



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: «Экспериментальные исследования сейсмостойкости
самосверлящих шурупов «HARPOON» предназначенных для крепления
сэндвич-панелей к металлическому каркасу».

(по договору № 999/24-36-12/ск)

Москва 2012г.



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: «Экспериментальные исследования сейсмостойкости
самосверлящих шурупов «HARPOON» предназначенных для крепления
сэндвич-панелей к металлическому каркасу».

(по договору № 999/24-36-12/ск)

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.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
1. ВВЕДЕНИЕ	4
2. Задачи проводимых экспериментальных исследований	5
4. Программа и методика испытаний самосверлящих шурупов «HARPOON»	6 9
5. Оборудование для испытаний на сейсмические нагрузки. Средства измерения и регистрации динамических характеристик	13
5.1. Оборудование для создания динамических нагрузок	13
5.2. Средства измерения и регистрации динамических характеристик конструкций и воздействий на них	14
6. Результаты испытаний самосверлящих шурупов «HARPOON» на действие статической нагрузки	20
7. Результаты динамический испытаний узлов крепления сэндвич- панелей к стальному каркасу с помощью самосверлящих шурупов «HARPOON»	30
8. Результаты испытаний самосверлящих шурупов «HARPOON» на действие статической нагрузки после завершения динамических испытаний системы	37
9. Заключение. Выводы и рекомендации	46
Список литературы	48
Приложение 1. Результаты динамических испытаний	49
Приложение 2. СВИДЕТЕЛЬСТВО (только в 1-м экз. отчета)	67
Приложение 3. Видеосъемка испытаний на сейсмические воздействия (только в 1-м экз. отчета)	78

1. ВВЕДЕНИЕ

Настоящий технический отчет составлен по результатам экспериментальных исследований сейсмостойкости анкерных креплений сэндвич-панелей к металлическому каркасу с помощью самосверлящих шурупов «HARPOON» типов HSP-R-S19, HSP14-R-S19 и HSP25-R-S19 производства ООО «Глобал Ривет Инжиниринг».

Испытания самонарезающих шурупов проводились на специально разработанном в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко стенде, представляющем собой виброплатформу маятникового типа.

Цель лабораторных испытаний – оценка пригодности и эксплуатационной надежности самосверлящих шурупов «HARPOON» типов HSP-R-S19, HSP14-R-S19 и HSP25-R-S19 при использовании их для крепления сэндвич-панелей к металлическим конструкциям 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 шурупов «HARPOON» 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 исследуемых конструкций с учетом требований безопасности, эксплуатационной надежности и долговечности зданий, возводимых в сейсмических районах.

Оценка возможности применения шурупов «HARPOON» в сейсмических районах России на строительных площадках с балльностью 7÷9 баллов включает в себя следующие этапы:

1. Комплексные экспериментальные исследования работы шурупов «HARPOON» их вибродиагностикой: испытания креплений сэндвич-панелей на вибростенде.
2. Внесение в Стандарт предприятия или в Альбом технических решений ООО «Глобал Ривет Инжиниринг» и согласование с ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко ОАО «НИЦ «Строительство» изменений (если это потребуется по результатам испытаний) по конструктивному решению шурупов «HARPOON» или креплений с их помощью сэндвич-панелей к металлическому каркасу зданий возводимых в сейсмических районах РФ.

3. Описание опытных образцов самосверлящих шурупов «HARPOON»

Для проведения динамических испытаний Заказчиком (ООО «Глобал Ривет Инжиниринг») были предоставлены образцы самосверлящих шурупов «HARPOON» типов HSP-R-S19, HSP14-R-S19 и HSP25-R-S19, а также сэндвич панелей (рис. 3.1).

Самосверлящие шурупы «HARPOON» представляют собой крепежные изделия, изготовленные из закаленной углеродистой стали марки SAE 1022 с антикоррозийным покрытием RUSPERT® TYPE II. Шайба Ø19мм из нержавеющей стали AISI 304 с EPDM.

В экспериментальной модели использовался металлический каркас и сэндвич-панели. Крепление панелей осуществлялось с помощью следующих типов шурупов «HARPOON».

- HSP25-R-S19, диаметр резьбы - 6.3мм (рис. 3.2 а);
- HSP14-R-S19, диаметр резьбы - 5.5мм (рис. 3.2 б);
- HSP-R-S19, диаметр резьбы - 5.5мм (рис. 3.2 в).

a)

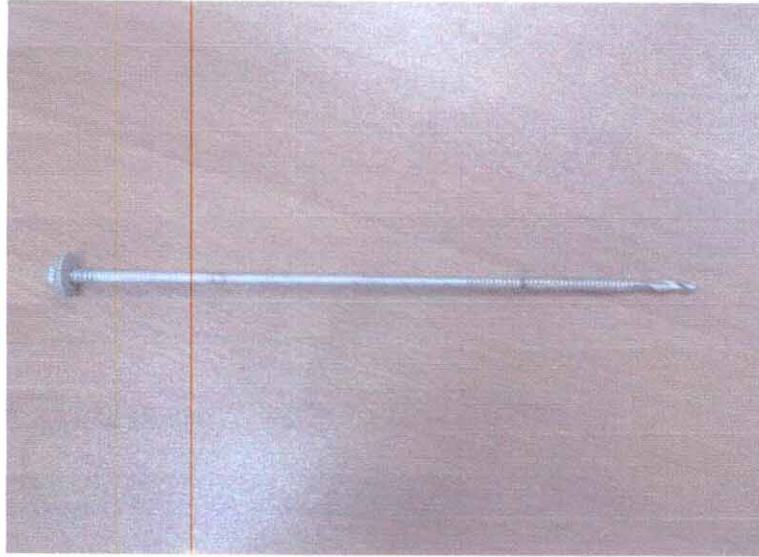


б)



Рис. 3.1 Общий вид экспериментальной модели.

а)



б)



в)



Рис. 3.2 Общий вид самосверлящих шурупов «HARPOON» типов HSP25-R-S19 (а), HSP14-R-S19 (б) и HSP-R-S19 (в).

4. Программа и методика испытаний самосверлящих шурупов «HARPOON».

4.1 Программа испытаний.

Программа испытаний шурупов «HARPOON» включала в себя следующие этапы.

1. Анализ конструктивных особенностей шурупов «HARPOON» с учетом возможности их применения для крепления сэндвич-панелей к металлическому каркасу зданий, возводимых в сейсмоопасных районах РФ.
2. На основе имеющегося опыта производился выбор и согласование с Заказчиком типов шурупов 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 шурупов при вырыве.
4. Далее с помощью шурупов «HARPOON» осуществлялось крепление сэндвич-панелей к металлическому каркасу экспериментальной модели, представляющей собой пространственный стальной каркас, к которому с помощью шурупов «HARPOON» крепились сэндвич-панели (см. рис.3.1).
5. Подготовка вибростенда и установка измерительного оборудования (акселерометров) на сэндвич-панели в местах крепления их к каркасу с помощью шурупов «HARPOON».
6. Назначение режимов нагружения испытательного стенда динамической нагрузкой, характеристики которой (частота и амплитуда колебаний) соответствуют силовым воздействиям на

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

7. Проведение динамических испытаний, обработка и анализ результатов экспериментальных исследований поведения сэндвич-панелей и анкерного крепежа при динамических нагрузках различной интенсивности.
8. Статические испытания шурупов «HARPOON» на вырыв из металлических элементов каркаса, после завершения динамических испытаний. Данные испытания позволяют оценить возможное изменение несущей способности шурупов «HARPOON» при вырыве из стали после завершения этапа динамических испытаний.
9. Составление технического отчета по результатам испытаний шурупов «HARPOON» с рекомендациями по обеспечению эксплуатационной надежности соединений.

4.2 Методика испытаний.

1. На первом этапе испытаний проводилась оценка несущей способности шурупов «HARPOON» при вырыве из стальных элементов каркаса. Испытания проводились по двум методикам, изложенным в СТО 44416204-010-2010 [4]. Подробно методики статических испытаний шурупов на вырыв из стальных балок изложены в разделе 6 настоящего отчета.
2. На втором этапе испытаний исследовалось поведение навесных сэндвич-панелей закрепленных с помощью самосверлящих шурупов «HARPOON» к стальным элементам каркаса экспериментальной модели, при действии на систему динамических нагрузок, моделирующих сейсмические воздействия. В Центре исследований сейсмостойкости сооружений ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко 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 от 1 до 15 Гц воздействий на испытательный стенд 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 в зависимости от массы опытного образца может составлять от 1.0 до 10.0 Гц.



Рис. 4.1

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 использовалась специальная виброплатформа.

Маятниковая платформа подвешена на гибких (из полосовой стали) силовых связях к опорной силовой раме. Рама жестко закреплена в силовой пол лабораторного корпуса. Активация платформы осуществляется вибромашиной ВИД-12М, установленной на консоли маятниковой платформы (см. фото на рис. 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 и вертикальной плоскостях. На фото рис. 4.1 показан общий вид виброплатформы с установленным на ней стендом, к которому в свою очередь крепятся сэндвич-панели.

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

Основные технические данные машины ВИД-12М Таблица 5.1.

№№	Наименование параметра	Значение
1	Инерционная сила, развиваемая машиной при наибольшем радиусе дебалансов: - при 60 об/мин (1 Гц) - при 180 об/мин (3 Гц) - при 240 об/мин (4 Гц) - при 300 об/мин (5 Гц)	0,8 т 7,0 т 12,5 т 20,0 т
2	Частотная характеристика - нижняя частота, Гц - верхняя частота, Гц	0,4 25
3	Характер изменения частот	бесступенчатый

Примечание: по соображениям прочности отдельных деталей и веса вибромашины при любой скорости вращения инерционная сила ограничена величиной 12т.

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

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

Комплекс выполняет следующие функции:

- измерение, регистрацию и первичную обработку сигналов (частотных, дискретных и пр.), полученных в результате испытаний;
- отображение значений измеряемых величин или преобразованных параметров на мониторе;
- контроль значений измеряемых величин или преобразованных параметров; оценка результатов их измерения и преобразования;
- самодиагностику проводимых измерений (анализ работоспособности с возможностью вызова диагностических программ);
- архивацию результатов измерения и преобразования (хранение данных с возможностью просмотра и анализа);
- вывод текущих значений измеряемых параметров, кодов аварий и технологических сообщений на ЭВМ верхнего уровня;
- возможность подключения печатающих устройств, в том числе для оформления протоколов результатов измерений;
- возможность связи с другими системами (подключение в существующую локальную вычислительную сеть);
- возможность выдачи сигнала типа «сухой контакт» для включения сигнализации и использования в системах защиты;
- возможность выдачи тестовых аналоговых сигналов.

Измерительно-вычислительный комплекс МИС – 036 дополнительно укомплектован ноутбуком со специализированным пакетом прикладных программ и периферийных устройств, необходимых для автоматизированного процесса обработки сигналов, а также для документирования результатов обработки (рис. 5.2 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	$\pm 12 \pm 12$
2	Диапазон измерения, м/с ² (g)	98,1 (10,0)
3	Частотная характеристика - нижняя частота, Гц - верхняя частота, Гц	0 700
4	Диапазон рабочих температур, °С	от +15 до +35

Точки расположения акселерометров выбирались из следующих условий:

- места, где по результатам расчетов ожидается развитие максимальных ускорений и перемещений;
- возможность одновременного определения относительных деформаций в разных координатных плоскостях;

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

Общее количество контролируемых точек (количество акселерометров) – 6.

Схема расстановки датчиков показана на рис. 5.3.

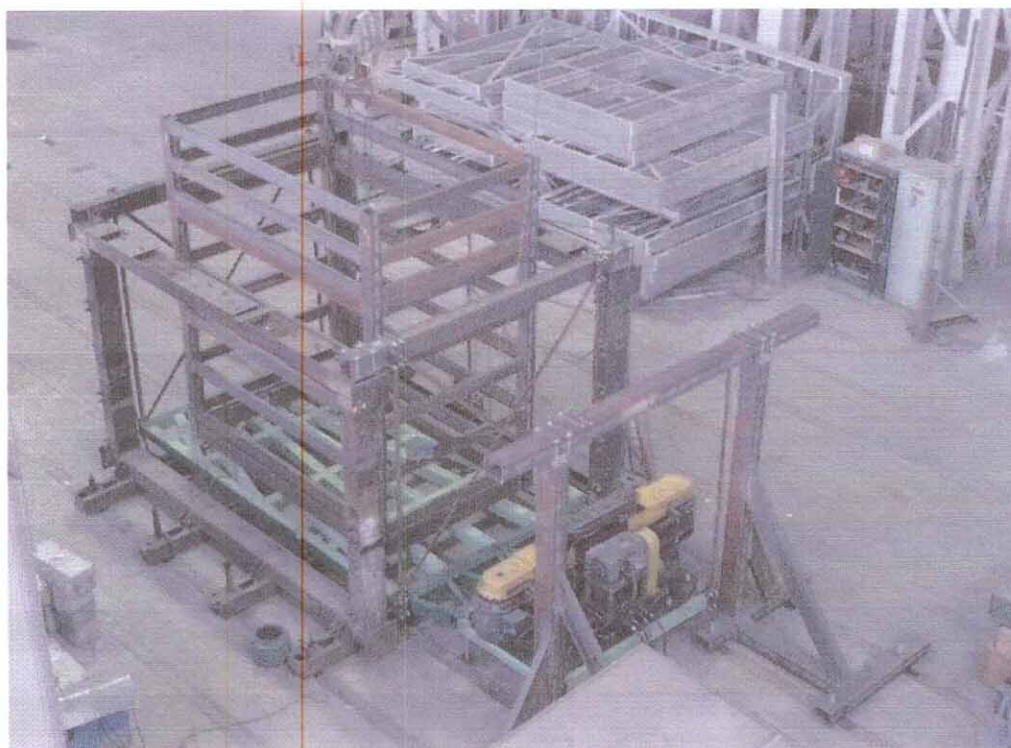
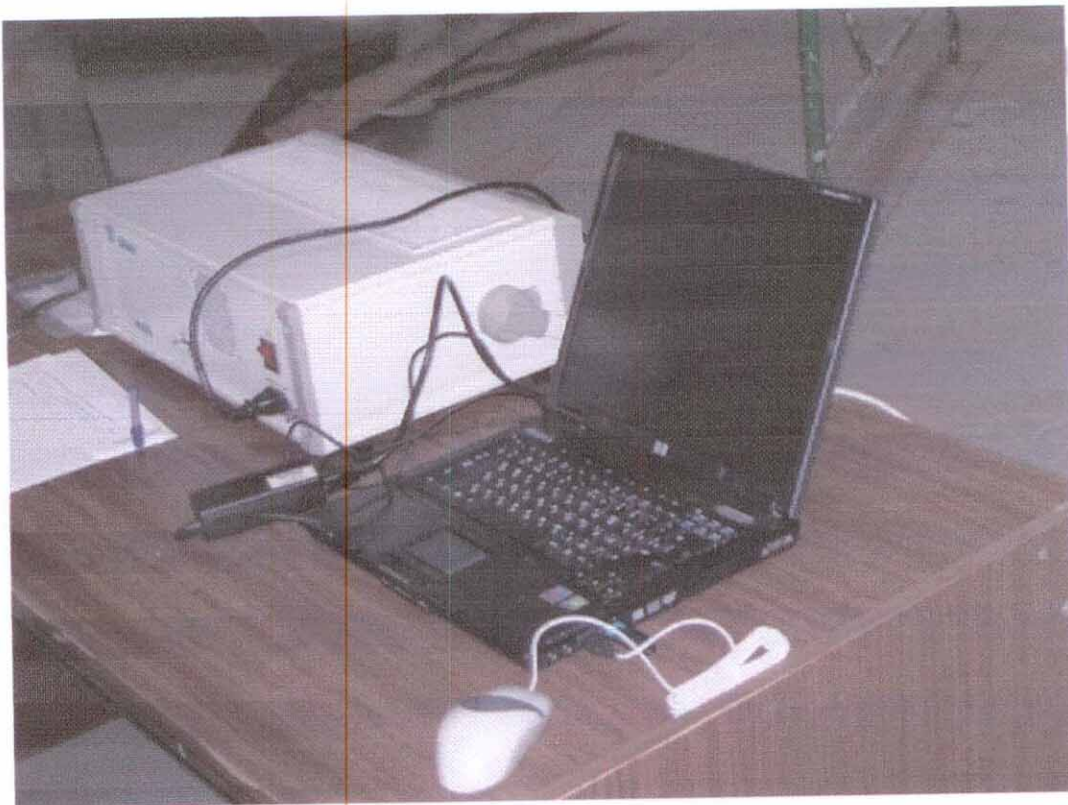


Рис. 5.1

a)



б)

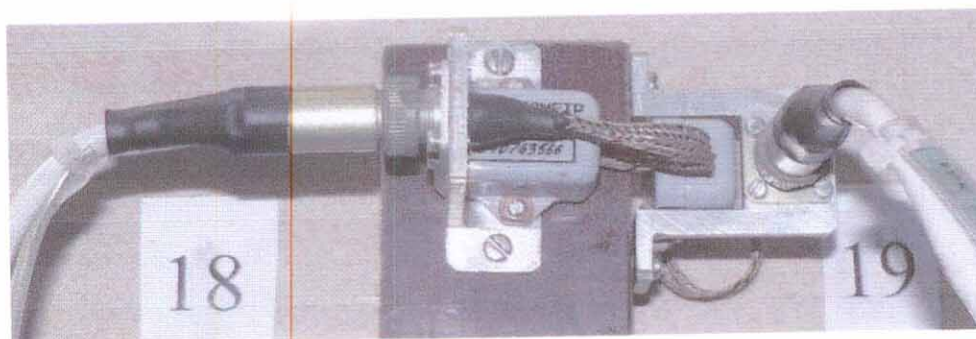


Рис. 5.2

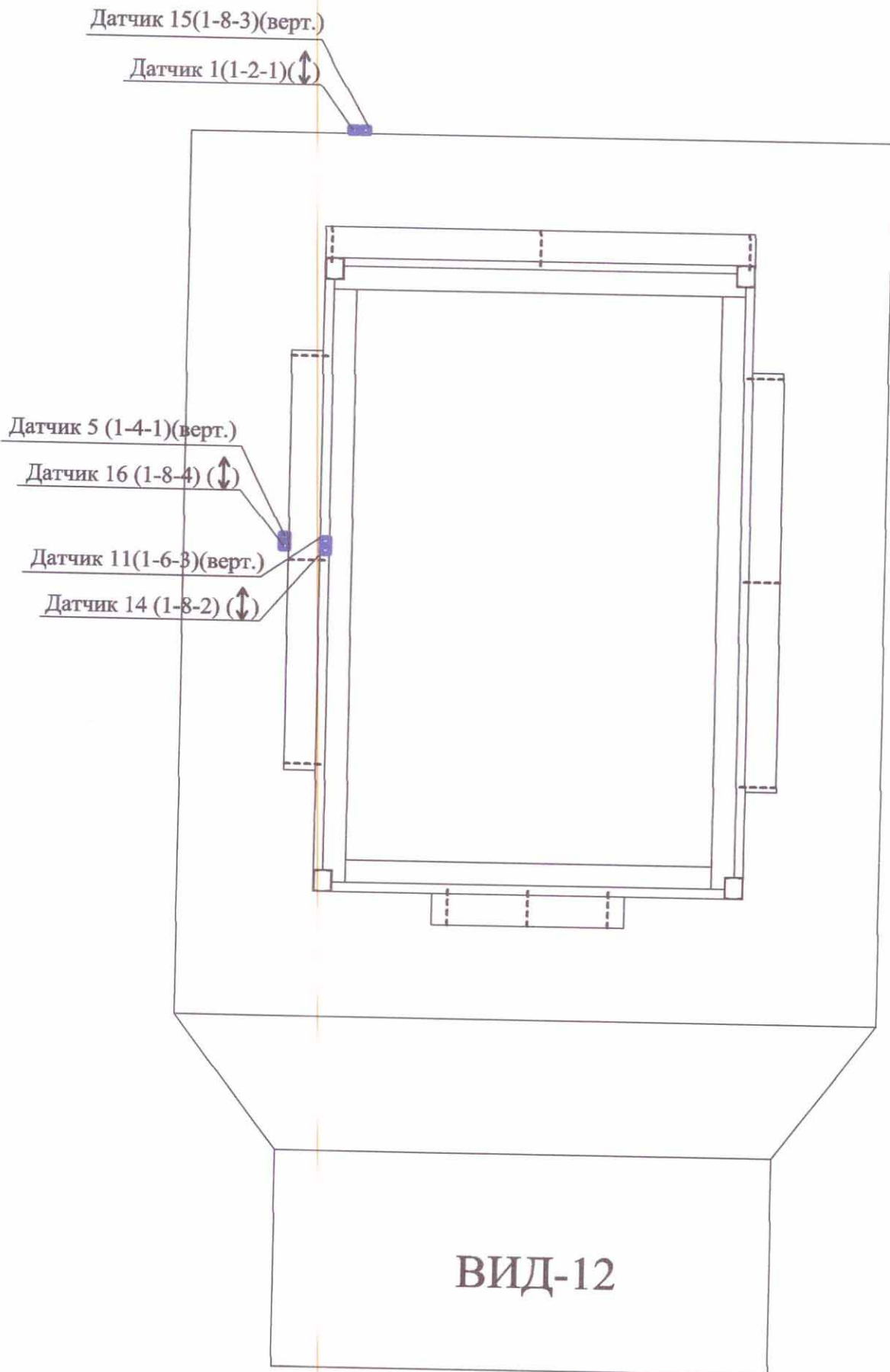


Рис. 5.3. Схема расположения датчиков.

6. Результаты испытаний самосверлящих шурупов «HARPOON» на действие статической нагрузки.

Испытания шурупов проводились в соответствии с требованиями действующего стандарта на испытания анкеров, разработанного специалистами ФГУ «ФЦС» с участием ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко [4].

Испытания шурупов проводились по двум методикам, приведенным в Стандарте [4]:

- путем непрерывного нагружения шурупа до момента разрушения анкерного узла. Время нагружения 2-3 минуты с замером деформации шурупа на каждом шаге нагружения;

- по методике ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко путем пошагового нагружения шурупа с выдержкой 3-5 минут на каждом шаге нагружения и с разгрузкой на каждом шаге нагружения для определения упругой зоны работы шурупа.

При проведении испытаний шурупов на вырыв из стального каркаса, 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 шурупов подавалась ступенями, составляющими $N \approx 1/10 - 1/15$ от предполагаемой разрушающей нагрузки (нагрузки, при которой происходило вытягивание шурупа из металла).

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

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

При первой схеме натуральных испытаний за расчетное усилие вырыва шурупов принимается нагрузка, определяемая в соответствии с рекомендациями [4] по формуле:

$$R=N(1-t \times v)/m.$$

Для стальных шурупов «HARPOON» типов HSP-R-S19, HSP14-R-S19 и HSP25-R-S19 коэффициент $m=3$, остальные коэффициенты определяются по той же методике.

Суть второй методики испытаний, включенной в Стандарт [4], 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 шурупа;

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

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

1. На рис. 6.1÷6.3 приведены графики зависимости «нагрузка-деформация» для образцов указанных выше типов шурупов, построенные по результатам лабораторных испытаний.
2. Величины предельных разрушающих нагрузок для шурупов установленных в металлический каркас, составили:

- для шурупов типов **HSP25-R-S19:**
–12.9–12.9–13.0–13.1–12.9 кН;
- для шурупов типов **HSP14-R-S19:**
–13.0–13.2–13.1–12.9–12.9 кН;
- для шурупов типов **HSP-R-S19:**
–13.0–13.1–13.2–13.0–12.9 кН.

3. За расчетное усилие вырыва шурупов, установленных в металлический каркас, в соответствии с рекомендациями [4] - по первой методике испытаний следует принимать нагрузку равную:

- для шурупов типов **HSP25-R-S19:**
 $N_{расч.}=4.22$ кН при $m=3.0$, $v=0.007$ и $S=0.098$;
- для шурупов типов **HSP14-R-S19:**
 $N_{расч.}=4.21$ кН при $m=3.0$, $v=0.008$ и $S=0.11$;
- для шурупов типов **HSP-R-S19:**
 $N_{расч.}=4.23$ кН при $m=3.0$, $v=0.007$ и $S=0.1$.

Анализ результатов лабораторных испытаний шурупов по второй методике на действие нагрузки, приложенной вдоль оси шурупа (было испытано по 3 образца шурупов типов **HSP-R-S19**, **HSP14-R-S19** и **HSP25-R-S19**) позволяет отметить следующее:

1. На рис. 6.4÷6.6 приведены графики зависимости «нагрузка-деформация» для образцов указанных выше типов шурупов, построенные по результатам лабораторных испытаний.
2. Величины предельных разрушающих нагрузок для шурупов установленных в металлический каркас составили:
 - для шурупов типов **HSP25-R-S19:**
–12.9–12.9–13.0 кН;
 - для шурупов типов **HSP14-R-S19:**
–13.1–12.9–12.9 кН;

- для шурупов марки **HSP-R-S19:**
–13.0–12.9–13.0 кН.
4. За расчетное усилие вырыва шурупов типов **HSP-R-S19, HSP14-R-S19 и HSP25-R-S19** фирмы «Глобал Ривет Инжиниринг» с учетом характера поведения шурупа в процессе пошагового его нагружения с разгрузкой по второй методике, изложенной в[4], следует принимать нагрузку равную:
- для шурупов типов **HSP25-R-S19:**
 $N_{расч.}=6.0$ кН;
 - для шурупов типов **HSP14-R-S19:**
 $N_{расч.}=6.0$ кН;
 - для шурупов типов **HSP-R-S19:**
 $N_{расч.}=6.0$ кН;

При данной нагрузке величина остаточных деформаций в процессе разгрузки шурупов практически равна нулю, а диаграмма разгрузки образцов повторяет кривую нагружения т.е. шурупы при данных расчетных нагрузках работают в упругой стадии.

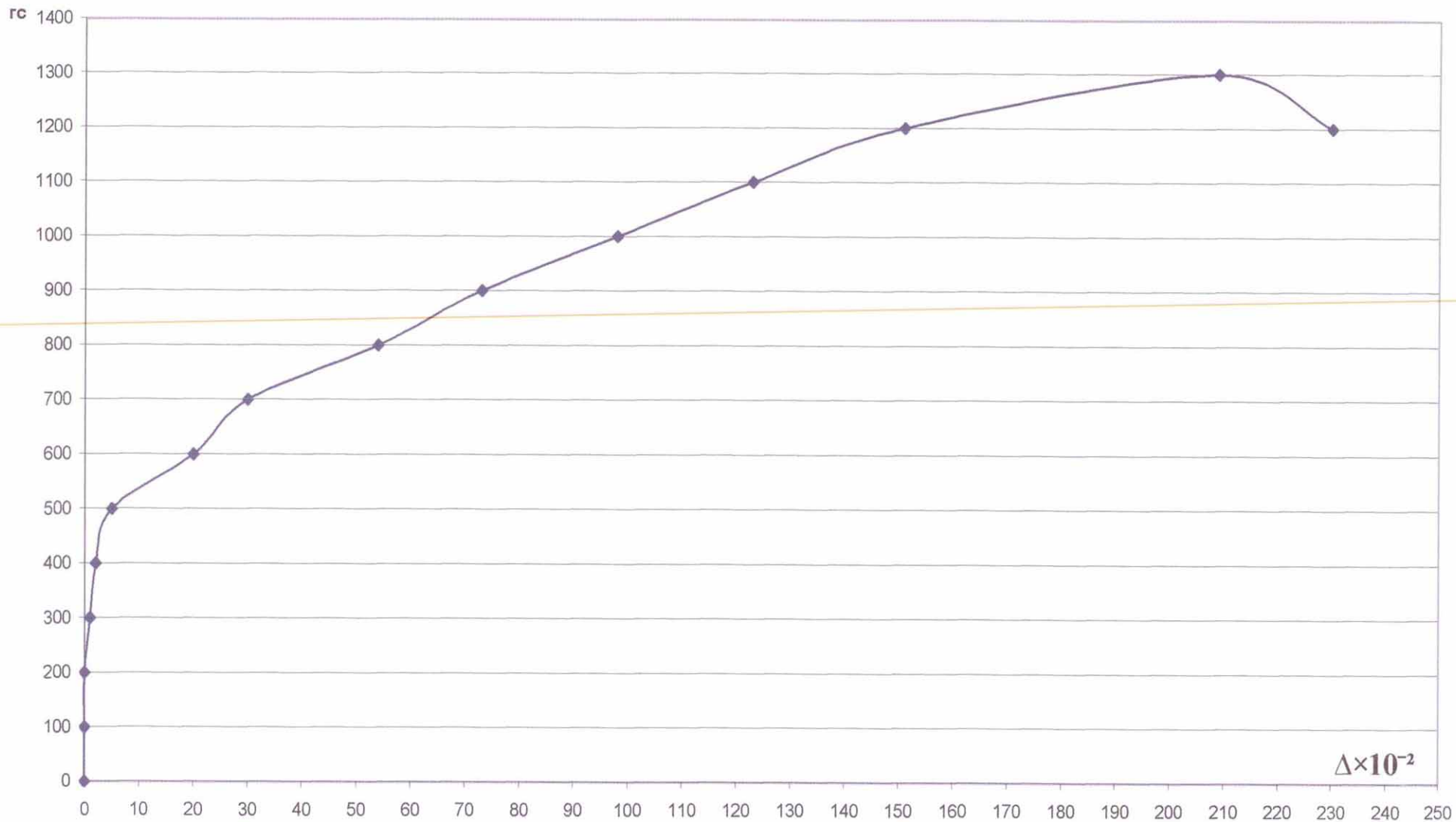


Рис. 6.1 График зависимости "нагрузка-перемещение" для самосверлящих шурупов "HARPOON" типа HSP25-R-S19.

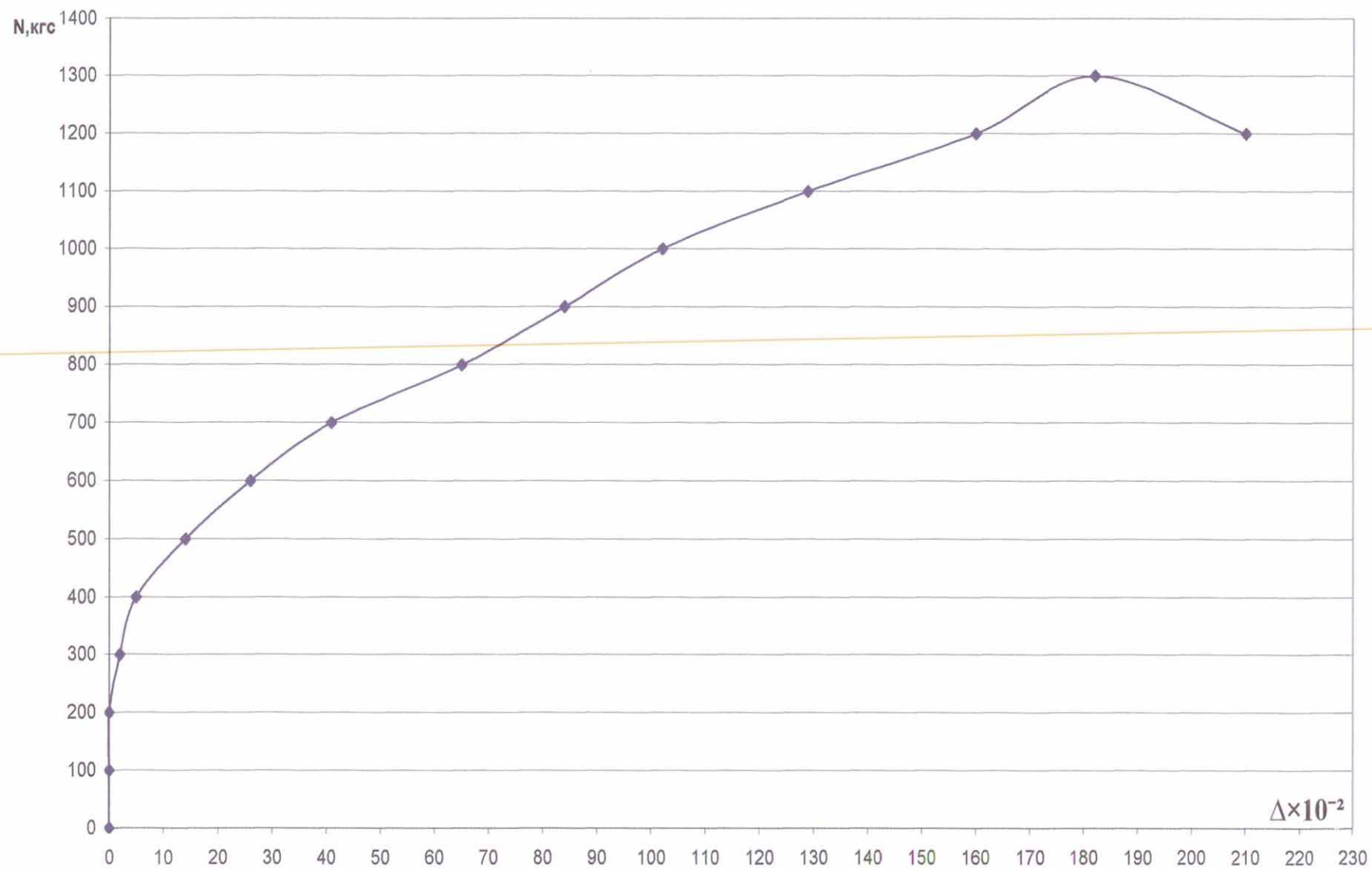


Рис. 6.2 График зависимости "нагрузка-перемещение" для самосверлящих шурупов "HARPOON" типа HSP14-R-S19.

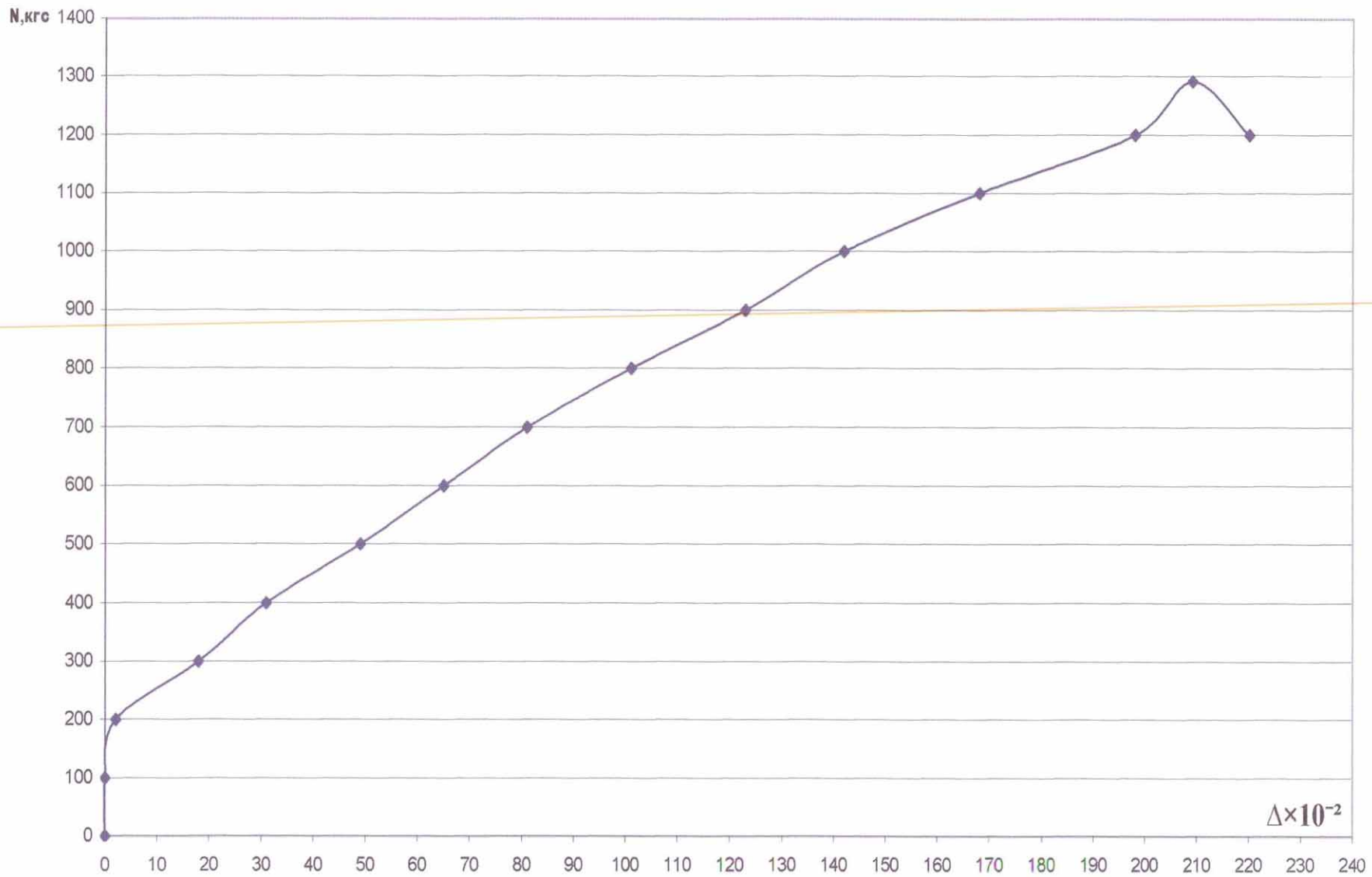


Рис. 6.3 График зависимости "нагрузка-перемещение" для самосверлящих шурупов "HARPOON" типа HSP-R-S19.

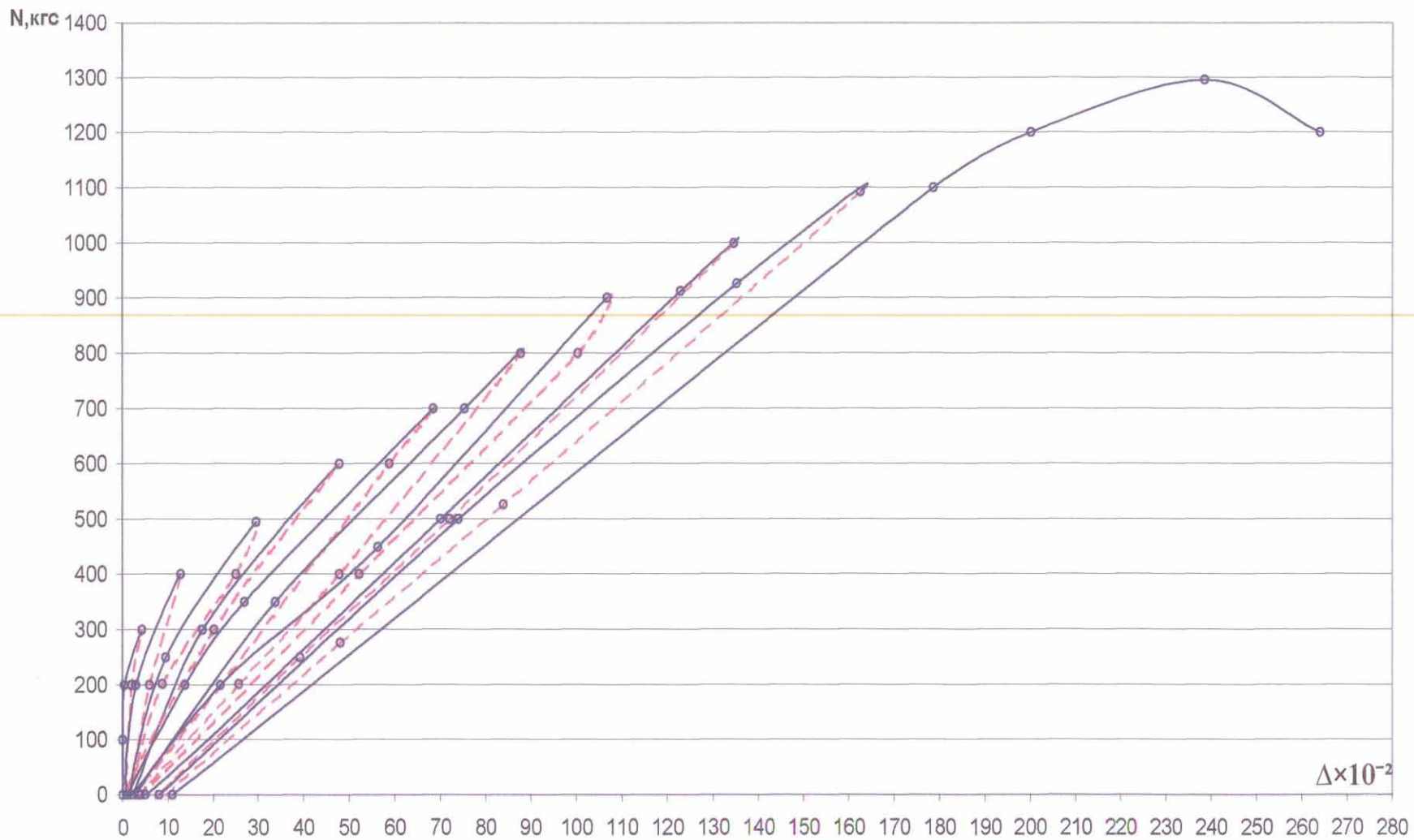


Рис. 6.4 График зависимости "нагрузка-перемещение" для самосверлящих шурупов "HARPOON" типа HSP25-R-S19.

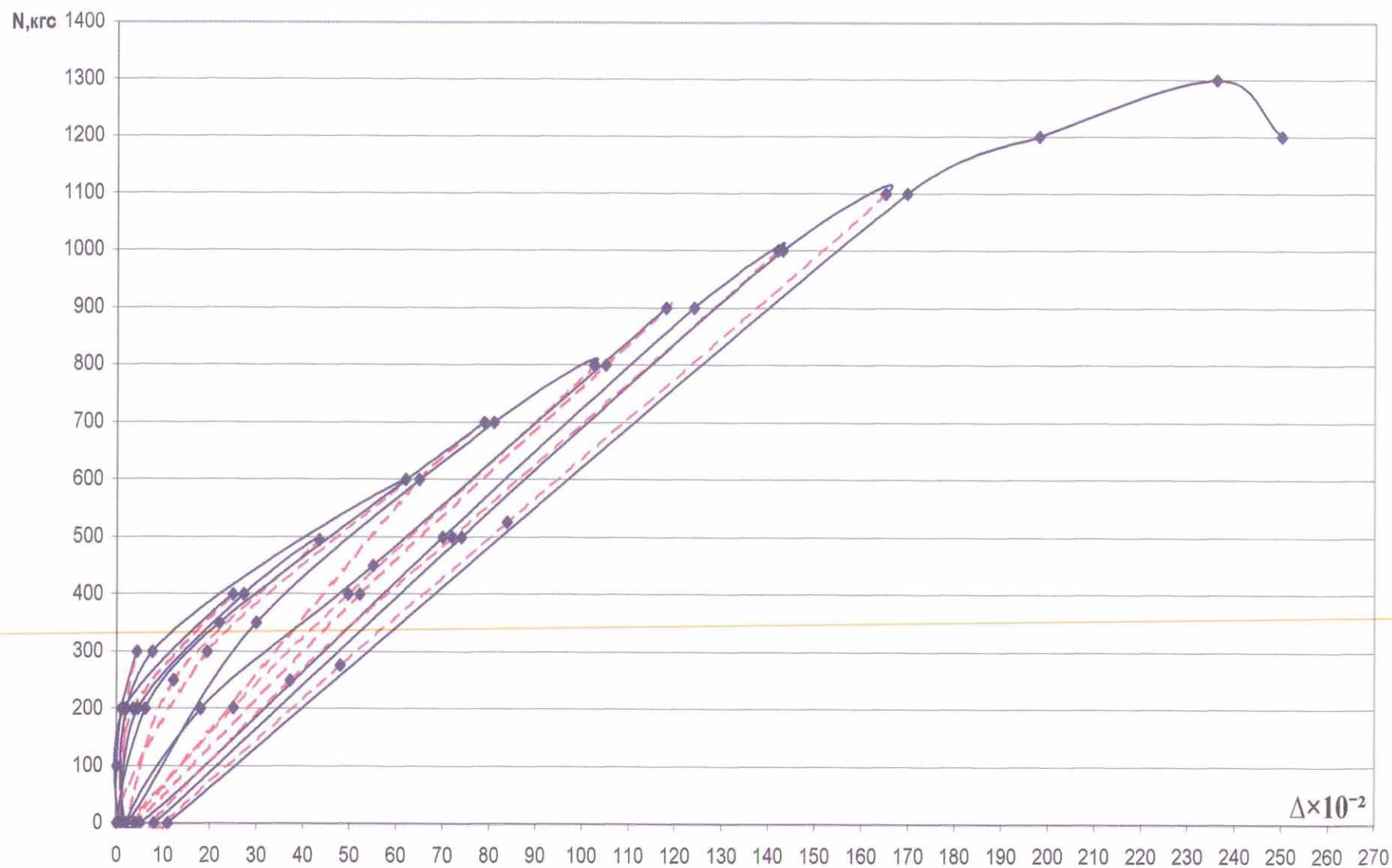


Рис. 6.5 График зависимости "нагрузка-перемещение" для самосверлящих шурупов "HARPOON" типа HSP14-R-S19.

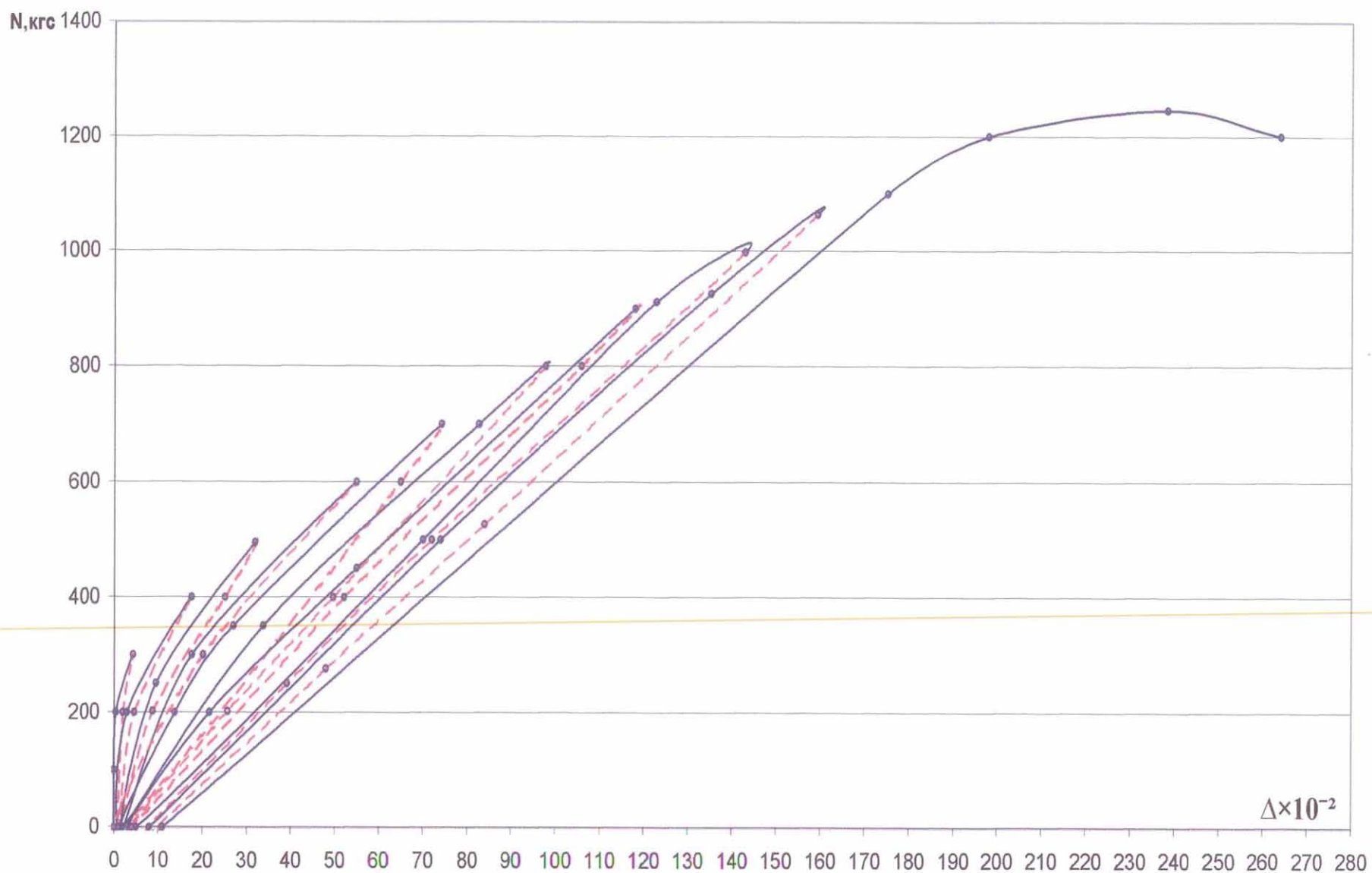


Рис. 6.6 График зависимости "нагрузка-перемещение" для самосверлящих шурупов "HARPOON" типа HSP-R-S19.

7. Результаты динамических испытаний узлов крепления сэндвич-панелей к стальному каркасу с помощью самосверлящих шурупов «HARPOON»

7.1. Методика проведения испытаний

Испытания фрагментов ФС 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 испытываемого 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 графики зависимости изменения ускорений в различных точках модели от времени.

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.

7.2. Назначение параметров загрузки

Длительность сейсмического воздействия. По данным [5,6] 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 [6] максимальные ускорения почвы при землетрясениях соответствовали периодам 0.05 и 0.1 сек ($f=20$ и 10 Гц). По данным И.Л. Корчинского [5]:

- при жестких системах ($T=0\div 0.05$) максимальные ускорения возникают почти мгновенно с началом колебаний (зона наиболее высоких значений коэффициента динамичности);

- наиболее характерные периоды сейсмического воздействия находятся в диапазоне короткопериодного спектра от 0.1 до 0.5 сек ($f \rightarrow$ от 10 до 2 Гц);
- в [5] 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 [5,7] Р.С. Бердяевой, Г.В. Беченовой и В.А. Ржевским были проведены испытания железобетонных и стальных балочных образцов при нагружениях со скоростью 300÷1000 циклов в минуту, что как указывается в [5] отвечает скорости нагружения строительных конструкций при сейсмических нагрузках.

Этапы загрузки приведены в табл. 6.1 и выбраны так, чтобы иметь возможность оценить поведение конструкций при резонансе. Указанные в таблице амплитудно-частотные характеристики и соответствующие им величины ускорений соответствуют значениям, полученным по данным акселерометров, установленных на виброплатформе.

В Приложении 1 к настоящему отчету приведены данные замеров ускорений по акселерометрам схема расположения, которых указана на рис. 5.3.

Приведенные в табл. 6.1 значения по цветовой гамме соответствуют зонам сейсмичности, указанным на карте сейсмического районирования территории РФ (рис. 7.1).

Параметры динамического нагружения платформы

Таблица 6.1.

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (м/с ²)	Балльность
1	4,2	1,0	0,72	6,5
2	5,3	1,0	1,10	7,1
3	6,0	1,1	1,52	7,6
4	6,9	0,7	1,36	7,4
5	7,9	1,3	3,19	8,7
6	8,6	1,9	5,51	9,5
7	3,1	2,1	0,79	6,7
8	4,1	2,1	1,41	7,5
9	4,8	2,0	1,84	7,9
10	5,4	2,1	2,39	8,3
11	6,7	3,5	6,13	9,6
12	2,9	4,2	1,39	7,5
13	4,0	3,8	2,42	8,3
14	5,0	3,9	3,80	8,9
15	6,0	2,9	4,14	9,0
16	6,3	4,9	7,60	9,9
17	2,1	7,1	1,23	7,3
18	2,8	7,7	2,37	8,2
19	3,8	7,7	4,39	9,1
20	4,8	6,8	6,16	9,6
21	5,6	5,1	6,32	9,7
22	2,1	14,3	2,49	8,3
23	2,6	16,6	4,43	9,1
24	3,4	15,5	7,05	9,8
25	4,0	14,7	9,27	10,2
26	1,8	21,4	2,73	8,4

Анализ результатов натуральных динамических испытаний навесных сэндвич-панелей, закрепленных в стальной каркас с помощью самосверлящих шурупов «HARPOON», позволяет отметить следующее.

1. в процессе испытаний значение величины ускорения виброплатформы по данным акселерометров, установленных на ней, изменялось в интервале от 0,72 до 9,27 м/с² (что превышает нормативное значение ускорения для сейсмической зоны в 9 баллов – 4 м/с²). Значения частоты колебаний системы изменялись в интервале от 1,8 до 8,6 Гц, а амплитуды колебаний системы – от 0,7 до 21,4 мм. При этом ускорение по данным акселерометров,

закрепленных на внешней облицовке сэндвич-панелей в разных точках модели изменялось в интервале от 0,01 до 11,31 м/с².

2. Впервые в практике отечественных экспериментальных исследований были проведены испытания системы на ударное воздействие. При испытаниях экспериментальной модели на динамический удар, соответствующий ускорению более 8g (или 80м/с²) эксплуатационная надежность креплений не была нарушена. На рис. 7.2 приведена акселерограмма, полученная при испытании системы на ударные воздействия.
3. **Во время испытаний в момент, когда собственные частоты колебаний модели совпали с вынужденными частотами колебаний виброплатформы система вошла в резонанс. На рис 7.3 показана акселерограмма, построенная при динамических испытаниях системы. Как видно из акселерограммы в процессе испытаний было зафиксировано два момента вхождения системы в резонанс. При резонансе эксплуатационная надежность креплений не была нарушена.**
4. В Приложении 1 к настоящему отчету приведены акселерограммы, записанные с датчиков. На представленных акселерограммах сопоставлены ускорения на уровне платформы, а также на сэндвич-панелях при различных режимах нагружения. Как видно из графика на рис. П-1-6 (приложение №1) на восьмом режиме испытаний в момент когда амплитуда колебаний платформы составляла 0.005мм амплитуда колебаний верхней панели составила 0.06мм. Кроме того, построены амплитудно-частотные характеристики, позволяющие оценить разность перемещений и ускорений в различных точках испытываемого образца при колебаниях с заданной частотой.

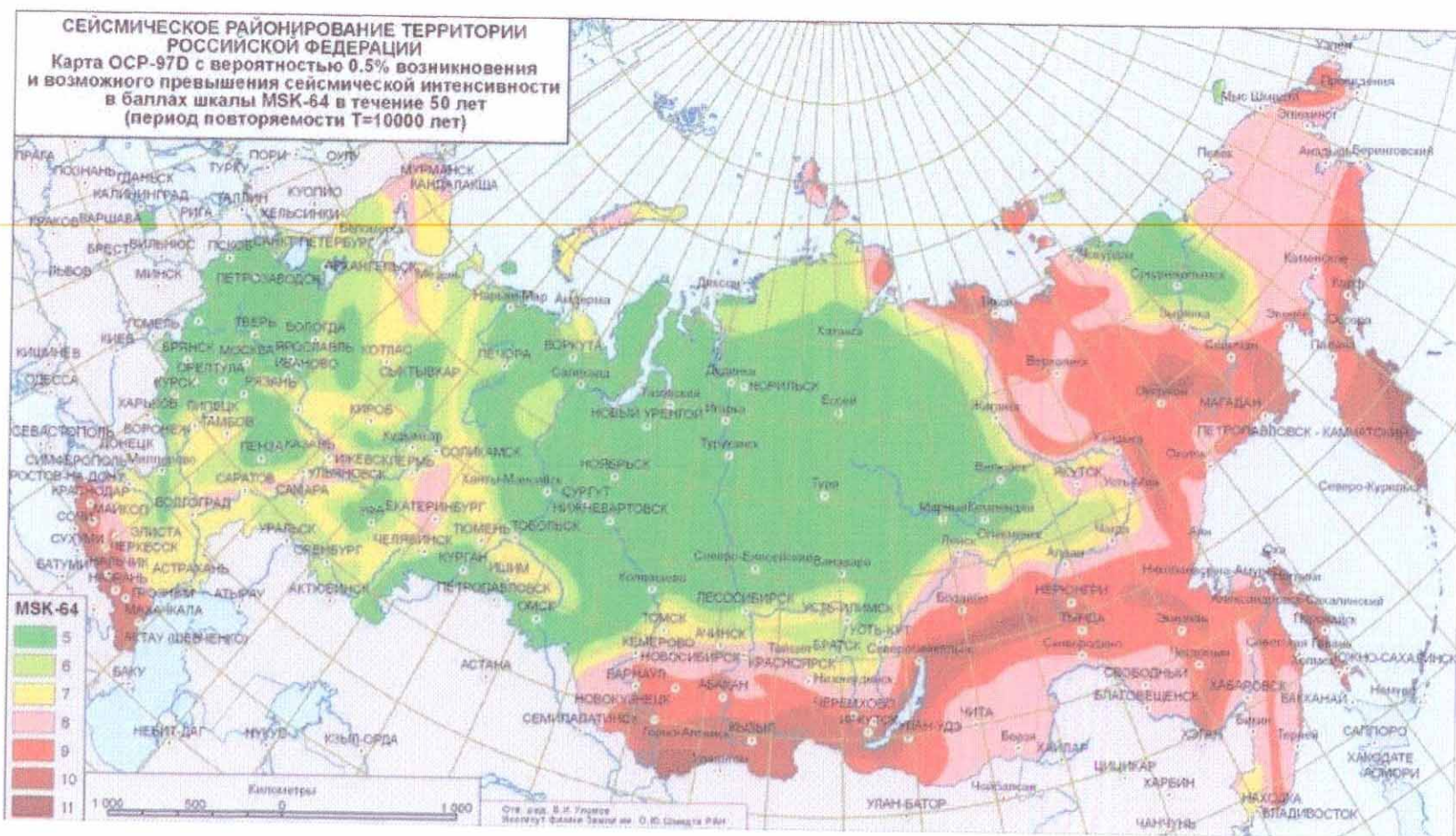
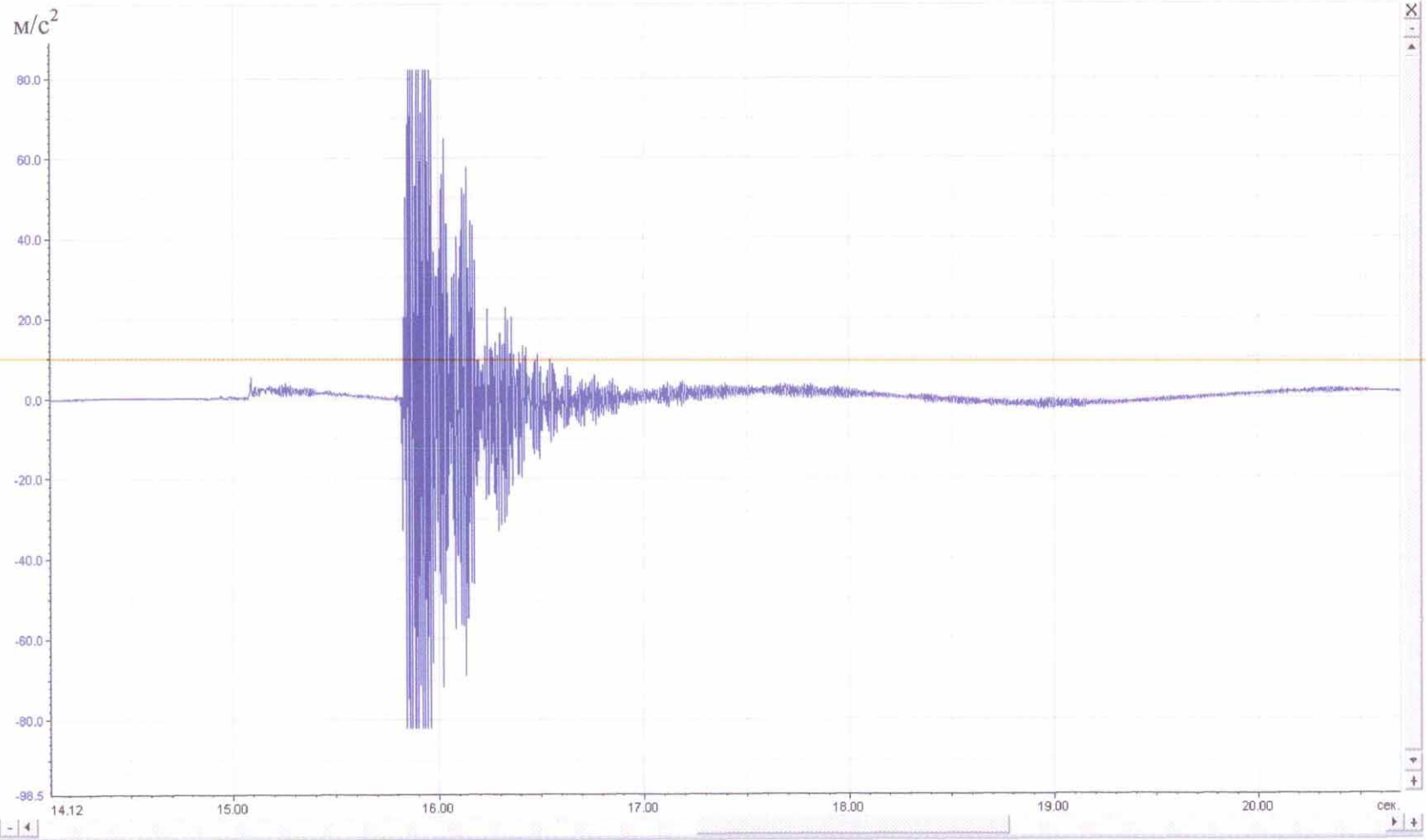


Рис. 7.1



Имя	F s	dX	X тек	У тек	Инд. тек	Инд. Л	Инд. П	Хнач - Хкон	Умин	Умакс	Длина
MC-201-1-2-1_АМ#1	300.00	0.003333	-	-	-	4235	6208	14.116 - 20.692	-82.080	82.111	8550

Рис. 7,2

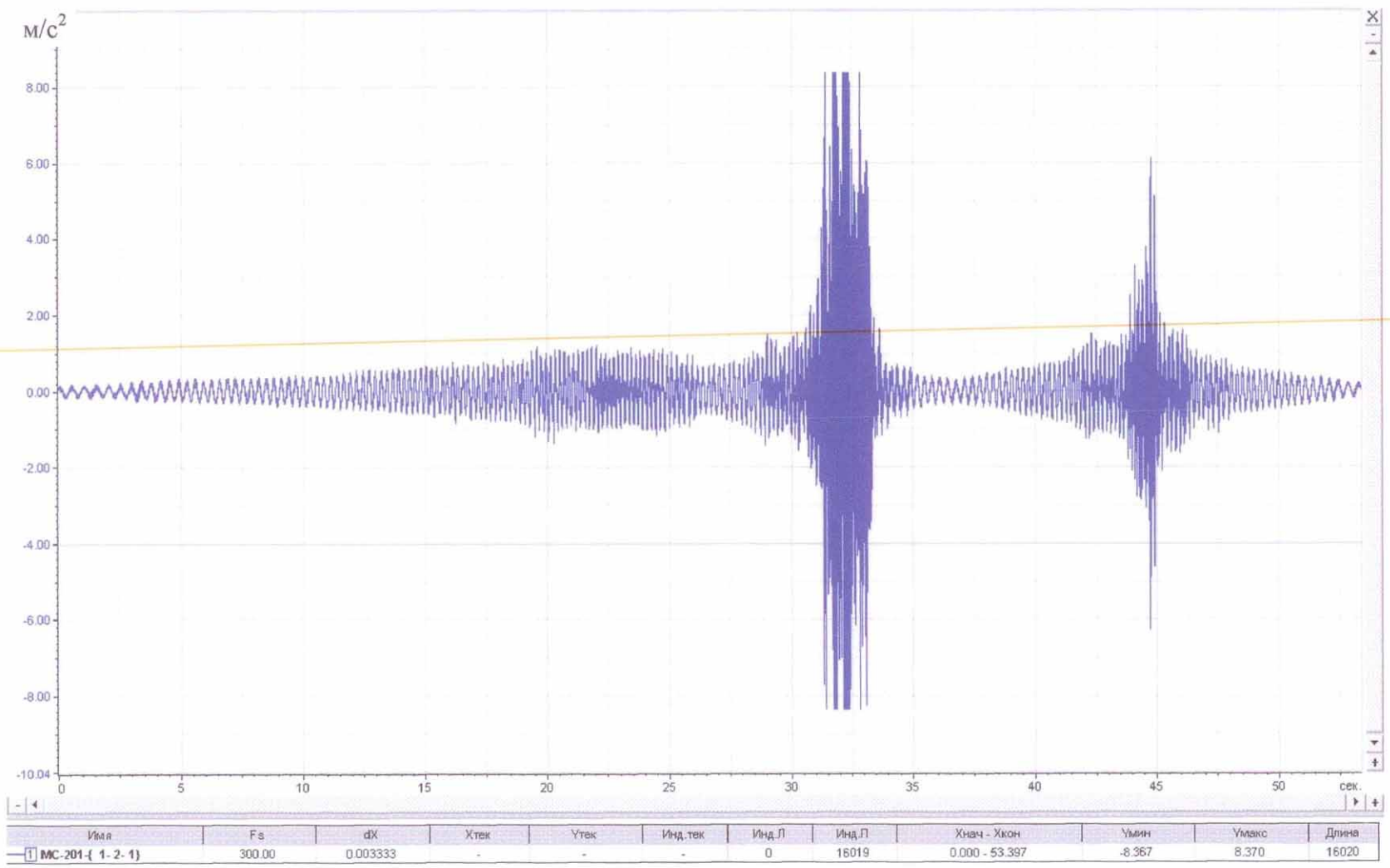


Рис. 73

8. Результаты испытаний самосверлящих шурупов «HARPOON» на действие статической нагрузки после завершения динамических испытаний системы.

После завершения динамических испытаний сэндвич-панелей, закрепленных к стальному каркасу с помощью самосверлящих шурупов «HARPOON» типов **HSP-R-S19**, **HSP14-R-S19** и **HSP25-R-S19**, указанные шурупы были освобождены от слоя сэндвич-панелей и испытаны на действие статической продольной относительно их оси нагрузки.

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

5. На рис. 8.1÷8.3 приведены графики зависимости «нагрузка-деформация» для образцов указанных выше типов шурупов, построенные по результатам лабораторных испытаний.

6. Величины предельных разрушающих нагрузок для шурупов установленных в металлический каркас, составили:

- для шурупов типов **HSP25-R-S19**:

–13.0–12.9–13.1 кН;

- для шурупов типов **HSP14-R-S19**:

–12.9–12.8–13.0 кН.

- для шурупов типов **HSP-R-S19**:

–13.2–12.9–13.1 кН.

7. За расчетное усилие вырыва шурупов, установленных в металлический каркас, в соответствии с рекомендациями [4] - по первой методике испытаний следует принимать нагрузку равную:

- для шурупов типов **HSP25-R-S19**:

$N_{\text{расч.}}=4.23$ кН при $m=3.0$, $v=0.008$ и $S=0.097$;

- для шурупов типов **HSP14-R-S19**:

$N_{\text{расч.}}=4.22$ кН при $m=3.0$, $v=0.009$ и $S=0.12$;

- для шурупов типов **HSP-R-S19**:

$$N_{\text{расч.}} = 4.24 \text{ кН при } m=3.0, v=0.008 \text{ и } S=0.11.$$

Анализ результатов лабораторных испытаний шурупов по второй методике на действие нагрузки, приложенной вдоль оси шурупа (было испытано по 2 образца шурупов типов **HSP-R-S19**, **HSP14-R-S19** и **HSP25-R-S19**) позволяет отметить следующее:

1. На рис. 8.4÷8.6 приведены графики зависимости «нагрузка-деформация» для образцов указанных выше типов шурупов, построенные по результатам лабораторных испытаний.
2. Величины предельных разрушающих нагрузок для шурупов установленных в металлический каркас составили:
 - для шурупов типов **HSP25-R-S19**:
–13.0–12.9 кН;
 - для шурупов типов **HSP14-R-S19**:
–13.0–12.9 кН.
 - для шурупов типов **HSP-R-S19**:
–13.1–13.0 кН.
8. За расчетное усилие вырыва шурупов типов **HSP-R-S19**, **HSP14-R-S19** и **HSP25-R-S19** фирмы «Глобал Ривет Инжиниринг» с учетом характера поведения шурупа в процессе пошагового его нагружения с разгрузкой по второй методике, изложенной в[4], следует принимать нагрузку равную:
 - для шурупов типов **HSP25-R-S19**:
 $N_{\text{расч.}} = 6.0 \text{ кН};$
 - для шурупов типов **HSP14-R-S19**:
 $N_{\text{расч.}} = 6.0 \text{ кН};$
 - для шурупов типов **HSP-R-S19**:
 $N_{\text{расч.}} = 6.0 \text{ кН};$

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

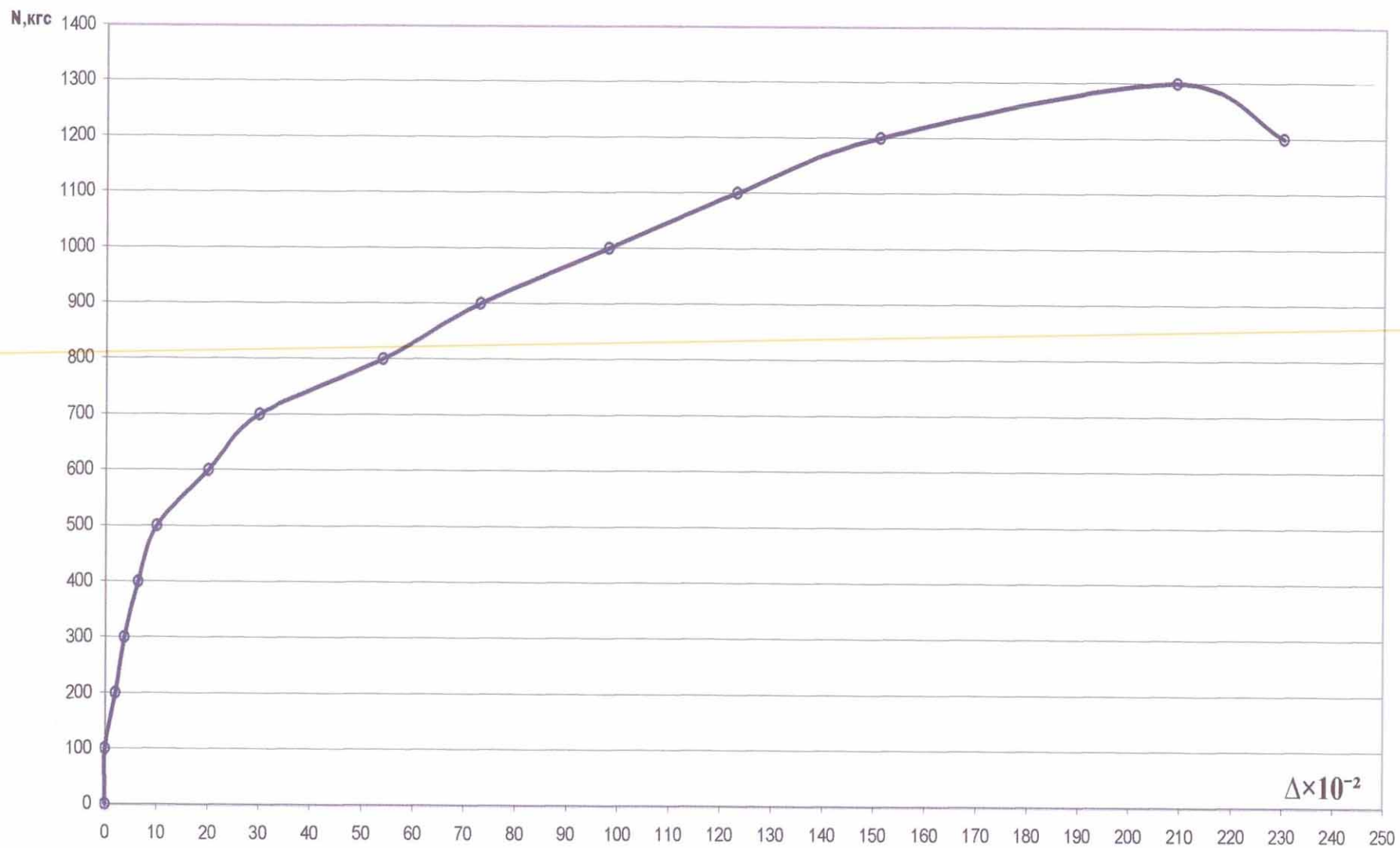


Рис. 8.1 График зависимости "нагрузка-перемещение" для самосверлящих шурупов "HARPOON" типа HSP25-R-S19.

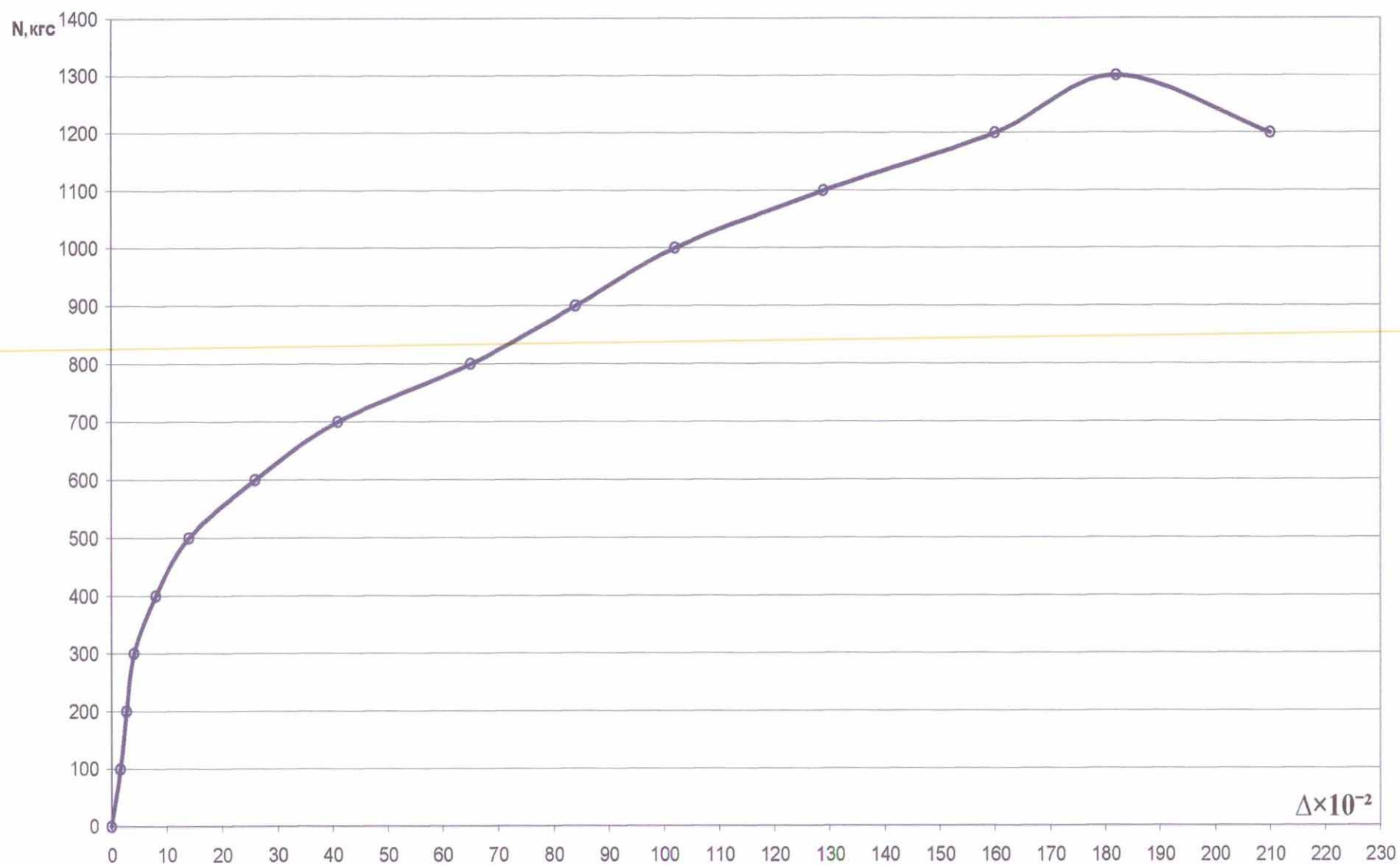


Рис. 8.2 График зависимости "нагрузка-перемещение" для самосверлящих шурупов "HARPOON" типа HSP14-R-S19.

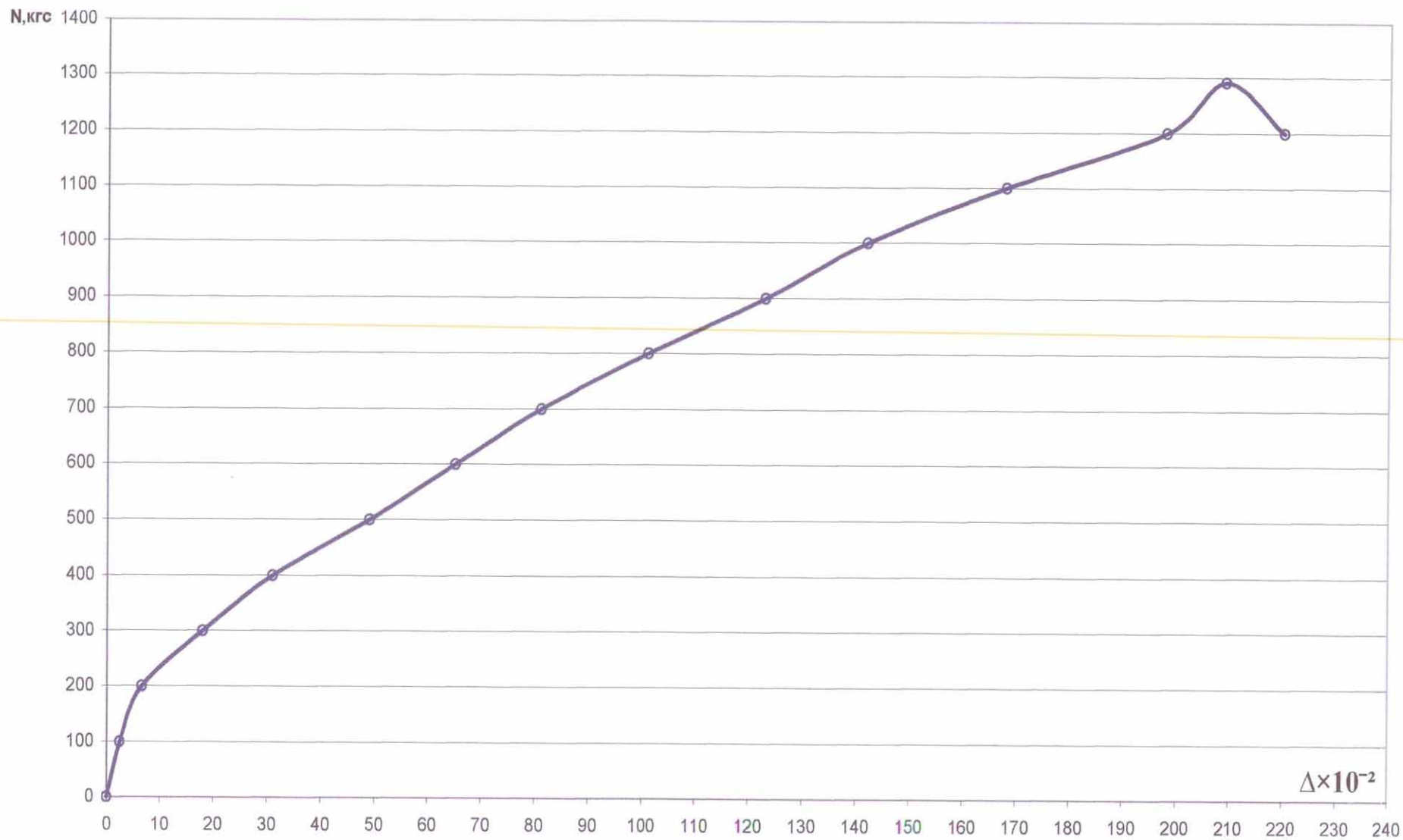


Рис. 8.3 График зависимости "нагрузка-перемещение" для самосверлящих шурупов "HARPOON" типа HSP-R-S19.

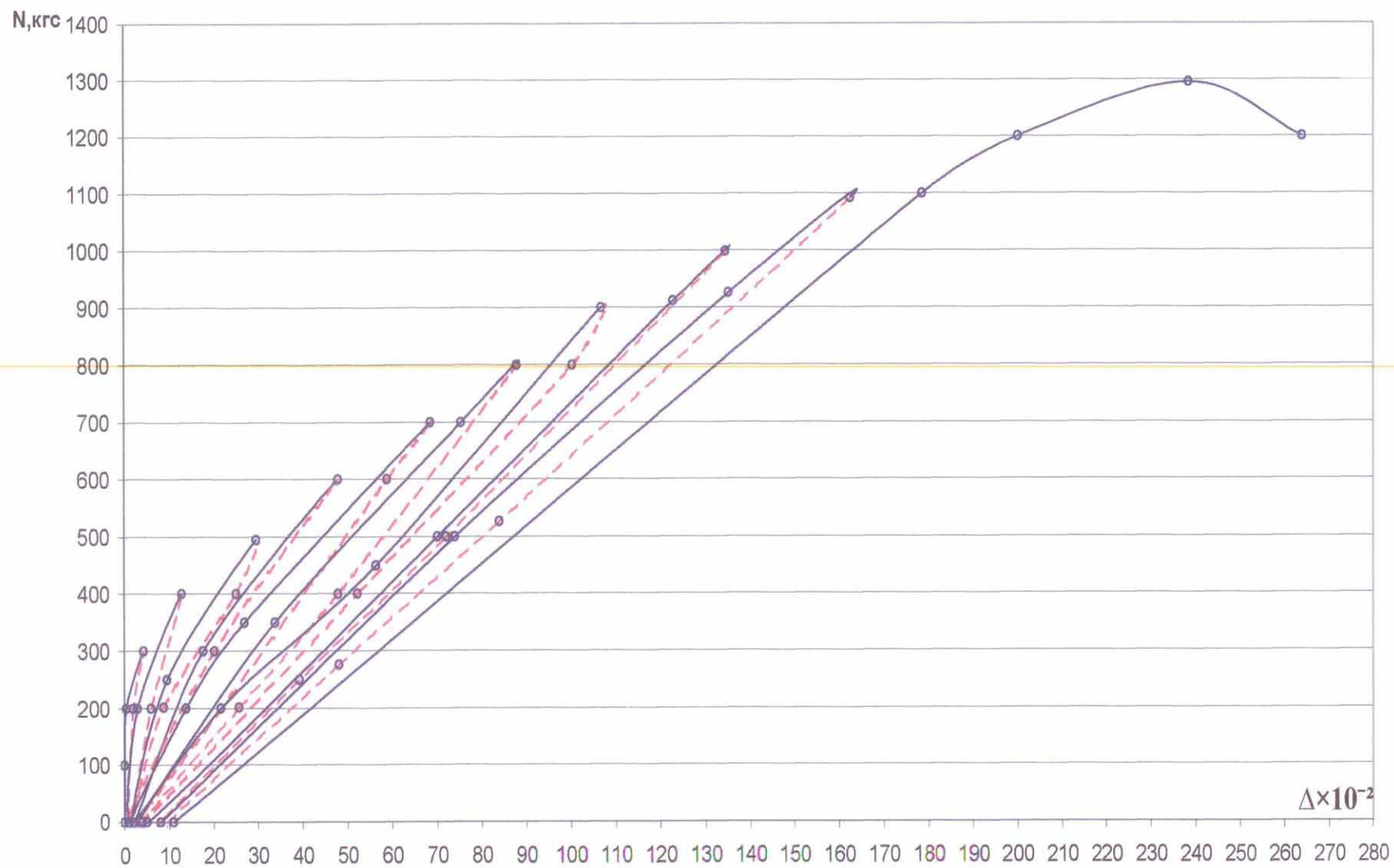


Рис. 8.4 График зависимости "нагрузка-перемещение" для самосверлящих шурупов "HARPOON" типа HSP25-R-S19.

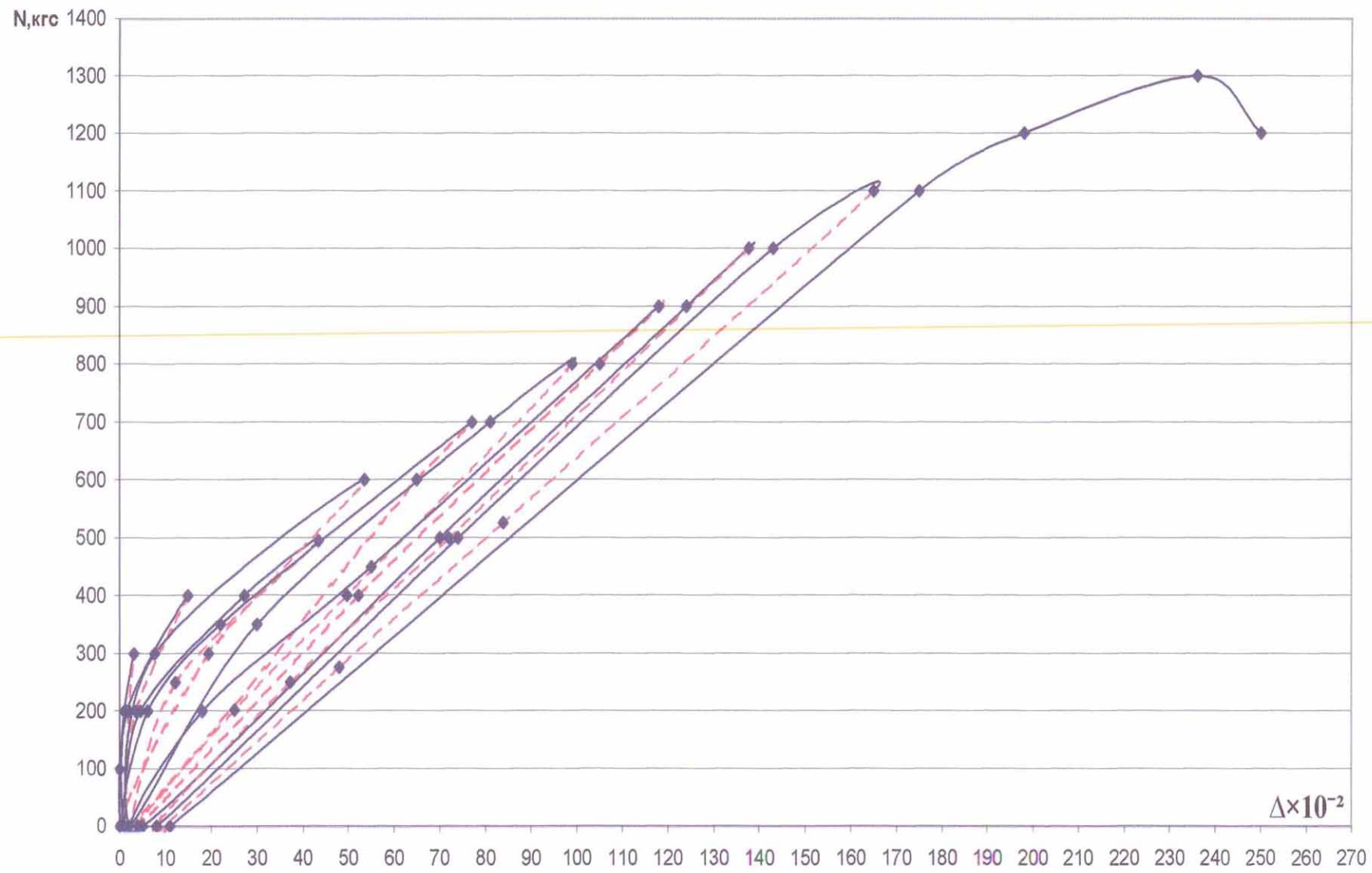


Рис. 8.5 График зависимости "нагрузка-перемещение" для самосверлящих шурупов "HARPOON" типа HSP14-R-S19.

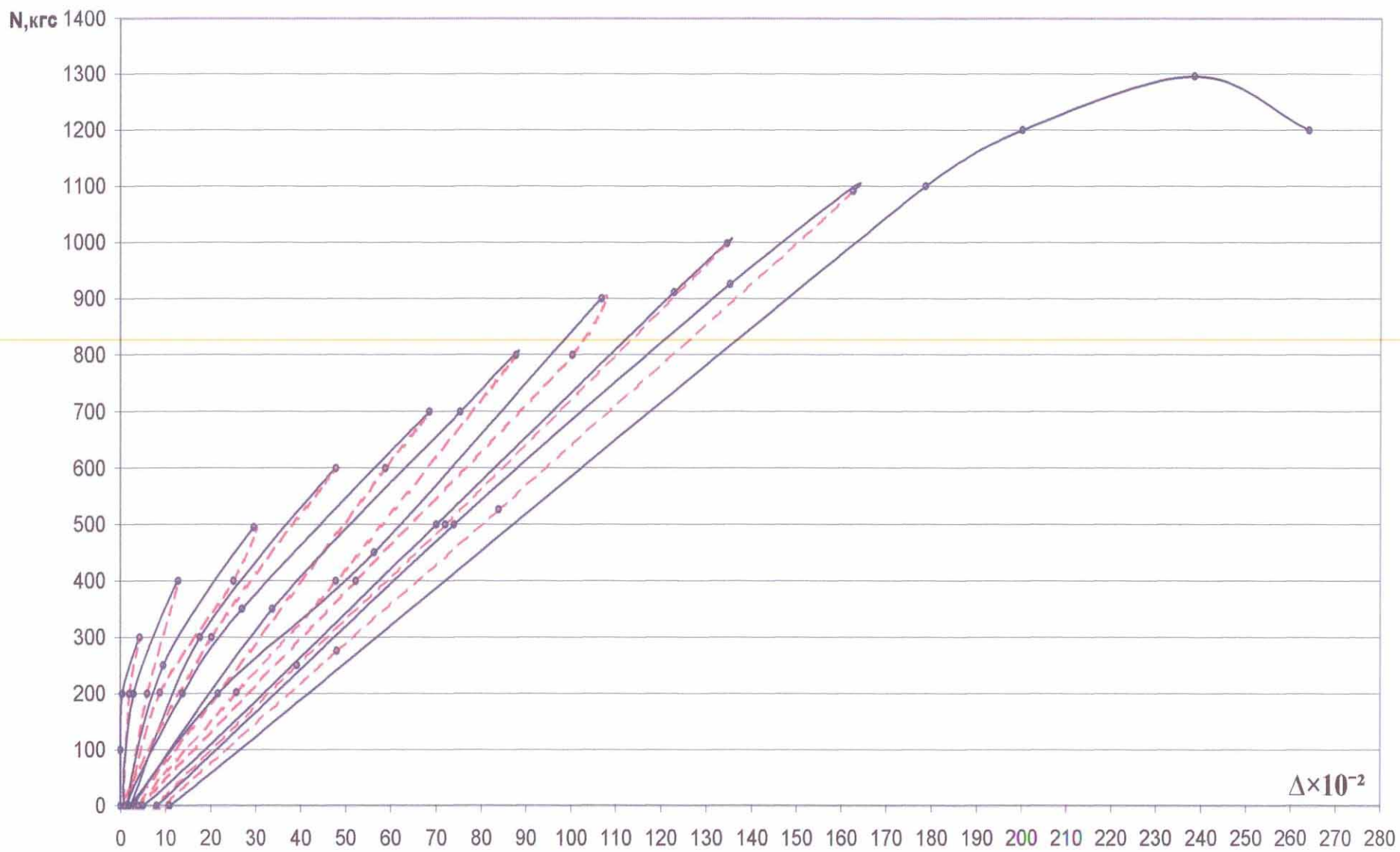


Рис. 8.6 График зависимости "нагрузка-перемещение" для самосверлящих шурупов "HARPOON" типа HSP-R-S19.

9. Заключение. Выводы и рекомендации.

На основе анализа результатов статических и динамических испытаний самосверлящих шурупов «HARPOON» можно отметить следующее:

1. В соответствии с программой экспериментальных исследований на виброплатформе Центра исследований сейсмостойкости сооружений были проведены динамические испытания креплений сэндвич панелей к металлическому каркасу при помощи самосверлящих шурупов «HARPOON» типов HSP25-R-S19, HSP14-R-S19 и HSP-R-S19. При динамических испытаниях, включающих испытания на сейсмическое ударное воздействие, моделировались нагрузки, соответствующие сейсмическим воздействиям в 7÷9 баллов.
2. В процессе испытаний значение величины ускорения виброплатформы по данным акселерометров, установленных на ней, изменялось в интервале от 0.72 до 9.27 м/с² (что превышает нормативное значение ускорения для сейсмической зоны в 9 баллов – 4 м/с²). Значения частот колебаний системы изменялись в интервале от 1.8 до 8.6 Гц, а амплитуды колебаний системы – от 0,7 до 21,4 мм. При этом ускорение по данным акселерометров, закрепленных на внешней облицовке сэндвич-панелей в разных точках модели изменялось в интервале от 0,01 до 11,31 м/с².
3. Впервые в практике отечественных экспериментальных исследований были проведены испытания системы на ударное воздействие. При испытаниях экспериментальной модели на динамический удар, соответствующий ускорению более 8g (или 80м/с²) эксплуатационная надежность креплений не была нарушена.
4. Во время испытаний в момент, когда собственные частоты колебаний модели совпали с вынужденными частотами колебаний виброплатформы система вошла в резонанс. В процессе испытаний было зафиксировано два момента вхождения системы в резонанс.

При резонансе эксплуатационная надежность креплений не была нарушена.

5. Анализ результатов статических испытаний анкеров до и после динамических исследований системы, состоящей из сэндвич-панелей, закрепленных к стальному каркасу с помощью самосверлящих шурупов «HARPOON», показал, что влияние динамической нагрузки, направленной вдоль и поперек оси шурупа, на прочность шурупов типов **HSP-R-S19**, **HSP14-R-S19** и **HSP25-R-S19** фирмы «Глобал Ривет Инжиниринг» при действии сейсмических нагрузок, соответствующих 7-9 балльной сейсмике, не выявлено: несущая способность шурупов на вырыв из стальных балок не изменилась.
6. При применении в сейсмических районах шурупов типов **HSP-R-S19**, **HSP14-R-S19** и **HSP25-R-S19**, а так же аналогичных шурупов серии HSP, фирмы «Глобал Ривет Инжиниринг» для крепления навесных сэндвич-панелей к элементам стального каркаса здания несущая способность шурупов на вырыв может приниматься такой же, как и в случае использования этих анкеров в обычных районах.
7. В приложении 3 к настоящему отчету приведена видеосъемка испытания ФС на сейсмические воздействия.

Вывод: Фасадная система с использованием навесных сэндвич-панелей и анкерного крепежа в виде самосверлящих шурупов «HARPOON» типов **HSP-R-S19**, **HSP14-R-S19** и **HSP25-R-S19**, а так же аналогичных шурупов серии HSP, может быть рекомендована для применения в регионах РФ с 7-9 балльной сейсмикой.

Список литературы

1. MSK-64. Шкала сейсмической интенсивности MSK. 1964.
2. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 30546.1-98 «Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям и методы расчета их сложных конструкций в части сейсмостойкости».
3. СП 14.13330.2011 (СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция).
4. Стандарт организации. Крепления Анкерные. Метод определения несущей способности по результатам натурных испытаний. СТО 44416204-010-2010. М.2011.
5. 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.
6. Методические рекомендации по инженерному анализу последствий землетрясений. ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко ГОССТРОЯ СССР. – М., 1980, 62 с.
7. Поляков С.В., «Сейсмостойкие конструкции зданий», Изд. «Высшая школа», М., 1969г., 335 с.
8. Корчинский И.Л. и др., «Сейсмостойкое строительство зданий», Изд. «Высшая школа», М., 1971г., 319 с.
9. Карапетян Б.К. «Колебание сооружений, возведенных в Армении», Изд. «Айостан», Ереван, 1967.
10. Корчинский И.Л., Беченева Г.В. «Прочность строительных материалов при динамических нагружениях», Стройиздат, М., 1966г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

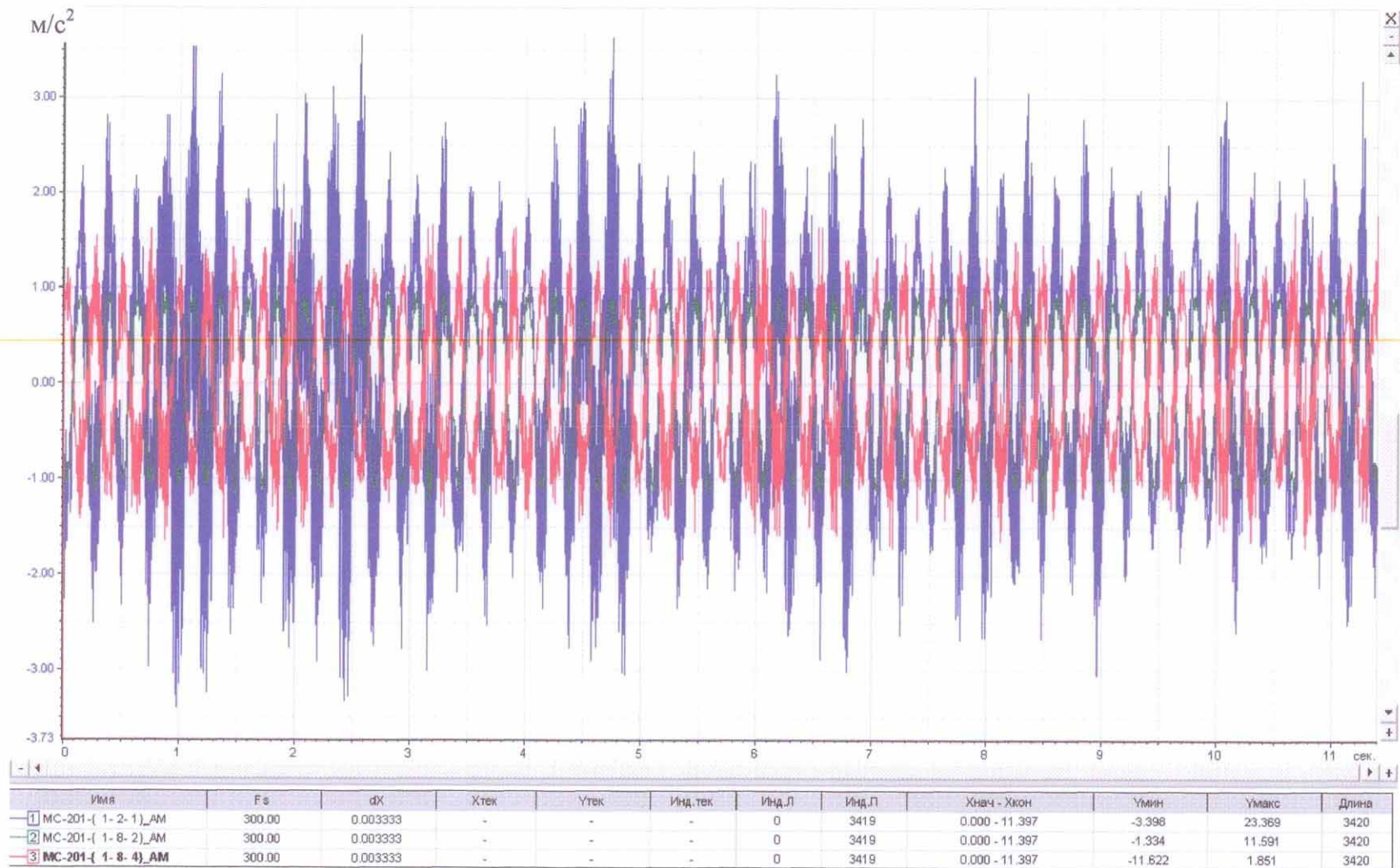


Рис.П-1-1 . Акселерограммы (m/s^2), записанные с датчика 1-2-1 (синим цветом), датчика 1-8-2 (зеленым цветом) и датчика 1-8-4 (красным цветом) при 8-м режиме испытаний (частота $f=4.1$ Гц; амплитуда $A=2.1$ мм)

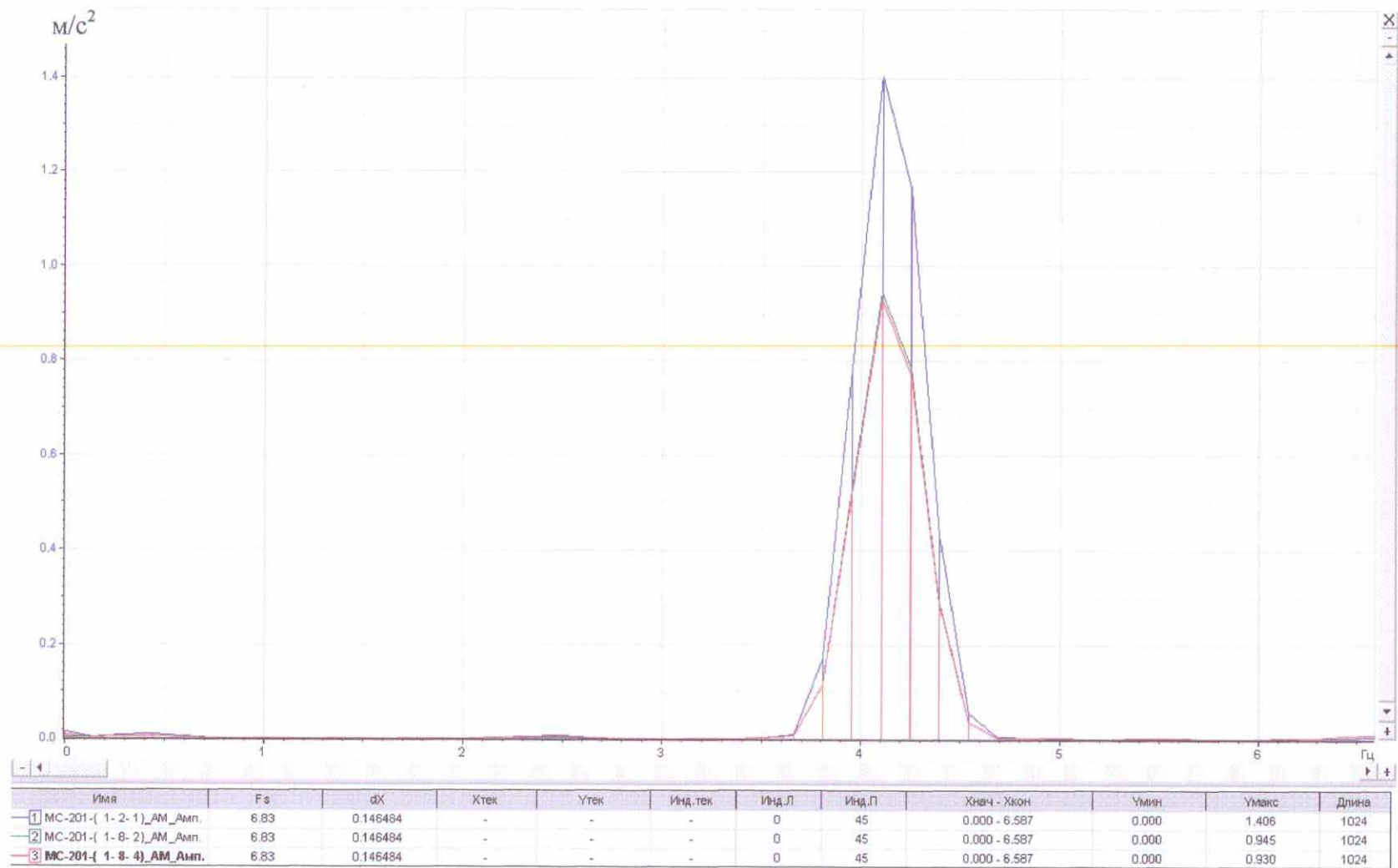


Рис. П-1-2. Спектры пиковых значений ускорений (m/s^2) для датчика 1-2-1 (синим цветом), датчика 1-8-2 (зеленым цветом) и датчика 1-8-4 (красным цветом) при 8-м режиме испытаний (частота $f=4.1$ Гц; амплитуда $A=2.1$ мм)

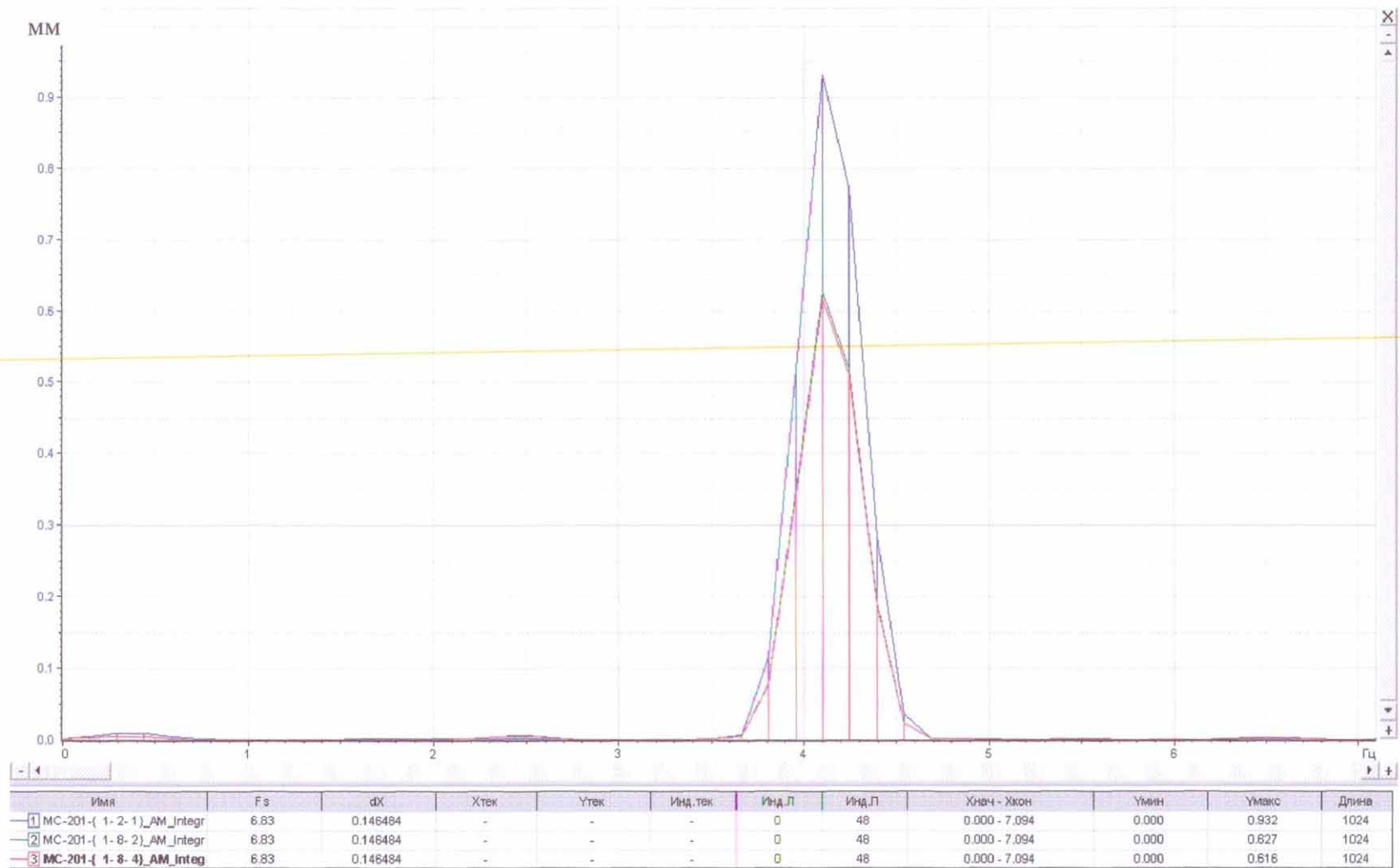


Рис. П-1-3. Спектры пиковых значений амплитуд (мм) для датчика 1-2-1 (синим цветом), датчика 1-8-2 (зеленым цветом) и датчика 1-8-4 (красным цветом) при 8-м режиме испытаний (частота $f=4.1$ Гц; амплитуда $A=2.1$ мм)

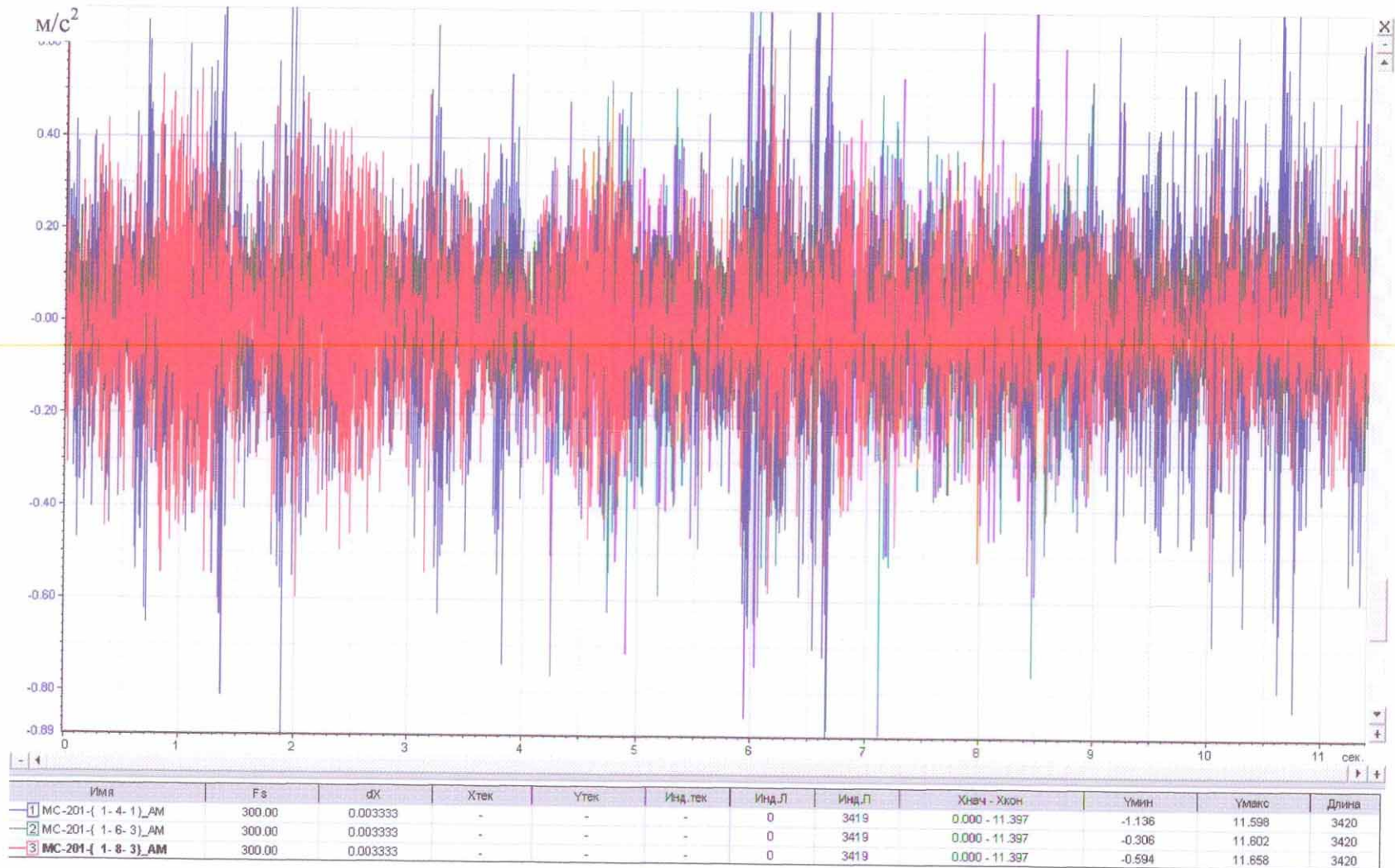


Рис. П-1-4. Акселерограммы (m/s^2), записанные с датчика 1-4-1 (синим цветом), датчика 1-6-3 (зеленым цветом) и датчика 1-8-3 (красным цветом) при 8-м режиме испытаний (частота $f=4.1$ Гц; амплитуда $A=2.1$ мм)

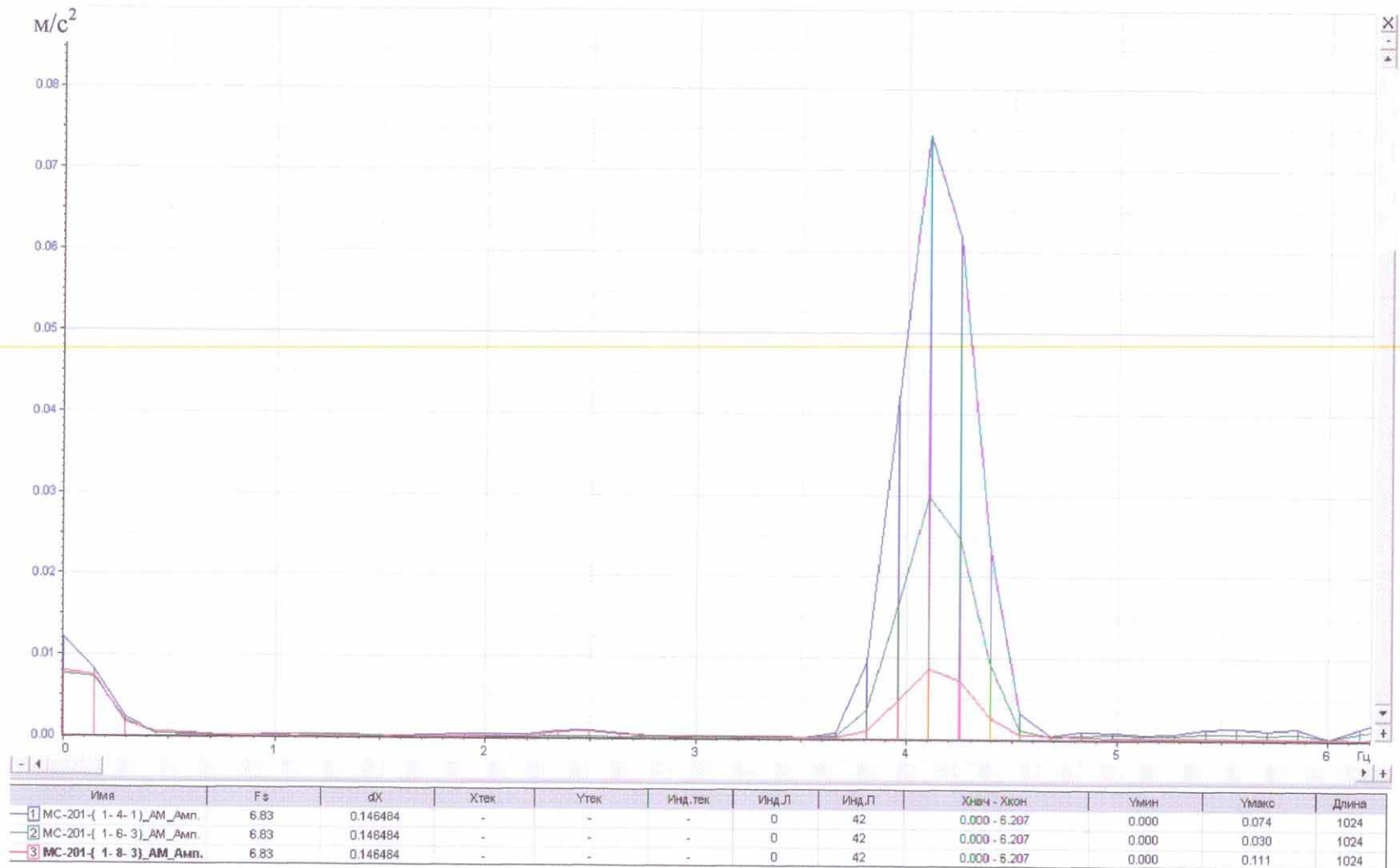


Рис. П-1-5. Спектры пиковых значений ускорений (m/s^2) для датчика 1-4-1 (синим цветом), датчика 1-6-3 (зеленым цветом) и датчика 1-8-3 (красным цветом) при 8-м режиме испытаний (частота $f=4.1$ Гц; амплитуда $A=2.1$ мм)

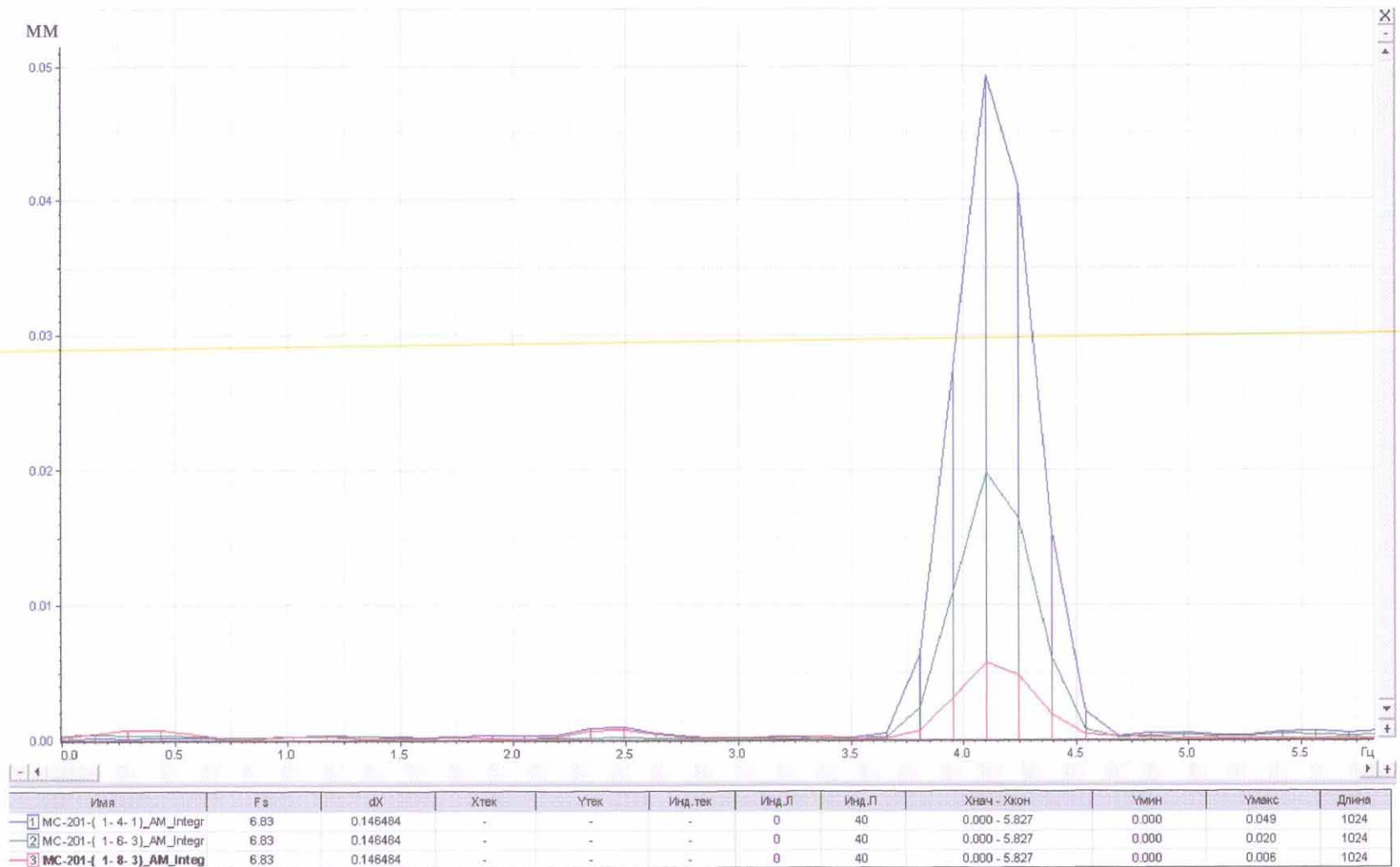


Рис. П-1-6. Спектры пиковых значений амплитуд (мм) для датчика 1-4-1 (синим цветом), датчика 1-6-3 (зеленым цветом) и датчика 1-8-3 (красным цветом) при 8-м режиме испытаний (частота $f=4.1$ Гц; амплитуда $A=2.1$ мм)

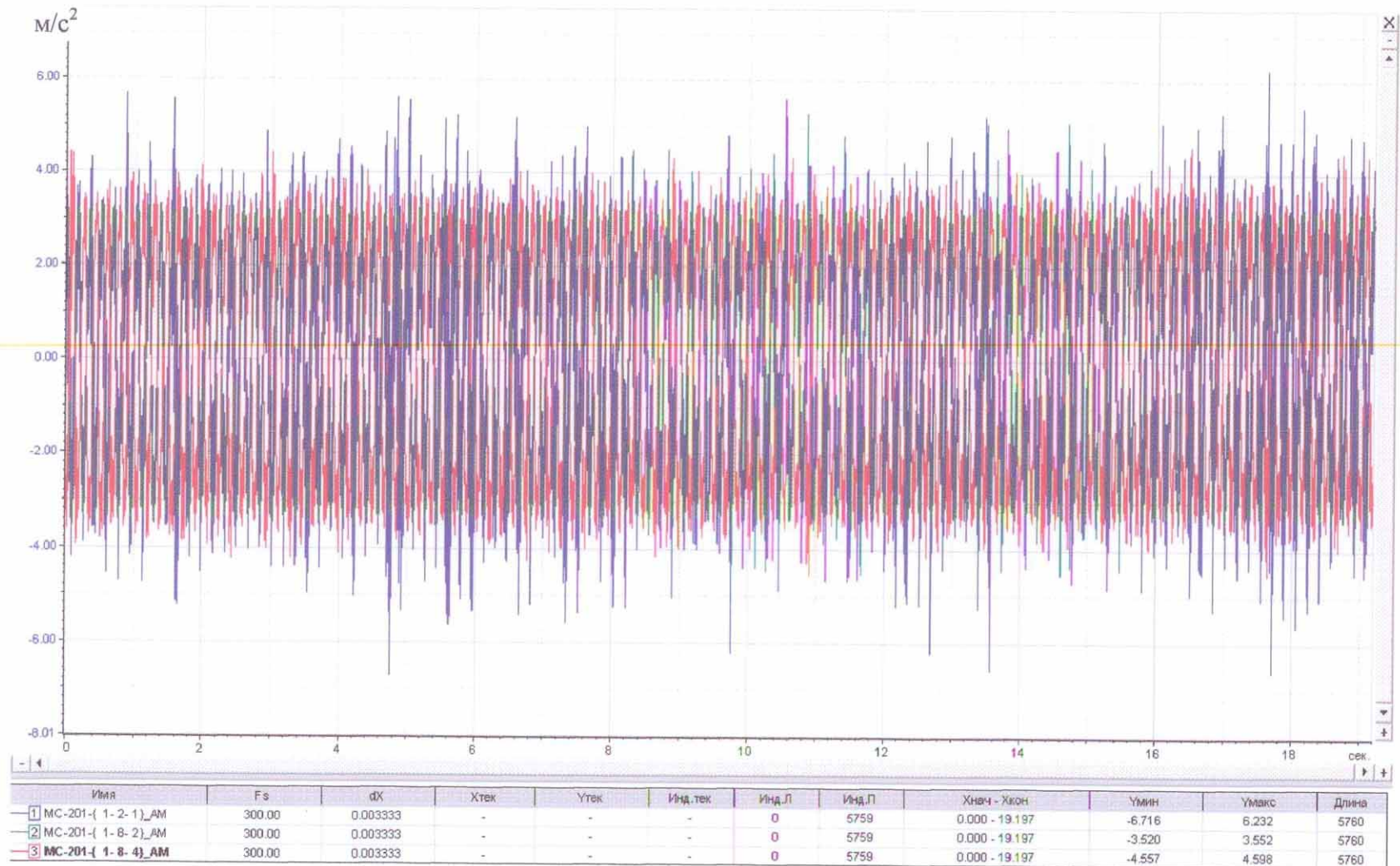


Рис. П-1-7. Акселерограммы (m/s^2), записанные с датчика 1-2-1 (синим цветом), датчика 1-8-2 (зеленым цветом) и датчика 1-8-4 (красным цветом) при 10-м режиме испытаний (частота $f=5.4$ Гц; амплитуда $A=2.1$ мм)

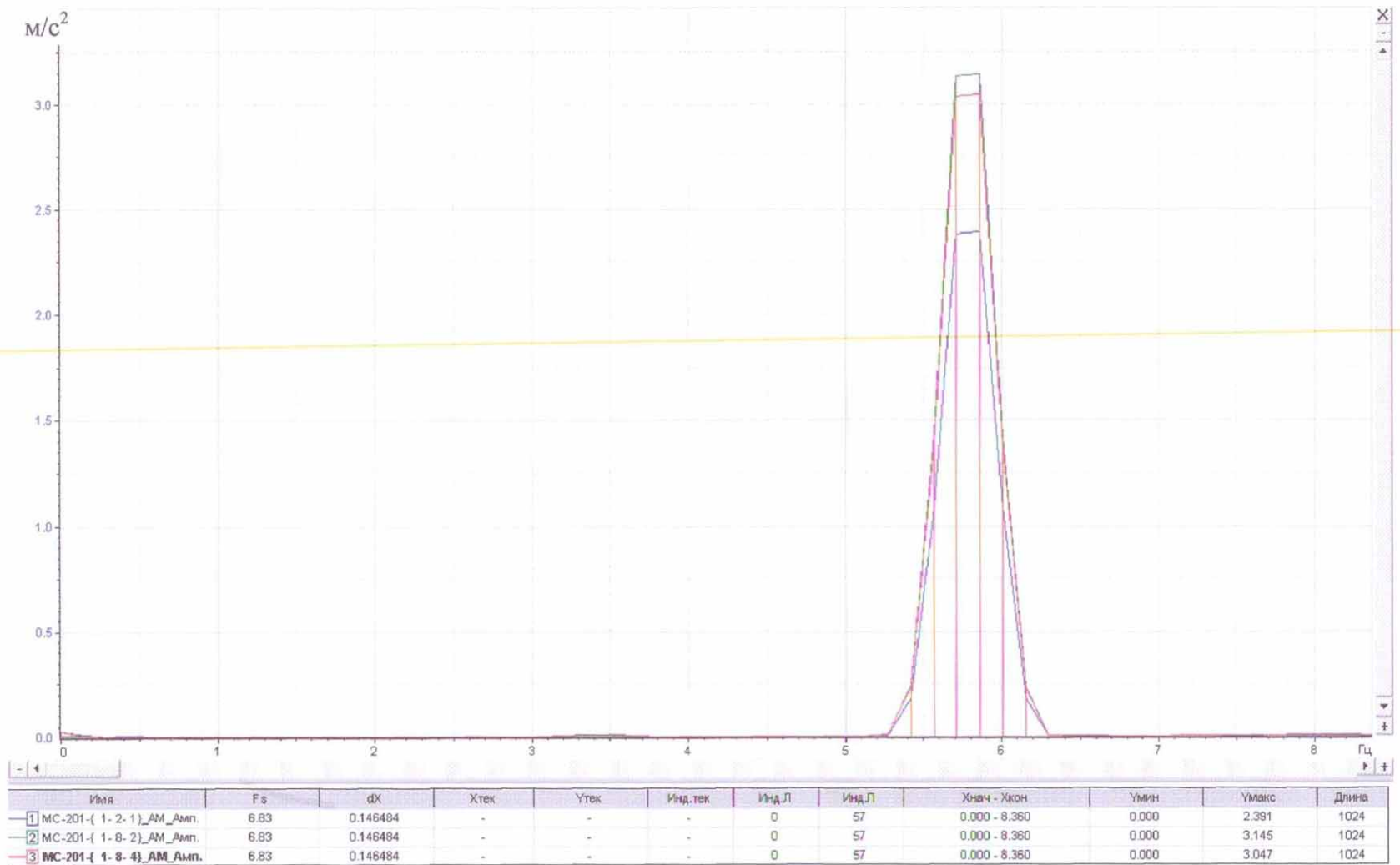


Рис. П-1-8. Спектры пиковых значений ускорений (m/c^2) для датчика 1-2-1 (синим цветом), датчика 1-8-2 (зеленым цветом) и датчика 1-8-4 (красным цветом) при 10-м режиме испытаний (частота $f=5.4$ Гц; амплитуда $A=2.1$ мм)

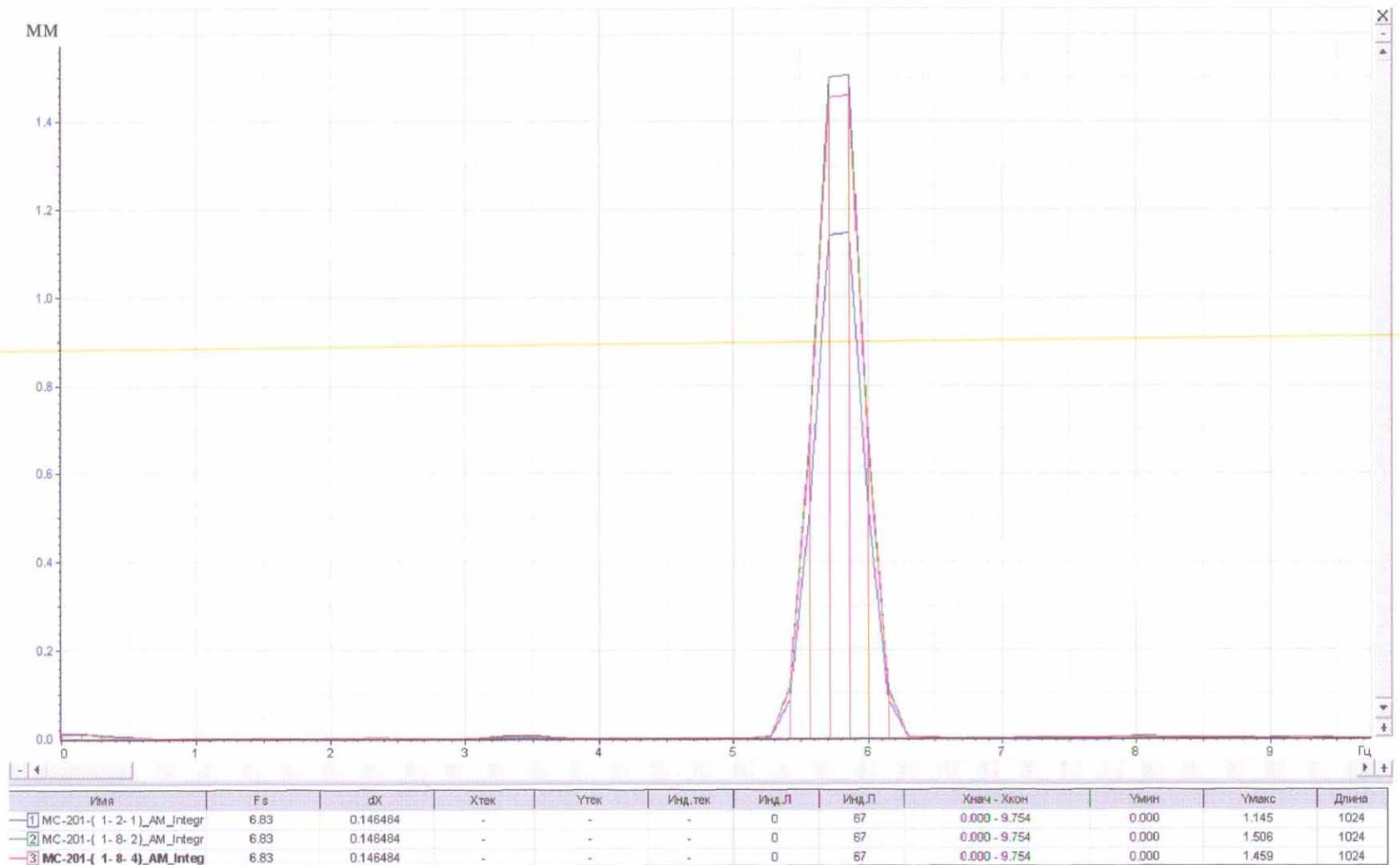


Рис. П-1-9. Спектры пиковых значений амплитуд (мм) для датчика 1-2-1 (синим цветом), датчика 1-8-2 (зеленым цветом) и датчика 1-8-4 (красным цветом) при 10-м режиме испытаний (частота $f=5.4$ Гц; амплитуда $A=2.1$ мм)

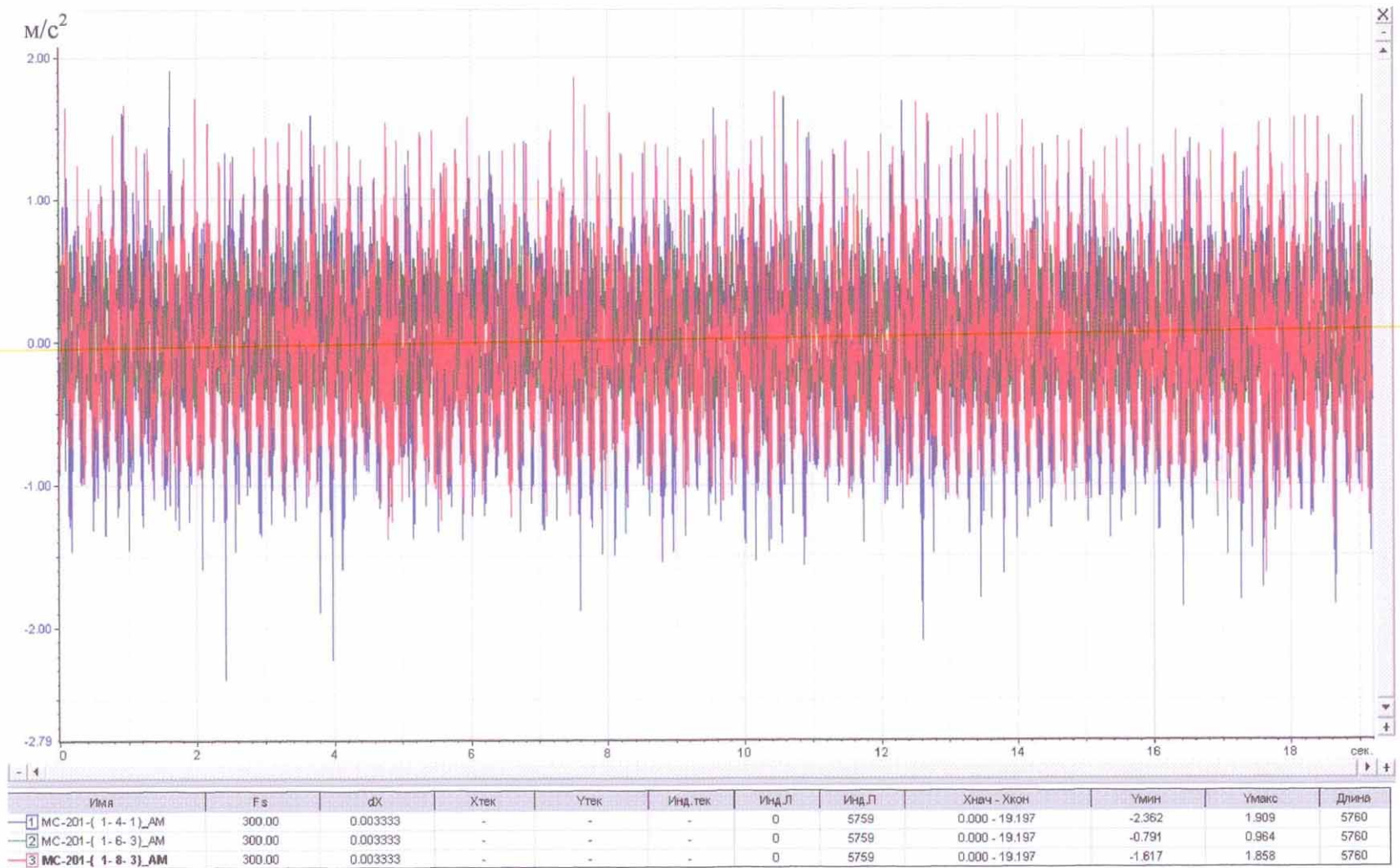


Рис. П-1-10. Акселерограммы (m/s^2), записанные с датчика 1-4-1 (синим цветом), датчика 1-6-3 (зеленым цветом) и датчика 1-8-3 (красным цветом) при 10-м режиме испытаний (частота $f=5.4$ Гц; амплитуда $A=2.1$ мм)

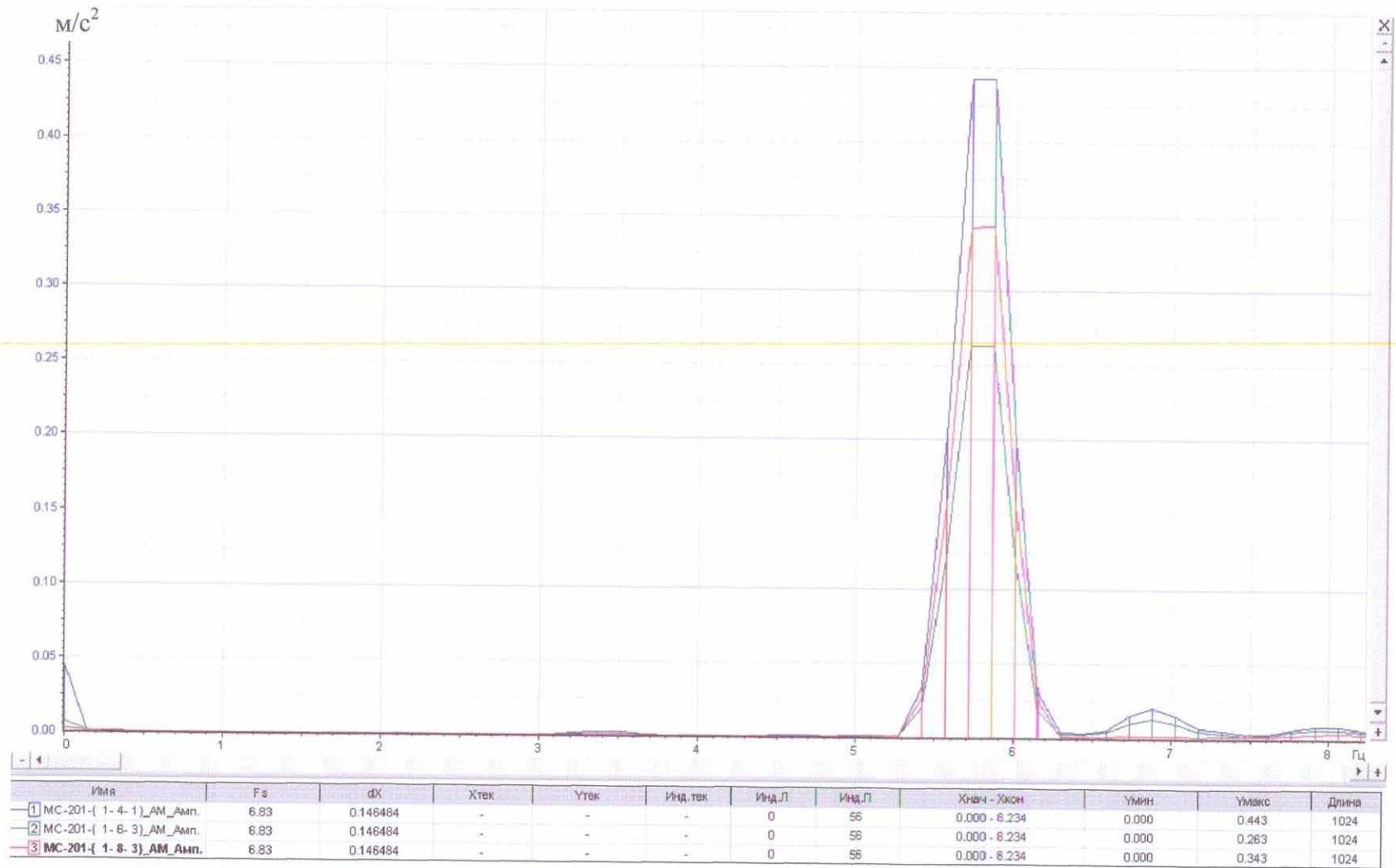


Рис. П-1-11. Спектры пиковых значений ускорений (m/c^2) для датчика 1-4-1 (синим цветом), датчика 1-6-3 (зеленым цветом) и датчика 1-8-3 (красным цветом) при 10-м режиме испытаний (частота $f=5.4$ Гц; амплитуда $A=2.1$ мм)

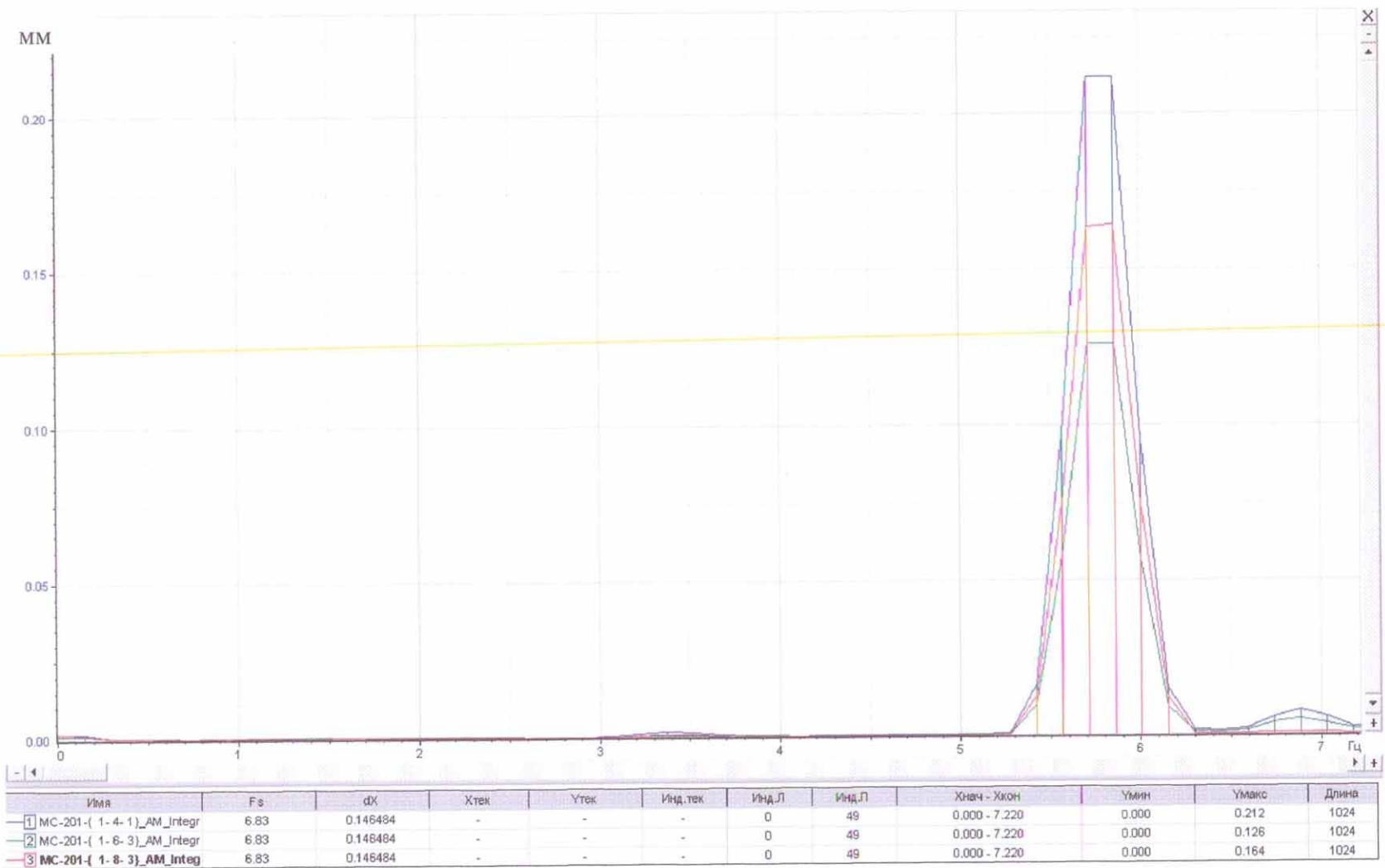


Рис. П-1-12. Спектры пиковых значений амплитуд (мм) для датчика 1-4-1 (синим цветом), датчика 1-6-3 (зеленым цветом) и датчика 1-8-3 (красным цветом) при 10-м режиме испытаний (частота $f=5.4$ Гц; амплитуда $A=2.1$ мм)



Рис. П-1-13. Акселерограммы (m/s^2), записанные с для датчика 1-2-1 (синим цветом), датчика 1-8-2 (зеленым цветом) и датчика 1-8-4 (красным цветом) при 11-м режиме испытаний (частота $f=6.7$ Гц; амплитуда $A=3.5$ мм)

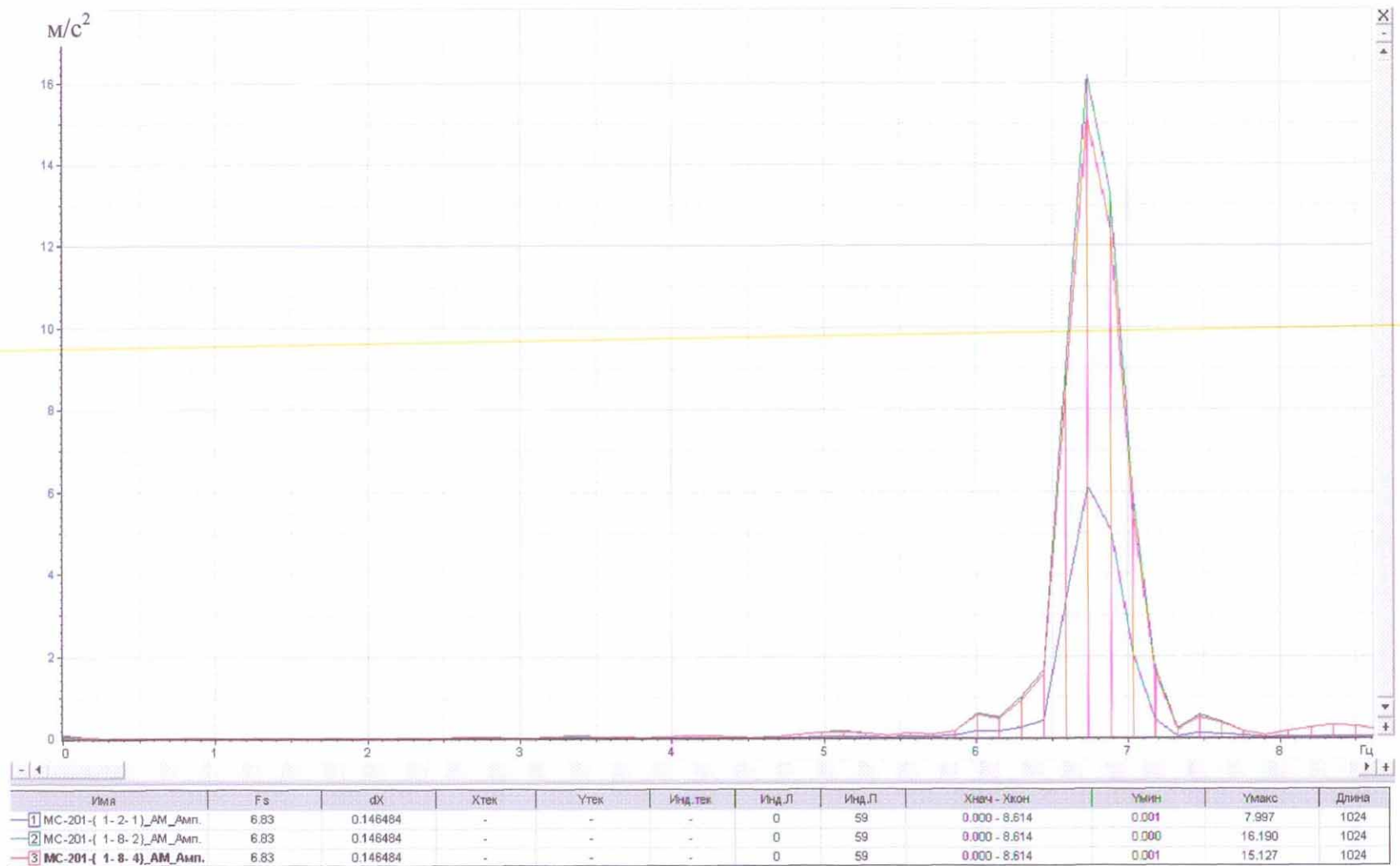


Рис. П-1-14. Спектры пиковых значений ускорений (m/s^2) для датчика 1-2-1 (синим цветом), датчика 1-8-2 (зеленым цветом) и датчика 1-8-4 (красным цветом) при 11-м режиме испытаний (частота $f=6.7$ Гц; амплитуда $A=3.5$ мм)

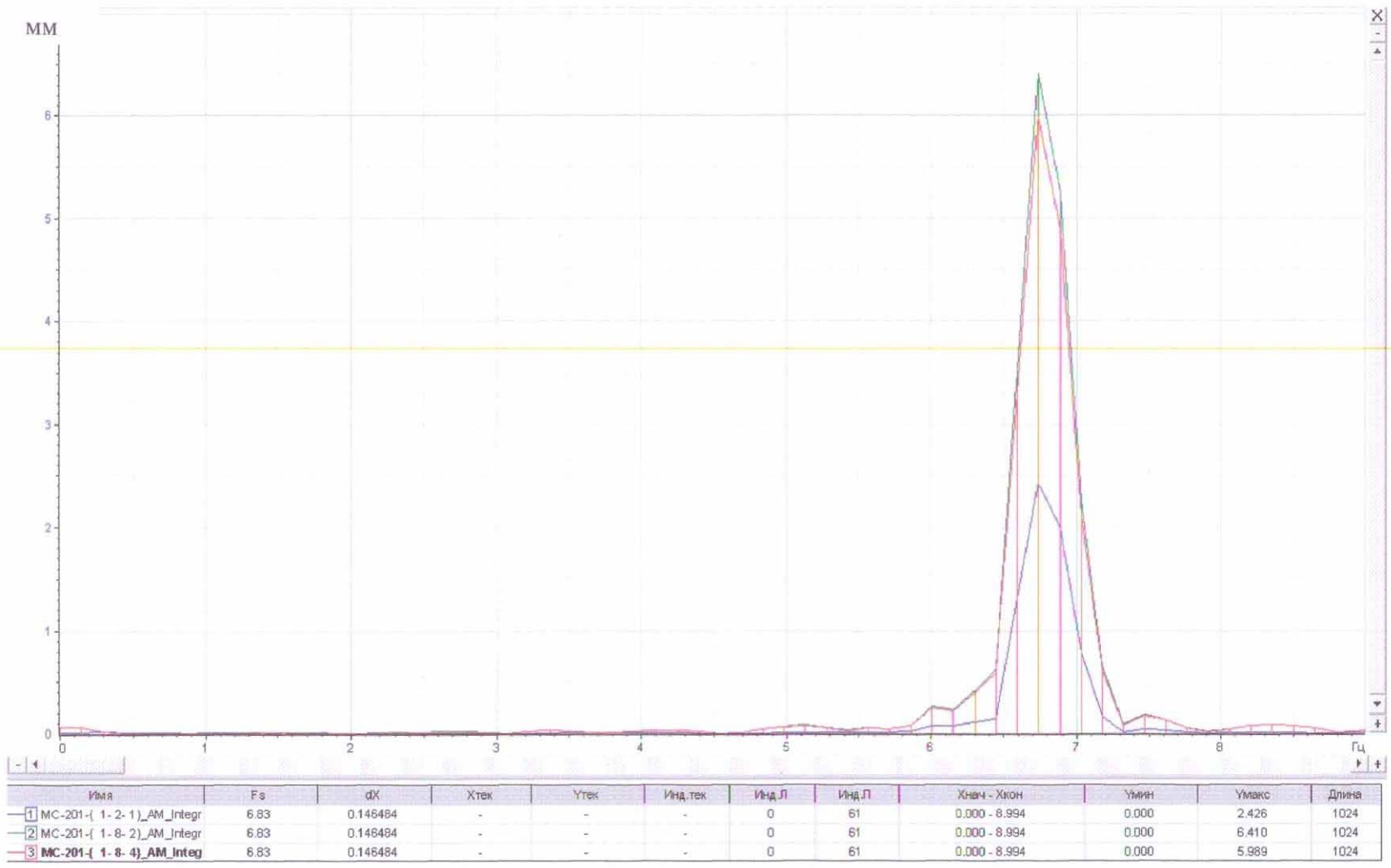


Рис. П-1-15. Спектры пиковых значений амплитуд (мм) для датчика 1-2-1 (синим цветом), датчика 1-8-2 (зеленым цветом) и датчика 1-8-4 (красным цветом) при 11-м режиме испытаний (частота $f=6.7$ Гц; амплитуда $A=3.5$ мм)

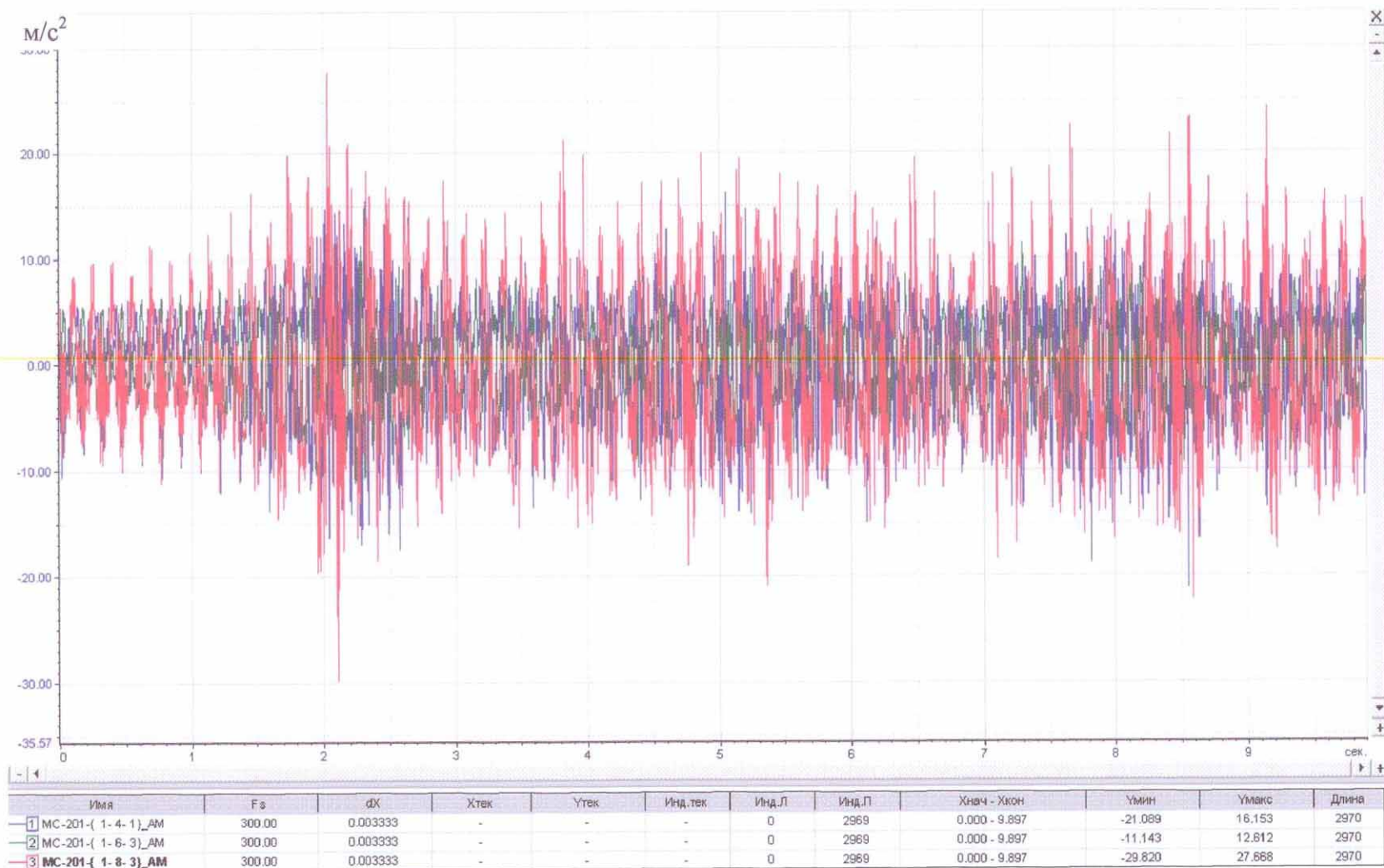


Рис. П-1-16. Акселерограммы (m/s^2), записанные с датчика 1-4-1 (синим цветом), датчика 1-6-3 (зеленым цветом) и датчика 1-8-3 (красным цветом) при 11-м режиме испытаний (частота $f=6.7$ Гц; амплитуда $A=3.5$ мм)



Рис. П-1-18. Спектры пиковых значений амплитуд (мм) для датчика 1-4-1 (синим цветом), датчика 1-6-3 (зеленым цветом) и датчика 1-8-3 (красным цветом) при 11-м режиме испытаний (частота $f=6.7$ Гц; амплитуда $A=3.5$ мм)