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

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

по теме: **«Провести испытания анкеров марок SXR 10×100 FUS и FUR 10×100 на статические и динамические нагрузки для оценки возможности их применения для крепления фасадных конструкций к железобетонным стенам зданий в сейсмоопасных регионах РФ».**

(по договору № 457/24-15-12/ск от 10.04.2012 года.)

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

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко

УТВЕРЖДАЮ:
Директор
ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко
доктор технических наук
_____ **И.И. Ведяков**
«___» _____ 2012г.

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

по теме: **«Провести испытания анкеров марок SXR 10×100 FUS и FUR 10×100 на статические и динамические нагрузки для оценки возможности их применения для крепления фасадных конструкций к железобетонным стенам зданий в сейсмоопасных регионах РФ».**

(по договору № 457/24-15-12/ск от 10.04.2012 года.)

Руководитель Центра исследований
сейсмостойкости сооружений
к.т.н. В.И. Смирнов

Заведующий Лабораторией,
к.т.н. А.В.Грановский

Старший научный сотрудник А.И. Доттуев

Москва 2012г.

1. ВВЕДЕНИЕ

Настоящий технический отчет составлен по результатам экспериментальных исследований несущей способности анкеров марок **FUR 10×100 и SXR 10×100 FUS** фирмы **«FISCHER»**, применяемых для крепления фасадных конструкций, при действии на них динамических нагрузок. Анкерный крепеж фирмы **«FISCHER»** использовался в эксперименте для крепления фасадных конструкций к железобетонному пространственному стеновому фрагменту, который в свою очередь устанавливался на специальную виброплатформу маятникового типа.

Цель лабораторных испытаний – оценка пригодности и эксплуатационной надежности анкерного крепежа фирмы **«FISCHER»** при использовании его для крепления различных вариантов фасадных конструкций к железобетонным стенам зданий, возводимых в сейсмических районах с балльностью 7÷9 баллов по шкале MSK-64 [1].

Отчет оформлен в соответствии с требованиями нормативных документов, технических регламентов и стандартов. При описании методики и результатов экспериментально-технических исследований сейсмостойкости анкерного крепежа фирмы **«FISCHER»** 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 анкерного крепежа при воздействии на него динамических нагрузок моделирующих сейсмические воздействия. Полученные данные являются основанием для оценки возможности расширения области применения анкерного крепежа с учетом требований безопасности, эксплуатационной надежности и долговечности зданий, возводимых в сейсмических районах.

Оценка возможности применения анкеров марок **FUR 10×100 и SXR 10×100 FUS** фирмы **«FISCHER»** в сейсмических районах России на строительных площадках с балльностью 7÷9 баллов включает в себя следующие этапы:

1. Экспериментальные исследования работы анкерного крепежа фирмы **«FISCHER»** при динамических воздействиях.
2. Внесение рекомендаций по применению в сейсмоопасных районах строительства анкерного крепежа фирмы **«FISCHER»** в «Технический справочник» фирмы-производителя.

3. ОПИСАНИЕ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ АНКЕРОВ

Для проведения динамических испытаний Заказчиком были предоставлены анкеры марок **FUR 10×100 и SXR 10×100 FUS** фирмы **«FISCHER»**, включающие следующие элементы:

FUR 10×100 «FISCHER» (рис. 3.1 а)

- *рабочий орган* – шуруп ∅ 7мм и длиной 105мм с оцинкованным покрытием серого цвета;
- *обойма в виде* пластикового дюбеля ∅ 10мм и длиной 100мм.

SXR 10×100 FUS «FISCHER» (рис. 3.1 б)

- *рабочий орган* – шуруп ∅ 7мм и длиной 105мм с оцинкованным покрытием серого цвета;
- *обойма в виде* пластикового дюбеля ∅ 10мм и длиной 100мм.

При монтаже фасадной системы крепление несущих элементов фасадной системы осуществлялось с помощью указанных выше анкеров. Установка анкеров в бетон осуществлялось специалистами фирмы **«FISCHER»** в соответствии с требованиями Технического справочника фирмы-производителя.

а)

б)

Рис. 3.1 Общий вид анкеров марки **FUR 10×100** (а) и **SXR 10×100 FUS** (б) **«FISCHER»**.

4. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ АНКЕРНОГО КРЕПЕЖА ФИРМЫ «FISCHER»

Программа испытаний анкеров фирмы **«FISCHER»** включала в себя следующие этапы:

1. Анализ конструктивных особенностей анкеров фирмы **«FISCHER»** с учетом возможности ее применения в сейсмоопасных районах РФ при действии на них сейсмических нагрузок.
2. На основе имеющегося опыта производился выбор и согласование с Заказчиком марок анкеров для проведения экспериментальных динамических испытаний.
3. До начала динамических испытаний проводились испытания анкеров на действие статической нагрузки. Результаты этих испытаний служили эталоном для последующей оценки влияния динамических воздействий на несущую способность анкеров при вырыве.
4. Далее осуществлялось крепление с помощью анкеров фирмы **«FISCHER»** кронштейнов фасадной системы «ДИАТ» с облицовкой из терракотовых плит толщиной 30мм (вес 65кг/м²) и керамогранитных плит толщиной 10мм к железобетонным стенам испытательного стенда.

   Испытательный стенд представляет собой пространственную систему, собранную из отдельных сборных железобетонных стеновых панелей, (см. рис. 4.1)
5. Подготовка вибростенда и измерительного оборудования для проведения динамических испытаний.
6. Назначение режимов нагружения испытательного стенда динамической нагрузкой, соответствующей силовым

воздействиям на сооружения при землетрясениях различной интенсивности (от 7 до 9 баллов).

7. Проведение динамических испытаний, обработка и анализ результатов экспериментальных исследований анкерного крепежа при действии динамических нагрузок.
8. Статические испытания анкеров, указанных выше марок, после завершения динамических испытаний. Данные испытания позволяет оценить возможные изменения несущей способности анкерного крепежа при вырыве его из стеновых железобетонных панелей после завершения этапа динамических испытаний.
9. Составление технического отчета по результатам испытаний анкерного крепежа фирмы **«FISCHER»** с рекомендациями по обеспечению эксплуатационной надежности анкеров.

Методика испытаний. В ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко под руководством д.т.н. А.М Курзанова разработан испытательный стенд (рис. 4.1), возбуждение колебаний которого может осуществляться одним из двух способов:

- колебания платформы-маятника, на который установлен испытательный стенд, возбуждаются с помощью вибромашины ВИД-12, закрепленной на платформе. За счет инерционной силы, развиваемой ВИД-12, обеспечивается тот или иной частотный спектр воздействий на испытательный стенд и определенный уровень амплитуды колебаний платформы. Как показали испытания, максимальная величина амплитуды колебаний платформы при использовании ВИД-12 составляет 150мм;
- 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 в зависимости от массы опытного образца может составлять от 1.0g до 2.0g На графике рис. 4.2 показана акселерограмма, полученная при испытании фасадной системы на динамический удар.

Рис. 4.1

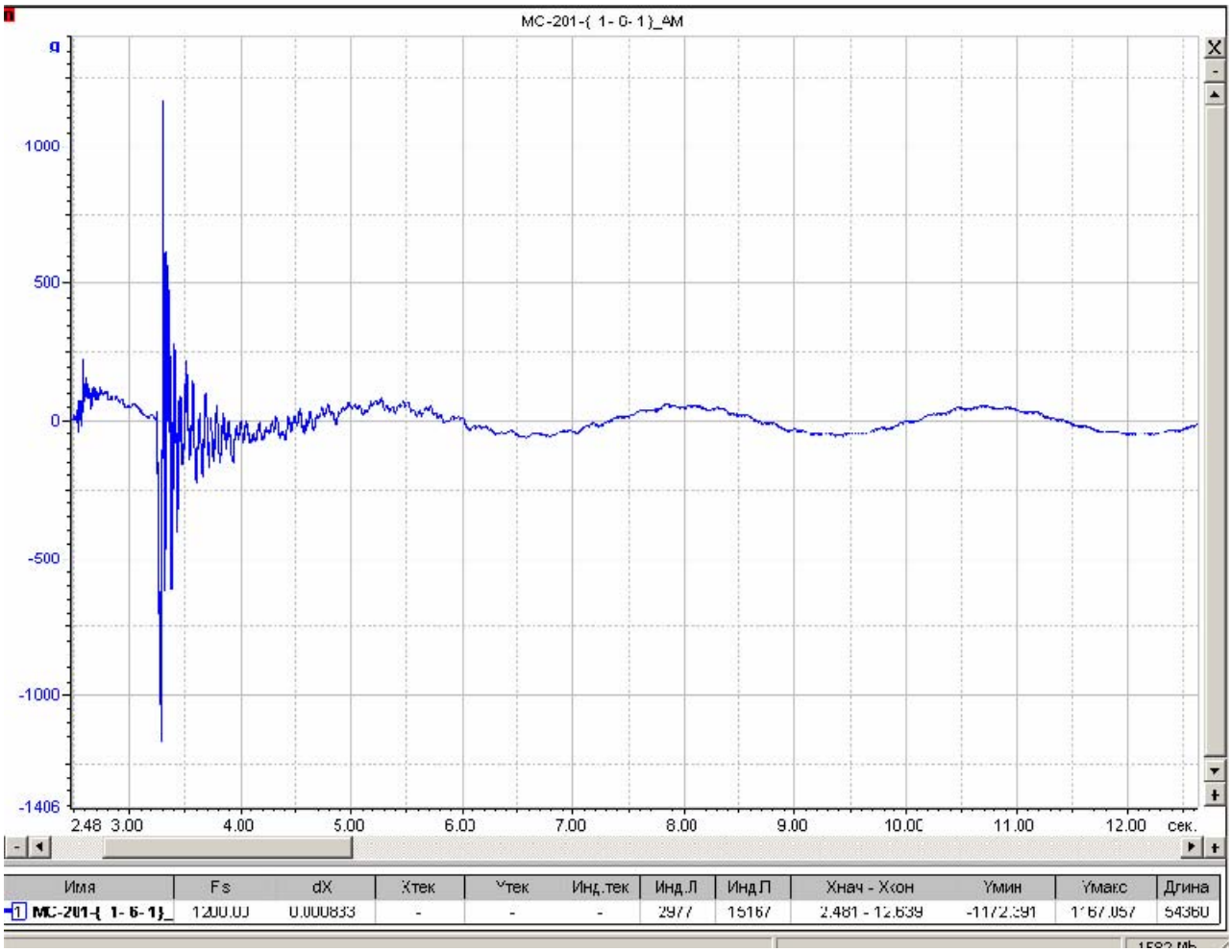

МС-201-{ 1- 6- 1 }_АМ
g
1000
500
0
-500
-1000
-1406
2.48
3.00
4.00
5.00
6.00
7.00
8.00
9.00
10.00
11.00
12.00
сек.
Имя
Fs
dX
Хтек
Yтек
Инд.тек
Инд.Л
Инд.П
Хнач - Хкон
Ymин
Ymакс
Длина
1200.00
0.000833
-
-
-
2977
15167
2.481 - 12.639
-1172.391
1167.057
54360

Рис. 4.2

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. 4.1 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

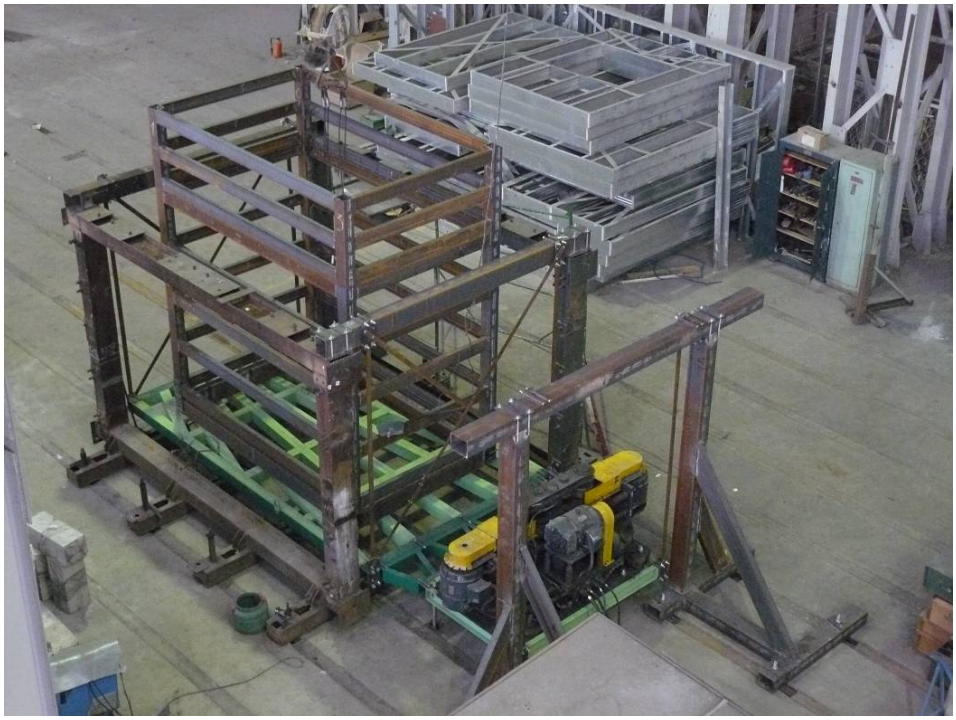


Рис. 5.1

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

Регистрация и измерение сигналов проводились при помощи специализированного измерительно-вычислительного комплекса 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).

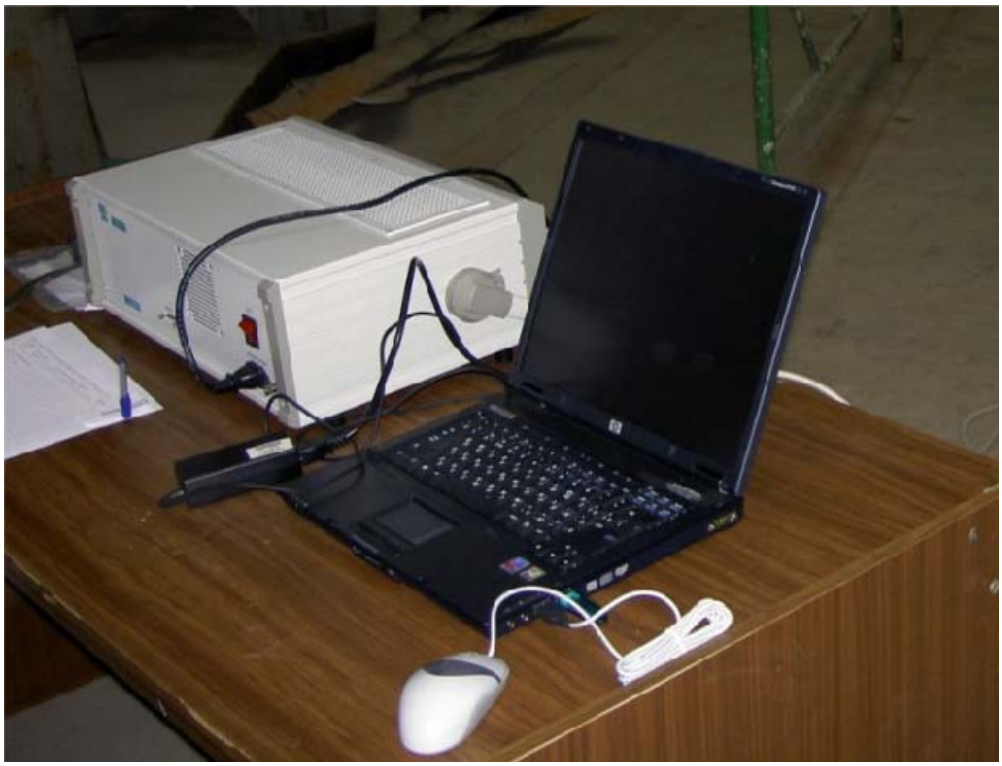
Характеристики датчиков (акселерометров) представлены в таблице 5.2.

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}С	от +15 до +35

а)



б)

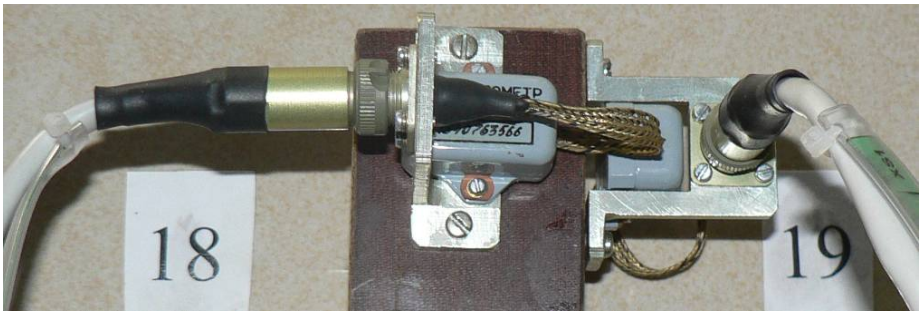


Рис. 5.2

Общее количество контролируемых точек (количество акселерометров) – 6, из которых 4 были установлены на кронштейны фасадной системы вблизи анкерных креплений. Схема расположения датчиков приведена на рис.5.3. Данная схема расстановки измерительных приборов позволяет оценить характер динамических воздействий от виброплатформы на несущие элементы фасадной системы − кронштейны и соответственно на анкерный крепеж, с помощью которого осуществляется крепление кронштейнов к железобетонным стенам.

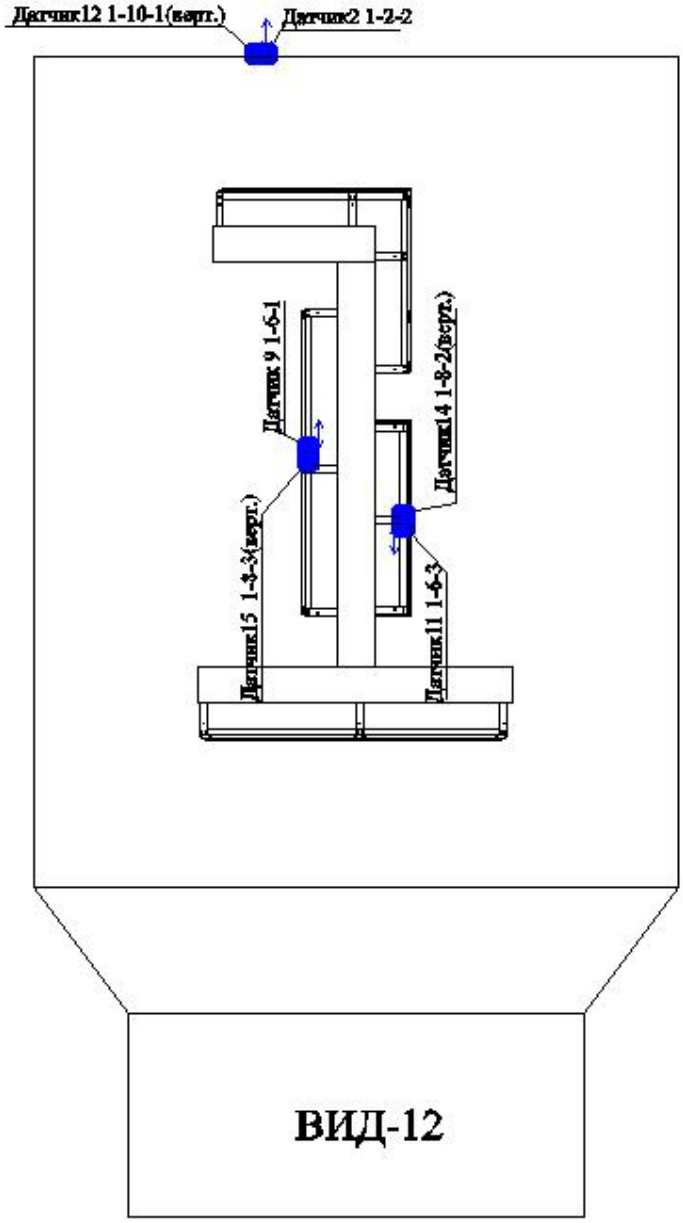


Рис. 5.3 Схема расположения датчиков.

6. **ПОДГОТОВКА СТЕНДА И ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ. МОНТАЖ ФРАГМЕНТА ФС**

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

Монтаж образцов ФС «ДИАТ» для проведения испытаний осуществлялся силами Заказчика. Приемка образцов для монтажа, оценка их соответствия требованиям, установленным нормативными и техническими документами до и после установки на испытательный стенд осуществлялась представителями ООО «ДИАТ» с участием специалистов ЛСК ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко.

Монтаж конструкций ФС «ДИАТ» на стенд осуществлялся по следующей технологии.

1) Система навешивалась на железобетонные элементы стенда с помощью кронштейнов, устанавливаемых с шагом в вертикальном направлении 900мм. При этом шаг по горизонтали составлял 600 мм.

2) Кронштейны крепились к железобетонным элементам стенда с помощью анкеров марок **FUR 10×100 и SXR 10×100 FUS** фирмы **«FISCHER»**.

3) К кронштейнам с помощью заклепок крепились направляющие.

5) Стенд с фрагментами системы для проведения экспериментальных исследований показан на рис. 4.1.

7. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ АНКЕРНОГО КРЕПЕЖА ФИРМЫ «FISCHER» НА ДЕЙСТВИЕ СТАТИЧЕСКОЙ И ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗОК.

7.1. Испытания анкерного крепежа на действие статической нагрузки до начала динамических испытаний

Испытания анкеров проводились в соответствии с требованиями действующего стандарта на испытания анкеров, разработанного специалистами ФГУ «ФЦС» с участием ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко [1].

Испытания анкеров проводились по двум методикам, приведенным в Стандарте [1]:

- путем непрерывного нагружения анкера до момента разрушения анкерного узла. Время нагружения 2-3 минуты с замером деформации анкера на каждом шаге нагружения;
- по методике ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко путем пошагового нагружения анкера с выдержкой 3-5 минут на каждом шаге нагружения и с разгрузкой на каждом шаге нагружения для определения упругой зоны работы анкера.

При проведении испытаний анкеров на вырыв из стенового материала использовался гидравлический домкрат HYDRAJAWS NH237 (сертификат №24-3 от 23.08.2004) мощностью 25кН. При испытаниях адаптер (захват головки анкера) крепился к ручному гидравлическому домкрату. Нагрузка на головку анкеров подавалась ступенями, составляющими N≈1/10-1/15 от предполагаемой разрушающей нагрузки (нагрузки, при которой происходило вытягивание анкера из тела стены).

При испытаниях анкеров на вырыв из стенового материала по первой методике нагружение анкера осуществлялось пошагово с замером на каждом шаге нагружения деформации анкера с помощью индикатора часового типа (точность 0.01мм). За разрушающую (предельную) принималась нагрузка,

при которой увеличение деформации анкера происходило без роста усилия на него.

При первой схеме натурных испытаний за расчетное усилие вырыва анкеров принимается нагрузка, определяемая в соответствии с рекомендациями [1] по формуле:

$$\mathbf{R=N(1-t\times\upsilon)/m.}$$

Для анкеров с полиамидным дюбелем марок **FUR 10×100 и SXR 10×100 FUS** фирмы **«FISCHER»** коэффициент **m=5,** остальные коэффициенты определяются по той же методике.

Суть второй методики испытаний, включенной в Стандарт [1], заключается в следующем:

- осуществляется пошаговое увеличение нагрузки (не более 10 % от предполагаемой величины контрольной нагрузки) с выдержкой на каждом этапе нагружения 5-10 мин и последующим повторным измерением деформаций анкера;

- разгрузка анкера на каждом этапе нагружения с определением величины остаточных деформаций. Данный подход позволяет установить реальную область упругой работы анкера. Т.е. имеется возможность оценить величину расчетной нагрузки на анкер и определить для дальнейших испытаний коэффициент безопасности для данных типов анкера и основания, в которое крепится анкер.

Анализ лабораторных испытаний анкеров на действие нагрузки, приложенной вдоль оси анкера (по первой методике), позволяет отметить следующее:

1. На рис. 7.1, 7.2 приведены графики зависимости «нагрузка-деформация» для образцов указанных выше марок анкеров, построенные по результатам лабораторных испытаний.
2. Величины предельных разрушающих нагрузок для анкеров установленных в монолитные железобетонные панели, составили:

- **для анкеров марки FUR 10×100:**
  −22.0−21.8−21.5−22.0−22.2−21.6 кН;
- **для анкеров марки SXR 10×100 FUS:**
  −17.0−16.8−17.1−17.0−16.5−17.0 кН.

3. За расчетное усилие вырыва анкеров, установленных в монолитные железобетонные панели, в соответствии с рекомендациями [1] - по первой методике испытаний следует принимать нагрузку равную:
   - **для анкеров марки FUR 10×100:**
     $\mathbf{N_{расч.}=4.2}$ **кН** (420 кгс) при **m=5.0**, **υ=0.012 и S=0.26**
   - **для анкеров марки SXR 10×100 FUS**:
     $\mathbf{N_{расч.}=3.2}$ **кН** (320 кгс) при **m=3.0**, **υ=0.012 и S=0.21.**

Анализ результатов лабораторных испытаний анкеров по второй методике на действие нагрузки, приложенной вдоль оси анкера (было испытано по 3 образца анкеров марок **FUR 10×100** и **SXR 10×100 FUS** позволяет отметить следующее:

1. На рис. 7.3, 7.4 приведены графики зависимости «нагрузка-деформация» для образцов указанных выше марок анкеров, построенные по результатам лабораторных испытаний.
2. Величины предельных разрушающих нагрузок для анкеров установленных в монолитную железобетонную панель, составили:
   - **для анкеров марки FUR 10×100**:
     −21.8−20.0−22.0 кН;
   - **для анкеров марки SXR 10×100 FUS**:
     −16.8−17.1−17.0 кН;
4. За расчетное усилие вырыва анкеров марок **FUR 10×100 и SXR 10×100 FUS** фирмы **«FISCHER»** с учетом характера поведения анкера в процессе пошагового его нагружения с разгрузкой по второй методике, изложенной в[1], следует принимать нагрузку равную:

- **для анкеров марки FUR 10×100**:

$N_{расч.}$=5.0 кН (500 кгс)

- **для анкеров марки SXR 10×100 FUS**:

$N_{расч.}$=3.5 кН (350 кгс).

При данной нагрузке величина остаточных деформаций в процессе разгрузки анкеров практически равна нулю, т.е. анкеры при данных расчетных нагрузках работают в упругой стадии.

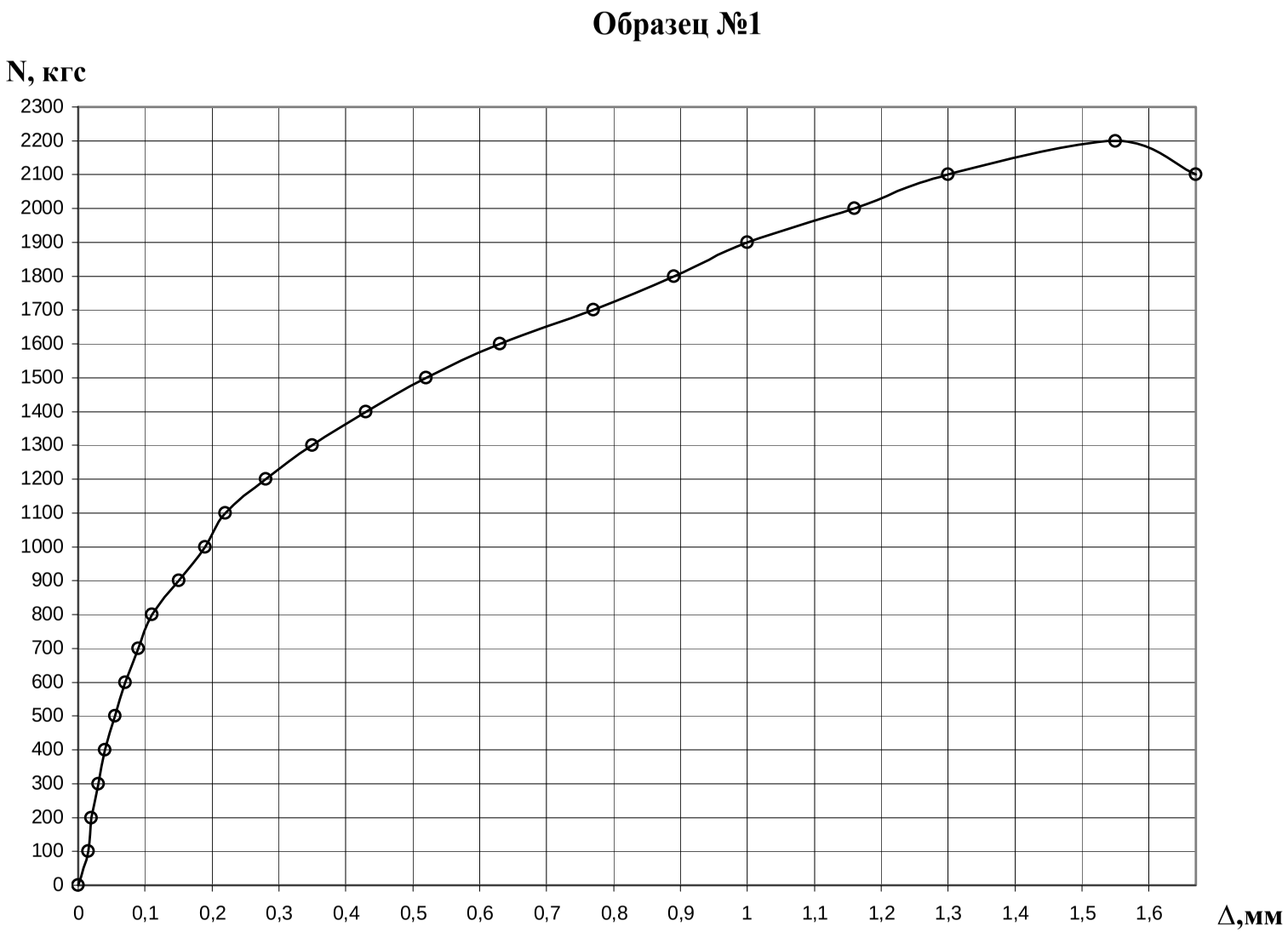


Рис. 7.1 **. График зависимости “нагрузка-деформация”.**

-материал стены - монолитный железобетон

-марка анкера - FUR 10×100 FUS (Fischer).

Образец 2

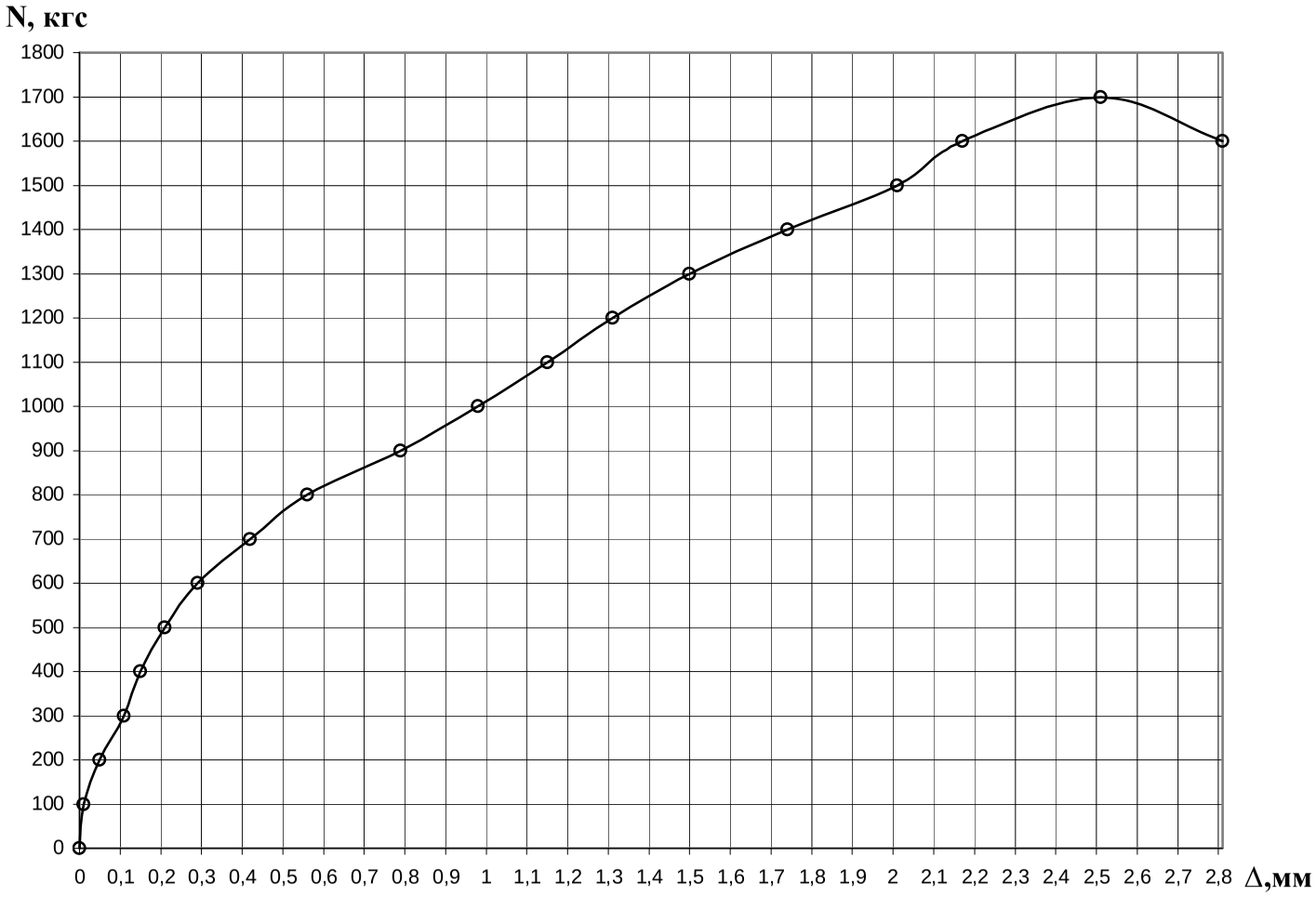


Рис. 7.2 **. График зависимости “нагрузка-деформация”.**
-материал стены - монолитный железобетон
-марка анкера - SXR 10×100 FUS (Fischer).

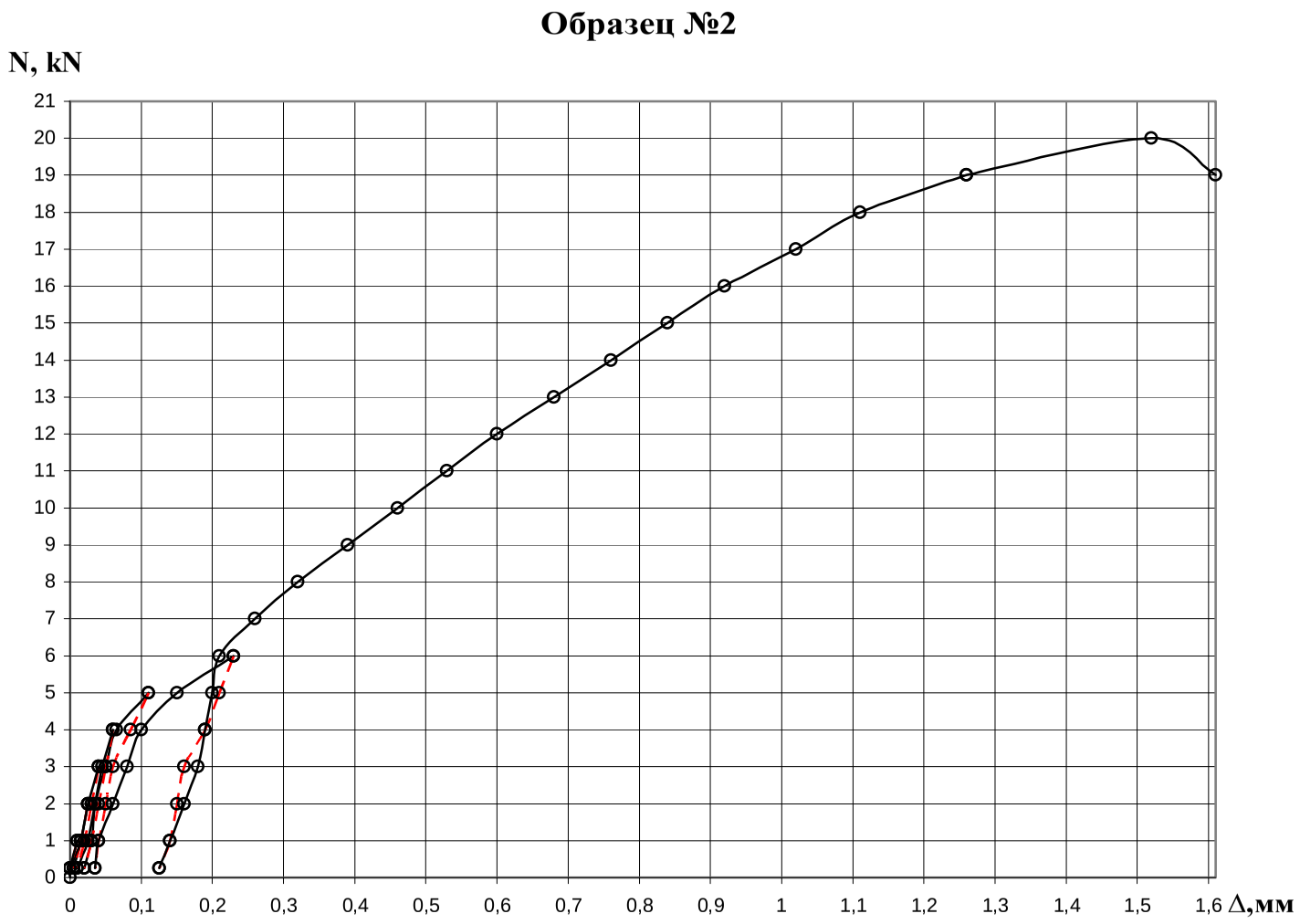


Рис. 7.3 **. График зависимости “нагрузка-деформация”.**
-материал стены - монолитный железобетон
-марка анкера - FUR 10×100 FUS (Fischer).

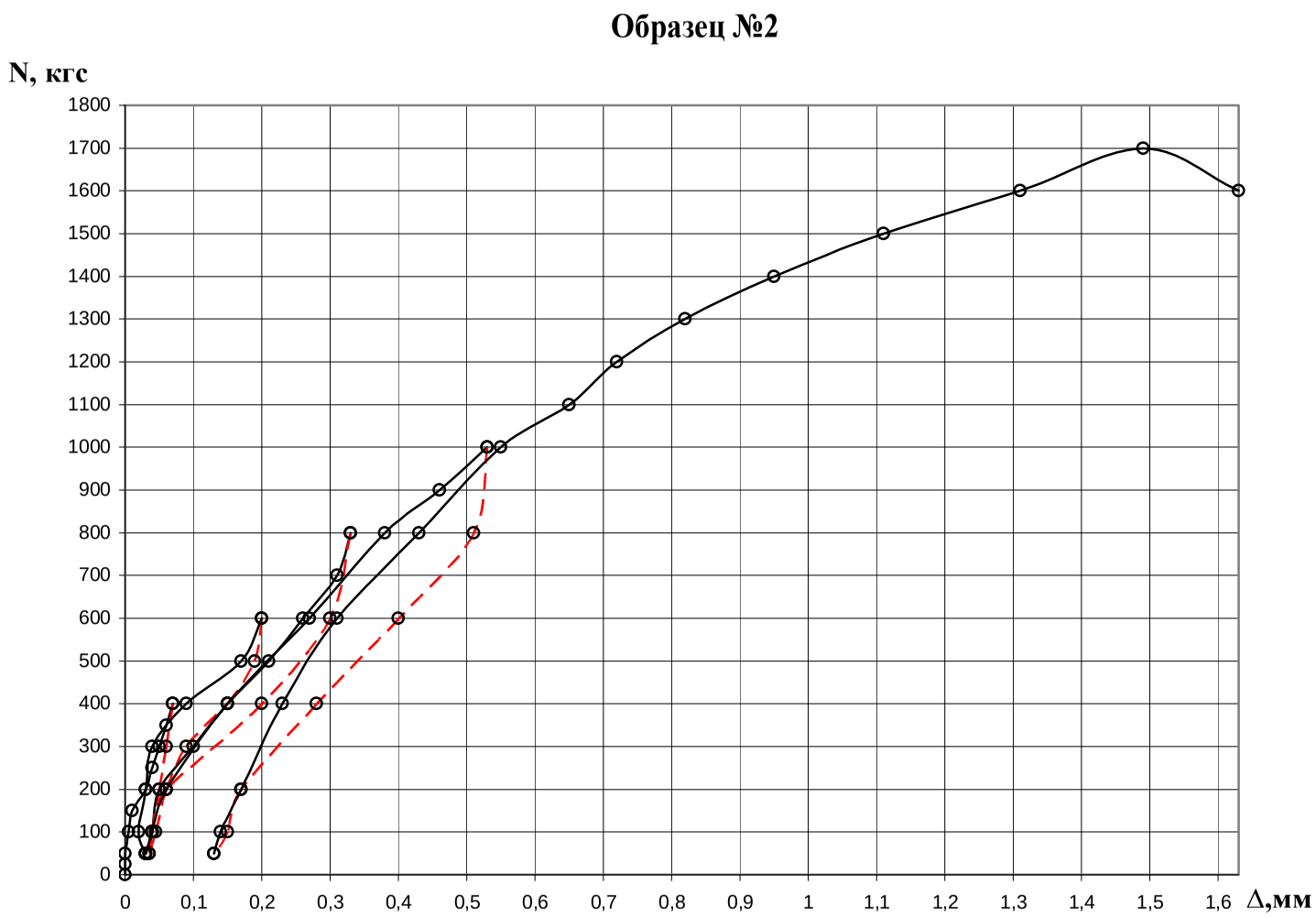


Рис. 7.4 . График зависимости “нагрузка-деформация”.

-материал стены - монолитный железобетон

-марка анкера - SXR 10×100 FUS (Fischer).

7.2. Испытания анкерного крепежа на действие динамической нагрузки

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;
- к кронштейнам навесной фасадной системы вблизи анкерных креплений;
- непосредственно к облицовке (плиты из натурального камня, керамогранитные плиты).

Полученные характеристики ускорений и перемещений кронштейнов и облицовки позволили оценивать уровень сейсмических сил на кронштейны и облицовку и соответственно на анкеры, с помощью которых кронштейны крепились к железобетонным элементам испытательного стенда.

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.

Приведенные в табл. 7.1 величины ускорений и соответствующие им значения бальности по цветовой гамме соответствуют зонам сейсмичности, указанным на карте сейсмического районирования территории РФ (рис. 7.5).

Программа динамических испытаний анкеров фирмы **«FISCHER»** включала в себя следующие пункты:

1. Каждый тип анкера устанавливался в железобетонный элемент вибростенда (класс бетона соответствовал В30). Схема расстановки анкеров показана на рис.7.6

2. Проводятся испытания ФС, закрепленной к железобетонным стеновым панелям при помощи анкеров фирмы **«FISCHER»**, с изменением частотного спектра от 0 до 6 Гц при фиксированной амплитуде перемещения виброплатформы.

   Далее изменяется значение амплитуды и осуществляется задание частот в указанном выше спектре. Длительность каждого из указанных этапов динамического нагружения (при фиксированных амплитуде и частоте) системы составляла около 30 сек.

3. По результатам 2-го этапа испытаний (п.2) устанавливаются уровни воздействий, соответствующие резонансным колебаниям системы, и уровни ускорений виброплатформы, соответствующие 7-9-ти балльным воздействиям по шкале MSK-64.
4. После завершения этапа динамических испытаний фасадной системы и соответственно анкерных креплений производилась визуальная оценка технического состояния анкеров и возможности их испытания на действие статической нагрузки вырыва. При отсутствии признаков разрушения анкера, изменения его конфигурации или видимых перемещений анкера он допускался к последнему этапу испытаний статическим нагружением до его разрушения для определения влияния динамической нагрузки на его несущую способность при вырыве.
5. В таблицах 7.1÷7.4 приведены параметры загружения и достигнутые в ходе испытаний ускорения и амплитуды испытательной платформы и кронштейнов ФС.

Параметры динамического нагружения платформы

Таблица 7.1.

№ режима	Частота ***f*** *(Гц)*	Амплитуда ***A*** *(мм)*	Ускорение ***a***(*см/с*^{2})	балльность
1	3.8	0.5	26	5.1
2	5.0	1.1	104	7.1
3	5.7	2.1	275	8.5
4	6.0	2.4	346	8.8
5	6.3	2.1	336	8.7
6	1.9	0.2	3	1.9
7	3.1	0.5	20	4.7
8	3.8	1.0	59	6.2
9	4.7	1.9	169	7.8
10	5.1	3.2	327	8.7
11	1.9	0.4	5	2.7
12	2.9	0.8	25	5.0
13	3.8	1.7	94	6.9
14	2.5	0.8	19	4.6
15	2.9	0.9	29	5.2
16	3.5	1.5	74	6.6
17	4.1	2.5	167	7.7
18	1.9	0.6	8	3.4
19	2.9	1.5	49	6.0
20	3.5	1.8	86	6.8
21	2.2	0.8	16	4.4
22	2.9	1.4	48	5.9
23	3.4	2.3	105	7.1
24	4.0	3.1	194	8.0
25	5.7	2.8	360	8.8

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 T=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. 7.5

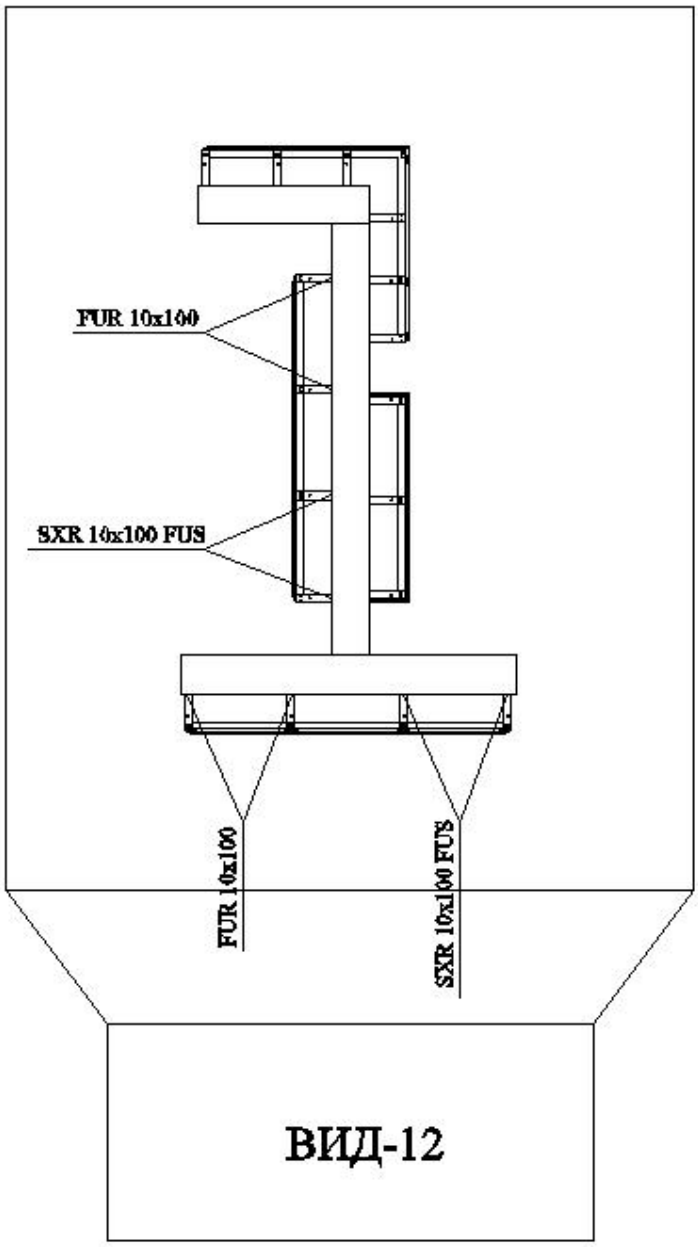


Рис. 7.6 Схема расположения анкеров "FISCHER".

Параметры динамического загружения анкеров.

Датчик 15 (измерение усилий вертикальных к оси анкера) Таблица 7.2.

№ режима	Частота ***f*** *(Гц)*	Амплитуда ***A*** *(мм)*	Ускорение ***a****(м/с²)*
1	3,8	0,2	0,10
2	5,0	0,1	0,11
3	5,7	0,2	0,20
4	6,0	0,0	0,05
5	6,3	2,6	4,08
6	1,9	0,4	0,05
7	3,1	0,3	0,11
8	3,8	0,3	0,16
9	4,7	0,3	0,23
10	5,1	0,2	0,22
11	1,9	0,6	0,08
12	2,9	0,5	0,15
13	3,8	0,4	0,24
14	2,5	0,6	0,16
15	2,9	0,5	0,17
16	3,5	0,5	0,26
17	4,1	0,6	0,37
18	1,9	0,8	0,12
19	2,9	0,8	0,26
20	3,5	0,6	0,29
21	2,2	0,9	0,17
22	2,9	0,8	0,28
23	3,4	0,7	0,34
24	4,0	0,8	0,52
25	5,7	0,4	0,54

Датчик 9 (измерение усилий продольных к оси анкера) Таблица 7.3.

режима	Частота ***f*** *(Гц)*	Амплитуда ***A*** *(мм)*	Ускорение ***a****(см/с^2)*
1	3.7	0,2	11
2	4.2	0,3	24,5
3	4.8	0,8	67,7
4	5.1	1,3	137,1
5	5.4	2,1	249,1
6	4.9	1,4	133
7	5.3	2,4	264,6
8	5.4	3,9	446,5
9	5.3	5,6	630,7
10	5.4	2,1	245,8
11	5.6	3,4	423,3
12	4.2	1,6	109,3
13	3.8	1,1	62,4
14	3.1	0,5	20,2
15	3	0,5	17,4
16	3.5	1	49,6
17	3.9	1,7	103,7
18	4.2	2,4	170,3
19	4.4	2,8	208,4
20	4.5	3,2	251,4
21	4.5	3,4	273,6
22	5.3	1,9	222
23	5.4	3,2	363,5
24	4.2	2,4	178,3
25	4.4	2,8	204,4

Датчик 14 (измерение усилий вертикальных к оси анкера) Таблица 7.3.

№ режима	Частота ***f*** *(Гц)*	Амплитуда ***A*** *(мм)*	Ускорение ***a****(м/с^2)*
1	3,8	0,1	0,08
2	5,0	0,2	0,24
3	5,7	0,5	0,62
4	6,0	0,6	0,85
5	6,3	1,8	2,83
6	1,9	0,2	0,03
7	3,1	0,2	0,08
8	3,8	0,3	0,17
9	4,7	0,5	0,42
10	5,1	0,8	0,79
11	1,9	0,4	0,05
12	2,9	0,4	0,12
13	3,8	0,5	0,29
14	2,5	0,5	0,12
15	2,9	0,4	0,14
16	3,5	0,5	0,26
17	4,1	0,7	0,45
18	1,9	0,6	0,08
19	2,9	0,7	0,23
20	3,5	0,6	0,28
21	2,2	0,6	0,12
22	2,9	0,7	0,23
23	3,4	0,7	0,34
24	3,5	0,9	0,32
25	2,7	0,6	0,17

Датчик 11 (измерение усилий продольных к оси анкера) Таблица 7.4.

№ режима	Частота ***f*** *(Гц)*	Амплитуда ***A*** *(мм)*	Ускорение ***a****(м/с^2)*
1	3,8	3,5	2,01
2	5,0	4,5	4,39
3	5,7	6,5	8,38
4	6,0	6,8	9,71
5	6,3	10,4	16,26
6	1,9	5,9	0,84
7	3,1	5,9	2,25
8	3,8	7,6	4,31
9	4,7	9,3	8,11
10	5,1	11,9	12,16
11	1,9	8,9	1,27
12	2,9	9,3	3,07
13	3,8	11,6	6,63
14	2,5	12,5	3,08
15	2,9	10,6	3,53
16	3,5	13,2	6,40
17	4,1	15,4	10,24
18	1,9	14,9	2,12
19	2,9	16,8	5,58
20	3,5	14,7	7,11
21	2,2	16,6	3,17
22	2,9	17,7	5,86
23	3,4	20,3	9,25
24	4,2	9,3	8,17
25	5,5	11,9	12,19

Анализ результатов динамических испытаний анкерных креплений фирмы **«FISCHER»** позволяет отметить следующее:

в процессе испытаний ускорение виброплатформы по данным акселерометров, установленных на ней, изменялось в интервале от 3.0 до 360.0см/с^2, что эквивалентно сейсмическому воздействию 2÷9 баллов. Схема расстановки датчиков – акселерометров на конструкциях фасадной системы приведена на рис.5.3. Частоты колебания системы изменялись в интервале от 1.9 до 5.7 Гц. Амплитуды колебаний виброплатформы изменялись от 0.5 до 3.2мм. При этом ускорения анкеров изменялись в интервале от 8.0 до 1626.0см/с^2 в продольном относительно оси анкеров направлении и 8.0 до 408.0 см/с^2 в поперечном относительно оси анкеров направлении (ускорения по датчикам, установленным на кронштейне). Продолжительность записи ускорений на каждом этапе динамического нагружения −10 сек.

- на рис.7.8 показана акселерограмма при ударном воздействии на анкеры на последнем этапе испытаний интенсивностью 1093.4 см/с^2 ≈1.1g. Соответствующее этому ускорению усилие, приходящее на анкеры при ударном воздействии на них от веса облицовки из натурального камня, составило:

$$N=m\times a=62\times 10.93=677 \text{ кг}\times\text{м/с}^2 = 677 \text{ Н}=0.67 \text{ кН}.$$

- при указанных выше параметрах динамического воздействия повреждений анкеров и их узловых соединений не выявлено.

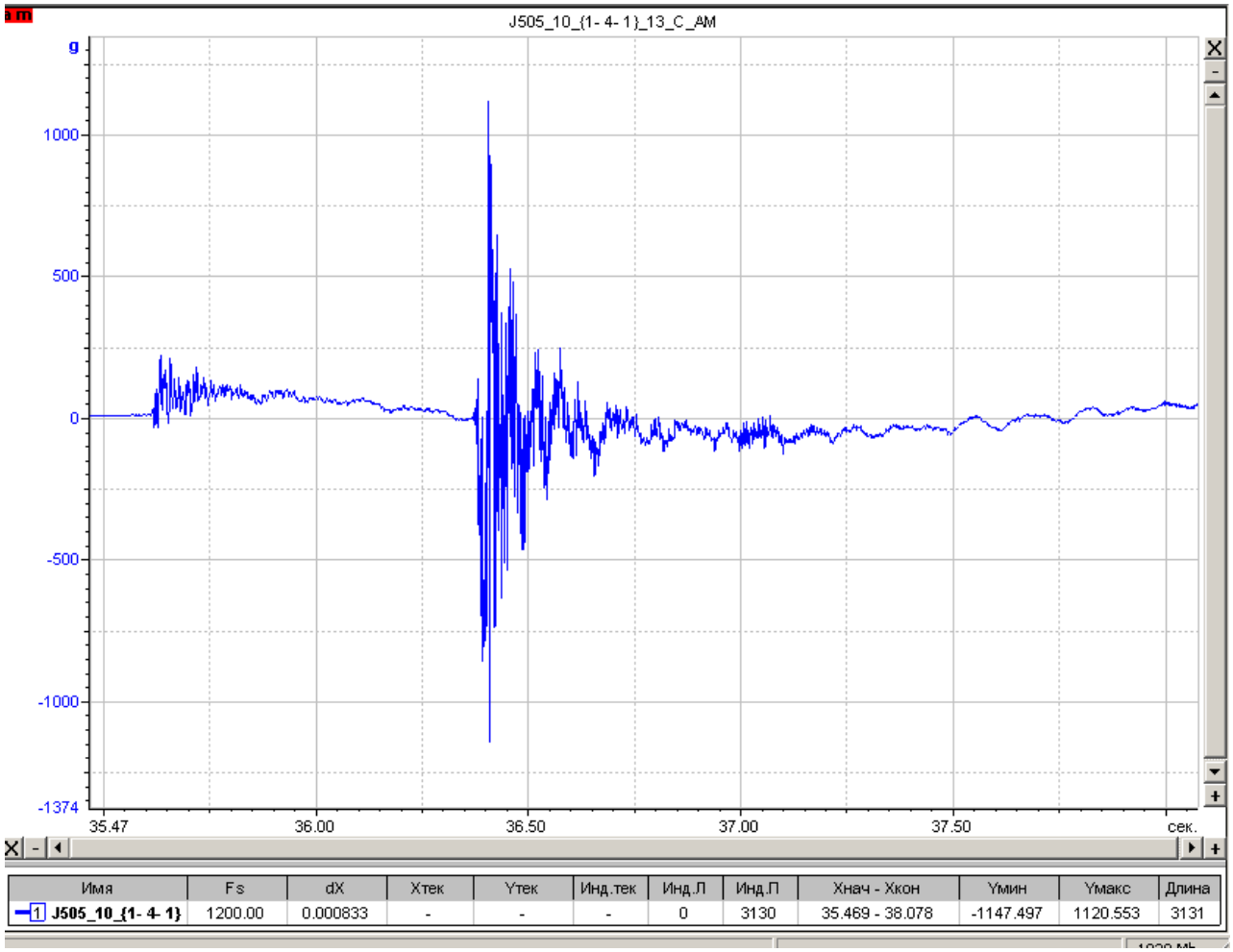

J505_10_{1- 4- 1}_13_C_AM
g
1000
500
0
-500
-1000
-1374
35.47
36.00
36.50
37.00
37.50
сек.
Имя | Fs | dX | Xтек | Yтек | Инд.тек | Инд.Л | Инд.П | Xнач - Xкон | Yмин | Yмакс | Длина
1 J505_10_{1- 4- 1} | 1200.00 | 0.000833 | - | - | - | 0 | 3130 | 35.469 - 38.078 | -1147.497 | 1120.553 | 3131

Рис. 7.8

7.3. Испытания анкерного крепежа на действие статической нагрузки после завершения динамических испытаний.

После завершения динамических испытаний анкеров эти анкеры были испытаны на действие статической продольной относительно их оси нагрузки.

Анализ лабораторных испытаний анкеров на действие нагрузки, приложенной вдоль оси анкера (по первой методике), позволяет отметить следующее:

1. На рис. 7.9, 7.10 приведены графики зависимости «нагрузка-деформация» для образцов указанных выше марок анкеров, построенные по результатам лабораторных испытаний.
2. Величины предельных разрушающих нагрузок для анкеров установленных в монолитные железобетонные панели, составили:
   - **для анкеров марки FUR 10×100:**
     −22.2−21.7−21.6−22.0−22.0−21.5 кН;
   - **для анкеров марки SXR 10×100 FUS:**
     −17.2−16.5−17.0−17.0−16.8−17.0 кН.
3. За расчетное усилие вырыва анкеров, установленных в монолитные железобетонные панели, в соответствии с рекомендациями [1] следует принимать нагрузку равную:
   - **для анкеров марки FUR 10×100:**
     $\mathbf{N_{расч.}=4.2}$ **кН** (420 кгс) при **m=5.0**, **υ=0.012 и S=0.26**
   - **для анкеров марки SXR 10×100 FUS**:
     $\mathbf{N_{расч.}=3.2}$ **кН** (320 кгс) при **m=3.0**, **υ=0.012 и S=0.21.**

Анализ результатов лабораторных испытаний анкеров на действие нагрузки, приложенной вдоль оси анкера (было испытано по 3 образца анкеров марок **FUR 10×100** и **SXR 10×100 FUS** (по второй методике), позволяет отметить следующее:

1. На рис. 7.11, 7.12 приведены графики зависимости «нагрузка-деформация» для образцов указанных выше марок анкеров, построенные по результатам лабораторных испытаний опытных образцов анкеров после завершения динамических испытаний.
2. Величины предельных разрушающих нагрузок для анкеров установленных в монолитную железобетонную панель, составили:
   - **для анкеров марки FUR 10×100**:
     −21.7−21.0−22.0 кН;
   - **для анкеров марки SXR 10×100 FUS**:
     −16.5−16.0−17.0 кН;
4. За расчетное усилие вырыва анкеров марок **FUR 10×100 и SXR 10×100 FUS** фирмы **«FISCHER»** с учетом характера поведения анкера в процессе пошагового его нагружения с разгрузкой по второй методике, изложенной в[1], следует принимать нагрузку равную:
   - **для анкеров марки FUR 10×100**:
     $N_{расч.}$=5.5 кН (400 кгс)
   - **для анкеров марки SXR 10×100 FUS**:
     $N_{расч.}$=3.5 кН (300 кгс).

По результатам измерений при данной нагрузке величина остаточных деформаций в процессе разгрузки анкеров практически равна нулю, т.е. анкеры при данных расчетных нагрузках работают в упругой стадии.

Следует обратить внимание на следующий момент:

- после динамических испытаний прочность анкерного узла при вырыве увеличивается в среднем на 10%. Аналогичные результаты были получены при динамических испытаниях анкеров с полиамидным дюбелем фирмы «SORMAT»;
- данный эффект повышения несущей способности анкера может быть связан с тем, что полиамидный дюбель после

установки анкера в рабочее положение (появление распора) базовый материал пластически деформируется. При этом, в местах соприкосновения материала дюбеля с бетоном имеет место заполнение микропустот и микротрещин в бетоне. В результате этого при действии динамической нагрузки величина несущей способности анкера зависит не только от величины сцепления (силы трения) анкера с бетоном, но и от появления «механической блокировки» полиамидного дюбеля в зоне трещины. То есть, при приложении динамической нагрузки к анкеру шуруп из за наличия выступов (резьбовой части) дополнительно деформирует полиамидную обойму и усиливает «блокировку» анкера в бетонном образце.

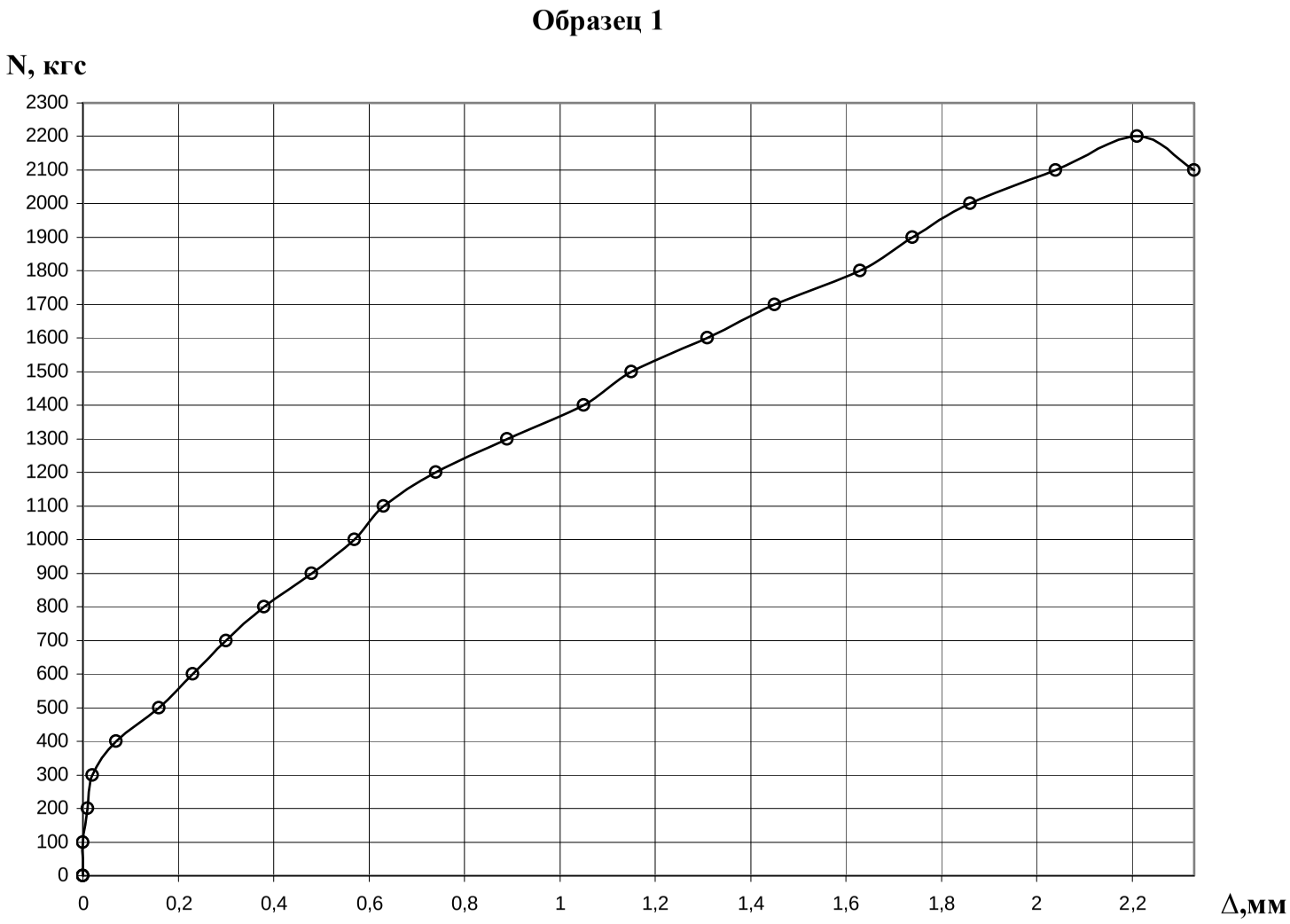


Рис. 7.9 . График зависимости “нагрузка-деформация”.
-материал стены - монолитный железобетон
-марка анкера - FUR 10x100 FUS (Fischer).

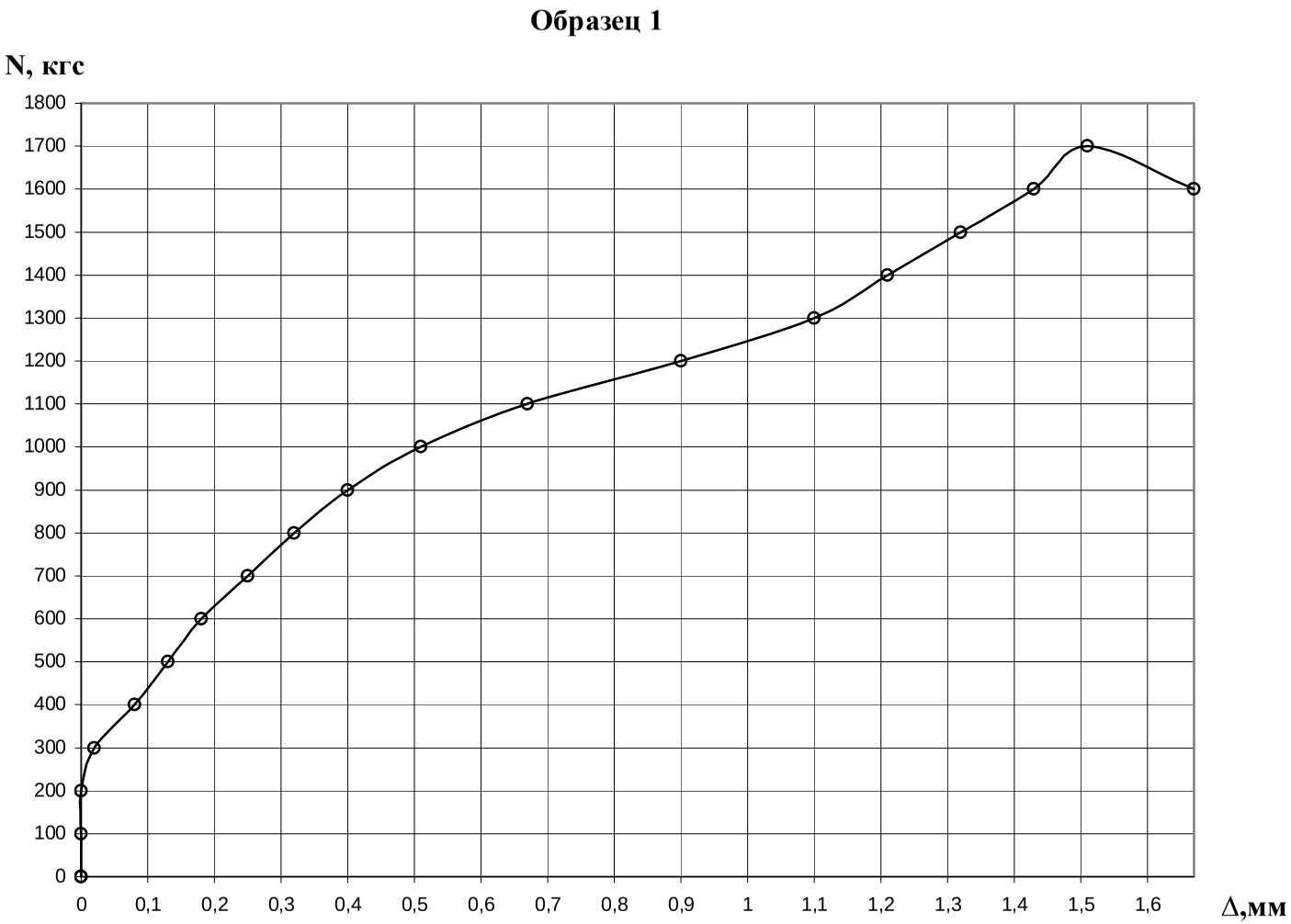


Рис. 7.10 **. График зависимости “нагрузка-деформация”.**

-материал стены - монолитный железобеон

-марка анкера - SXR 10x100 FUS (Fischer).

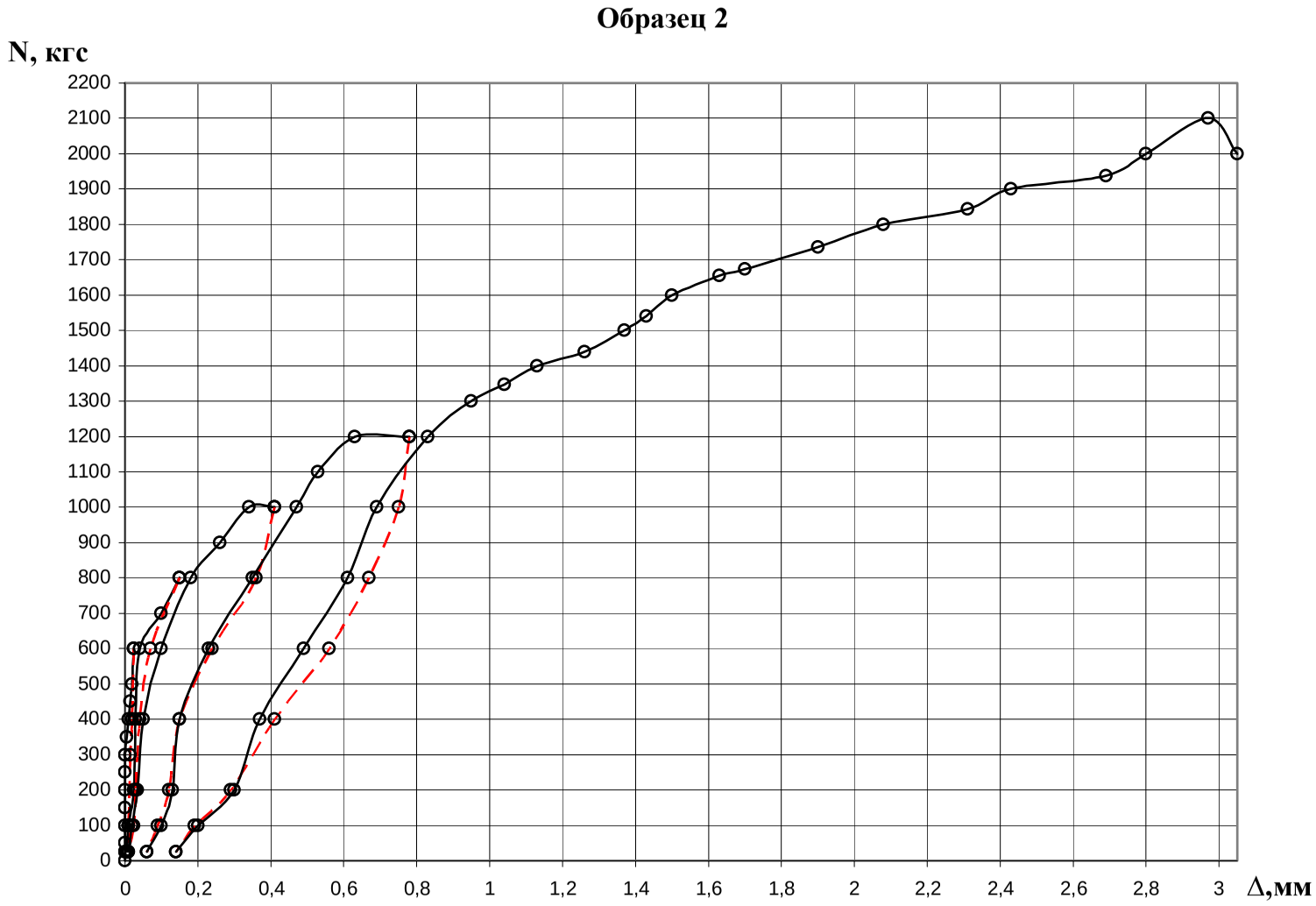


Рис. 7.11 **. График зависимости “нагрузка-деформация”**

-материал - железобетонная плита (класс бетона В 30)

-марка анкера - FUR 10/100 FUS (Fischer).

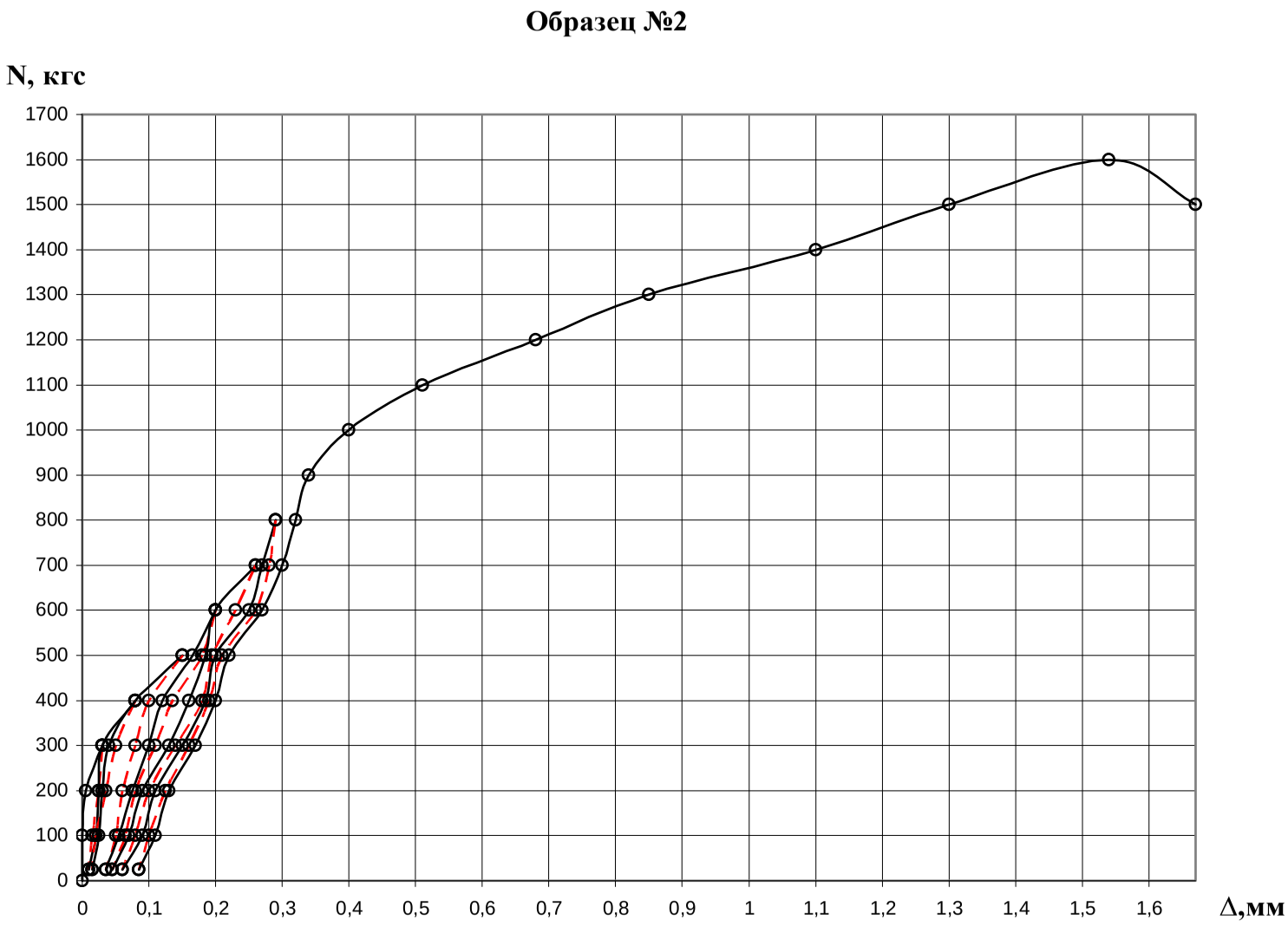


Рис. 7.12 **. График зависимости “нагрузка-деформация”.**
-материал стены - монолитный железобетон
-марка анкера - SXR 10×100 FUS (Fischer).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам экспериментальных исследований сейсмостойкости анкеров марок **FUR 10×100 и SXR 10×100 FUS** фирмы **«FISCHER»** можно сделать следующие выводы.

1. Влияние динамической нагрузки, направленной вдоль и поперек оси анкера, на прочность анкеров марок **FUR 10×100 и SXR 10×100 FUS** фирмы **«FISCHER»** не выявлено. Сравнение результатов статических испытаний принятых марок анкеров на вырыв до и после динамических испытаний показало, что их несущая способность на вырыв при использовании их в качестве анкерного крепежа для фасадных систем после динамических испытаний, моделирующих сейсмические воздействия на здание интенсивностью 7-9 баллов, практически не изменилась.
2. При применении в сейсмических районах анкеров марок **FUR 10×100 и SXR 10×100 FUS** фирмы **«FISCHER»** при установке их в стены из тяжелого бетона для крепления ФС, их несущая способность может приниматься такой же, как и в случае использования этих анкеров в обычных районах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стандарт организации. Крепления Анкерные. Метод определения несущей способности по результатам натурных испытаний. СТО 44416204-010-2010. М.2011.
2. MSK-64. Шкала сейсмической интенсивности MSK. 1964.
3. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 30546.1-98 «Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям и методы расчета их сложных конструкций в части сейсмостойкости».
4. СНиП 2.03.01-84*. «Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования».
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 АНКЕРНОГО КРЕПЕЖА

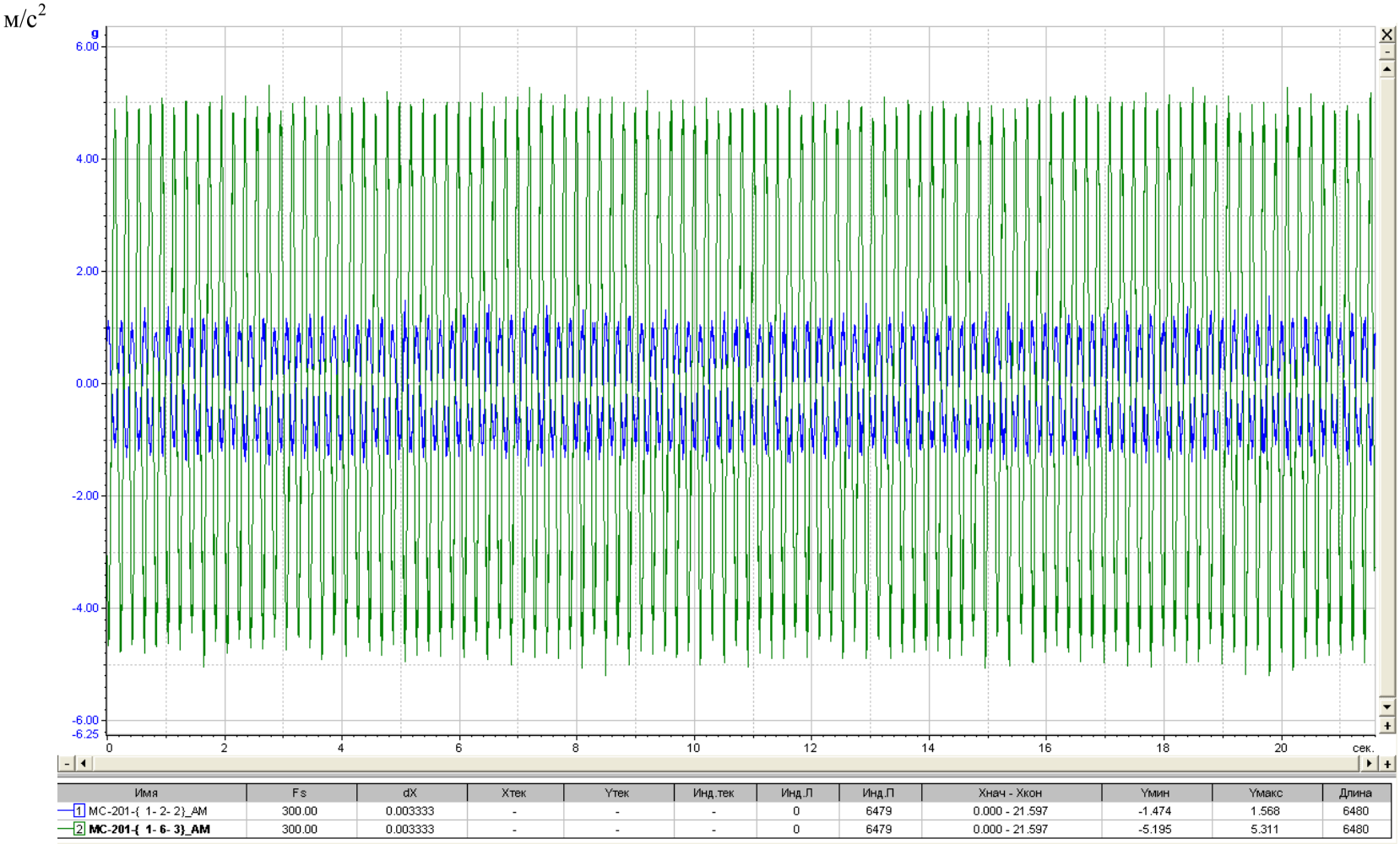
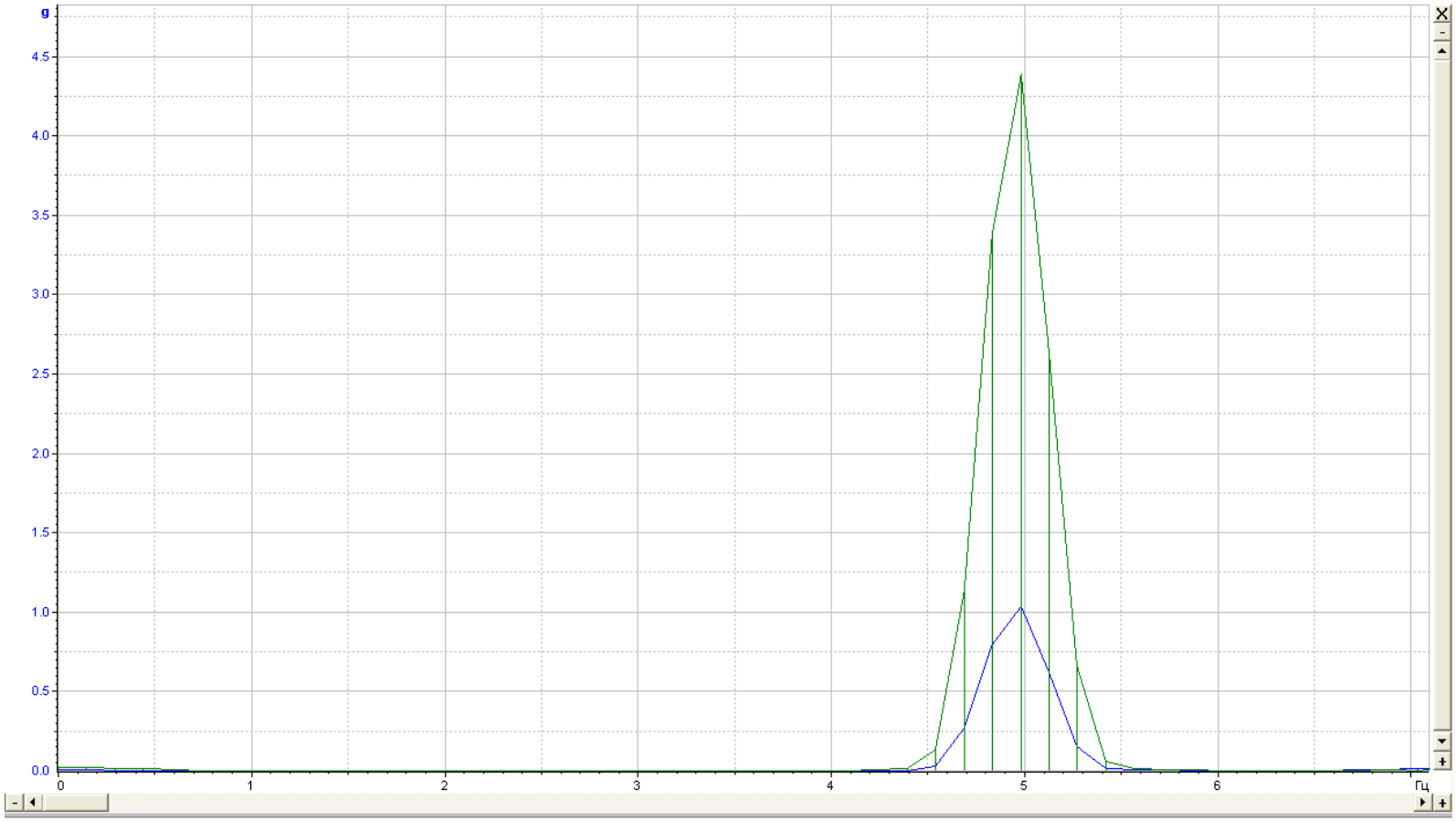


Рис.П-1-1 . Акселерограммы (м/с^2), записанные с датчика 1-2-2 (синим цветом) и датчика 1-6-3 (зеленым цветом) при 2-м режиме испытаний (частота f=5.0 Гц; амплитуда А=1.1 мм)

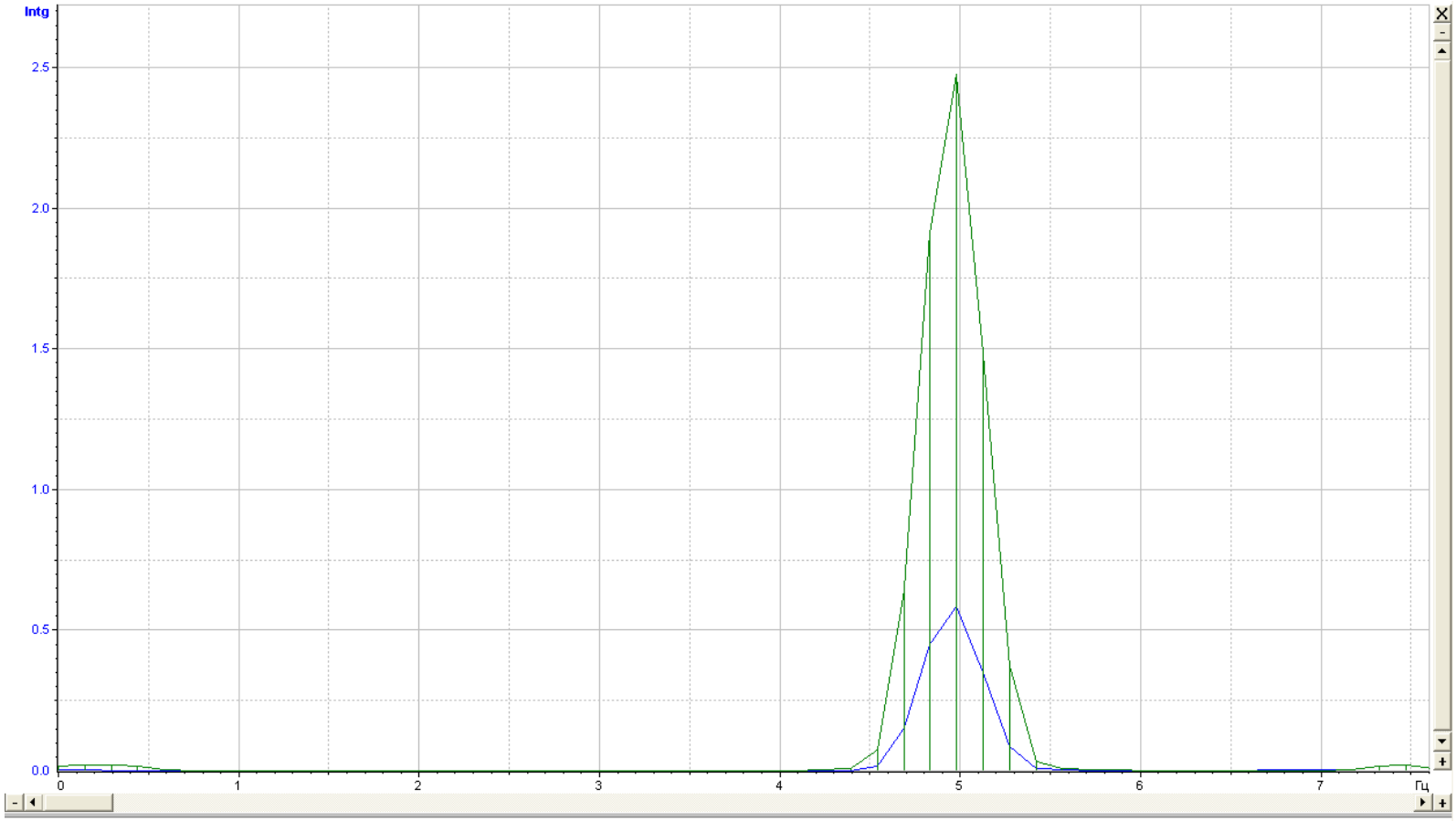
м/с^2



Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Yмин	Yмакс	Длина
1 МС-201-{ 1- 2- 2}_АМ_Амп.	6.83	0.146484	-	-	-	0	48	0.000 - 7.094	0.000	1.036	1024
2 МС-201-{ 1- 6- 3}_АМ_Амп.	6.83	0.146484	-	-	-	0	48	0.000 - 7.094	0.000	4.386	1024

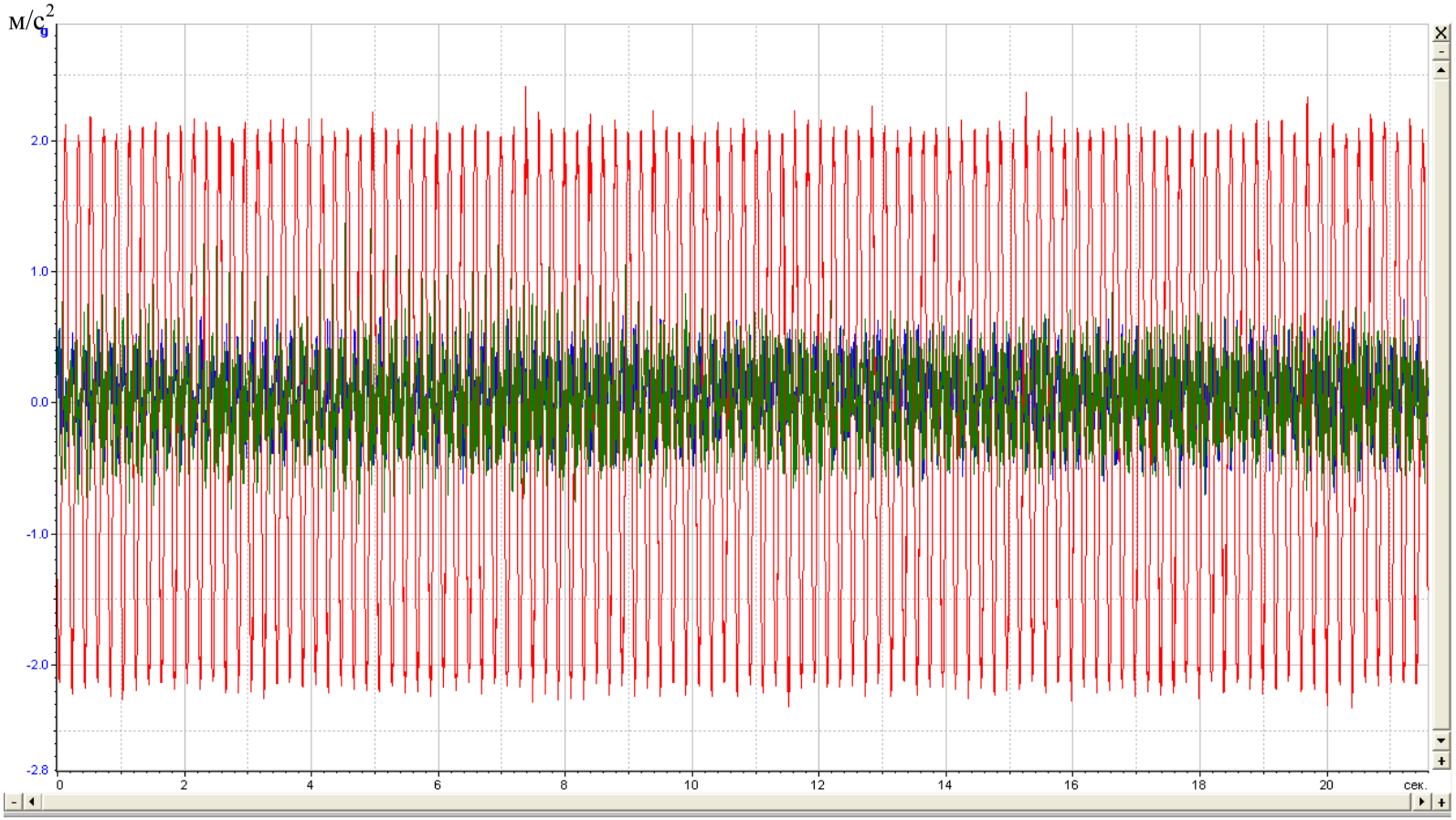
Рис. П-1-2. Спектры пиковых значений ускорений (м/с^2) для датчика 1-2-2 (синим цветом) и датчика 1-6-3 (зеленым цветом) при 2-м режиме испытаний (частота f=5.0 Гц; амплитуда А=1.1 мм)

мм



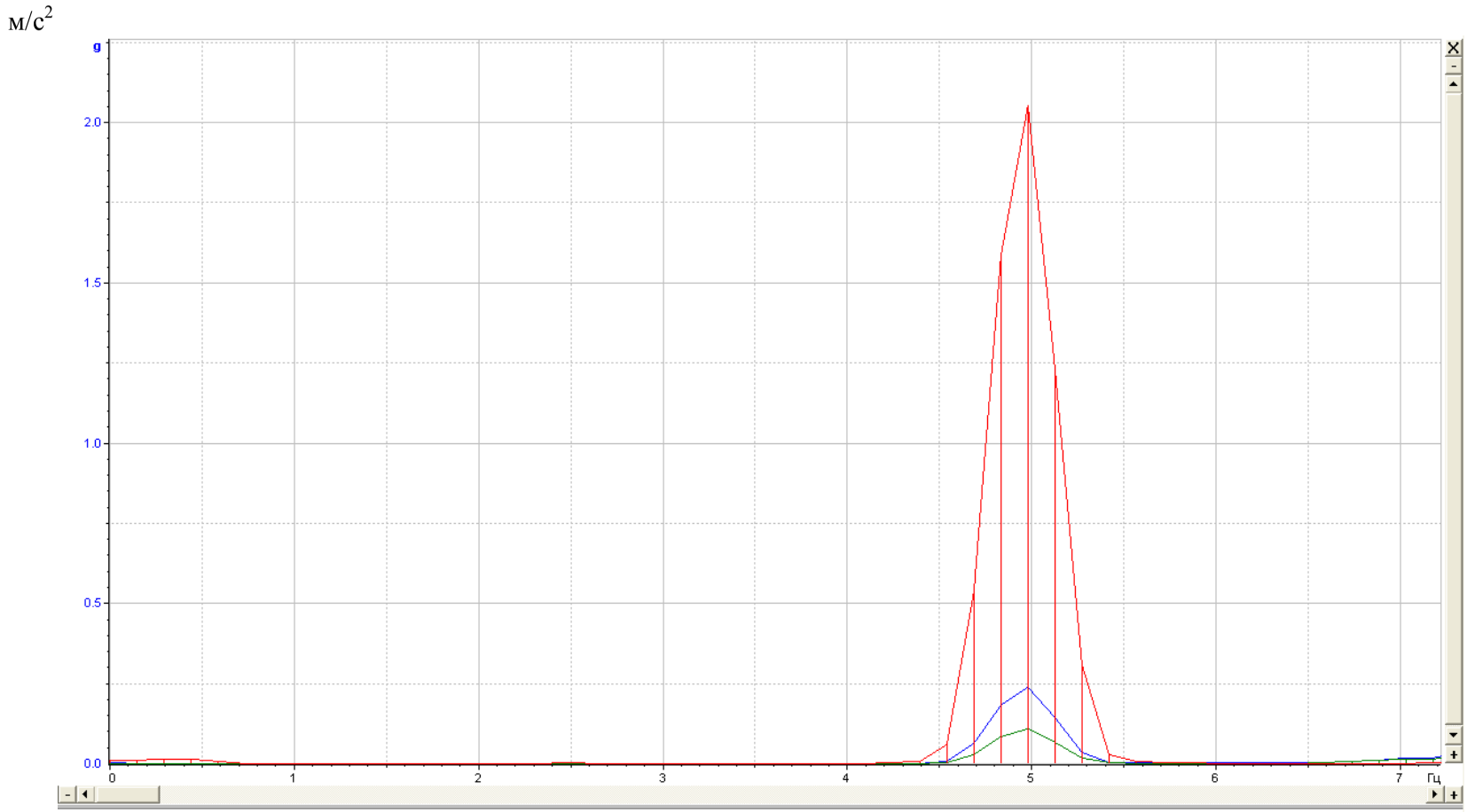
Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Yмин	Yмакс	Длина
1 MC-201-{ 1- 2- 2}_AM_Integr	6.83	0.146484	-	-	-	0	52	0.000 - 7.600	0.000	0.585	1024
2 **MC-201-{ 1- 6- 3}_AM_Integ**	6.83	0.146484	-	-	-	0	52	0.000 - 7.600	0.000	2.475	1024

Рис. П-1-3. Спектры пиковых значений амплитуд (мм) для датчика 1-2-2 (синим цветом) и датчика 1-6-3 (зеленым цветом) при 2-м режиме испытаний (частота *f*=5.0 Гц; амплитуда А=1.1 мм)



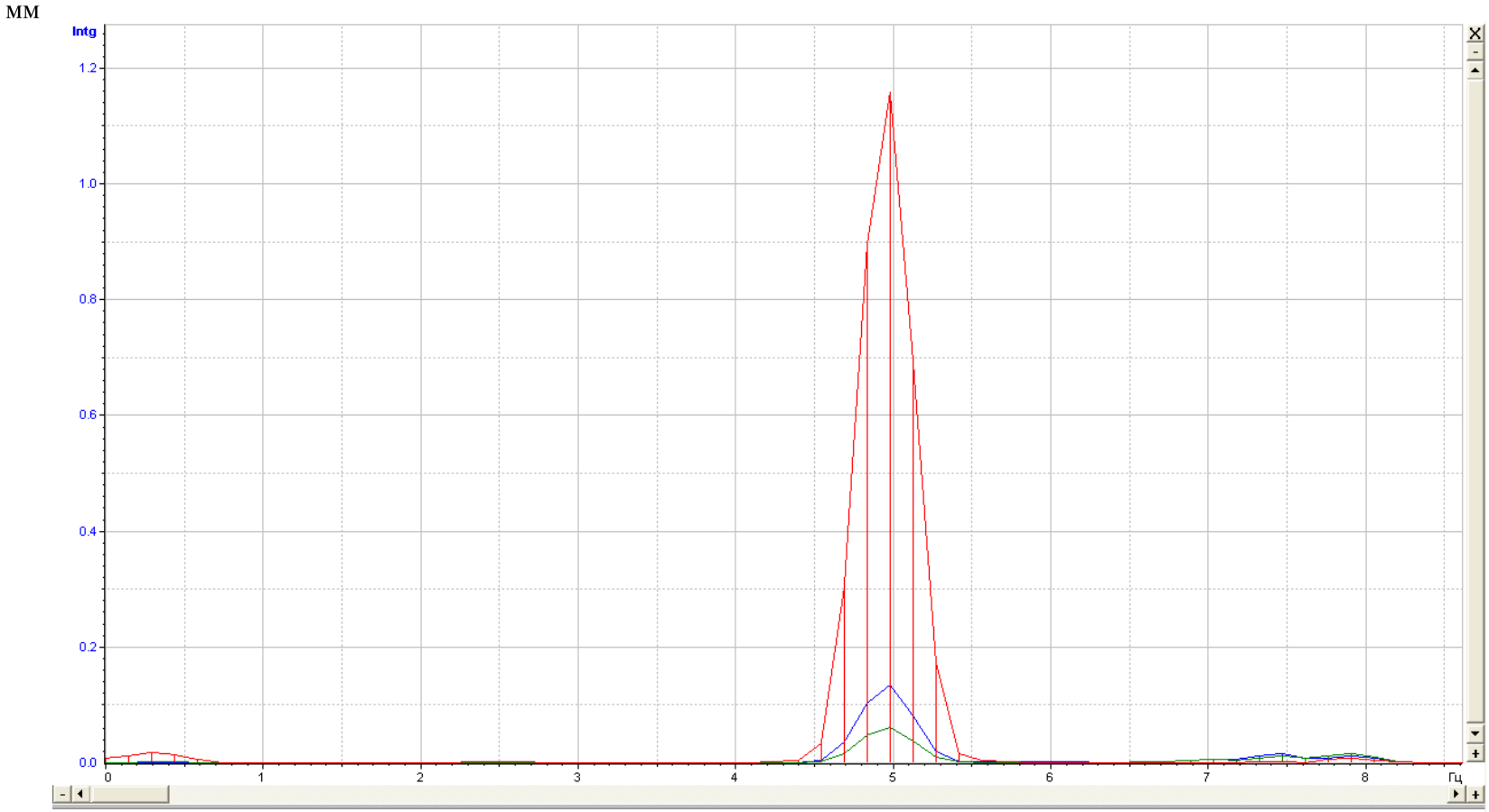
Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Yмин	Yмакс	Длина
1 МС-201-{ 1- 8- 2}_AM	300.00	0.003333	-	-	-	0	6479	0.000 - 21.597	-0.693	0.789	6480
2 МС-201-{ 1- 8- 3}_AM	300.00	0.003333	-	-	-	0	6479	0.000 - 21.597	-0.922	1.375	6480
3 **МС-201-{ 1-10- 2}_AM**	300.00	0.003333	-	-	-	0	6479	0.000 - 21.597	-2.328	2.414	6480

Рис. П-1-4. Акселерограммы (м/с^2), записанные с датчика 1-8-2 (синим цветом), датчика 1-8-3 (зеленым цветом) и датчика 1-10-2 (красным цветом) при 2-м режиме испытаний (частота f=5.0 Гц; амплитуда А=1.1 мм)



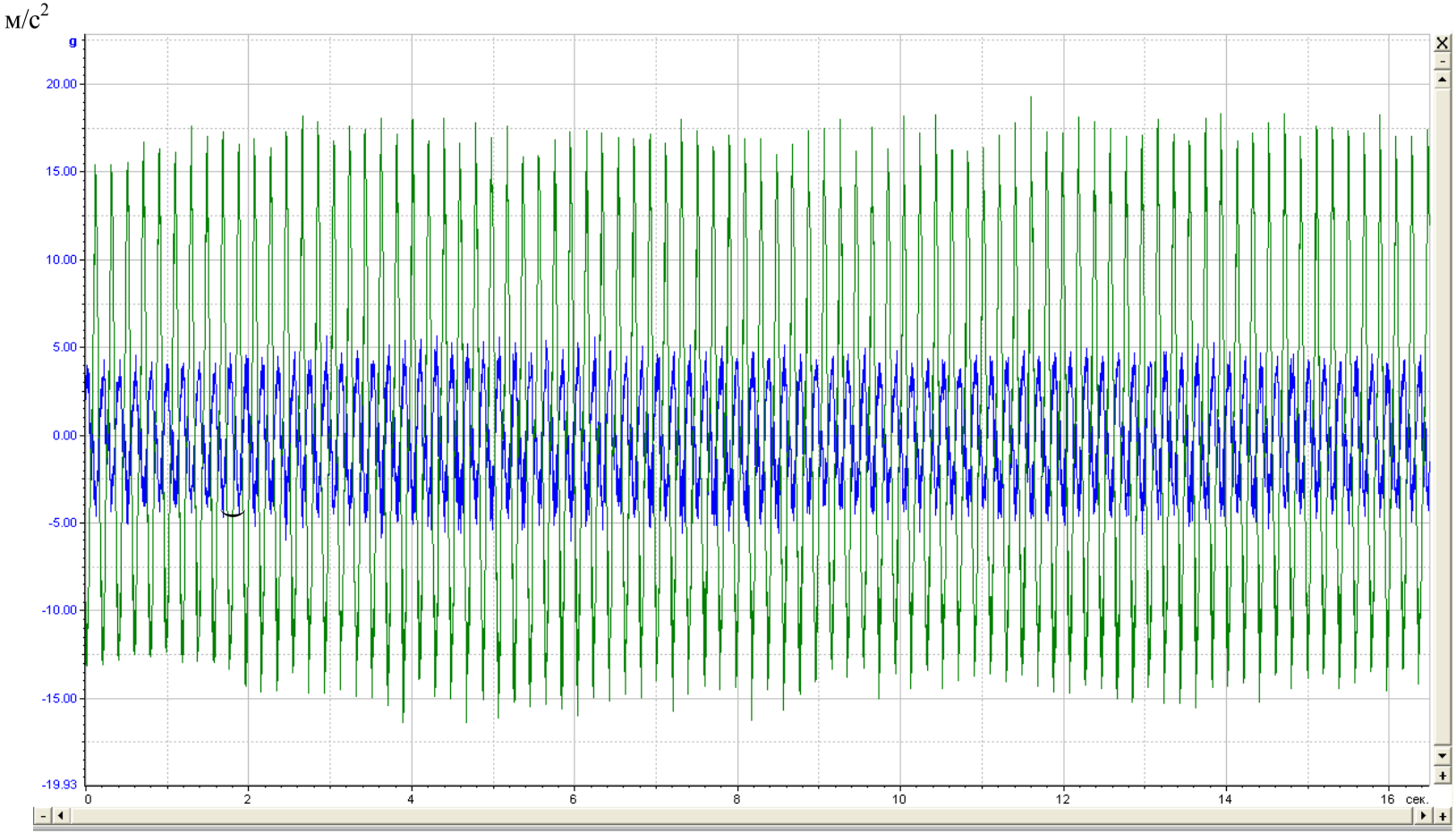
Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Yмин	Yмакс	Длина
1 МС-201-{ 1- 8- 2}_АМ_Амп.	6.83	0.146484	-	-	-	0	49	0.000 - 7.220	0.000	0.237	1024
2 МС-201-{ 1- 8- 3}_АМ_Амп.	6.83	0.146484	-	-	-	0	49	0.000 - 7.220	0.000	0.167	1024
3 **МС-201-{ 1-10- 2}_АМ_Амп**	6.83	0.146484	-	-	-	0	49	0.000 - 7.220	0.000	2.054	1024

Рис. П-1-5. Спектры пиковых значений ускорений (м/с^2) для датчика 1-8-2 (синим цветом), датчика 1-8-3 (зеленым цветом) и датчика 1-10-2 (красным цветом) при 2-м режиме испытаний (частота *f*=5.0 Гц; амплитуда А=1.1 мм)



Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Yмин	Yмакс	Длина
1 МС-201-{ 1- 8- 2}_AM_Integr	6.83	0.146484	-	-	-	0	59	0.000 - 8.614	0.000	0.134	1024
2 МС-201-{ 1- 8- 3}_AM_Integr	6.83	0.146484	-	-	-	0	59	0.000 - 8.614	0.000	0.062	1024
3 **МС-201-{ 1-10- 2}_AM_Inte**	6.83	0.146484	-	-	-	0	59	0.000 - 8.614	0.000	1.159	1024

Рис. П-1-6. Спектры пиковых значений амплитуд (мм) для датчика 1-8-2 (синим цветом), датчика 1-8-3 (зеленым цветом) и датчика 1-10-2 (красным цветом) при 2-м режиме испытаний (частота *f*=5.0 Гц; амплитуда А=1.1 мм



Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Yмин	Yмакс	Длина
1 МС-201-{ 1- 2- 2}_АМ	300.00	0.003333	-	-	-	0	4949	0.000 - 16.497	-6.027	5.663	4950
2 **МС-201-{ 1- 6- 3}_АМ**	300.00	0.003333	-	-	-	0	4949	0.000 - 16.497	-16.365	19.286	4950

Рис. П-1-7. Акселерограммы (м/с^2), записанные с датчика 1-2-2 (синим цветом) и датчика 1-6-3 (зеленым цветом) при 10-м режиме испытаний (частота *f*=5.1 Гц; амплитуда А=3.2 мм)

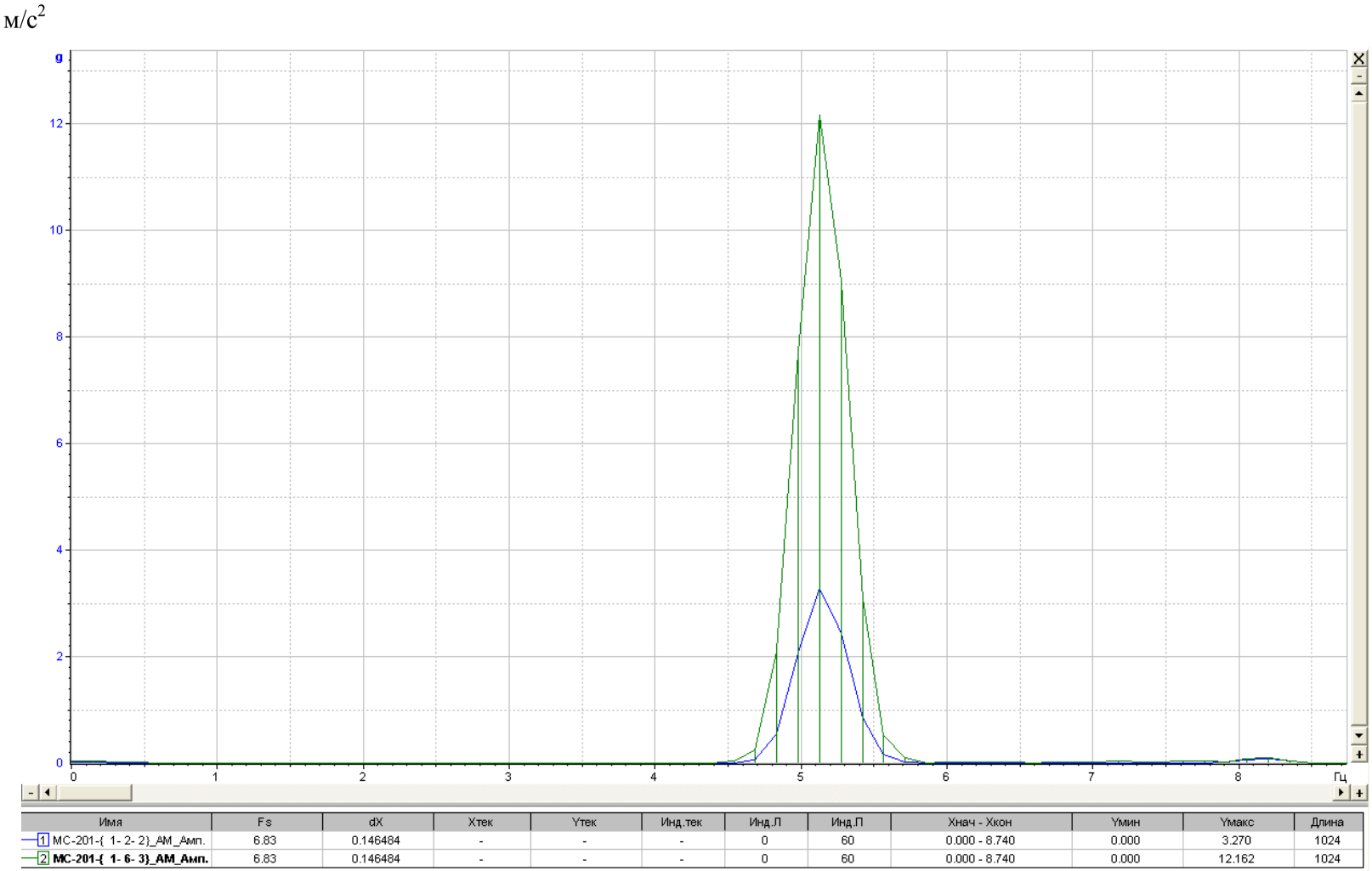
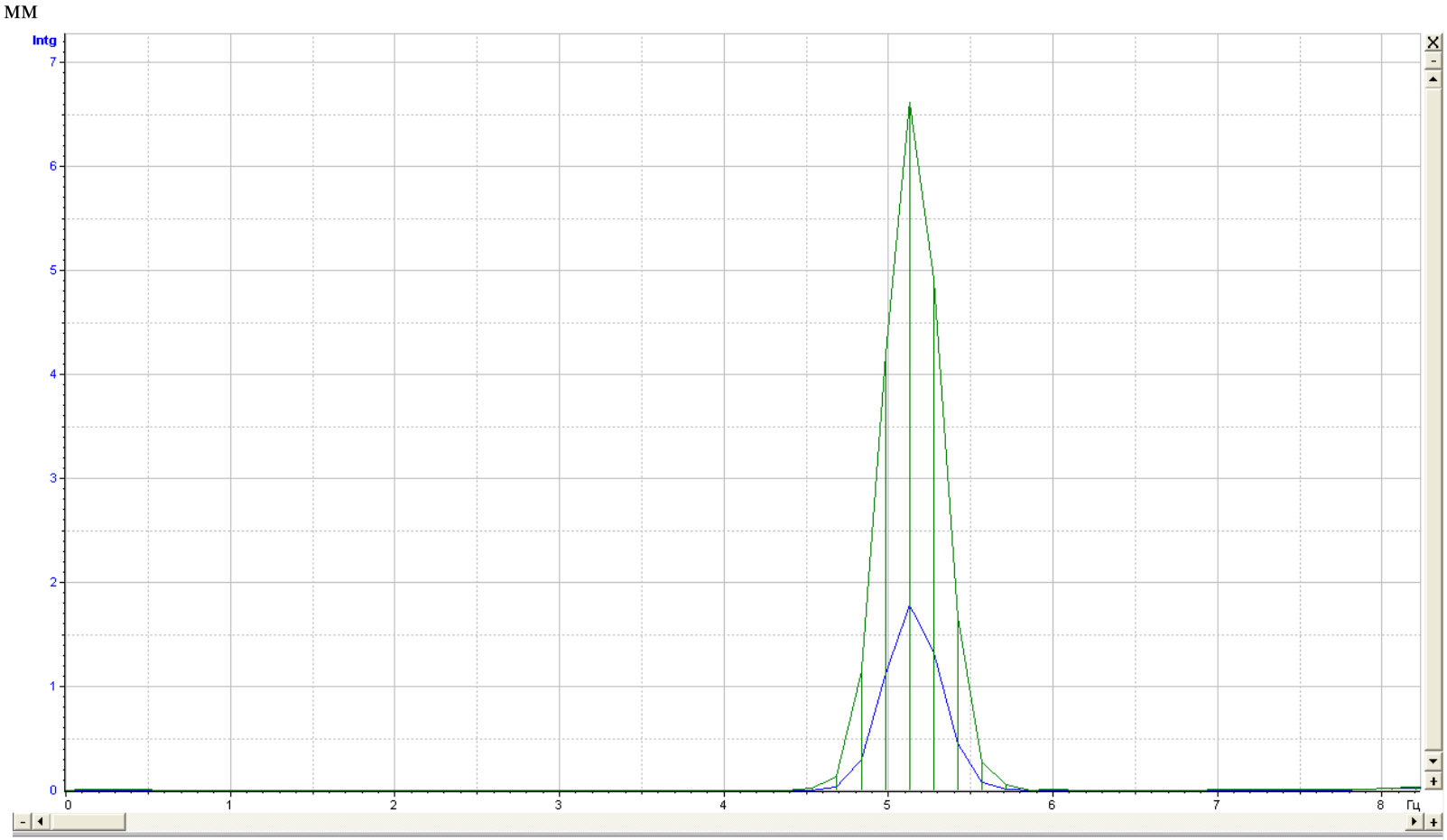
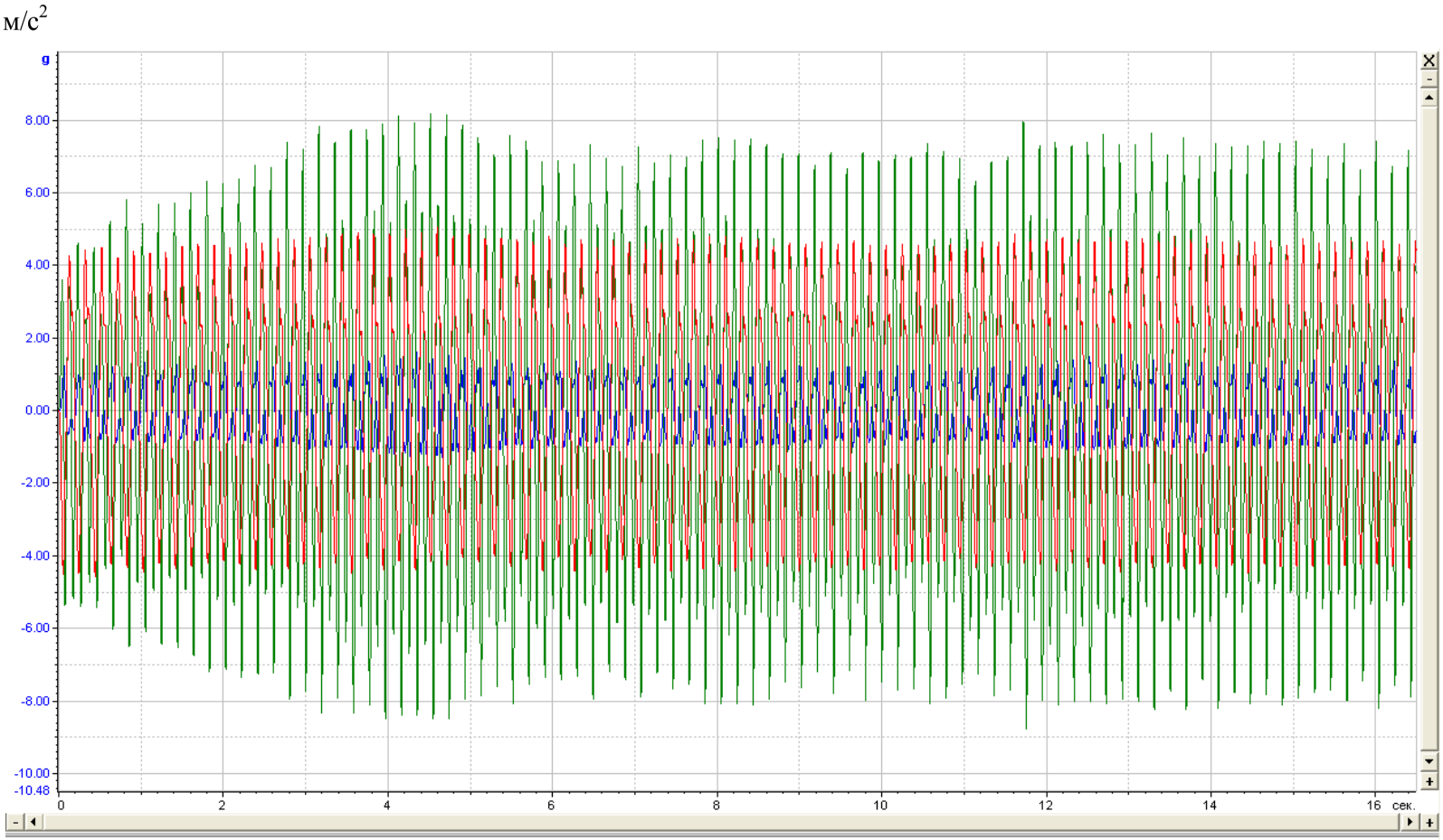


Рис. П-1-8. Спектры пиковых значений ускорений (м/с^2) для датчика 1-2-2 (синим цветом) и датчика 1-6-3 (зеленым цветом) при 10-м режиме испытаний (частота *f*=5.1 Гц; амплитуда А=3.2 мм)



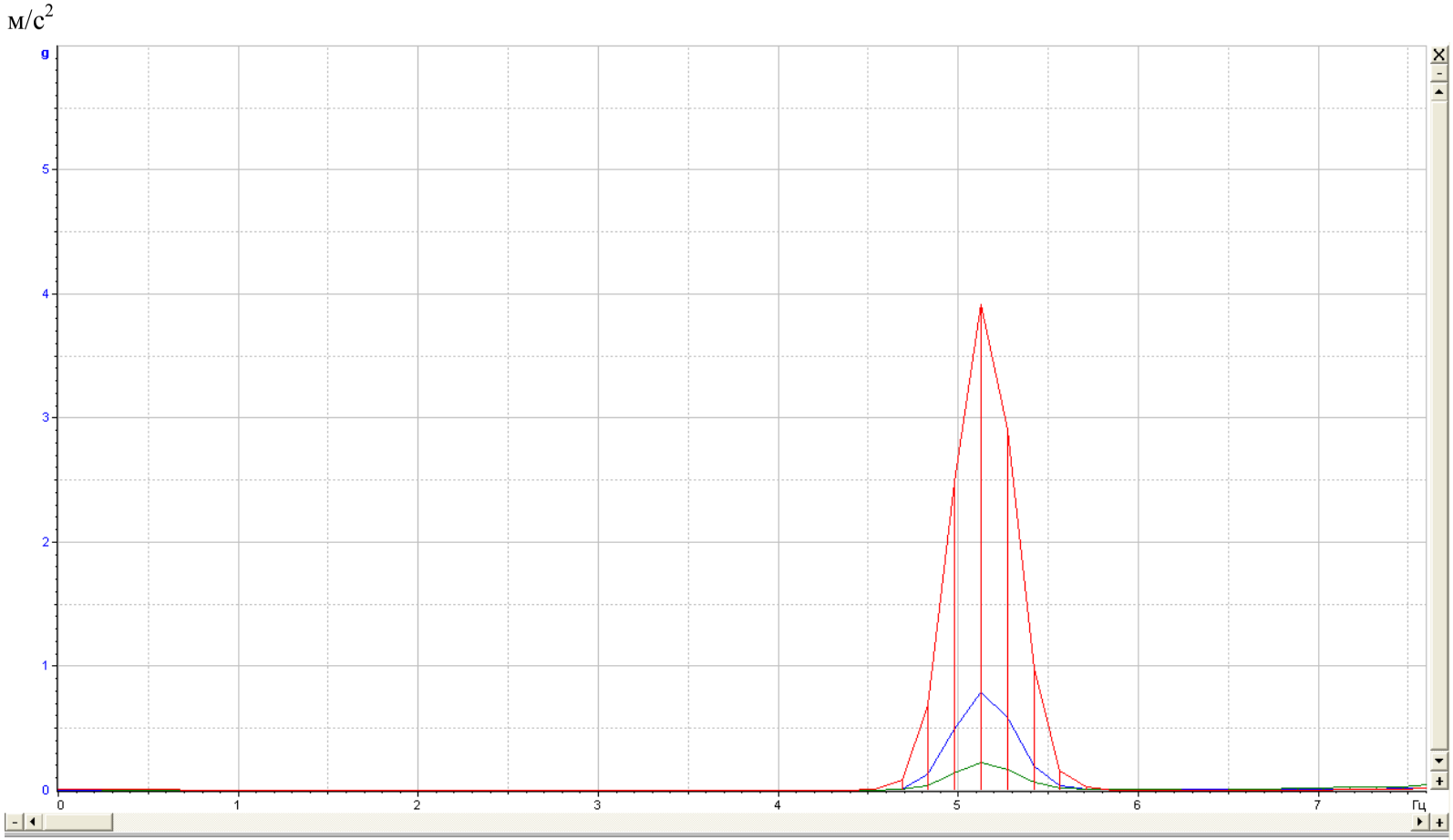
Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Yмин	Yмакс	Длина
1 MC-201-{ 1- 2- 2}_AM_Integr	6.83	0.146484	-	-	-	0	56	0.000 - 8.234	0.000	1.778	1024
2 **MC-201-{ 1- 6- 3}_AM_Integ**	6.83	0.146484	-	-	-	0	56	0.000 - 8.234	0.000	6.615	1024

Рис. П-1-9. Спектры пиковых значений амплитуд (мм) для датчика 1-2-2 (синим цветом) и датчика 1-6-3 (зеленым цветом) при 10-м режиме испытаний (частота *f*=5.1 Гц; амплитуда А=3.2 мм)



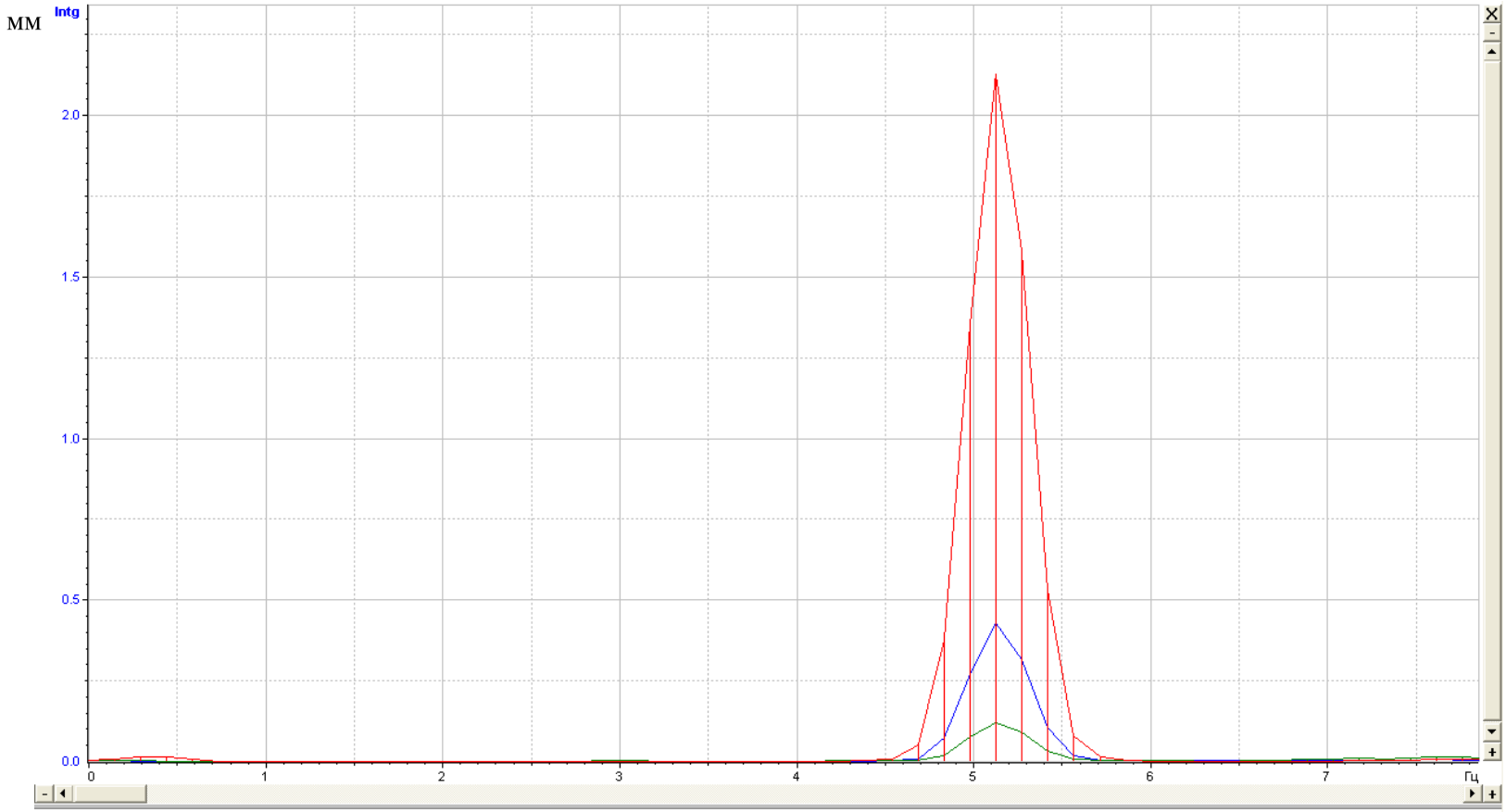
Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Yмин	Yмакс	Длина
1 MC-201-{ 1- 8- 2}_AM_IIRFilt	300.00	0.003333	-	-	-	0	4949	0.000 - 16.497	-1.288	1.627	4950
2 MC-201-{ 1- 8- 3}_AM_IIRFilt	300.00	0.003333	-	-	-	0	4949	0.000 - 16.497	-8.779	8.185	4950
3 MC-201-{ 1-10- 2}_AM_IIRFi	300.00	0.003333	-	-	-	0	4949	0.000 - 16.497	-4.565	5.042	4950

Рис. П-1-10. Акселерограммы (м/с^2), записанные с датчика 1-8-2 (синим цветом), датчика 1-8-3 (зеленым цветом) и датчика 1-10-2 (красным цветом) при 10-м режиме испытаний (частота f=5.1 Гц; амплитуда А=3.2 мм)



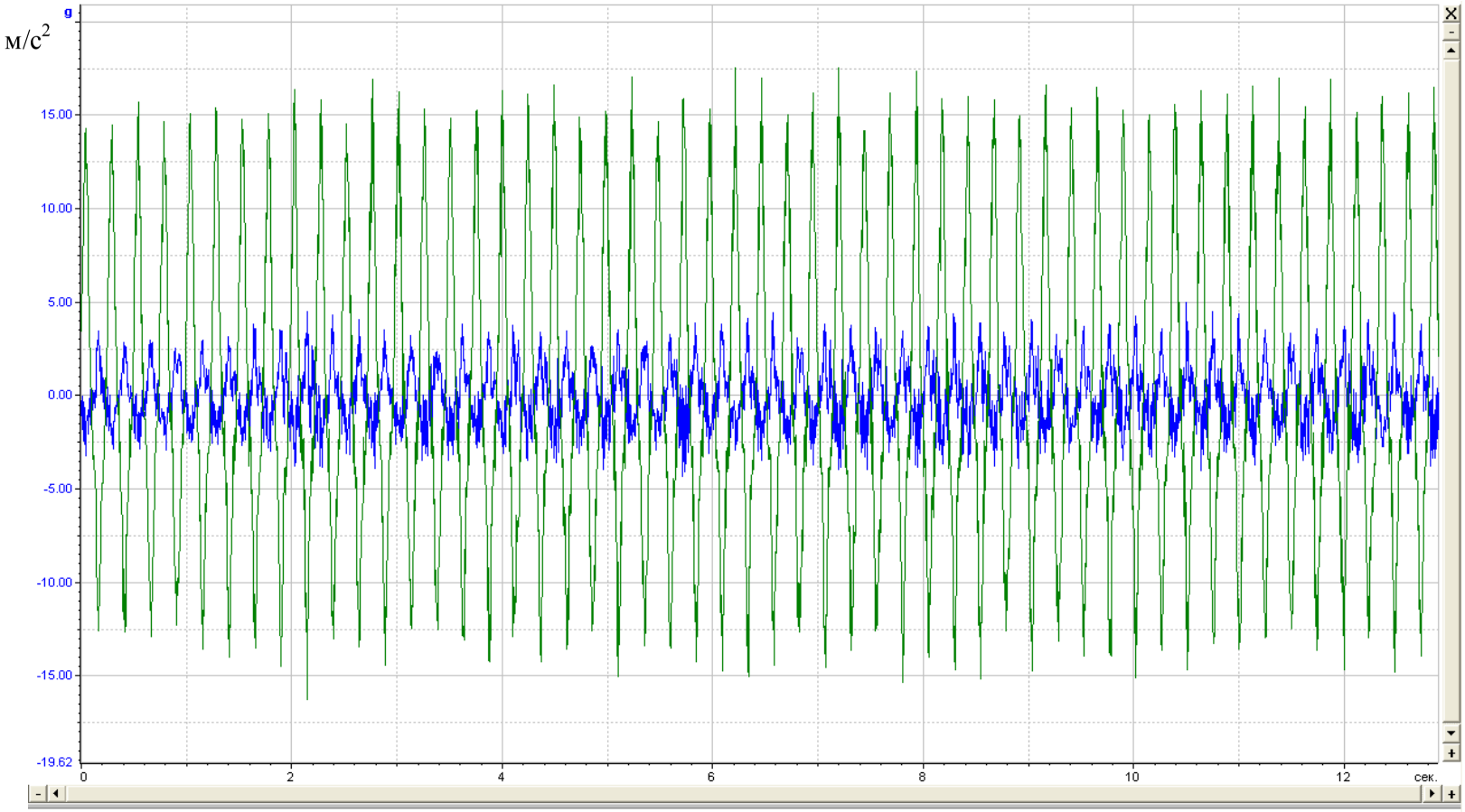
Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Yмин	Yмакс	Длина
1 MC-201-{ 1- 8- 2}_AM_IIRFilt	6.83	0.146484	-	-	-	0	52	0.000 - 7.600	0.000	0.787	1024
2 MC-201-{ 1- 8- 3}_AM_IIRFilt	6.83	0.146484	-	-	-	0	52	0.000 - 7.600	0.000	5.453	1024
3 **MC-201-{ 1-10- 2}_AM_IIRFi**	6.83	0.146484	-	-	-	0	52	0.000 - 7.600	0.000	3.914	1024

Рис. П-1-11. Спектры пиковых значений ускорений (м/с^2) для датчика 1-8-2 (синим цветом), датчика 1-8-3 (зеленым цветом) и датчика 1-10-2 (красным цветом) при 10-м режиме испытаний (частота f=5.1 Гц; амплитуда А=3.2 мм)



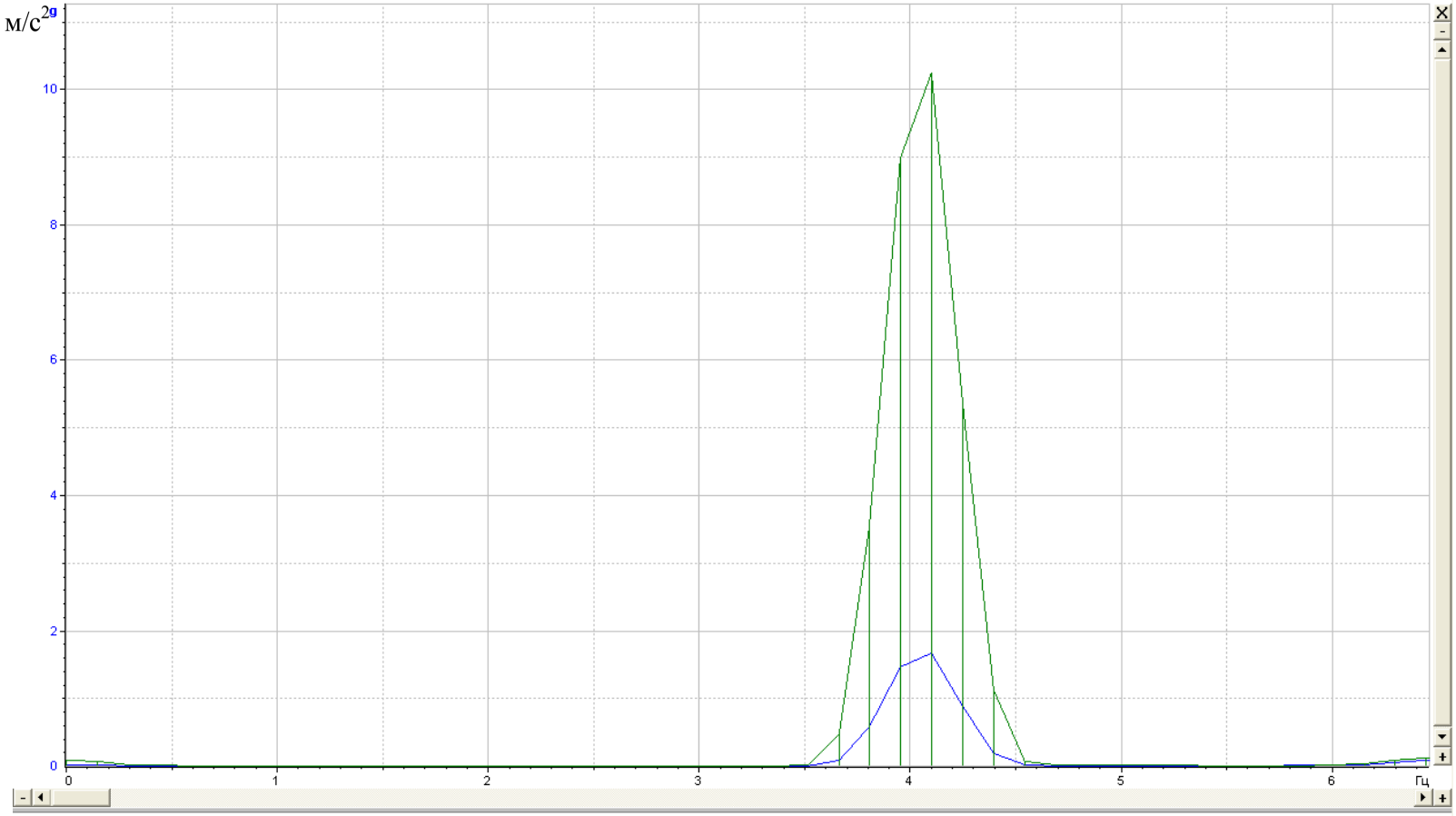
Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Yмин	Yмакс	Длина
1 MC-201-{ 1- 8- 2}_AM_IIRFilt	6.83	0.146484	-	-	-	0	54	0.000 - 7.854	0.000	0.428	1024
2 MC-201-{ 1- 8- 3}_AM_IIRFilt	6.83	0.146484	-	-	-	0	54	0.000 - 7.854	0.000	1.176	1024
3 **MC-201-{ 1-10- 2}_AM_IIRFi**	6.83	0.146484	-	-	-	0	54	0.000 - 7.854	0.000	2.129	1024

Рис. П-1-12. Спектры пиковых значений амплитуд (мм) для датчика 1-8-2 (синим цветом), датчика 1-8-3 (зеленым цветом) и датчика 1-10-2 (красным цветом) при 10-м режиме испытаний (частота *f*=5.1 Гц; амплитуда А=3.2 мм)



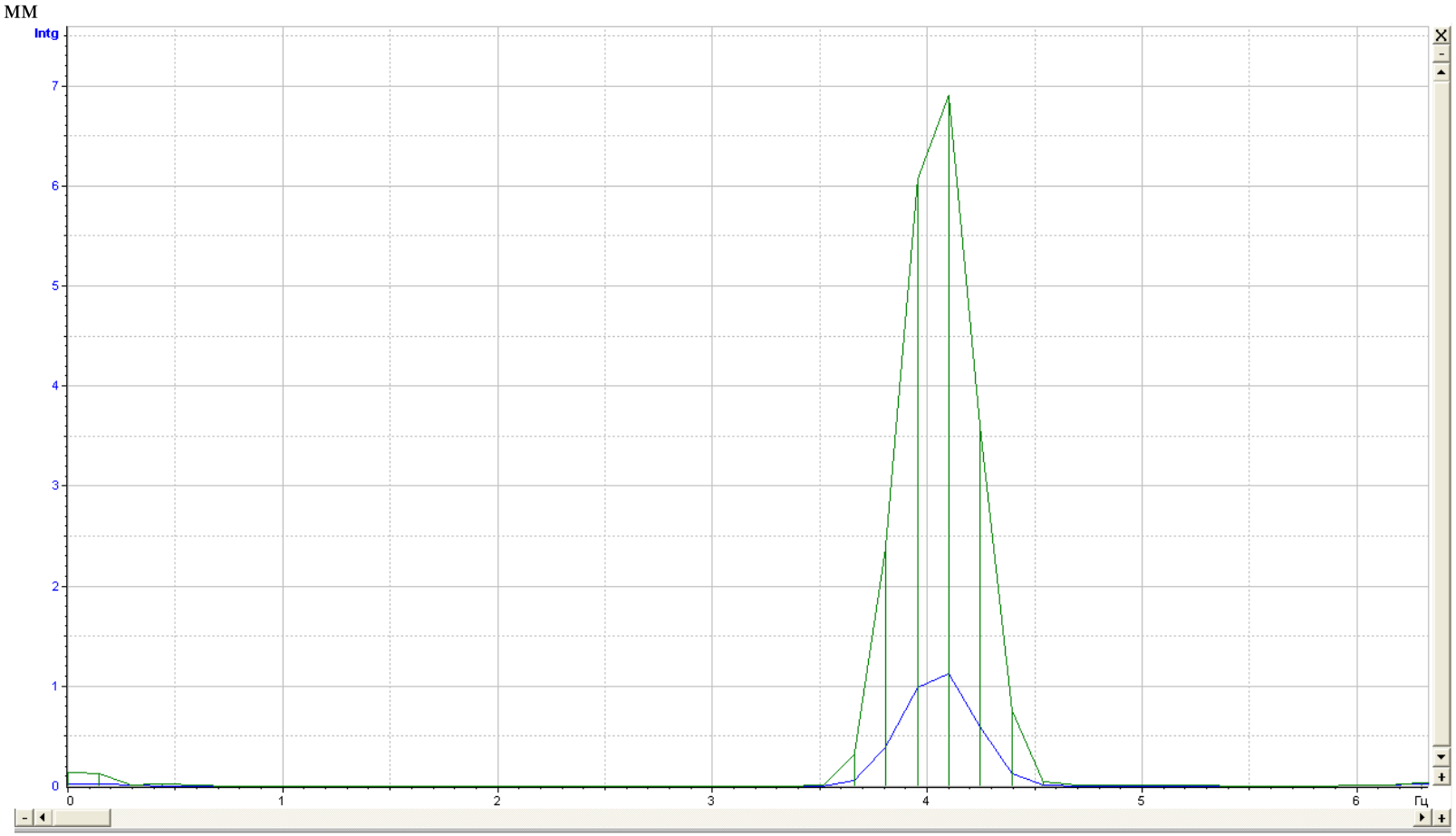
Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Yмин	Yмакс	Длина
1 МС-201-{ 1- 2- 2}_АМ	300.00	0.003333	-	-	-	0	3869	0.000 - 12.897	-4.301	4.969	3870
2 МС-201-{ 1- 6- 3}_АМ	300.00	0.003333	-	-	-	0	3869	0.000 - 12.897	-16.245	17.525	3870

Рис. П-1-13. Акселерограммы (м/с^2), записанные с для датчика 1-2-2 (синим цветом) и датчика 1-6-3 (зеленым цветом) при 17-м режиме испытаний (частота *f*=4.1 Гц; амплитуда А=2.5 мм)



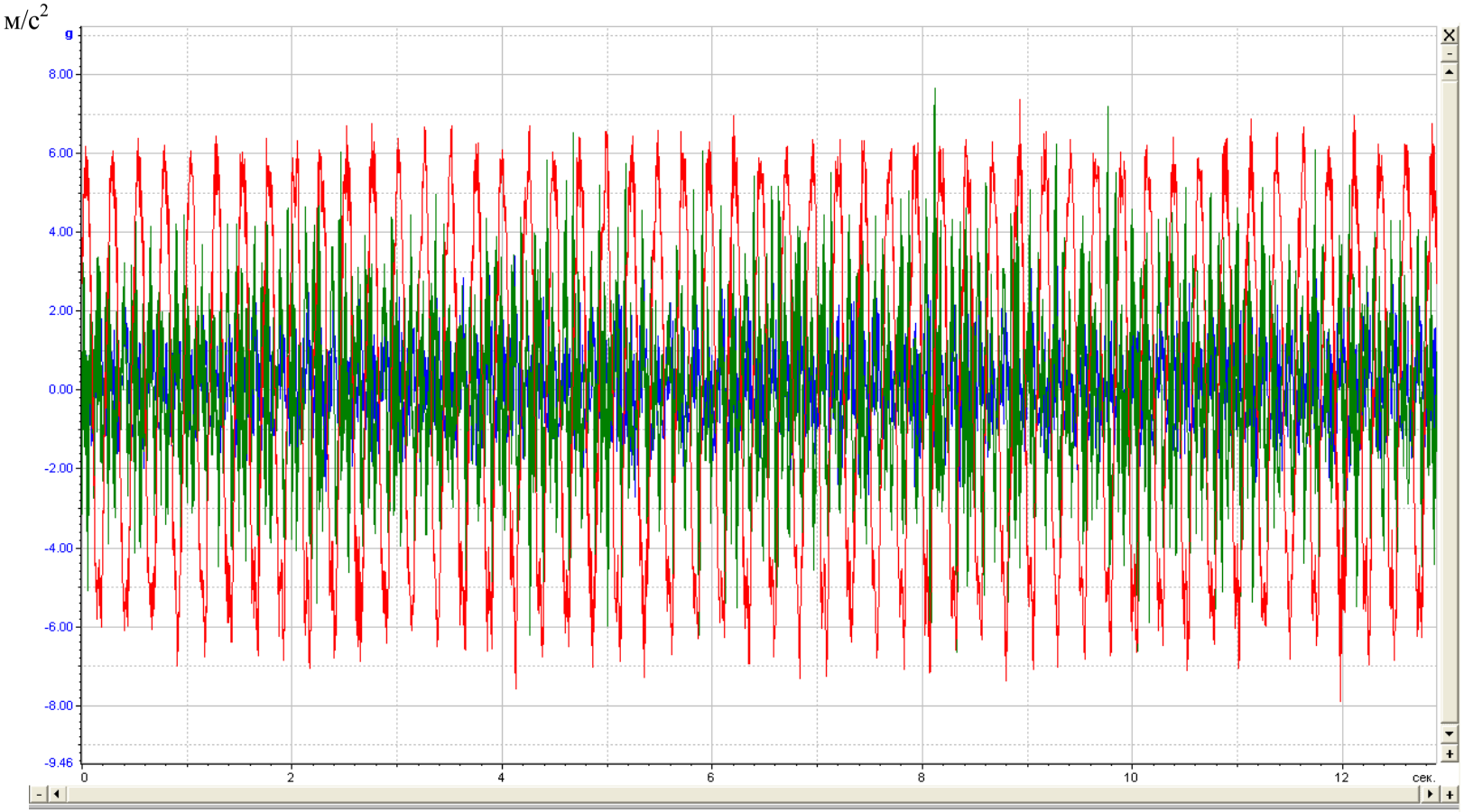
Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Yмин	Yмакс	Длина
1 МС-201-{ 1- 2- 2}_АМ_Амп.	6.83	0.146484	-	-	-	0	44	0.000 - 6.460	0.000	1.669	1024
2 **МС-201-{ 1- 6- 3}_АМ_Амп.**	6.83	0.146484	-	-	-	0	44	0.000 - 6.460	0.000	10.243	1024

Рис. П-1-14. Спектры пиковых значений ускорений (м/с^2) для для датчика 1-2-2 (синим цветом) и датчика 1-6-3 (зеленым цветом) при 17-м режиме испытаний (частота *f*=4.1 Гц; амплитуда А=2.5 мм)



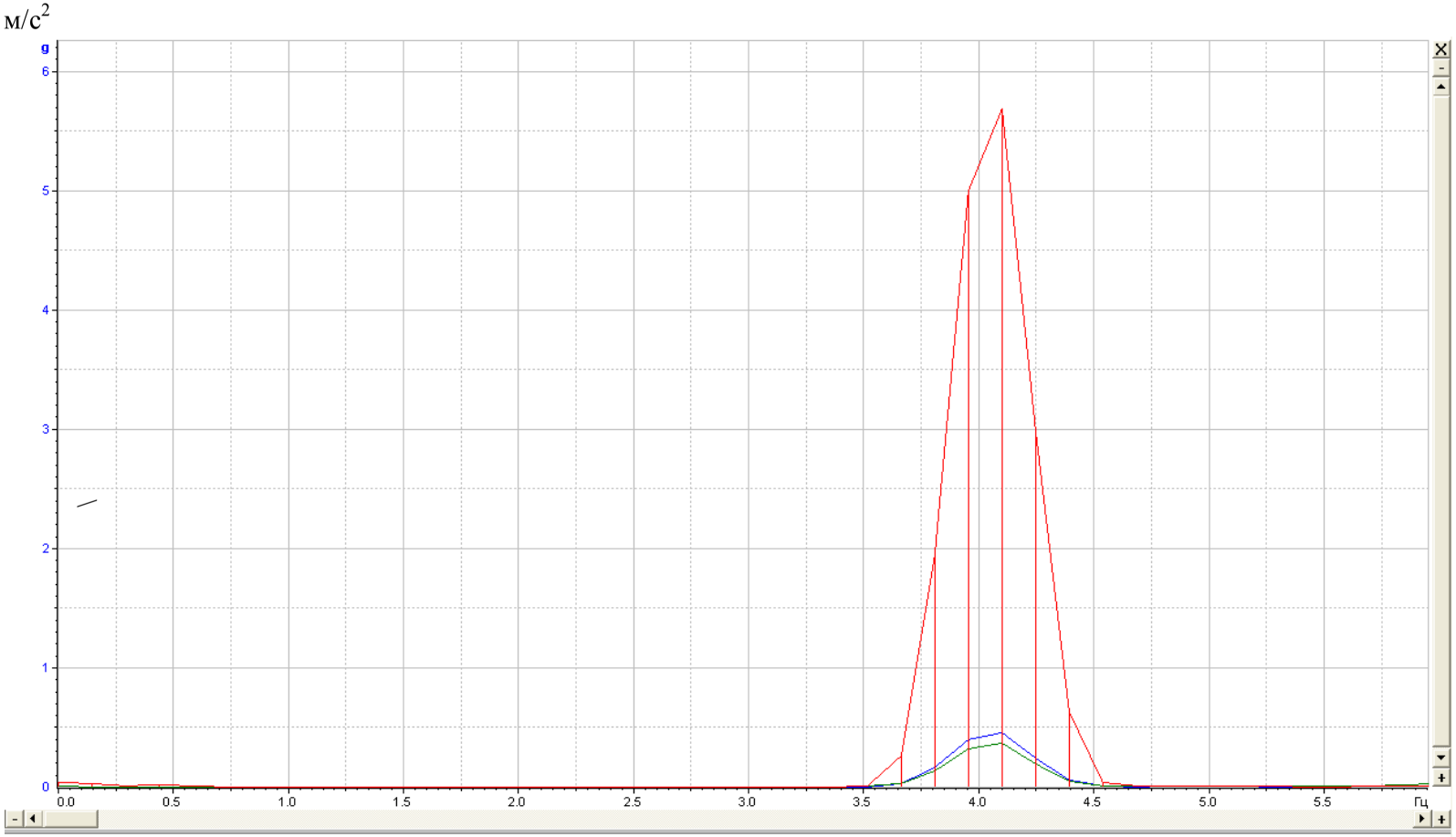
Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Yмин	Yмакс	Длина
1 MC-201-{ 1- 2- 2}_AM_Integr	6.83	0.146484	-	-	-	0	43	0.000 - 6.334	0.000	1.124	1024
2 **MC-201-{ 1- 6- 3}_AM_Integ**	6.83	0.146484	-	-	-	0	43	0.000 - 6.334	0.000	6.901	1024

Рис. П-1-15. Спектры пиковых значений амплитуд (мм) для датчика 1-2-2 (синим цветом) и датчика 1-6-3 (зеленым цветом) при 17-м режиме испытаний (частота *f*=4.1 Гц; амплитуда А=2.5 мм)



Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Yмин	Yмакс	Длина
1 МС-201-{ 1- 8- 2}_АМ	300.00	0.003333	-	-	-	0	3869	0.000 - 12.897	-2.722	3.405	3870
2 МС-201-{ 1- 8- 3}_АМ	300.00	0.003333	-	-	-	0	3869	0.000 - 12.897	-6.947	7.662	3870
3 **МС-201-{ 1-10- 2}_АМ**	300.00	0.003333	-	-	-	0	3869	0.000 - 12.897	-7.900	7.372	3870

Рис. П-1-16. Акселерограммы (м/с^2), записанные с датчика 1-8-2 (синим цветом), датчика 1-8-3 (зеленым цветом) и датчика 1-10-2 (красным цветом) при 17-м режиме испытаний (частота f=4.1 Гц; амплитуда А=2.5 мм)



Имя	Fs	dX	Xтек	Yтек	Инд.тек	Инд.Л	Инд.П	Xнач - Xкон	Yмин	Yмакс	Длина
1 МС-201-{ 1- 8- 2}_АМ_Амп.	6.83	0.146484	-	-	-	0	41	0.000 - 5.954	0.000	0.788	1024
2 МС-201-{ 1- 8- 3}_АМ_Амп.	6.83	0.146484	-	-	-	0	41	0.000 - 5.954	0.000	1.244	1024
3 **МС-201-{ 1-10- 2}_АМ_Амп**	6.83	0.146484	-	-	-	0	41	0.000 - 5.954	0.000	5.689	1024

Рис. П-1-17. Спектры пиковых значений ускорений (м/с^2) для датчика 1-8-2 (синим цветом), датчика 1-8-3 (зеленым цветом) и датчика 1-10-2 (красным цветом) при 17-м режиме испытаний (частота f=4.1 Гц; амплитуда А=2.5 мм)

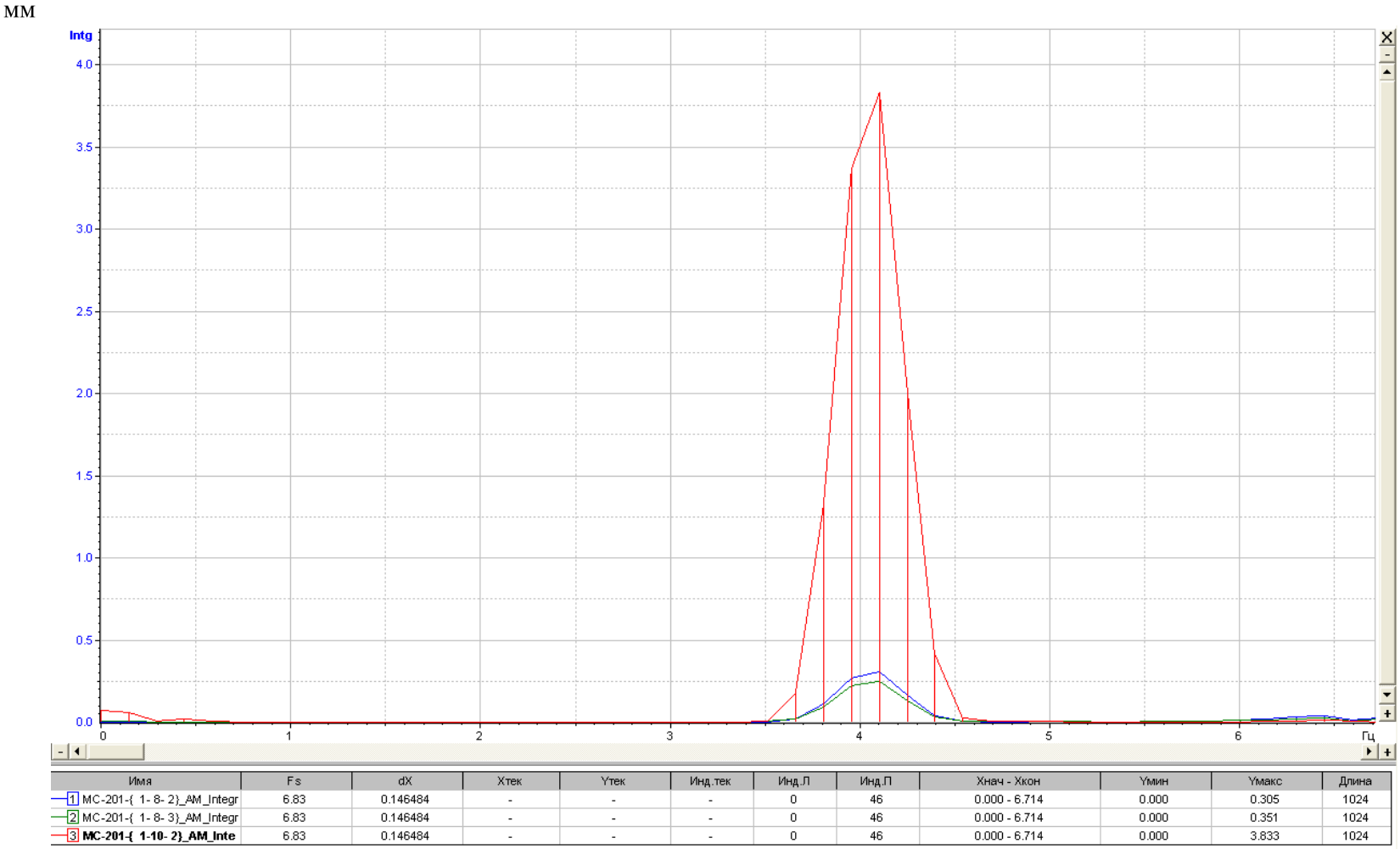


Рис. П-1-18. Спектры пиковых значений амплитуд (мм) для датчика 1-8-2 (синим цветом), датчика 1-8-3 (зеленым цветом) и датчика 1-10-2 (красным цветом) при 17-м режиме испытаний (частота *f*=4.1 Гц; амплитуда А=2.5 мм