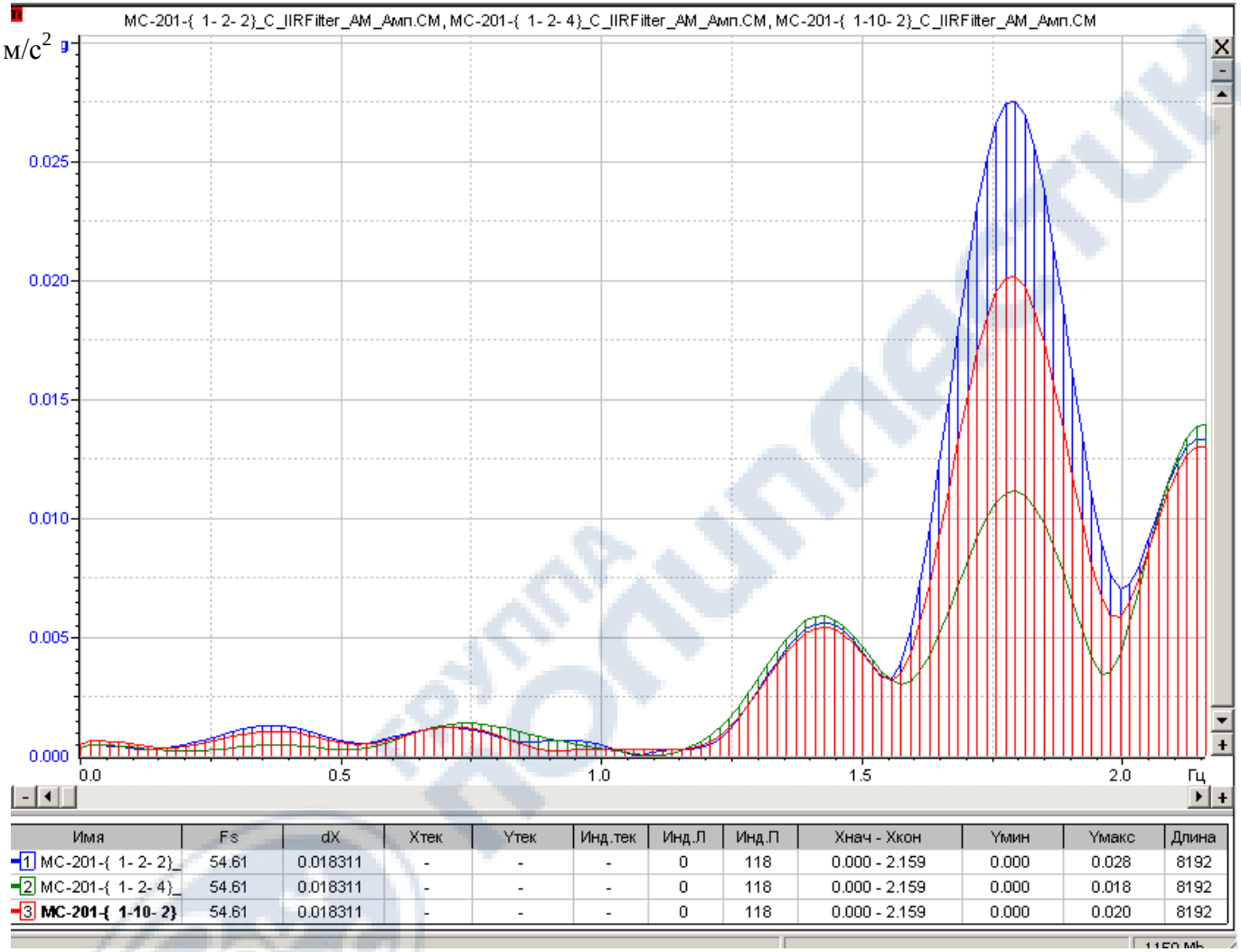


Рис. П-1-3. Спектры пиковых значений амплитуд (мм) для датчика 1-2-1 (синим цветом), датчика 1-2-3 (зеленым цветом) и датчика 1-4-2 (красным цветом) при 15-м режиме испытаний (частота *f*=1.8 Гц; амплитуда А=14.8 мм)



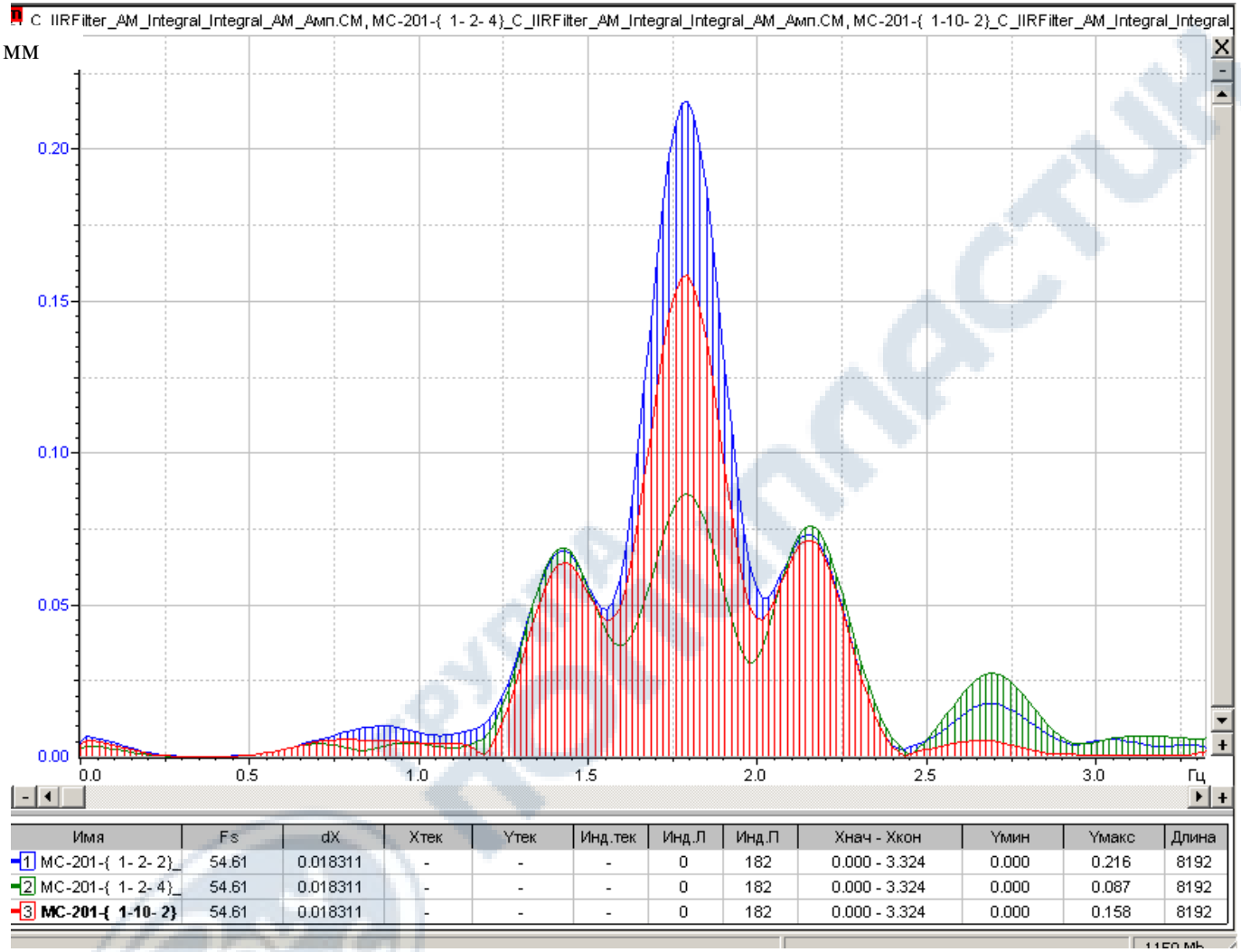
Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Yмин	Yмакс	Длина
1 MC-201-{ 1- 2- 2}_	300.00	0.003333	-	-	-	0	3059	0.000 - 10.197	-0.095	0.084	3060
2 MC-201-{ 1- 2- 4}_	300.00	0.003333	-	-	-	0	3059	0.000 - 10.197	-0.072	0.070	3060
3 **MC-201-{ 1-10- 2}**	300.00	0.003333	-	-	-	0	3059	0.000 - 10.197	-0.034	0.054	3060

Рис. П-1-4. Акселерограммы (м/с^2), записанные с датчика 1-2-2 (синим цветом), датчика 1-2-4 (зеленым цветом) и датчика 1-10-2 (красным цветом) при 15-м режиме испытаний (частота *f*=1.8 Гц; амплитуда А=14.8 мм)



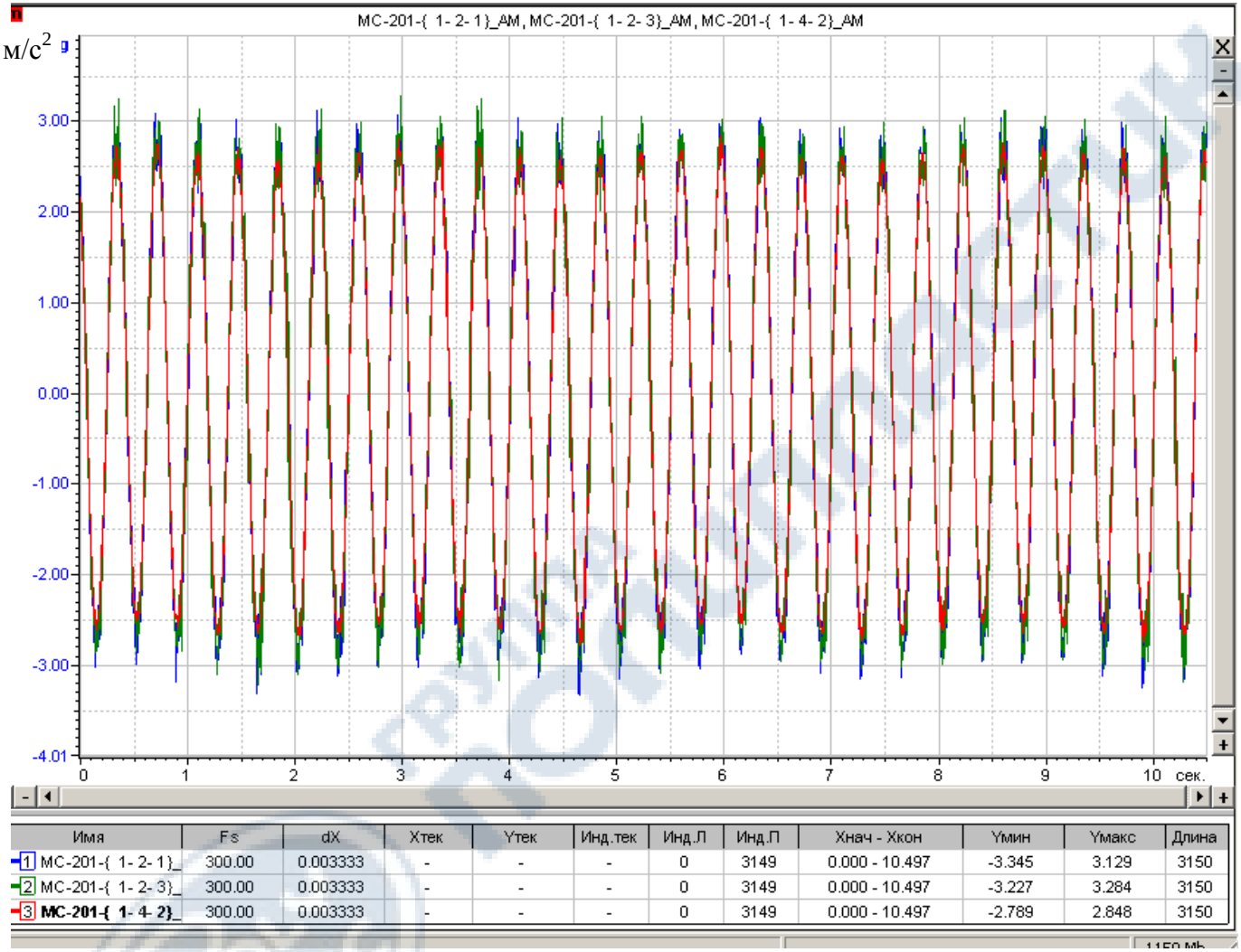
Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Yмин	Yмакс	Длина
1 MC-201-{ 1- 2- 2}_	54.61	0.018311	-	-	-	0	118	0.000 - 2.159	0.000	0.028	8192
2 MC-201-{ 1- 2- 4}_	54.61	0.018311	-	-	-	0	118	0.000 - 2.159	0.000	0.018	8192
3 **MC-201-{ 1-10- 2}**	54.61	0.018311	-	-	-	0	118	0.000 - 2.159	0.000	0.020	8192

Рис. П-1-5. Спектры пиковых значений ускорений (м/с^2) для датчика 1-2-2 (синим цветом), датчика 1-2-4 (зеленым цветом) и датчика 1-10-2 (красным цветом) при 15-м режиме испытаний (частота *f*=1.8 Гц; амплитуда А=14.8 мм)



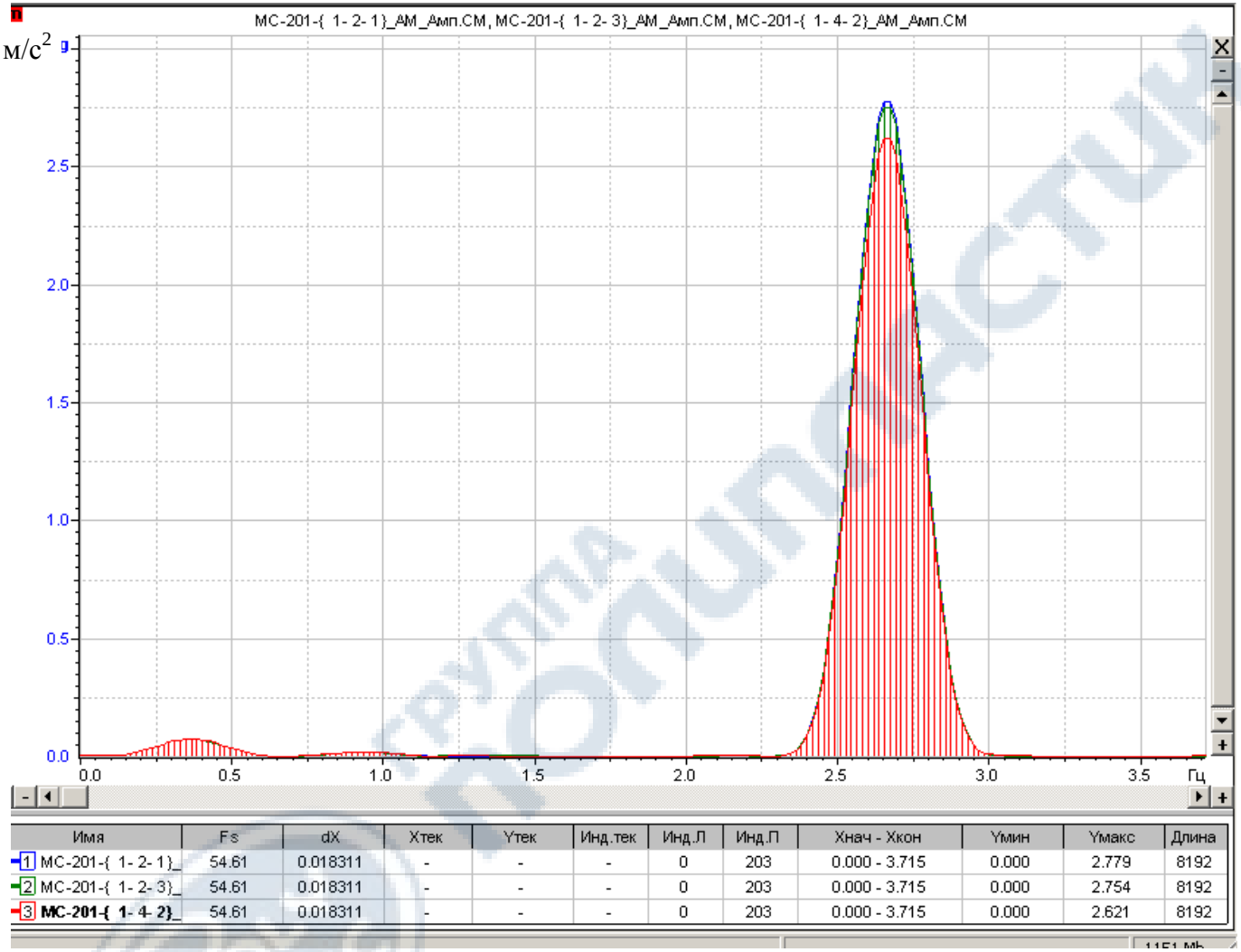
Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Yмин	Yмакс	Длина
1 MC-201-{ 1-2-2}_	54.61	0.018311	-	-	-	0	182	0.000 - 3.324	0.000	0.216	8192
2 MC-201-{ 1-2-4}_	54.61	0.018311	-	-	-	0	182	0.000 - 3.324	0.000	0.087	8192
3 **MC-201-{ 1-10-2}**	54.61	0.018311	-	-	-	0	182	0.000 - 3.324	0.000	0.158	8192

Рис. П-1-6. Спектры пиковых значений амплитуд (мм) для датчика 1-2-2 (синим цветом), датчика 1-2-4 (зеленым цветом) и датчика 1-10-2 (красным цветом) при 15-м режиме испытаний (частота *f*=1.8 Гц; амплитуда А=14.8 мм)



Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Yмин	Yмакс	Длина
1 MC-201-{ 1- 2- 1}_	300.00	0.003333	-	-	-	0	3149	0.000 - 10.497	-3.345	3.129	3150
2 MC-201-{ 1- 2- 3}_	300.00	0.003333	-	-	-	0	3149	0.000 - 10.497	-3.227	3.284	3150
3 **MC-201-{ 1- 4- 2}_**	300.00	0.003333	-	-	-	0	3149	0.000 - 10.497	-2.789	2.848	3150

Рис. П-1-7. Акселерограммы (м/с^2), записанные с датчика 1-2-1 (синим цветом), датчика 1-2-3 (зеленым цветом) и датчика 1-4-2 (красным цветом) при 11-м режиме испытаний (частота *f*=2.7 Гц; амплитуда А=9.1 мм)



Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Yмин	Yмакс	Длина
1 МС-201-{ 1- 2- 1}_	54.61	0.018311	-	-	-	0	203	0.000 - 3.715	0.000	2.779	8192
2 МС-201-{ 1- 2- 3}_	54.61	0.018311	-	-	-	0	203	0.000 - 3.715	0.000	2.754	8192
3 **МС-201-{ 1- 4- 2}_**	54.61	0.018311	-	-	-	0	203	0.000 - 3.715	0.000	2.621	8192

Рис. П-1-8. Спектры пиковых значений ускорений (м/с^2) для датчика 1-2-1 (синим цветом), датчика 1-2-3 (зеленым цветом) и датчика 1-4-2 (красным цветом) при 11-м режиме испытаний (частота f=2.7 Гц; амплитуда А=9.1 мм)

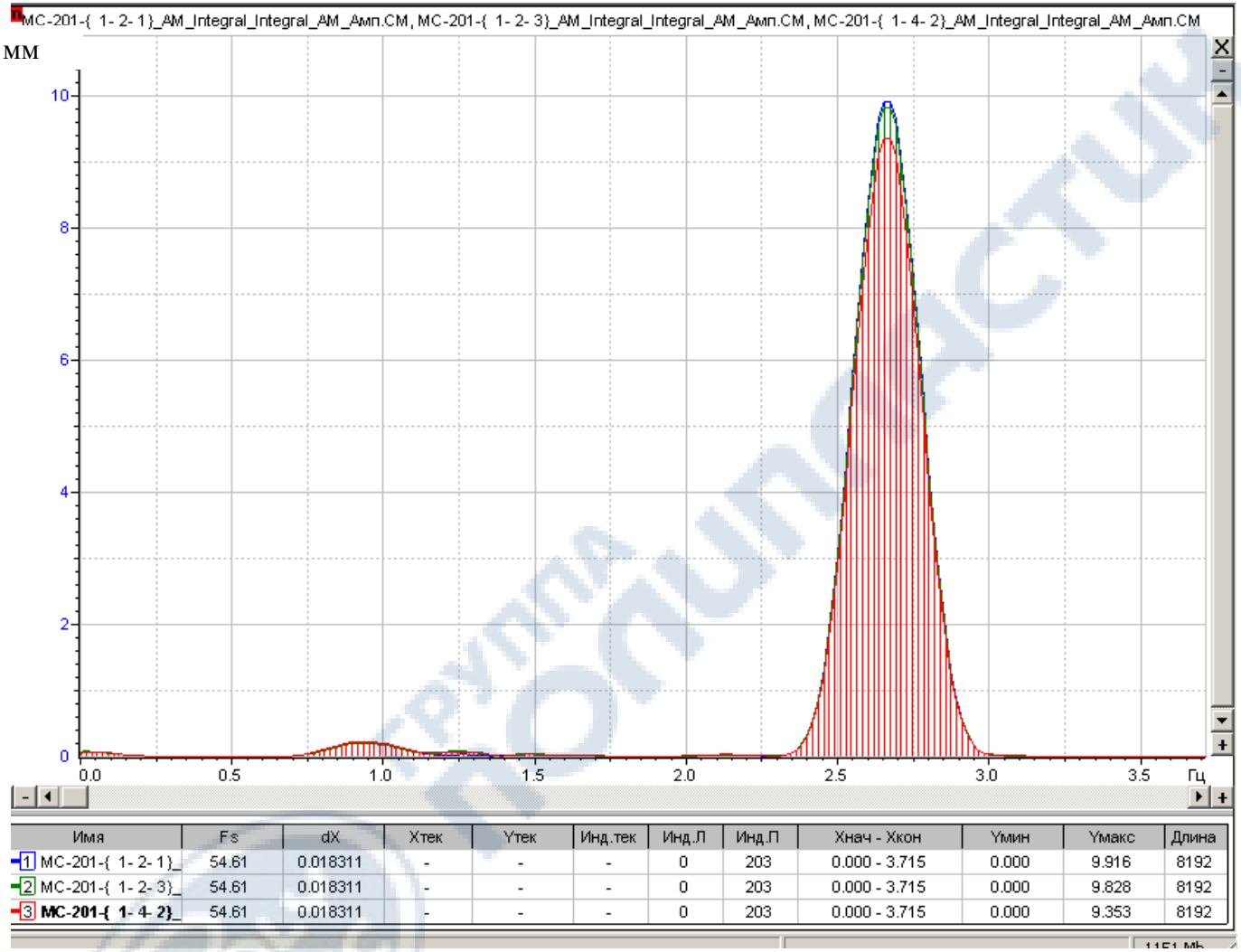
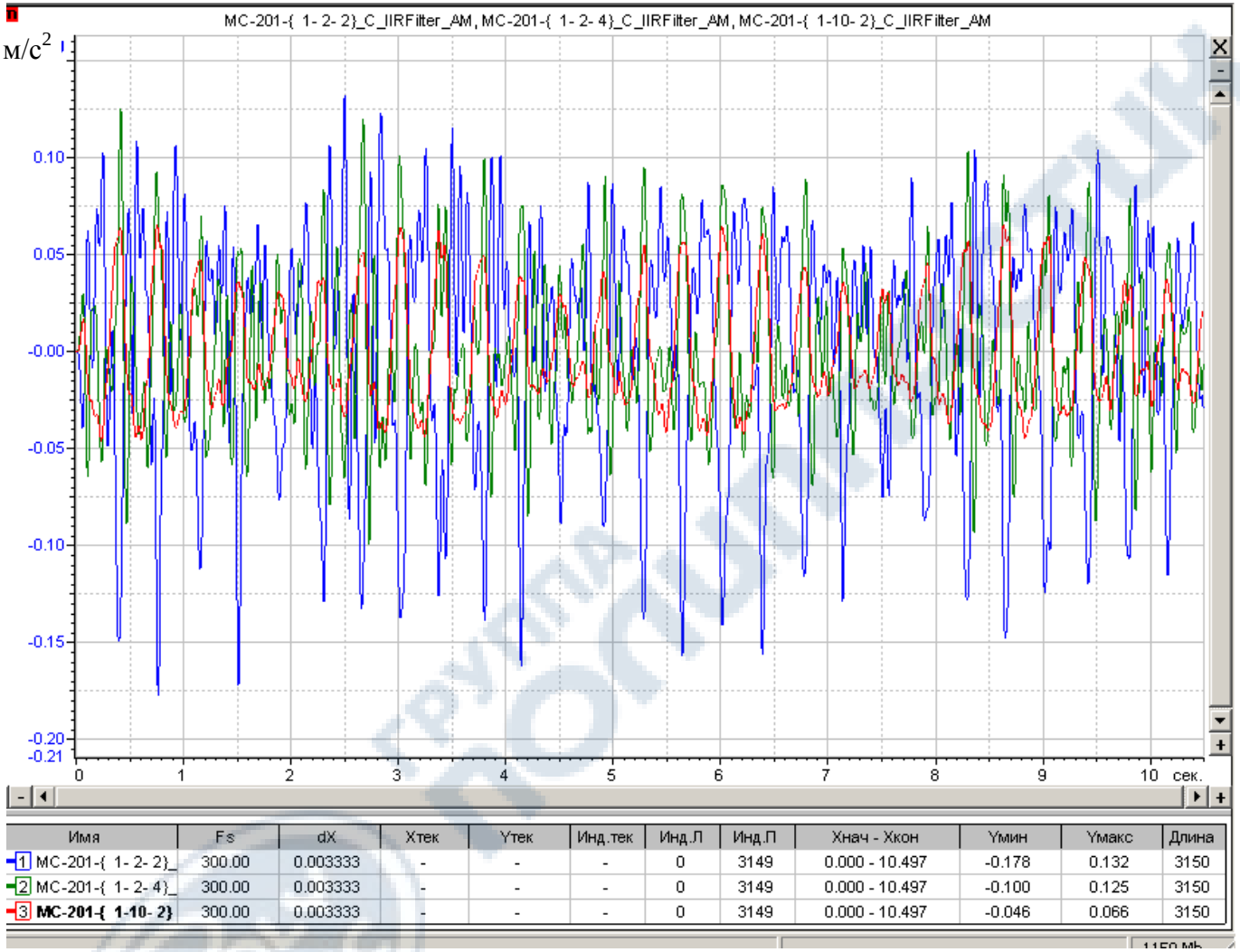
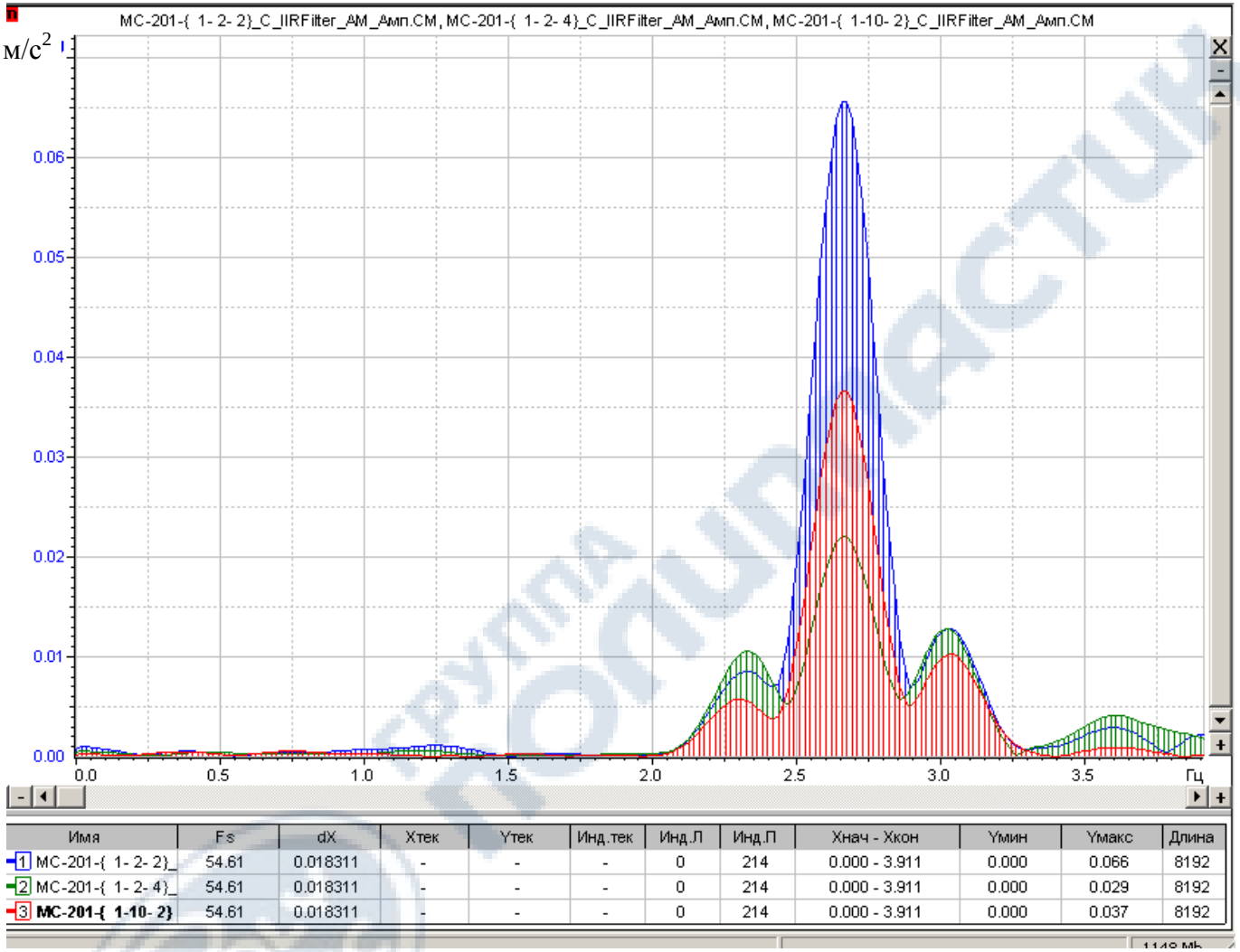


Рис. П-1-9. Спектры пиковых значений амплитуд (мм) для датчика 1-2-1 (синим цветом), датчика 1-2-3 (зеленым цветом) и датчика 1-4-2 (красным цветом) при 11-м режиме испытаний (частота *f*=2.7 Гц; амплитуда А=9.1 мм)



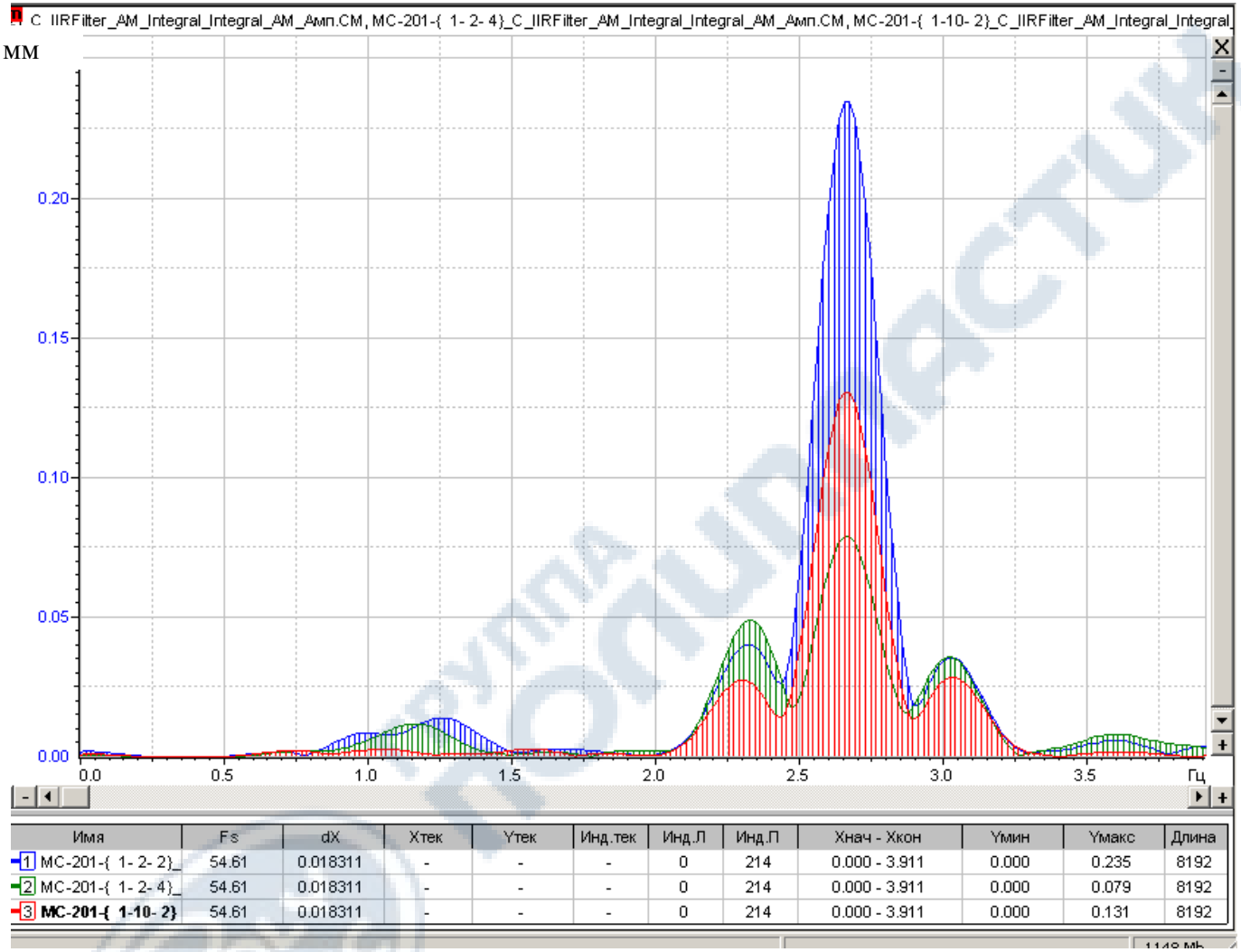
Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Ymин	Ymакс	Длина
1 MC-201-{ 1- 2- 2}_	300.00	0.003333	-	-	-	0	3149	0.000 - 10.497	-0.178	0.132	3150
2 MC-201-{ 1- 2- 4}_	300.00	0.003333	-	-	-	0	3149	0.000 - 10.497	-0.100	0.125	3150
3 **MC-201-{ 1-10- 2}**	300.00	0.003333	-	-	-	0	3149	0.000 - 10.497	-0.046	0.066	3150

Рис.П-1-10 . Акселерограммы (м/с^2), записанные с датчика 1-2-2 (синим цветом), датчика 1-2-4 (зеленым цветом) и датчика 1-10-2 (красным цветом) при 11-м режиме испытаний (частота *f*=2.7 Гц; амплитуда А=9.1 мм)



Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Yмин	Yмакс	Длина
1 MC-201-{ 1- 2- 2}_	54.61	0.018311	-	-	-	0	214	0.000 - 3.911	0.000	0.066	8192
2 MC-201-{ 1- 2- 4}_	54.61	0.018311	-	-	-	0	214	0.000 - 3.911	0.000	0.029	8192
3 **MC-201-{ 1-10- 2}**	54.61	0.018311	-	-	-	0	214	0.000 - 3.911	0.000	0.037	8192

Рис. П-1-11. Спектры пиковых значений ускорений (м/с^2) для датчика 1-2-2 (синим цветом), датчика 1-2-4 (зеленым цветом) и датчика 1-10-2 (красным цветом) при 11-м режиме испытаний (частота *f*=2.7 Гц; амплитуда А=9.1 мм)



Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Yмин	Yмакс	Длина
1 MC-201-{ 1-2-2}_	54.61	0.018311	-	-	-	0	214	0.000 - 3.911	0.000	0.235	8192
2 MC-201-{ 1-2-4}_	54.61	0.018311	-	-	-	0	214	0.000 - 3.911	0.000	0.079	8192
3 **MC-201-{ 1-10-2}**	54.61	0.018311	-	-	-	0	214	0.000 - 3.911	0.000	0.131	8192

Рис. П-1-12. Спектры пиковых значений амплитуд (мм) для датчика 1-2-2 (синим цветом), датчика 1-2-4 (зеленым цветом) и датчика 1-10-2 (красным цветом) при 11-м режиме испытаний (частота f=2.7 Гц; амплитуда А=9.1 мм)

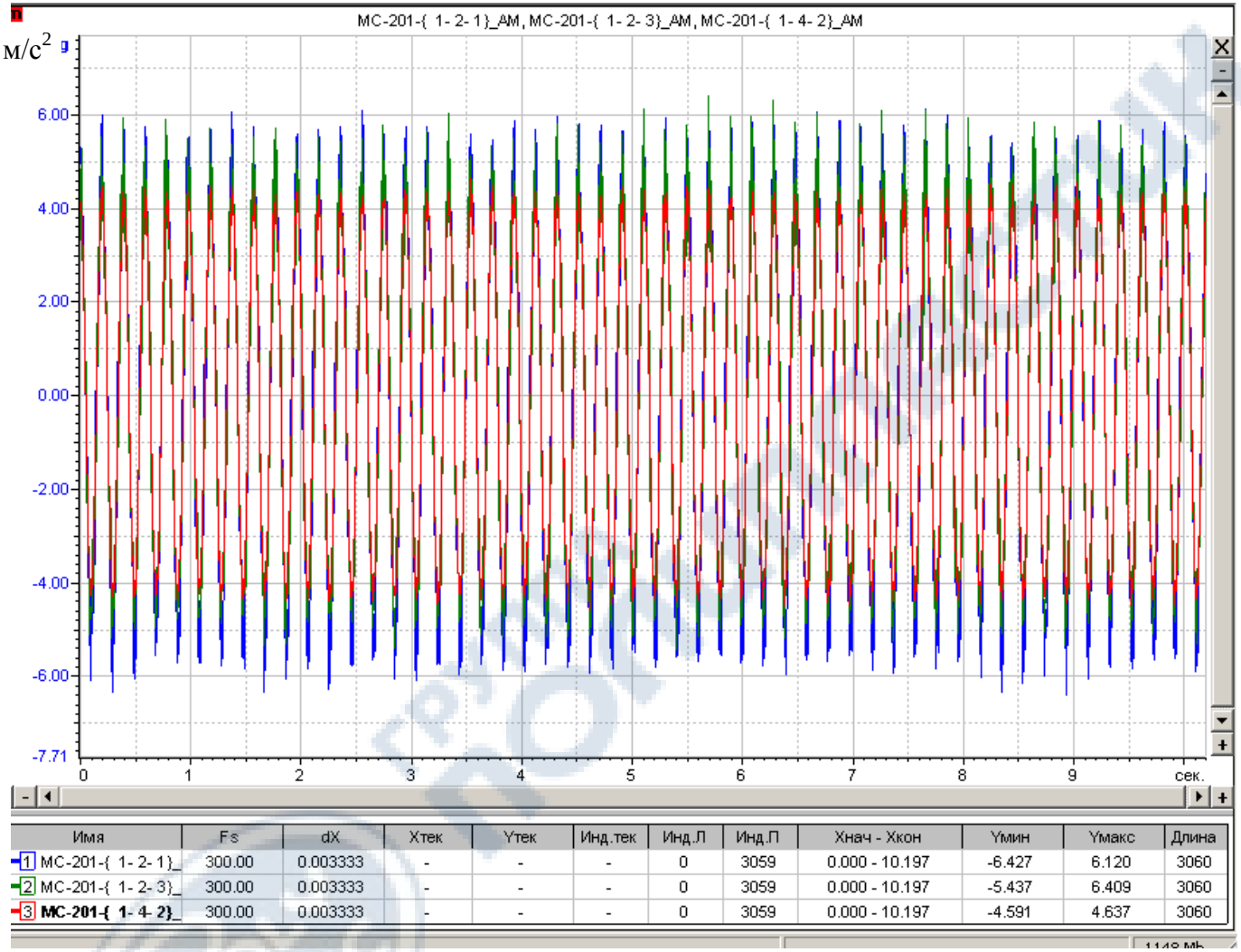
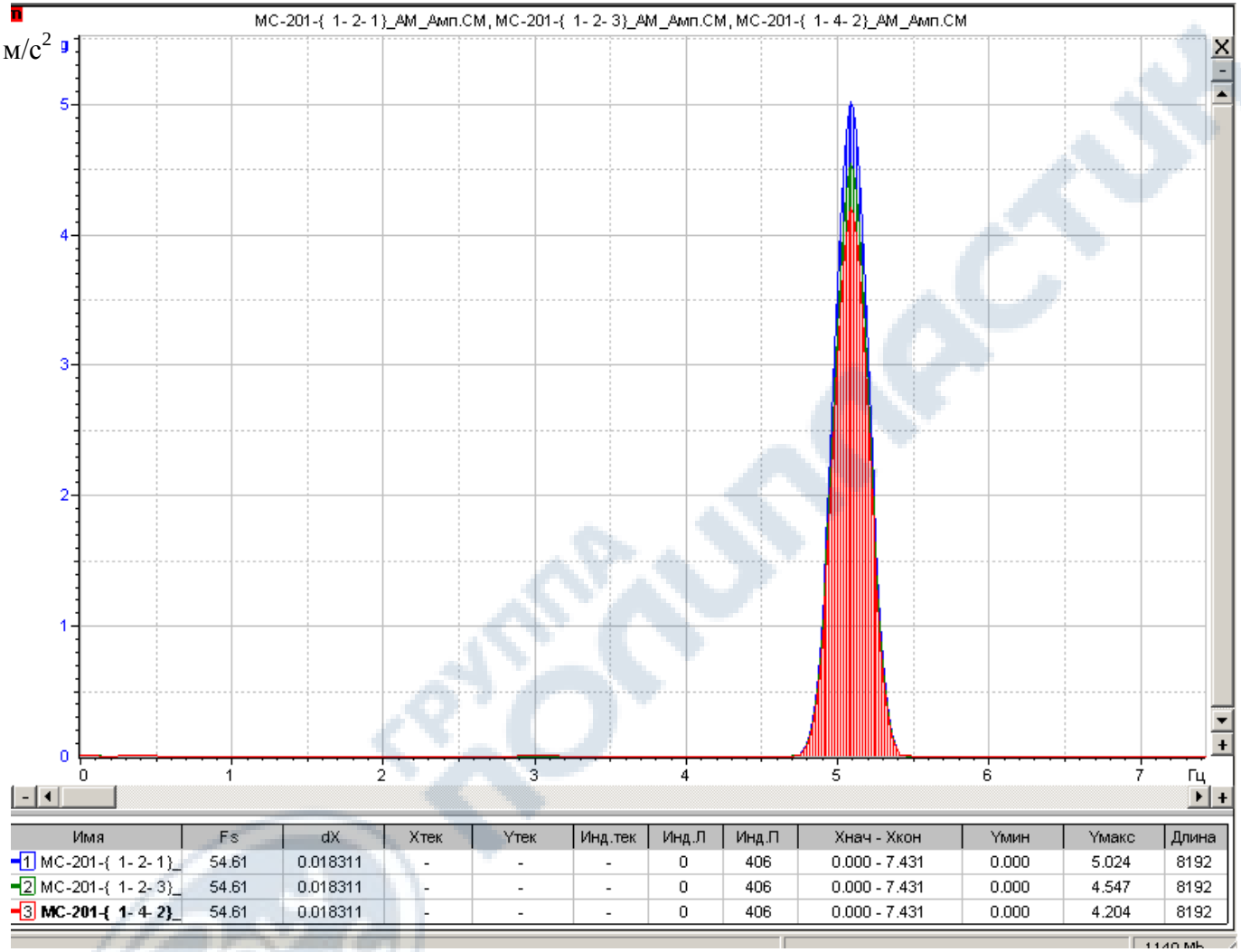
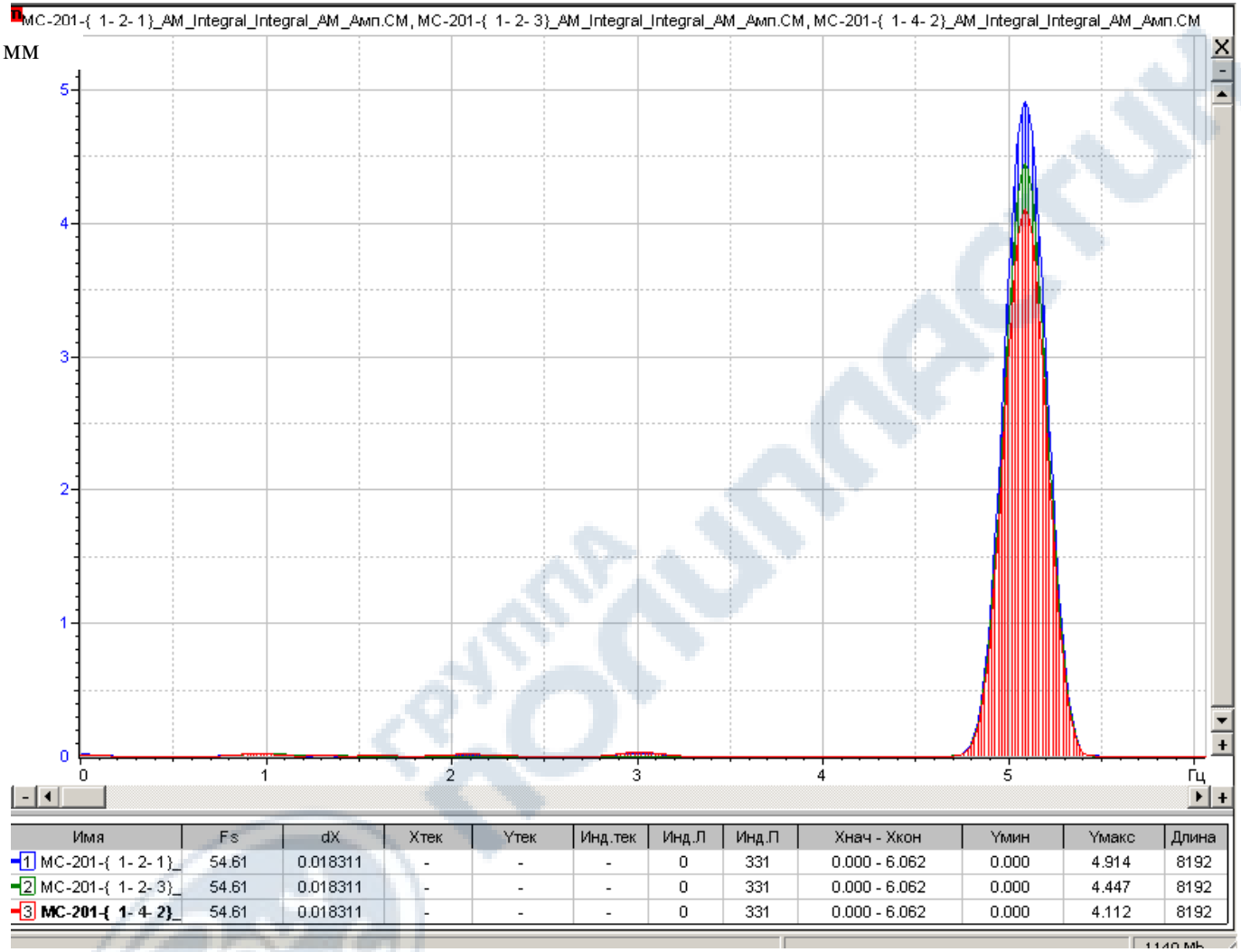


Рис. П-1-13. Акселерограммы (м/с^2), записанные с датчика 1-2-1 (синим цветом), датчика 1-2-3 (зеленым цветом) и датчика 1-4-2 (красным цветом) при 8-м режиме испытаний (частота *f*=5.1 Гц; амплитуда А=4.1 мм)



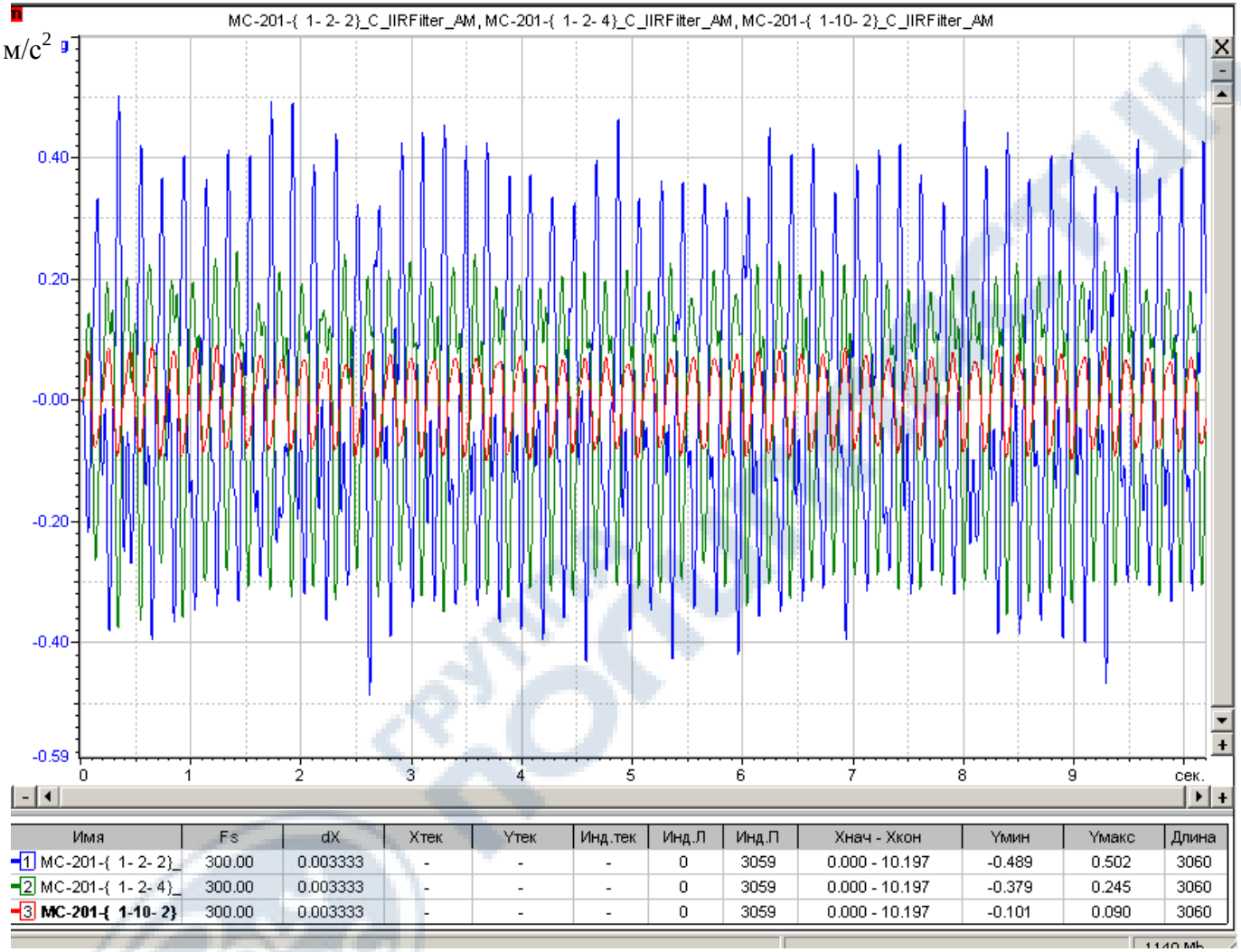
Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Yмин	Yмакс	Длина
1 МС-201-{ 1- 2- 1}_	54.61	0.018311	-	-	-	0	406	0.000 - 7.431	0.000	5.024	8192
2 МС-201-{ 1- 2- 3}_	54.61	0.018311	-	-	-	0	406	0.000 - 7.431	0.000	4.547	8192
3 **МС-201-{ 1- 4- 2}_**	54.61	0.018311	-	-	-	0	406	0.000 - 7.431	0.000	4.204	8192

Рис. П-1-14. Спектры пиковых значений ускорений (м/с^2) для датчика 1-2-1 (синим цветом), датчика 1-2-3 (зеленым цветом) и датчика 1-4-2 (красным цветом) при 8-м режиме испытаний (частота *f*=5.1 Гц; амплитуда А=4.1 мм)



Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Yмин	Yмакс	Длина
1 МС-201-{ 1- 2- 1}_	54.61	0.018311	-	-	-	0	331	0.000 - 6.062	0.000	4.914	8192
2 МС-201-{ 1- 2- 3}_	54.61	0.018311	-	-	-	0	331	0.000 - 6.062	0.000	4.447	8192
3 **МС-201-{ 1- 4- 2}_**	54.61	0.018311	-	-	-	0	331	0.000 - 6.062	0.000	4.112	8192

Рис. П-1-15. Спектры пиковых значений амплитуд (мм) для датчика 1-2-1 (синим цветом), датчика 1-2-3 (зеленым цветом) и датчика 1-4-2 (красным цветом) при 8-м режиме испытаний (частота *f*=5.1 Гц; амплитуда А=4.1 мм)



Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Yмин	Yмакс	Длина
1 MC-201-{ 1- 2- 2}_	300.00	0.003333	-	-	-	0	3059	0.000 - 10.197	-0.489	0.502	3060
2 MC-201-{ 1- 2- 4}_	300.00	0.003333	-	-	-	0	3059	0.000 - 10.197	-0.379	0.245	3060
3 **MC-201-{ 1-10- 2}**	300.00	0.003333	-	-	-	0	3059	0.000 - 10.197	-0.101	0.090	3060

Рис. П-1-16. Акселерограммы (м/с^2), записанные с датчика 1-2-2 (синим цветом), датчика 1-2-4 (зеленым цветом) и датчика 1-10-2 (красным цветом) при 8-м режиме испытаний (частота *f*=5.1 Гц; амплитуда А=4.1 мм)

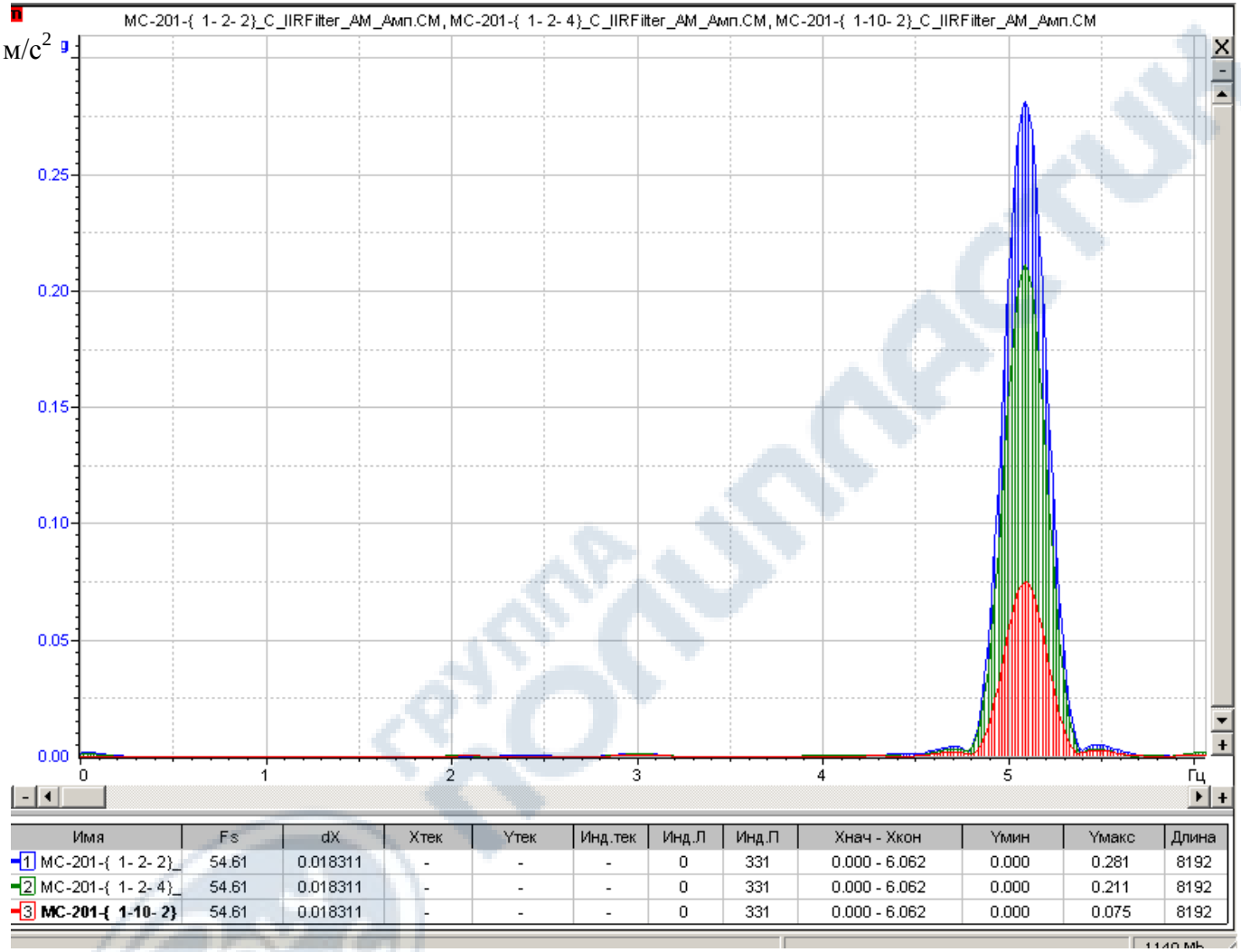
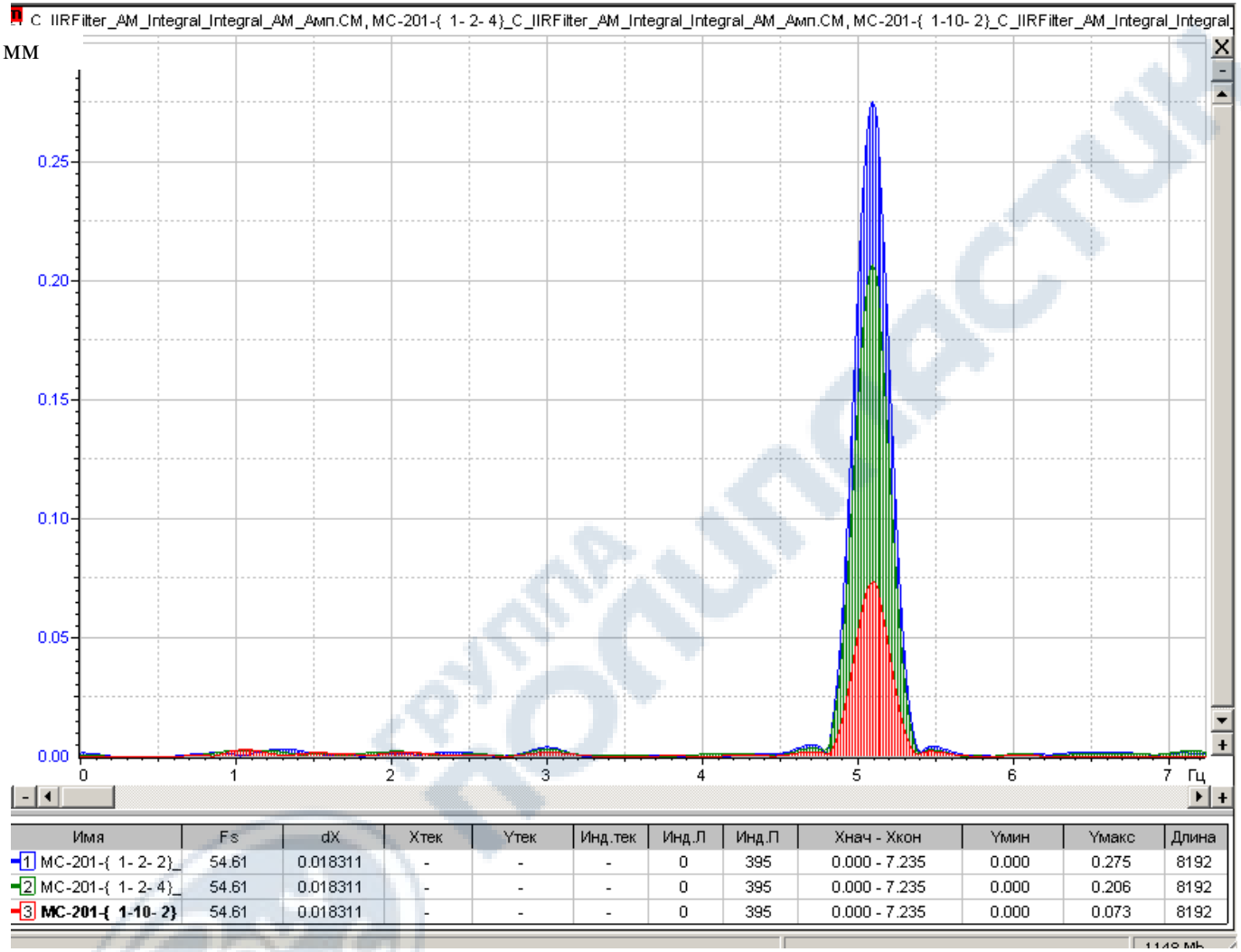


Рис. П-1-17. Спектры пиковых значений ускорений (м/с^2) для датчика 1-2-1 (синим цветом), датчика 1-2-3 (зеленым цветом) и датчика 1-4-2 (красным цветом) при 11-м режиме испытаний (частота *f*=2.7 Гц; амплитуда А=9.1 мм)



Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Yмин	Yмакс	Длина
1 MC-201-{ 1- 2- 2}_	54.61	0.018311	-	-	-	0	395	0.000 - 7.235	0.000	0.275	8192
2 MC-201-{ 1- 2- 4}_	54.61	0.018311	-	-	-	0	395	0.000 - 7.235	0.000	0.206	8192
3 **MC-201-{ 1-10- 2}**	54.61	0.018311	-	-	-	0	395	0.000 - 7.235	0.000	0.073	8192

Рис. П-1-18. Спектры пиковых значений амплитуд (мм) для датчика 1-2-1 (синим цветом), датчика 1-2-3 (зеленым цветом) и датчика 1-4-2 (красным цветом) при 11-м режиме испытаний (частота *f*=2.7 Гц; амплитуда А=9.1 мм)