



УТВЕРЖДАЮ:

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



И.И. Ведяков

2018г.

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

по теме: «Корректировка технического отчета по оценке сейсмостойкости
НФС «МАС» с учетом требований действующих нормативных документов»

(по договору №523/24-23-18/ск от 1 июня 2018 г.)

Заместитель руководителя ЦИСС

А.А. Бубис

Заведующий лабораторией №24,
к. т. н.

А.В. Грановский

Старший инженер

В.А. Эрдниев

Москва 2018 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Введение.....	3
2. Термины и определения.....	7
3. Задачи проводимых экспериментальных исследований.....	10
4. Конструктивное решение фасадной системы «МАС».....	11
5. Программа и методика испытаний НФС «МАС».....	26
6. Оборудование для испытаний НФС «МАС» на сейсмические нагрузки. Средства измерения и регистрации динамических характеристик НФС	
6.1 Оборудование для создания динамических нагрузок на НФС.....	29
6.2 Средства измерения и регистрации динамических характеристик и воздействий на них.....	30
6.3 Расчетный анализ экспериментального фрагмента НФС.....	36
7. Подготовка стенда и измерительного оборудования. Монтаж конструкций НФС.....	39
8. Динамические испытания НФС «МАС»	
8.1 Методика проведения испытаний.....	41
8.2 Назначение параметров нагружения.....	41
8.3 Условия проведения динамических испытаний.....	43
8.4 Параметры оценки работы НФС по результатам натурных испытаний.....	43
8.5 Результаты динамических испытаний НФС и их анализ.....	46
9. Экспериментальные исследования прочности на вырыв анкеров марок MAS 300 W и MAS 300 V из монолитного (сборного) железобетона	
9.1 Описание опытных образцов анкеров.....	55
9.2 Методика испытаний анкерных креплений.....	56
9.3 Результаты испытаний анкеров и их анализ.....	60
9.4 Выводы и рекомендации.....	67
10. Оценка коррозионной стойкости несущих элементов НФС «МАС» из нержавеющей стали марок AISI 304 и AISI 430.....	68
11. Заключение. Выводы и рекомендации.....	71
Список литературы.....	74
Приложение 1.....	76
Приложение 2.....	79
Приложение 3.....	104
Приложение 4.....	114
Приложение 5.....	115

1. Введение

Настоящий технический отчет составлен по результатам экспериментальных исследований сейсмостойкости конструкций навесной фасадной системы с воздушным зазором (НФС) «МАС» с использованием облицовки в виде плит из натурального камня травертина толщиной 50 и 70 мм.

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

Цели лабораторных испытаний:

- оценка эксплуатационной надежности навесной фасадной системы (НФС) «МАС» при использовании ее для крепления облицовки в виде плит из натурального камня травертина толщиной 50 и 70 мм на зданиях, возводимых в сейсмических районах с балльностью 7÷9 баллов по шкале MSK-64 [1];
- расчётная оценка прочности элементов фасадной системы с использованием облицовки в виде плит из натурального камня травертина толщиной 50 и 70мм;
- оценка возможности применения материалов несущих элементов НФС с точки зрения их коррозионной стойкости;
- оценка надежности несущих элементов фасадной конструкции в основание из монолитного (сборного) железобетона при классе бетона по прочности на сжатие не менее В25 с использованием химических анкеров фирмы «МеталлАртСтрой».

В настоящем Техническом отчете представлены результаты динамических испытаний по оценке сейсмостойкости навесной фасадной системы «МАС» с использованием облицовки в виде плит из натурального камня травертина.

Отчет оформлен в соответствии с требованиями нормативных документов, технических регламентов и стандартов. При описании методики и результатов экспериментально-технических исследований сейсмостойкости НФС «МАС» использовались термины и определения, содержащиеся в действующих стандартах и нормативах:

-СП 14.13330.2014. «Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II -7-81*.

-СП 16.13330.2011. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*.

-СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*

Стандарты и ГОСТ:

-Межгосударственный стандарт. ГОСТ 30546.1-98. Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям и методы расчёта их сложных конструкций в части сейсмостойкости.

-СТО 44416204-012-2013 ФАУФЦС. Элементы облицовочные навесных фасадных систем с воздушным зазором и детали их крепления.

Метод определения несущей способности по результатам лабораторных испытаний. М.2013;

-СТО 44416204-010-2010. ФАУФЦС. Крепление анкерные. Метод определения несущей способности по результатам наружных испытаний М.2011;

-ГОСТ 8829-94. Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жёсткости и трещиностойкости.

Для проведения испытаний Заказчиком – иностранное частное торгово-производственное унитарное предприятие «МеталлАртСтрой» – были доставлены в Центр исследований сейсмостойкости сооружений экспериментальные образцы фасадной системы «МАС» и облицовочные

плиты из натурального камня травертина толщиной 50 и 70мм. Монтаж конструкций и облицовки НФС на экспериментальный стенд был выполнен специалистами Заказчика.

При корректировке настоящего отчета были внесены следующие изменения и дополнения в текст предыдущего отчета, выполненного ранее в Центре исследования сейсмостойкости сооружений ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»:

- раздел «Введение» дополнен списком нормативной документации, использованной при проведении экспериментальных динамических исследований НФС и о оценке прочности и несущей способности облицовочных элементов и элементов крепления с учетом нагрузок, имитирующих реальные воздействия при землетрясения интенсивностью 7-9 баллов по шкале MSK-64;
- введен раздел «Термины и определения» с применением терминологии, рекомендованной для использования СТО 44416204-012-2013 (ФАУ «ФЦС») и СП 14.13330.2014 при рассмотрении и анализе работы конструкций НФС в процессе динамических испытаний;
- по требованию Заказчика выполнен динамический расчет фасадной системы с облицовкой плитами из натурального камня травертина толщиной 50-70 мм с учетом реального ее расположения на испытательном стенде. По результатам расчета установлены численные значения собственных частот колебаний системы для возможности моделирования условий, при которых может появиться резонанс, т.е. условия совпадения собственных и вынужденных частот колебаний системы.



Рис. 1.1

2. Термины и определения

При составлении отчета были использованы следующие термины с соответствующими определениями.

облицовочные элементы (изделия): Часть облицовочной конструкции (плиты, листы, панели и другие изделия), выполняющие функции защитно-декоративного лицевого слоя фасадной системы.

эталы крепления: Элементы облицовочной конструкции (кляммеры, скобы, шины, аграфы и другие металлические детали), предназначенные для крепления элементов к несущему каркасу фасадной системы.

репезные изделия: Изделия общего назначения (заклепки, самонарезающие самосверлящие винты, болты и т.д.), предназначенные для присоединения деталей крепления или облицовочных элементов к несущему каркасу фасадной системы.

несущая способность облицовочного элемента, детали крепления: Характеристика механической безопасности облицовочного элемента (детали крепления облицовки в целом), определяемая значением их сопротивления ветровой нагрузки, соответствующей определенному предельному состоянию облицовочного элемента или деталей крепления и зависящая от свойств материалов, конструктивного устройства и типа взаимодействия элементов облицовки между собой и другими частями фасадной системы.

кселерограмма (велосигграмма, сейсмограмма): Зависимость ускорения (скорости, смещения) от времени точки основания или сооружения в процессе землетрясения, имеющая одну, две или три компоненты.

кселерограмма землетрясения: Запись во времени процесса изменения ускорения колебаний грунта (основания) для определенного направления.

интенсивность землетрясения: Оценка воздействия землетрясения в баллах 12-балльной шкалы, определяемая по макросейсмическим описаниям разрушений и повреждений природных объектов, грунта, зданий и сооружений, движений тел, а также по наблюдениям и ощущениям людей.

аксимальное расчетное землетрясение (МРЗ): Землетрясение максимальной интенсивности на площадке строительства с повторяемостью один раз в 1000 лет и один раз в 5000 лет - для объектов повышенной ответственности (для гидротехнических сооружений). Принимают по комплектам карт ОСР-2015 В и С соответственно.

расчетная сейсмичность: Значение расчетного сейсмического воздействия для заданного периода повторяемости, выраженное в баллах макросейсмической шкалы или в кинематических параметрах движения грунта (ускорения, скорости, смещения).

расчетные сейсмические воздействия: Сейсмические воздействия, применяемые в расчетах сейсмостойкости сооружений (акселерограммы, велосиграммы, сейсмограммы и их основные параметры - амплитуда, длительность, спектральный состав).

сейсмическая (инерционная) сила, сейсмическая нагрузка: Сила (нагрузка), возникающая в системе "сооружение-основание" при колебаниях основания сооружения во время землетрясения.

сейсмический район: Район с установленными и возможными очагами землетрясений, вызывающими на площадке строительства сейсмические воздействия интенсивностью 6 и более баллов.

сейсмостойкость сооружения: Способность сооружения сохранять после расчетного землетрясения функции, предусмотренные проектом, например:

- отсутствие глобальных обрушений или разрушений сооружения или его частей, способных обусловить гибель и травматизм людей;
- эксплуатация сооружения после восстановления или ремонта.

ДЛЯ ОЗНАКОМЛЕНИЯ

3. Задачи проводимых экспериментальных исследований

В соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» новая строительная продукция, разрабатываемая и

передаваемая в массовое (серийное) производство, подлежит обязательной оценке и подтверждению на соответствие требованиям безопасности.

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

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

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

1. Комплексные расчетно-экспериментальные исследования работы НФС «МАС» с её вибродиагностикой: испытания фрагментов НФС на виброплатформе.
2. Внесение в Стандарт предприятия или в Альбом технических решений [4] и согласование с ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко ОАО «НИЦ «Строительство» изменений (если это потребуется по результатам испытаний) по конструктивному решению НФС «МАС» при использовании её в сейсмических районах РФ.

4. Конструктивное решение фасадной системы «МАС»

Для проведения динамических испытаний Заказчиком был предоставлен конструктивный вариант навесной фасадной системы «МАС» с облицовкой плитами из натурального камня травертина толщиной 50 и 70 мм.

На рис. 4.1, 4.2 показан общий вид виброплатформы с установленным на ней испытательным стендом, на котором смонтирована фасадная система «МАС». В экспериментальной модели применялся вариант НФС «МАС» с использованием облицовочных плит из натурального камня травертина толщиной 50 и 70 мм.

Несущие элементы фасадной подсистемы «МАС», крепились к раме стенда с помощью направляющих марки ПФ 30×36 из нержавеющей стали (рис. 4.3). Направляющие крепились к раме стенда при помощи болтов с шагом от 300 до 600 мм – по горизонтали и 600 мм – по высоте стенда. На рис. 4.4 показаны узлы крепления направляющих к элементам стенда. В реальных условиях направляющие крепятся к несущим конструкциям здания с помощью химических анкеров фирмы «МеталлАртСтрой» (в настоящем отчете приведены результаты испытаний химических анкеров фирмы на вырыв из тяжелого бетона класса по прочности на сжатие В25, установленного в основание при отрицательных температурах наружного воздуха). Для проведения динамических испытаний крепление направляющих к стенду осуществлялось с помощью болтов Ø12. Это позволяло оценить непосредственно эксплуатационную надежность (прочность и деформативность) самих элементов НФС при действии на них нагрузок, моделирующих сейсмические воздействия.

После того, как направляющие были установлены в проектное положение, к ним с помощью винтовой пластины марки (ВП) 38 М8, зажимной гайки марки (ГЛ) М8 и шайбы (ШЛ) 8.5×Ø40 крепилось специальное болтовое соединение (болт (БЛ) М8/55 inox А2) в виде лопатки. В лопатку устанавливался стержень марки (СЛ) Ø4×65, на который с двух сторон надевались нейлоновые трубки марки (НТ). На рис. 4.5 показаны отдельные элементы болтового соединения и в сборке.

Стержень марки (СЛ) $\varnothing 4 \times 65$ является фиксатором, который устанавливается в прорезь облицовочной плиты и фиксирует ее в проектном положении при действии на систему сейсмических нагрузок. Плиты устанавливаются на фасаде в шахматном порядке с зазором (швом) до 5 мм.

При использовании в качестве облицовки плит из травертина толщиной 50 мм устанавливались болтовые соединения марки БЛ М8х55 inox А2 со стержнем марки СЛ $\varnothing 4 \times 65$, а при использовании в качестве облицовки плит из травертина толщиной 70 мм устанавливались болтовые соединения марки БЛ М10х55 inox А2 со стержнем марки СЛ $\varnothing 5 \times 65$.

На фото рис. 4.3, 4.5÷4.9 показана последовательность монтажа фасадной системы «МАС», которая включает в себя следующие операции:

- установка направляющих с креплением их к стальным элементам стенда (фото на рис. 4.3);
- крепление к направляющим болтовых элементов в виде лопаток (фото на рис. 4.6);
- установка в отверстия лопаток стержней, на которые с двух сторон надеваются нейлоновые трубки (фото на рис. 4.5, 4.7);
- монтаж облицовочных плит, в которых просверлены отверстия для заведения в них стержней с надетыми на них нейлоновыми трубками (фото на рис. 4.8);
- установка стенда на опорную раму виброплатформы. На фото 4.9 показан стенд с закрепленной на нем фасадной системой.

В табл. 4.1 приведена спецификация основных несущих элементов НФС «МАС», а также размеры плит, применяемых в качестве облицовки.

а)



б)

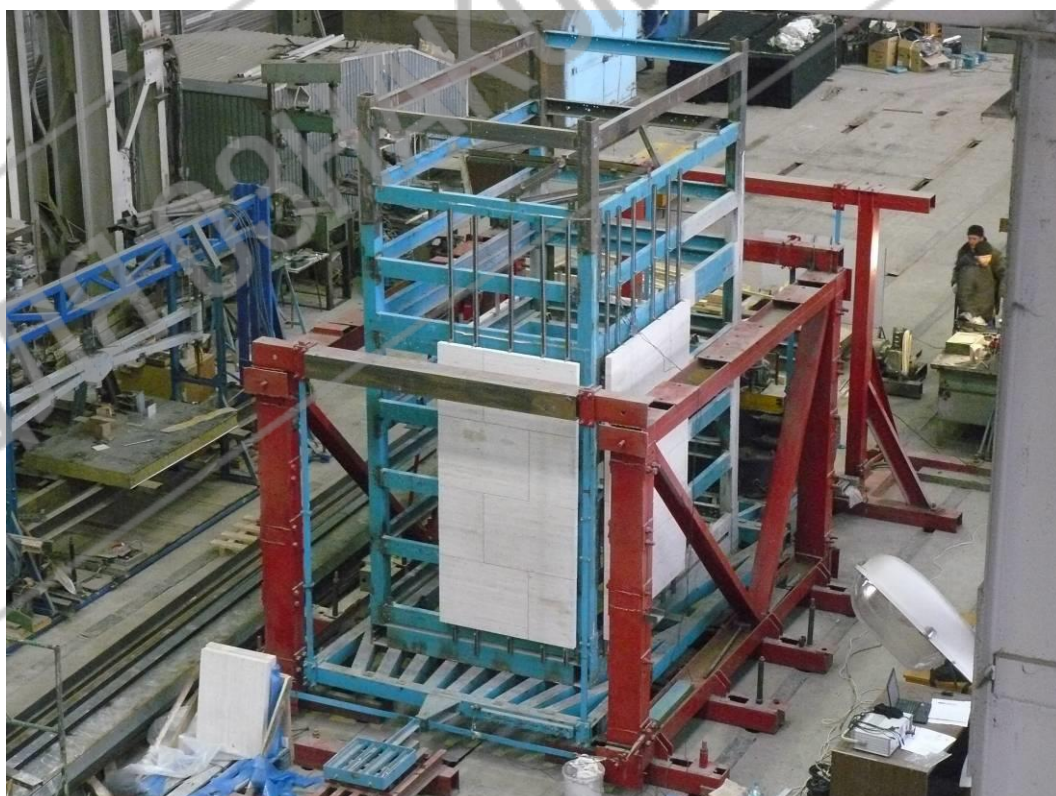


Рис. 4.1. Общий вид виброплатформы с установленным на ней стендом с НФС «МАС»



Рис. 4.2. Общий вид стенда с фасадной системой МАС на виброплатформе

a)

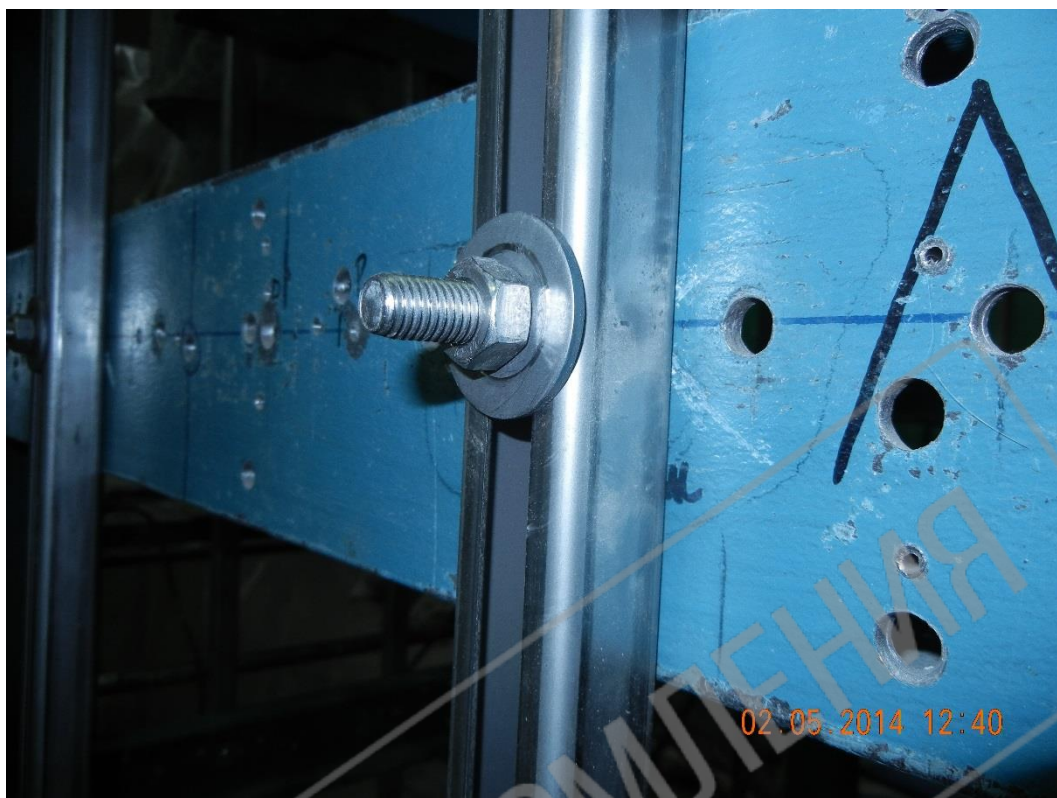


б)



Рис. 4.3. Общий вид станда с установленными на нем направляющими

a)



б)



Рис. 4.4. Узел крепления направляющей к стенду.

a)



б)



Рис. 4.5. Элемент фасадной подсистемы

a)

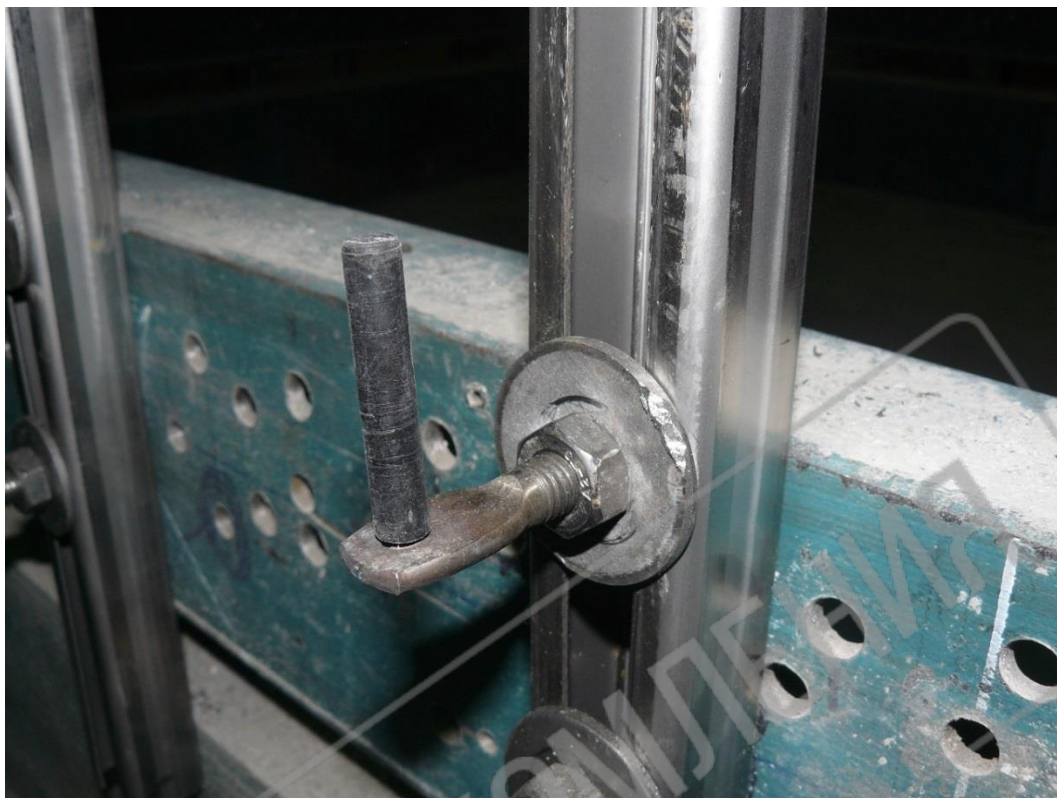


б)



Рис. 4.6. Узел крепления болтового соединения лопатки

а)



б)



Рис. 4.7.Общий вид стержня с нейлоновой трубкой до установки нижней (а) и верхней (б) панелей

a)



б)



Рис. 4.8. Конструкция крепления панелей

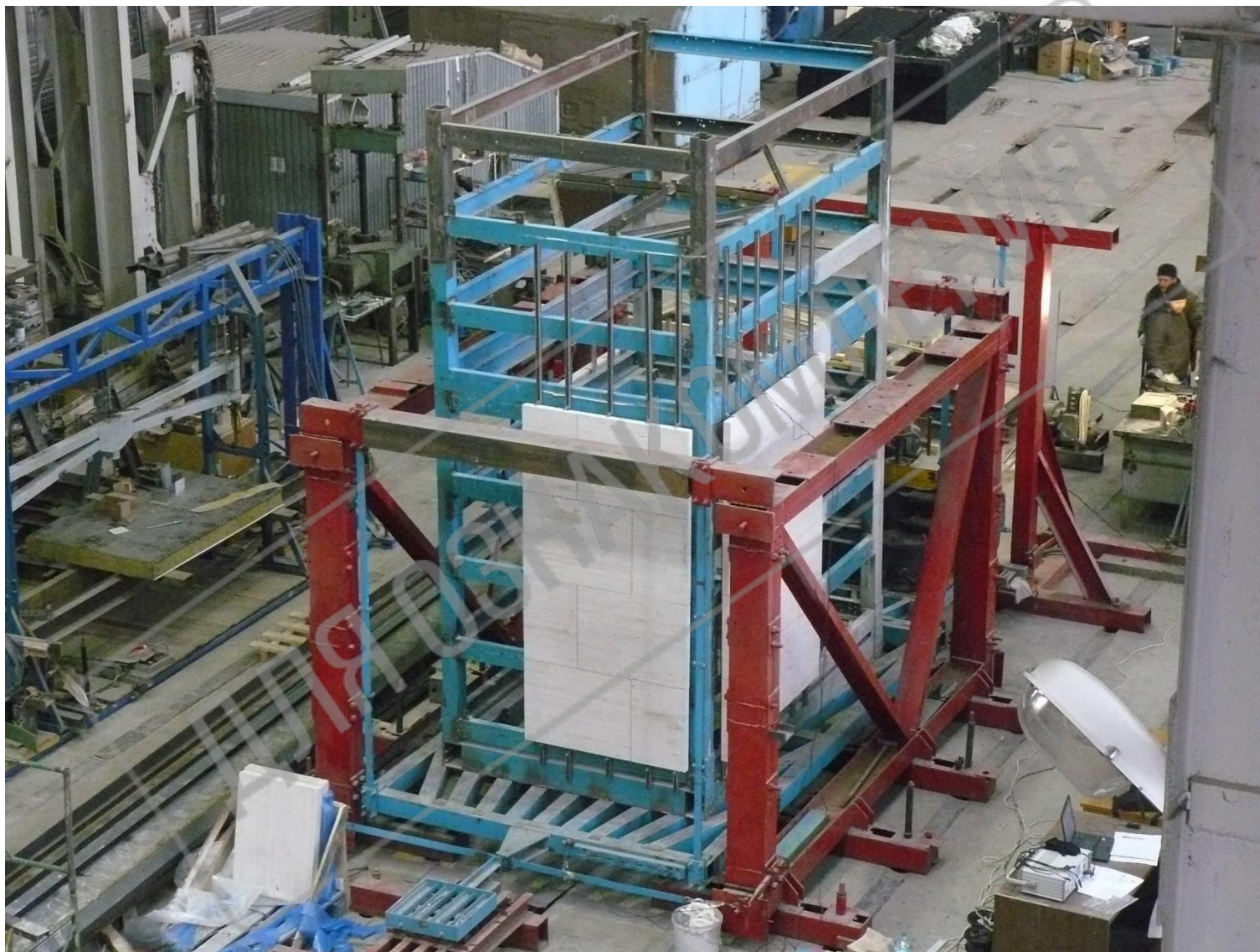


Рис. 4.9. Общий вид стенда после завершения сборки НФС

Таблица 4.1

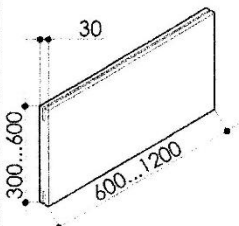
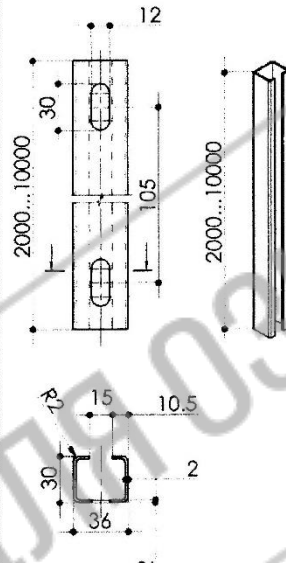

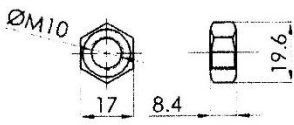
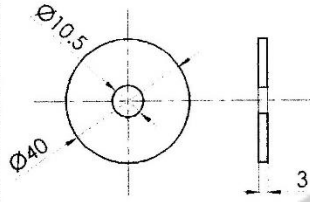
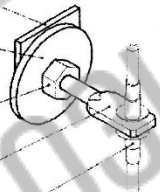
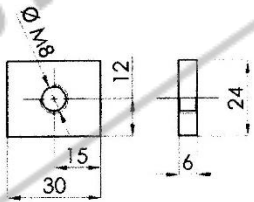
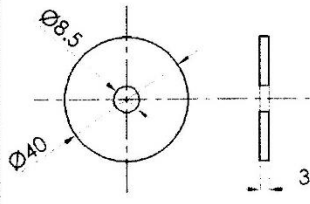
Общая спецификация элементов, изделий и деталей конструкции навесной фасадной системы "МАС" (начало)				
Эскиз элемента	Наименование	Марка	Масса кг	Назначение
Облицовка				
	Плиты облицовочные природный камень мрамор (гранит)	ПО (РО)	Переменная зависит от типа и размера плиты	Облицовка фасадов
Элементы подсистемы				
	Направляющая из нержавеющей стали PF 36 x 30 x 2 мм	ПФ (PF)	1,67 кг на 1м.п.	Направляющая несущей подсистемы
 <p>направляющая (ПФ) 30 x 36 (ШП) шайба (ГП) гайка несущий нарезной прут (ПН)</p> <p>ØM10...12</p>	Пруток нарезной М10 (М12)	ПН (PN)	0,612кг (0,88 кг) на 1м.п.	Пруток нарезной несущий
ИЧТПУП "МеталлАртСтрой"	Навесная фасадная система МАС			Лист 7

Таблица 4.1 (продолжение)

Общая спецификация элементов, изделий и деталей конструкции навесной фасадной системы "МАС" (продолжение)				
Эскиз элемента	Наименование	Марка	Масса кг	Назначение
Элементы подсистемы				
	Гайка М10 (М12)	ГП (GP)		Фиксация направляющих ПФ к прутку несущему ПН
	Шайба 10,5 x Ø40 (12,5 x Ø40)	ШП (SHP)		Деталь несущей системы шайба прутка несущего ПН
Элементы подсистемы				
<p>ВП (VP)38 М8 (ШЛ) 8,5 x Ø40 (ГЛ) М8</p>  <p>(БЛ) М8x55 inox A2 (СЛ) Ø4x65 + нейлоновая трубка (НТ)2шт.</p>	Болтовое соединение лопатка			Элемент крепления плит на подсистему
	Винтовая пластина ВП(VP) 38 М8	ВП (VP)		Элемент системы крепления
	Шайба 8,5 x Ø40	ШЛ (SHL)		Элемент системы крепления
ИЧПУП "МеталлАртСтрой"	Навесная фасадная система МАС			Лист 8

(продолжение)

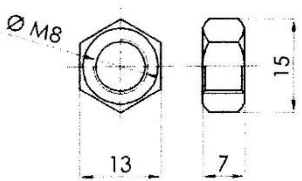
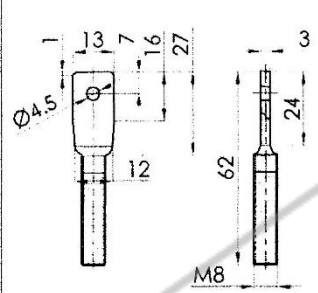
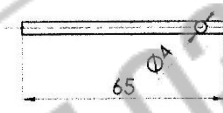
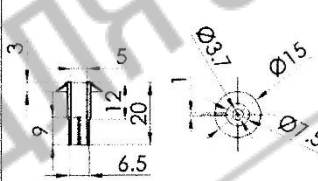
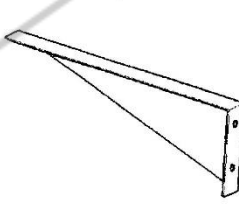
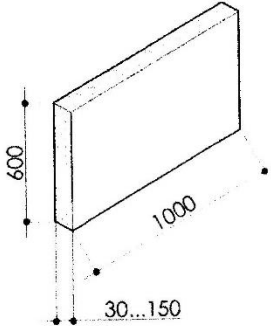
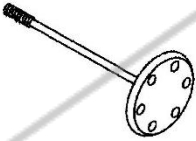
Общая спецификация элементов, изделий и деталей конструкции навесной фасадной системы "МАС" (продолжение)				
Эскиз элемента	Наименование	Марка	Масса кг	Назначение
Элементы подсистемы				
	Гайка М8	ГЛ (GL)		Элемент системы крепления
	Болт М 8 x 55 inox A2	БЛ (BL)		Элемент системы крепления
	Стержень $\varnothing 4 \times 65$	СЛ (SL)		Элемент системы крепления
	Нейлоновая трубка	НТ (NT)		Элемент системы крепления
	Кронштейн Кронштейн №30 Кронштейн №50 Кронштейн №60	КН (KN) КН300 КН500 КН600		Крепление горизонтальных направляющих (если предусмотрено проектом для усиления несущих конструкций)
ИЧТПУП "МеталлАртСтрой"	Навесная фасадная система МАС			Лист 9

Таблица 4.1

(окончание)

Общая спецификация элементов, изделий и деталей конструкции навесной фасадной системы "МАС" (продолжение)				
Эскиз элемента	Наименование	Марка	Масса кг	Назначение
Элементы утепления				
	Утеплитель плитный минераловатный, внутренний, наружный.	ПУ (ПУ)	Переменная зависит от типа и размера толщины плиты ~ 26кг/м ²	Утепление ограждающих конструкций (стен)
	Дюбель тарельчатый	ДТ (ДТ)	шт. 0,045	Крепление утеплителя к стене здания
<p><u>Примечание.</u> Возможность замены указанных в данной спецификации покупных материалов и изделий на аналогичные по своим характеристикам, назначению и области применения материалы и изделия, пригодность которых подтверждена соответствующими техническими свидетельствами, устанавливается в проекте на строительство по согласованию с заказчиком.</p>				
ИЧТПУП "МеталлАртСтрой"	Навесная фасадная система МАС			Лист 11

5. Программа и методика испытаний НФС «МАС»

Программа испытаний. Программа экспериментальных исследований по оценке сейсмостойкости НФС «МАС» включала в себя следующие этапы:

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

Методика испытаний. Возбуждение колебаний экспериментальных моделей (сооружений) осуществляется с использованием различных устройств. При проведении динамических испытаний НФС «МАС» возбуждение колебаний осуществлялось с помощью вибромашины ВИД-12М, установленной на специальную виброплатформу маятникового типа (рис. 1.1, 4.1, 4.2).

В зависимости от поставленной задачи вместо инерционной нагрузки на платформу от вибромашины в процессе динамических испытаний возбуждение колебаний виброплатформы обеспечивалось за счет ударного воздействия, т.е. моделировалось кратковременное действие сейсмической нагрузки в виде толчка (афтершока). При этом в момент ударного воздействия

максимальное ускорение на уровне основания стенда в зависимости от массы испытываемого образца, может колебаться в интервале $(1\div 3)g$. Результаты динамических ударных воздействий на НФС «МАС» приведены ниже.

С учетом отмеченного выше программа динамических испытаний НФС на виброплатформе включала в себя следующие этапы.

1. Испытания системы с изменением частотного спектра от 0 до 10 Гц при фиксированной амплитуде перемещения виброплатформы. Далее задавалось значение амплитуды и осуществлялось изменение частот в указанном выше спектре. Длительность каждого из указанных этапов динамического нагружения (при фиксированных амплитуде и частоте) системы составляла в эксперименте от 25 до 30 сек.
2. По результатам 1-го этапа испытаний (п.1) устанавливались уровни воздействий, соответствующие резонансным колебаниям системы, и уровни ускорений виброплатформы, соответствующие 7÷9-ти балльным воздействиям по шкале MSK-64.
3. После завершения испытаний НФС в соответствии с заданной программой изменения амплитудно-частотного спектра виброплатформы проводились повторные испытания НФС при соотношениях амплитудно-частотных параметров виброплатформы, соответствующих резонансным колебаниям системы и 7÷9-ти балльным воздействиям. Длительность динамических испытаний при указанных выше сочетаниях составляла 40-50сек. Указанный этап испытаний позволял оценить сейсмостойкость системы в зависимости от характера и времени сейсмического воздействия.
4. Программа испытаний предусматривала, что если в процессе испытаний происходило разрушение или изменение конструктивной схемы НФС, разработку совместно с Заказчиком способов

повышения надежности НФС. После этого испытания должны были повторяться согласно п.п. 2 и 3 настоящего раздела.

ДЛЯ ОЗНАКОМЛЕНИЯ

6. Оборудование для испытаний НФС «МАС» на сейсмические нагрузки. Средства измерения и регистрации динамических характеристик НФС

6.1. Оборудование для создания динамических нагрузок на НФС

Как уже отмечалось, для создания динамических воздействий на испытываемые образцы использовалась специальная виброплатформа.

Маятниковая платформа подвешена на гибких (из полосовой стали) силовых связях к опорной силовой раме. Рама жестко закреплена в силовой пол лабораторного корпуса. Активация платформы осуществляется вибромашиной ВИД-12М, установленной на консоли маятниковой платформы (см. фото на рис. 1.1).

Вибромашина ВИД-12М позволяет обеспечить необходимые параметры динамических воздействий на исследуемые образцы в широком диапазоне частот и инерционных нагрузок путем возбуждения механических колебаний платформы в горизонтальной и вертикальной плоскостях. На фото рис. 4.1, 4.2 показан общий вид виброплатформы с установленным на ней стендом, к которому в свою очередь крепится НФС.

Основные технические данные машины ВИД-12М

Таблица 6.1.

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

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

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

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

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

Комплекс выполняет следующие функции:

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

- возможность выдачи сигнала типа «сухой контакт» для включения сигнализации и использования в системах защиты;
- возможность выдачи тестовых аналоговых сигналов.

Измерительно-вычислительный комплекс МІС – 036 дополнительно укомплектован ноутбуком со специализированным пакетом прикладных программ и периферийных устройств, необходимых для автоматизированного процесса обработки сигналов, а также для документирования результатов обработки (рис.6.1, а).

Для измерения ускорений, частот колебаний, а также динамических перемещений применяются однокомпонентные датчики – акселерометры АТ 1105 – 10м (рис. 6.1, б).

Характеристики датчиков (акселерометров) представлены в таблице 6.2.

Основные технические данные акселерометра АТ 1105 – 10м

Таблица 6.2.

№	Наименование параметра	Значение
1	Электропитание от источника постоянного тока относительно средней точки, В	±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

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

Точки расположения акселерометров выбирались из следующих условий:

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

- возможность одновременного определения относительных деформаций в разных координатных плоскостях;

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

Общее количество контролируемых точек (количество акселерометров) – 4.

Схема расстановки датчиков показана на рис. 6.2.

Кроме этого измерения динамических характеристик стенда в процессе динамических испытаний осуществлялось с помощью специального прибора вибротест-МГ4 (фото на рис. 6.3).

ДЛЯ ОЗНАКОМЛЕНИЯ

a)



б)



Рис. 6.1

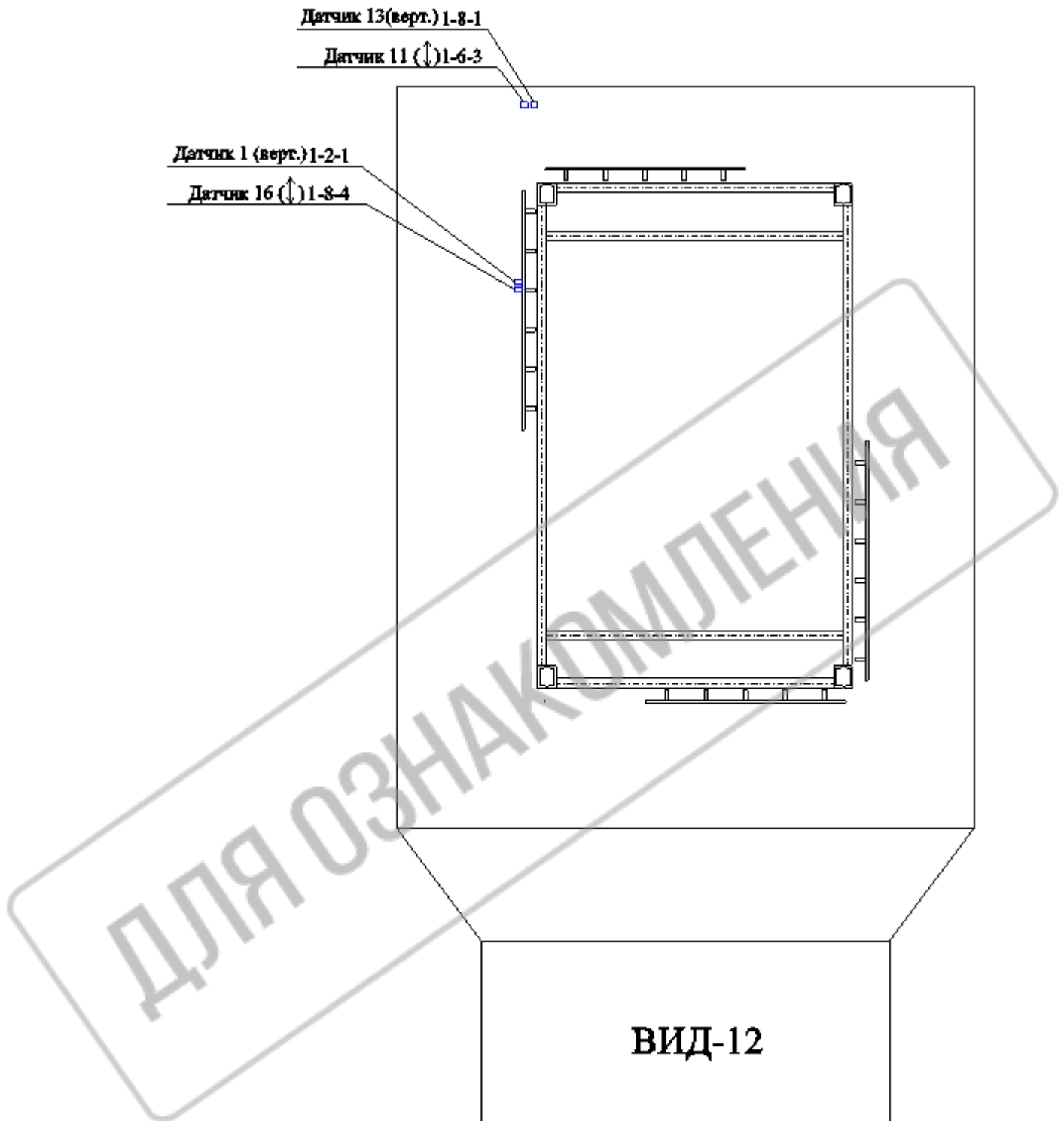


Рис. 6.2. Схема расстановки акселерометров на стенде и НФС



Рис. 6.3. Общий вид прибора Вибротест МГ-4

6.3 Расчетный анализ экспериментального фрагмента НФС

Формирование расчетных моделей и расчетный анализ фрагментов для испытаний проводился с применением программного комплекса "SCAD". Комплекс обладает широкими возможностями для расчета различных строительных конструкций и позволяет выполнить расчет на статические и динамические нагрузки в соответствии с требованиями нормативных документов.

Целью расчета является определение расчетных характеристик (собственных частот, периодов колебаний)

Характеристики материалов и конструкций приняты в соответствии с материалами, представленными Заказчиком.

Результаты расчетов показаны на рисунках 6.4 – 6.7.

Динамические характеристики экспериментального образца приведены в таблице 6.3.

Динамические характеристики экспериментального образца

Таблица 6.3.

Полученные в результате проведенных расчетов характеристики системы являются основой для назначения режимов нагружения конструкции (этапов, частотного состава и прочее).

Загружение	Номер формы	Собственное значение	Частоты		Период сек	Модальные массы (%)		
			рад/сек	Гц		X	Y	Z
3	1	0.06	15.72	2.5	0.4	0	82.11	0
	2	0.06	16.77	2.67	0.37	28	0.03	0
	3	0.05	18.82	3	0.33	7.62	0	0
	4	0.04	26.36	4.19	0.24	38.46	0	0
	5	0.02	49.65	7.9	0.13	0	16.87	0
Сумма модальных масс						74.09	99.02	0

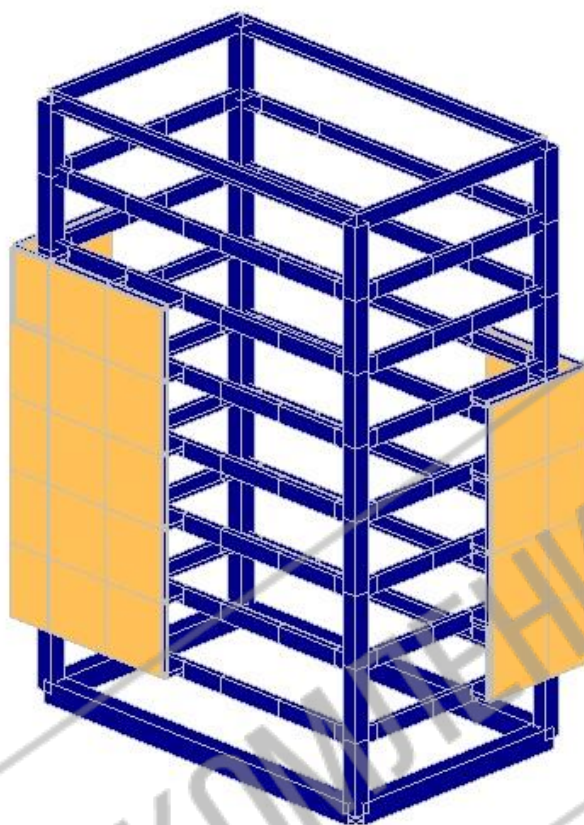


Рисунок 6.3 Расчетная схема

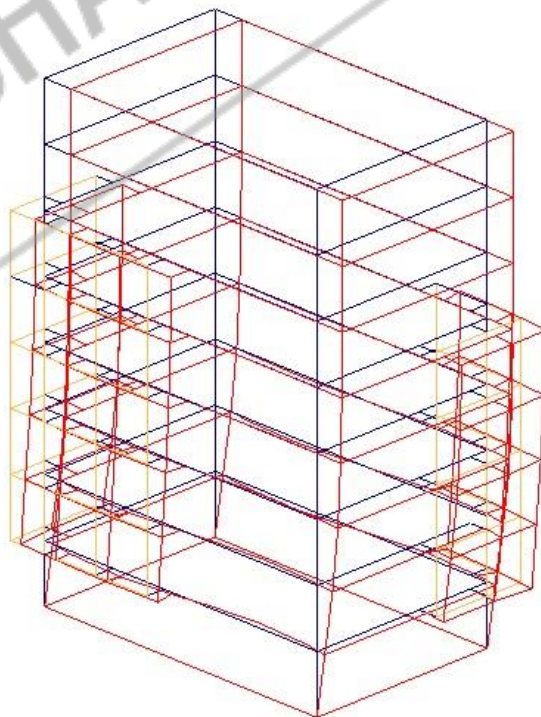


Рисунок 6.4 - 1-я форма колебаний, $f=2,5$ Гц, $T=0,4$ сек.

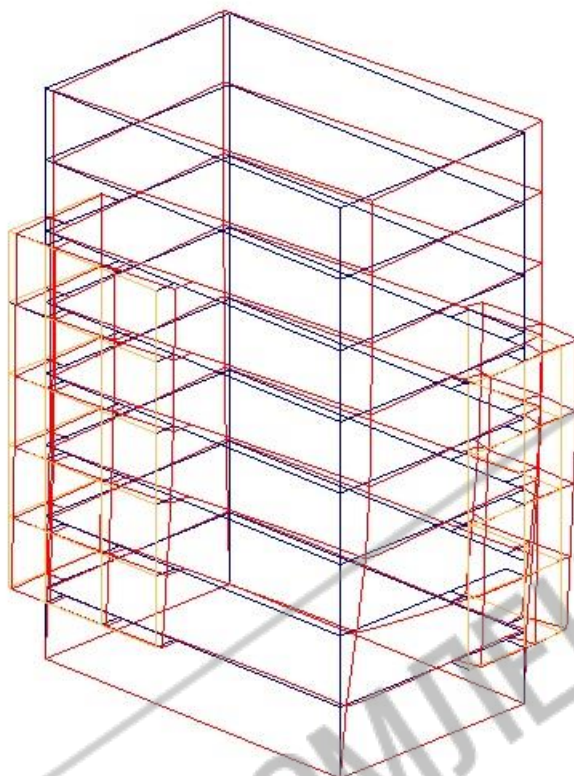


Рисунок 6.5 - 2-я форма колебаний, $f=2.67$ Гц, $T=0,37$ сек.

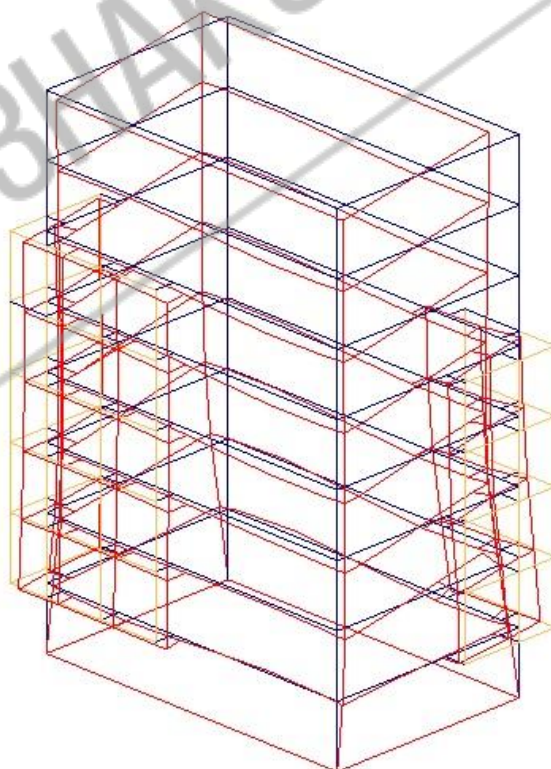


Рисунок 6.6 - 3-я форма колебаний, $f=3$ Гц, $T=0,33$ сек.

7 Подготовка стенда и измерительного оборудования. Монтаж конструкций НФС

Параметры стенда для проведения испытаний назначались исходя состава экспериментальной базы Центра исследований сейсмостойкости сооружений ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, а также конструктивных особенностей принятых опытных образцов (см. выше).

Для испытаний был сконструирован специальный стенд, который представляет собой две металлические рамы, связанные между собой металлическими швеллерами для обеспечения общей жесткости конструкции стенда (рис. 6.1). Компоновка несущих элементов стенда проводилась с учетом монтажных схем установки кронштейнов.

Монтаж НФС «МАС» для проведения испытаний осуществлялся силами Заказчика. Приемка образцов для монтажа, оценка их соответствия требованиям, установленным нормативными и техническими документами до и после установки на испытательный стенд осуществлялась представителями Заказчика совместно со специалистами Центра исследований сейсмостойкости сооружений ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко.

Монтаж конструкций НФС «МАС» на стенд осуществлялся по следующей схеме.

1) Система навешивалась на направляющие, которые крепились к металлическим элементам стенда с помощью болтов.

2) К направляющим крепились лопатки со стержнями, которые устанавливались в специальные цилиндрические отверстия в облицовочных плитах.

3) После монтажа элементов системы и облицовочных плит специалистами ЦНИИСК проводилась проверка всех узлов крепления конструкций НФС.

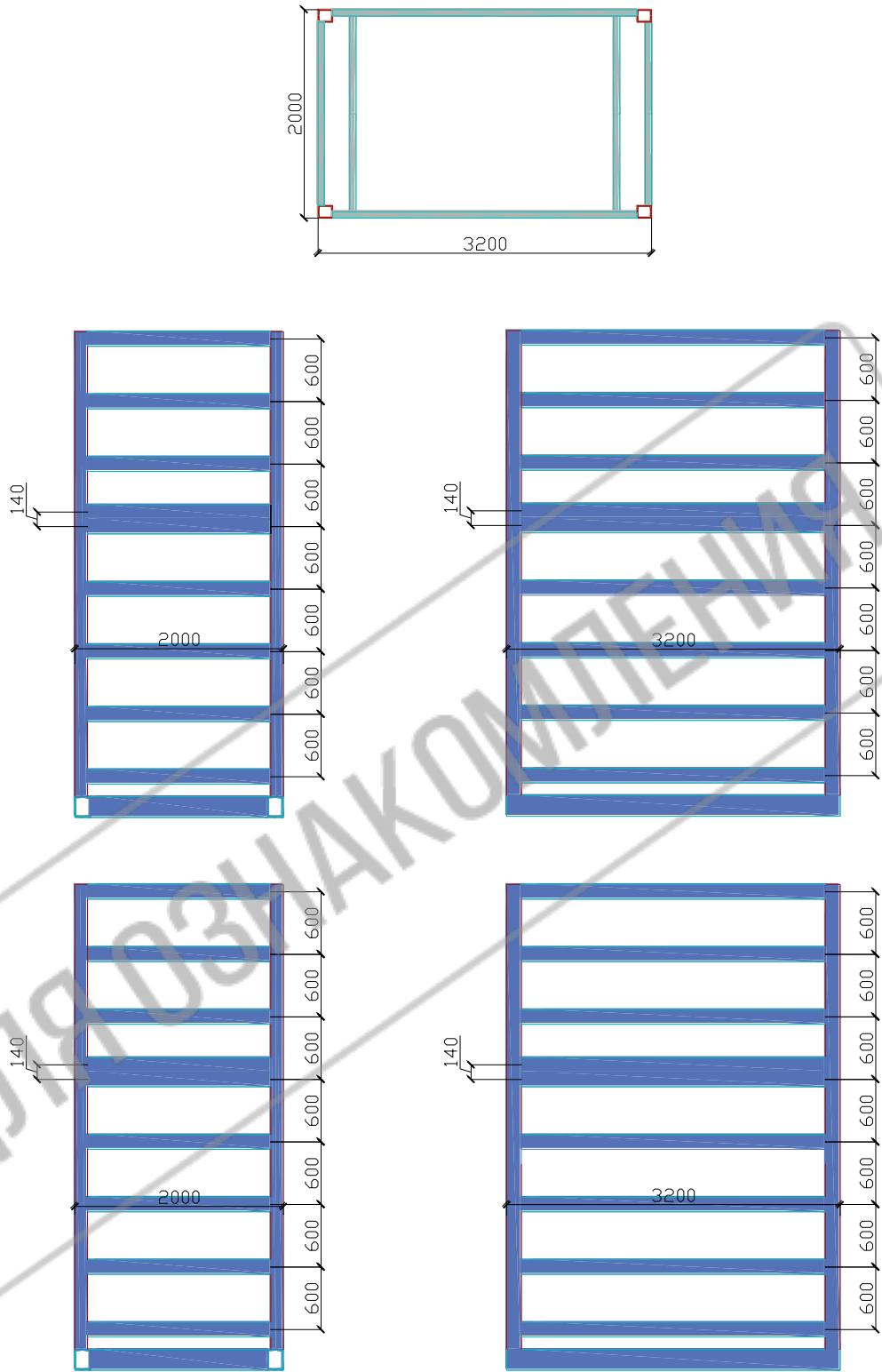


Рис. 7.1 – Схема стенда для испытаний

8. Динамические испытания НФС «МАС»

8.1. Методика проведения испытаний

Испытания фрагментов НФС проводились вибрационным (резонансным) методом, который позволяет измерить количественно силовую нагрузку, имитирующую сейсмическое воздействие в широком диапазоне частот.

По данным вибрационных испытаний для конкретных уровней нагружения были определены амплитудно-частотные характеристики испытываемого фрагмента. Кроме этого, по результатам обработки на ЭВМ с использованием специального программного комплекса «WinПОС» записей были построены графики зависимости изменения ускорений в различных точках модели от времени.

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

8.2. 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 [7] максимальные ускорения почвы при землетрясениях соответствовали периодам 0.05 и 0.1 сек ($f=20$ и 10 Гц). По данным И.Л. Корчинского [6]:

- 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 [6,8] 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 [6] отвечает скорости нагружения строительных конструкций при сейсмических нагрузках.

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

В приложении 1 приведена таблица измерений динамических характеристик виброплатформы при различных режимах нагружения системы с использованием прибора вибротест-МГ4. Измерение с помощью указанного прибора проводились на всех этап нагружения, а также в момент перехода с одного этапа нагружения на другой.

8.3. Условия проведения динамических испытаний

Вибрационные испытания проводились в дневное время при температуре воздуха - не ниже +10 °С. Условия проведения вибрационных испытаний соответствуют нормальным и рабочим условиям применения используемого типа акселерометров АТ1105–10м.

8.4. Параметры оценки работы НФС по результатам натурных испытаний

Основным свойством, определяющим надежность ФС при воздействии динамических нагрузок, является ее способность сохранять определенные эксплуатационные свойства, характеризующуюся предельными состояниями в соответствии с ГОСТ 27751-88 «Надежность строительных конструкций и оснований».

Предельные состояния НФС в связи с отсутствием нормативных документов, определяющих надежность фасадных конструкций в процессе их эксплуатации в сейсмоопасных районах РФ условно разделены на две группы:

- первая группа включает предельные состояния, которые ведут к полной непригодности к эксплуатации конструкции НФС или к полной (частичной) потере несущей способности ее основных элементов и креплений;
- вторая группа включает предельные состояния, затрудняющие нормальную эксплуатацию НФС.

Предельные состояния первой группы характеризуются:

- разрушением креплений и элементов НФС любого характера (пластическим, хрупким, усталостным);
- потерей устойчивости формы составных элементов НФС, приводящей к полной непригодности системы;
- потерей устойчивости положения элементов и узлов соединений НФС;
- переходом НФС или ее части в изменяемую систему;

- качественным изменением конфигурации НФС;
- другими явлениями, при которых возникает необходимость прекращения эксплуатации (например, чрезмерными деформациями в результате сдвига в соединениях, раскрытия швов и пр.).

Параметры предельных состояний непосредственно элементов НФС для идентификации их технического состояния в настоящее время отсутствуют и являются предметом отдельного исследования. В связи с этим, а также для целей настоящего исследования специалистами ЦИСС ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко предложен следующий подход:

1. Уровень внешнего воздействия определяется по результатам натуральных испытаний и принимается в сравнении с данными инструментальной части макросейсмической шкалы MSK-64 по ГОСТ Р 22.0.03-95, которые приведены в таблицах 7.1 и 7.2.
2. За 1-е предельное состояние конструкций НФС принимается такое техническое состояние, при котором происходит разрушение узлов крепления плит к направляющим с помощью стержней с нейлоновыми прокладками или разрушение самих плит. 2-му предельному состоянию соответствует смещение плит относительно друг друга на $\Delta \leq 4\text{мм}$.

Соответствие уровня воздействия инструментальным значениям ускорения

Таблица 8.1.

I, балл, MSK-64	Ускорения A[10], м/с ²	Ускорения A согласно MSK-64, м/с ²	Ускорение A _p по СНИП-II-7-81*, м/с ²
5	-	-	-
6	0,28-0,56	0,25-0,50	0,50
7	0,56-1,12	0,50-1,00	1,00
8	1,12-2,24	1,00-2,00	2,00
9	2,24-4,48	2,00-4,00	4,00
10	-	-	-

Соответствие уровня воздействия инструментальным значениям ускорения

Таблица 8.2.

Интенсивность динамического воздействия в баллах	Интервалы максимальных ускорений грунта, см/с ² , при периоде 0,1 с и более	Интервалы максимальных скоростей колебаний грунта, см/с	Интервалы максимальных смещений маятника сейсмометра СБМ с периодом колебаний 2.5 сек мм
5	-	-	-
6	30 – 60	3,0 – 6,0	1,5 – 3,0
7	61 – 120	6,1 – 12,0	3,1 – 6,0
8	121 – 240	12,1 – 24,0	6,1 – 12,0
9	241 – 480	24,1 – 48,0	12,1 – 24,0

8.5. Результаты динамических испытаний НФС и их анализ

Анализ результатов лабораторных динамических испытаний НФС «МАС» с использованием облицовки в виде плит из натурального камня травертина толщиной 50 и 70 мм позволяет отметить следующее:

- в таблицах 8.3-8.6 приведены параметры динамического нагружения платформы и НФС в вертикальной и горизонтальной плоскостях, установленные по акселерометрам, закрепленным в уровне платформы и верха облицовки НФС (рис. 6.2). Указанные в таблицах амплитудно-частотные характеристики и соответствующие им величины ускорений полученные по данным акселерометров. Приведенные в табл. 8.3-8.6 значения по цветовой гамме соответствуют зонам сейсмичности, указанным на карте сейсмического районирования территории РФ (рис. 8.1);
- в процессе испытаний ускорение виброплатформы по данным акселерометров (таб. 8.3-8.4), установленных на ней, изменялось в интервале от 0,4 до 5,6 м/с² - в горизонтальном направлении, и от 0,1 до 2,3 м/с² - в вертикальном направлении. Полученные значения горизонтальных ускорений виброплатформы превышают значения нормативных ускорений, соответствующих 9 баллам по шкале MSK-64 – 4 м/с²). Частоты колебания системы изменялись в интервале от 1,4 до 6,1 Гц. Максимальная амплитуда колебаний виброплатформы составила 17,1 мм;
- по данным акселерометров, установленных на облицовочной плите НФС, ускорение в горизонтальном направлении фасадной системы изменялось в интервале от 0,5 до 15,2 м/с², перемещения системы – от 2,1 до 20,3 мм (табл. 8.5), в вертикальном направлении: ускорения – от 0,1 до 6,6 м/с², перемещения – от 0,1 до 4,8 мм в (табл. 8.6);

- при испытаниях системы НФС на динамический удар величина ускорения в момент ударного воздействия по данным акселерометра, установленного на облицовке НФС, составила от 3g до 6g (см. графики на рис. 8.2 -8.3);
- во время испытаний в момент, когда собственные частоты колебаний НФС совпали с вынужденными частотами колебаний виброплатформы НФС вошла в резонанс (режим 38). Это явление наблюдалось при частотах от $f=2$ Гц до $f=3.5$ Гц ($a=2,5-4.1$ м/с² – 8-9 баллов). При резонансе эксплуатационная надежность НФС «МАС» не была нарушена;

В Приложении 2 к настоящему отчету приведены акселерограммы, записанные с датчиков. На представленных акселерограммах сопоставлены ускорения на уровне платформы, а также на облицовочных элементах при различных режимах нагружения. Кроме того, построены амплитудно-частотные характеристики, позволяющие оценить разность перемещений и ускорений в различных точках испытываемого образца при колебаниях с заданной частотой.

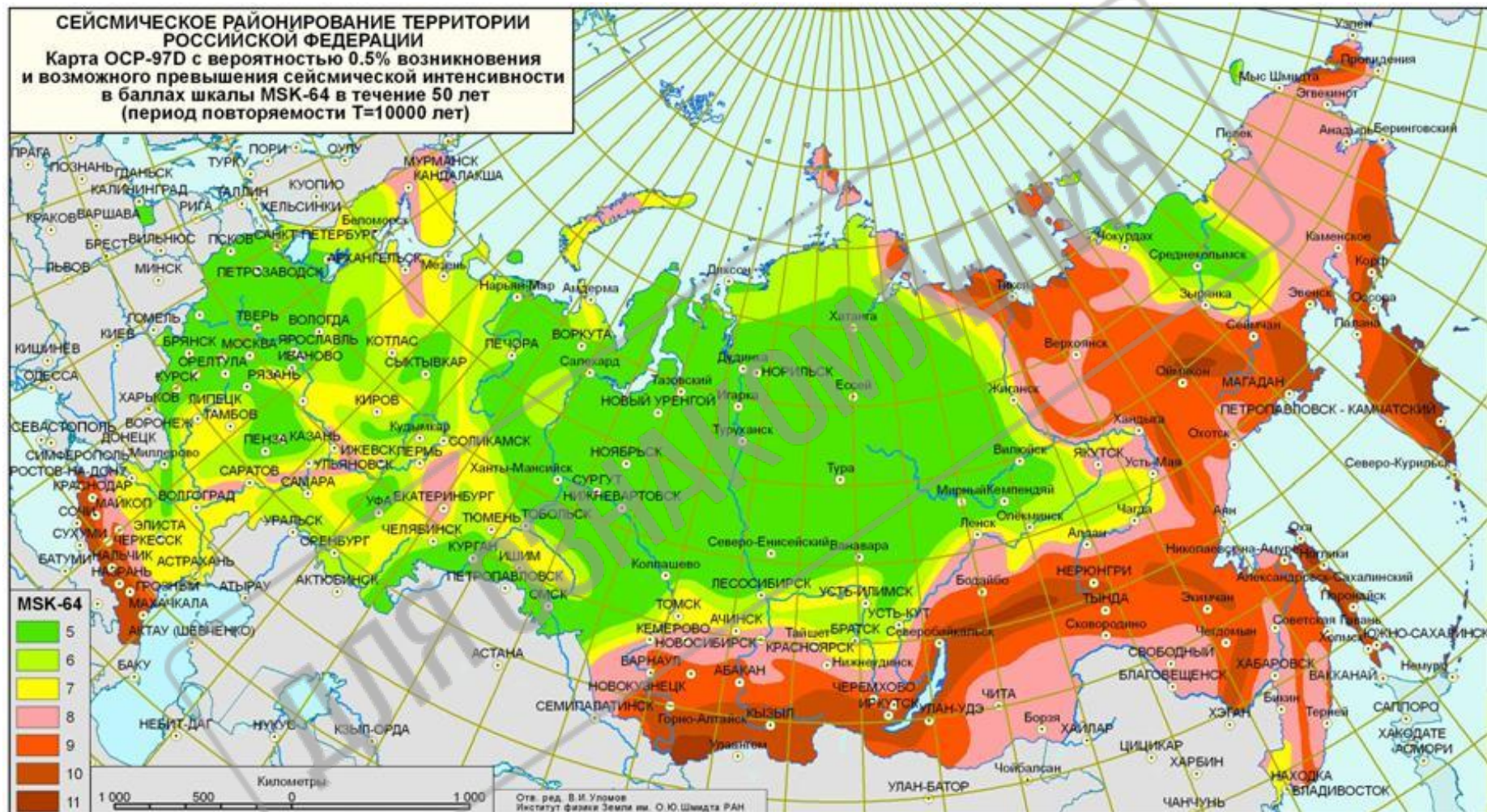


Рис. 8.1

**Параметры динамического нагружения платформы в
горизонтальной плоскости**

Таблица 8.3.

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (м/с ²)
1	2,5	1,8	0,4
2	4,8	1,4	1,3
3	2,5	3,7	0,9
4	3,4	3,4	1,6
5	3,9	3,4	2,0
6	1,7	6,8	0,8
7	2,2	6,7	1,2
8	3,2	6,3	2,5
9	1,8	10,9	1,4
10	2,4	10,6	2,1
11	1,3	13,2	1,0
12	1,9	14,0	2,1
13	2,4	13,9	3,0
14	1,4	16,9	1,4
15	1,7	17,1	2,1
16	2,1	17,0	3,1
17	3,0	15,8	5,6
18	2,3	12,2	2,7
19	2,8	13,3	4,1
20	3,2	12,7	5,2
21	2,3	10,3	2,1
22	3,2	9,7	3,9
23	3,7	9,1	4,8
24	3,4	6,0	2,7
25	4,0	5,7	3,5
26	4,4	5,1	4,0
27	3,3	4,7	2,0
28	4,2	4,2	2,9
29	4,8	3,8	3,2
30	5,1	2,9	3,0
31	5,2	2,4	2,6
32	3,9	2,8	1,7
33	5,0	2,2	2,2
34	5,5	1,4	1,7
35	5,6	1,8	2,2
36	5,1	1,3	1,3
37	5,7	0,6	0,8
38	5,9	1,8	2,5
39	6,1	3,0	3,8
40	Ударное воздействие с ускорением 6g		
41	Ударное воздействие с ускорением 3g		

**Параметры динамического нагружения платформы в
вертикальной плоскости**

Таблица 8.4.

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (м/с ²)
1	2,5	0,1	0,1
2	4,5	0,3	0,3
3	2,5	0,1	0,1
4	3,4	0,1	0,1
5	3,9	0,3	0,2
6	1,7	0,2	0,1
7	2,2	0,1	0,1
8	3,2	0,1	0,1
9	1,8	0,3	0,1
10	2,4	0,1	0,1
11	1,3	0,5	0,1
12	1,9	0,4	0,1
13	2,4	0,1	0,1
14	1,4	0,6	0,1
15	1,7	0,5	0,1
16	2,1	0,3	0,1
17	3,0	0,3	0,1
18	2,3	0,2	0,1
19	2,8	0,1	0,1
20	3,2	0,4	0,2
21	2,3	0,2	0,1
22	3,2	0,3	0,1
23	3,7	0,5	0,3
24	3,4	0,2	0,1
25	4,0	0,5	0,3
26	4,4	1,1	0,8
27	3,3	0,1	0,1
28	3,2	0,3	0,4
29	4,6	0,8	0,7
30	5,1	1,5	1,5
31	5,2	1,9	2,0
32	3,9	0,2	0,1
33	5,0	0,8	0,8
34	5,5	1,3	1,5
35	5,6	1,9	2,3
36	5,7	0,4	0,4
37	5,7	1,0	1,3
38	5,9	1,3	1,8
39	6,1	1,5	2,1
40	Ударное воздействие с ускорением 6g		
41	Ударное воздействие с ускорением 3g		

**Параметры динамического нагружения образца в
горизонтальной плоскости**

Таблица 8.5.

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (м/с ²)
1	2,5	2,1	0,5
2	4,8	2,9	2,6
3	2,5	4,3	1,4
4	3,4	4,6	2,1
5	3,9	5,1	3,0
6	1,7	7,5	0,8
7	2,2	7,4	1,4
8	3,2	8,1	3,2
9	1,8	11,8	1,5
10	2,4	12,1	2,1
11	1,3	13,7	1,0
12	1,9	15,1	2,3
13	2,4	16,0	3,5
14	1,4	18,0	1,5
15	1,7	19,3	2,2
16	2,1	18,7	3,4
17	3,0	20,3	7,2
18	2,3	14,0	3,1
19	2,8	16,2	5,0
20	3,2	17,2	7,1
21	2,3	11,6	2,4
22	3,2	12,8	5,1
23	3,7	13,8	7,3
24	3,4	8,2	3,7
25	4,0	9,3	5,8
26	4,4	10,5	8,1
27	3,3	8,2	2,6
28	4,2	7,3	5,0
29	4,6	8,2	6,9
30	5,1	11,1	11,6
31	5,2	14,0	15,2
32	3,9	4,4	2,6
33	5,0	6,8	6,7
34	5,5	8,7	10,2
35	5,6	12,4	15,2
36	5,1	3,7	3,7
37	5,7	6,0	7,9
38	5,9	9,0	12,5
39	6,1	11,3	14,1
40	Ударное воздействие с ускорением 6g		
41	Ударное воздействие с ускорением 3g		

**Параметры динамического нагружения образца в
вертикальной плоскости**

Таблица 8.6.

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (м/с ²)
1	2,5	0,1	0,1
2	4,8	0,1	0,1
3	2,5	0,1	0,1
4	3,4	0,1	0,1
5	3,9	0,1	0,1
6	1,7	0,1	0,1
7	2,2	0,1	0,1
8	3,2	0,1	0,1
9	1,8	0,1	0,1
10	2,4	0,1	0,1
11	1,3	0,1	0,1
12	1,9	0,1	0,1
13	2,4	0,1	0,1
14	1,4	0,1	0,1
15	1,7	0,1	0,1
16	2,1	0,1	0,1
17	3,0	0,1	0,1
18	2,3	0,1	0,1
19	2,8	0,1	0,1
20	3,2	0,1	0,3
21	2,3	0,1	0,1
22	3,2	0,1	0,1
23	3,7	0,1	0,1
24	3,4	0,1	0,1
25	4,0	0,1	0,1
26	4,4	0,5	0,4
27	3,3	0,1	0,1
28	4,2	0,1	0,1
29	4,6	0,2	0,2
30	5,1	0,8	0,8
31	5,2	1,6	1,7
32	3,9	0,1	0,1
33	5,0	0,3	0,3
34	5,5	0,9	1,0
35	5,6	3,0	3,6
36	5,1	0,2	0,2
37	5,7	0,5	0,6
38	5,9	4,8	6,6
39	6,1	0,5	1,2
40	Ударное воздействие с ускорением 6g		
41	Ударное воздействие с ускорением 3g		

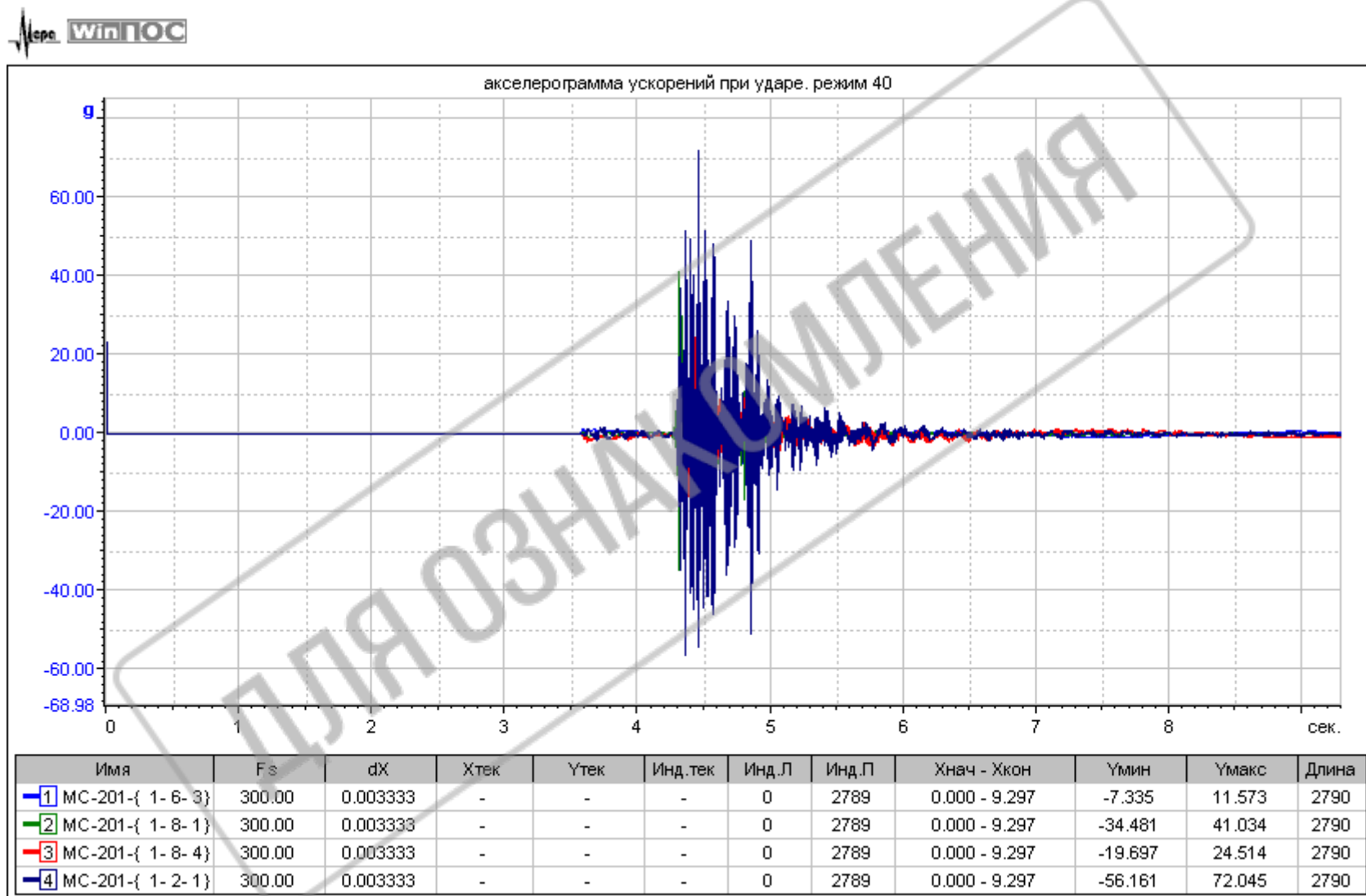


Рис. 8.2. Акселерограмма ускорений при динамическом ударе (режим 40)

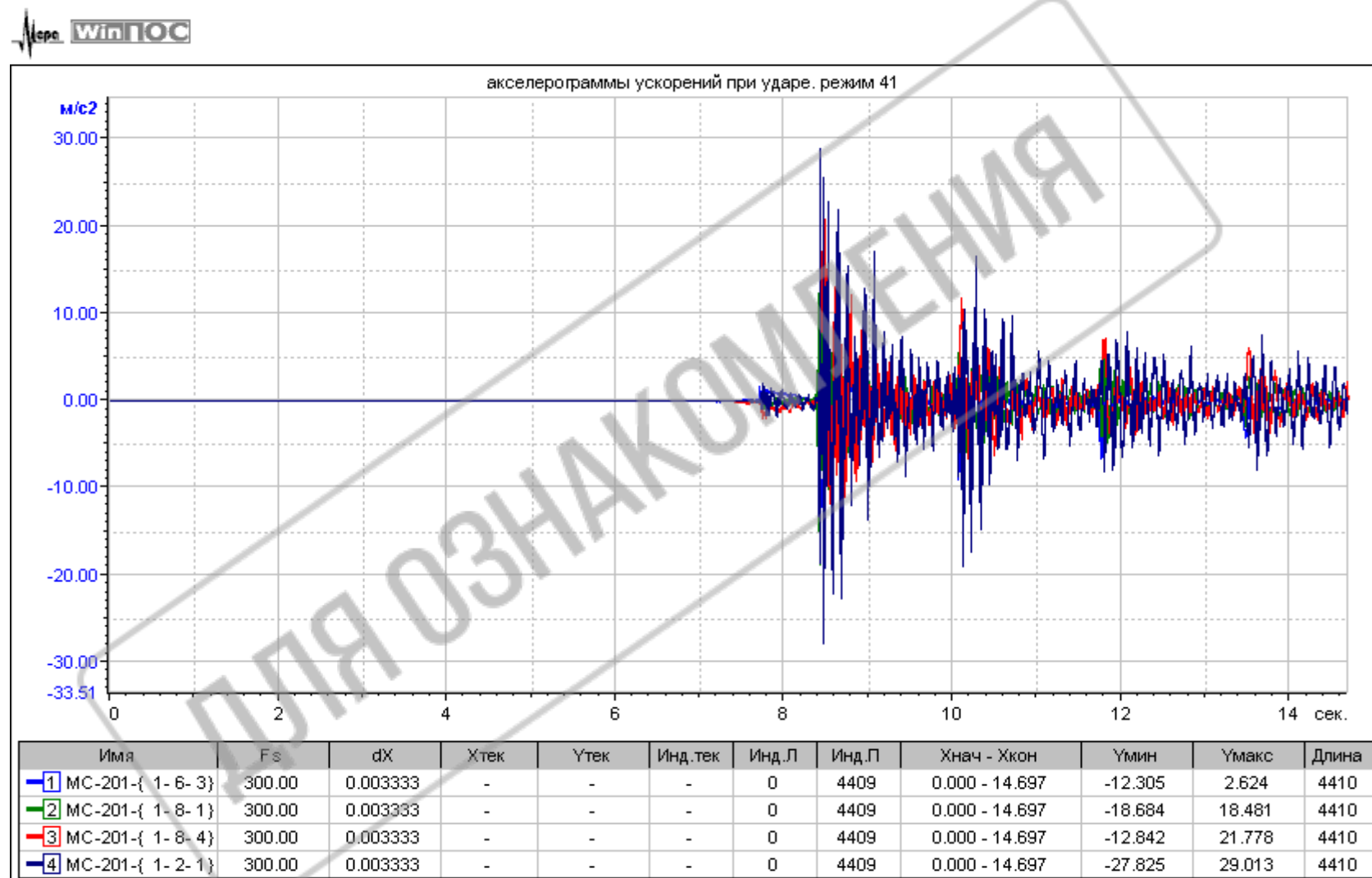


Рис. 8.3. Акселерограмма ускорений при динамическом ударе (режим 41)

9. Экспериментальные исследования прочности на вырыв анкеров марок MAS 300 W и MAS 300 V из монолитного (сборного) железобетона

Испытания анкеров проводились в соответствии с требованиями действующего стандарта на испытания анкеров, разработанного специалистами ФГУ «ФЦС» с участием ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко [11].

Испытания анкеров проводились по двум методикам, приведенным в Стандарте [11]:

- 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 последующей разгрузкой для определения упругой зоны работы и значения расчетной нагрузки вырыва анкера, которое может использоваться проектировщиками при разработке проекта крепления фасадной системы «МАС» к стенам из монолитного (сборного) железобетона. Данная методика базируется на основных положениях ГОСТ [12].

9.1 Описание опытных образцов анкеров

Для определения прочностных и деформативных характеристик анкерных креплений, установленных в монолитный (сборный) железобетон, при действии на анкеры продольных относительно их оси усилий были проведены лабораторные исследования по оценке прочности анкеров на вырыв из монолитного (сборного) железобетона класса по прочности на сжатие не менее В25.

Анкеры, использованные при испытаниях, состоят из следующих элементов:

химический анкер марки MAS 300 W (рис. 9.1a):

- *рабочий орган* – анкерная шпилька $\varnothing 12$ мм и длиной 130мм;

- *инъекционная композиция* марки **MAS 300 W**-бензол пероксид и 2-гидроксипропил метакрилат, без стирола;

химический анкер марки **MAS 300 V** (рис. 9.1б):

- *рабочий орган* – анкерная шпилька $\varnothing 12$ мм и длиной 130мм;
- *инъекционная композиция* марки **MAS 300 V**-бензол пероксид и 2-гидроксипропил метакрилат, без стирола;

Анкеры марки **MAS 300 W** устанавливались при температуре наружного воздуха $\approx -10^{\circ}\text{C}$, марки **MAS 300 V**- при температуре наружного воздуха $\approx +10^{\circ}\text{C}$. Глубина анкеровки в железобетон составляла 100мм.

9.2 Методика испытаний анкерных креплений

Как уже отмечалось выше лабораторные испытания химических анкеров марок **MAS 300 W** и **MAS 300 V** на вырыв из монолитного (сборного) железобетона, проводились специалистами ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко по двум методикам:

- путем нагружения анкера непрерывно возрастающей нагрузкой и измерением перемещений анкера на каждом этапе приложения нагрузки. Время нагружения ~ 2 -3 минуты.

- по методике ЦНИИСК с пошаговым увеличением нагрузки на анкер, выдержкой анкера при данном уровне нагрузки с последующей разгрузкой образца.

При проведении испытаний анкеров на вырыв из стенового материала использовался гидравлический домкрат HYDRAJAWS NH237 (сертификат №24-3 от 23.08.2013) мощностью 90 кН (рис. 9.2). При испытаниях адаптер (захват головки анкера) крепился к ручному гидравлическому домкрату. Нагрузка на головку анкеров подавалась ступенями, составляющими $N \square 1/10$ - $1/15$ от предполагаемой разрушающей нагрузки (нагрузки, при которой происходило вытягивание анкера из тела стены).

а)



б)



Рис. 9.1 Общий вид химических анкеров марки MAS 300 W(а),
и MAS 300 V(б).

При испытаниях анкеров на вырыв из монолитного железобетона по первой методике нагружение анкера осуществляется пошагово с замером на каждом шаге нагружения деформации анкера с помощью индикатора часового типа (точность 0.01мм). За разрушающую (предельную) принимается нагрузка, при которой увеличение деформации анкера происходит без роста усилия на него.

При первой схеме натурных испытаний за расчетное усилие вырыва анкеров принимается нагрузка, определяемая в соответствии с рекомендациями [11] по формуле:

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

Для химических анкеров марок MAS 300 W и MAS 300 V с анкерной шпилькой M12 коэффициент $m=3$, остальные коэффициенты определяются по формулам, приведенным в [11]:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (N_i - N)^2}{n-1}} \quad v = \frac{S}{N}$$

Суть второй методики испытаний, включенной в Стандарт [11], заключается в следующем:

- на каждом этапе нагружения величина усилия на анкер составляет $N_{i+1} = N_i + \Delta N$, где N_i - величина усилия на анкер на i -ом шаге нагружения; ΔN - величина прироста нагрузки на $i+1$ шаге нагружения. составляющая $1/10 \times N_{\text{разр.}}$.

- На каждом этапе нагружения дважды (после приращения нагрузки и после ее выдержки) производится замер перемещения головки анкера;
- после завершения каждого этапа нагружения анкера производится его разгрузка и с помощью измерительных приборов определяется величина остаточных деформаций анкера. Таким способом

устанавливается реальная область упругой работы анкера и величина расчетной нагрузки вырыва. По результатам исследований предельное значение величины остаточных деформаций анкера, определяющей область упругой работы, принято равным $\Delta=0.1$ мм.



Рис. 9.2. Общий вид домкратной установки для испытаний анкеров на вырыв.

9.3 Результаты испытаний анкеров и их анализ

В лаборатории Центра исследований сейсмостойкости сооружений ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко по первой методике было испытано по 6 образцов химических анкеров марки **MAS 300 W** и **MAS 300 V** с анкерной шпилькой M12, установленных в сборную железобетонную панель (см. фото на рис. 9.3). По второй методике было испытано по 3 образца анкеров указанных выше марок.

Анализ результатов лабораторных испытаний анкеров на действие нагрузки, приложенной вдоль оси анкера (первая методика), позволяет отметить следующее.

1. На рис. 9.4, 9.5 приведены графики зависимости «нагрузка-деформация» для образцов указанных выше марок анкеров, построенные по результатам натуральных испытаний.
2. Величины предельных разрушающих нагрузок для анкеров марки **MAS 300 W**, установленных в железобетонную панель, составили:
46.0, 46.0, 44.0, 44.0, 52.0, 44.0 (кН).
3. Величины предельных разрушающих нагрузок для анкеров марки **MAS 300 V**, установленных в железобетонную панель, составили:
46.5, 47.0, 45.0, 47.0, 50.0, 51.0 (кН).
4. За расчетное усилие вырыва анкеров марки **MAS 300 W**, установленных в железобетонную панель из бетона класса B25, в соответствии с рекомендациями [11] по данным натуральных испытаний следует принимать нагрузку, равную:

$$N_{\text{расч.}} = 12.14 \text{ кН (1214 кгс)} \text{ при } m=3.0, \nu=0.67 \text{ и } S=3.09.$$

5. За расчетное усилие вырыва анкеров марки **MAS 300 V**, установленных в железобетонную панель из бетона класса B25, в соответствии с рекомендациями [11] по данным натуральных испытаний следует принимать нагрузку, равную:

$$N_{\text{расч.}} = 13.40 \text{ кН (1340 кгс)} \text{ при } m=5.0, \nu=0.04 \text{ и } S=2.27.$$

Анализ результатов лабораторных испытаний анкеров по второй методике, изложенной в [11], на действие нагрузки, приложенной вдоль оси анкера (было испытано 3 образца анкеров марки **MAS 300 W** и 3 образца анкеров марки **MAS 300 V** с анкерной шпилькой M12), позволяет отметить следующее.

1. На рис. 9.6, 9.7 приведены графики зависимости «нагрузка-деформация» для образцов указанных выше марок анкеров, построенные по результатам натурных испытаний.
2. Величины предельных разрушающих нагрузок для химических анкеров марки **MAS 300 W** с анкерной шпилькой M12, установленных в железобетонную панель из бетона класса B25, составили:

44.0, 44.0, 45.0 (кН).

3. Величины предельных разрушающих нагрузок для химических анкеров марки **MAS 300 V** с анкерной шпилькой M12, установленных в железобетонную панель из бетона класса B25, составили:

45.0, 46.0, 47.0 (кН).

4. За расчетное усилие вырыва химических анкеров **MAS 300 W** с анкерной шпилькой M12 при испытаниях по второй методике, изложенной в Стандарте [11], установленных в железобетонную панель из бетона класса B25, с учетом характера поведения анкера в процессе пошагового его нагружения с разгрузкой следует принимать нагрузку равную:

$N_{\text{расч.}}=14.0 \text{ кН (1400 кгс)}$.

5. За расчетное усилие вырыва химических анкеров **MAS 300 V** с анкерной шпилькой M12 при испытаниях по второй методике, изложенной в Стандарте [11], установленных в железобетонную панель из бетона класса B25, с учетом характера поведения анкера в процессе пошагового его нагружения с разгрузкой следует принимать нагрузку равную:

$N_{расч.}=14.0$ кН (1400 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. 9.3. Общий вид химических анкеров марок **MAS 300 W** и **MAS 300 V**, установленных в железобетонную панель из бетона класса В25

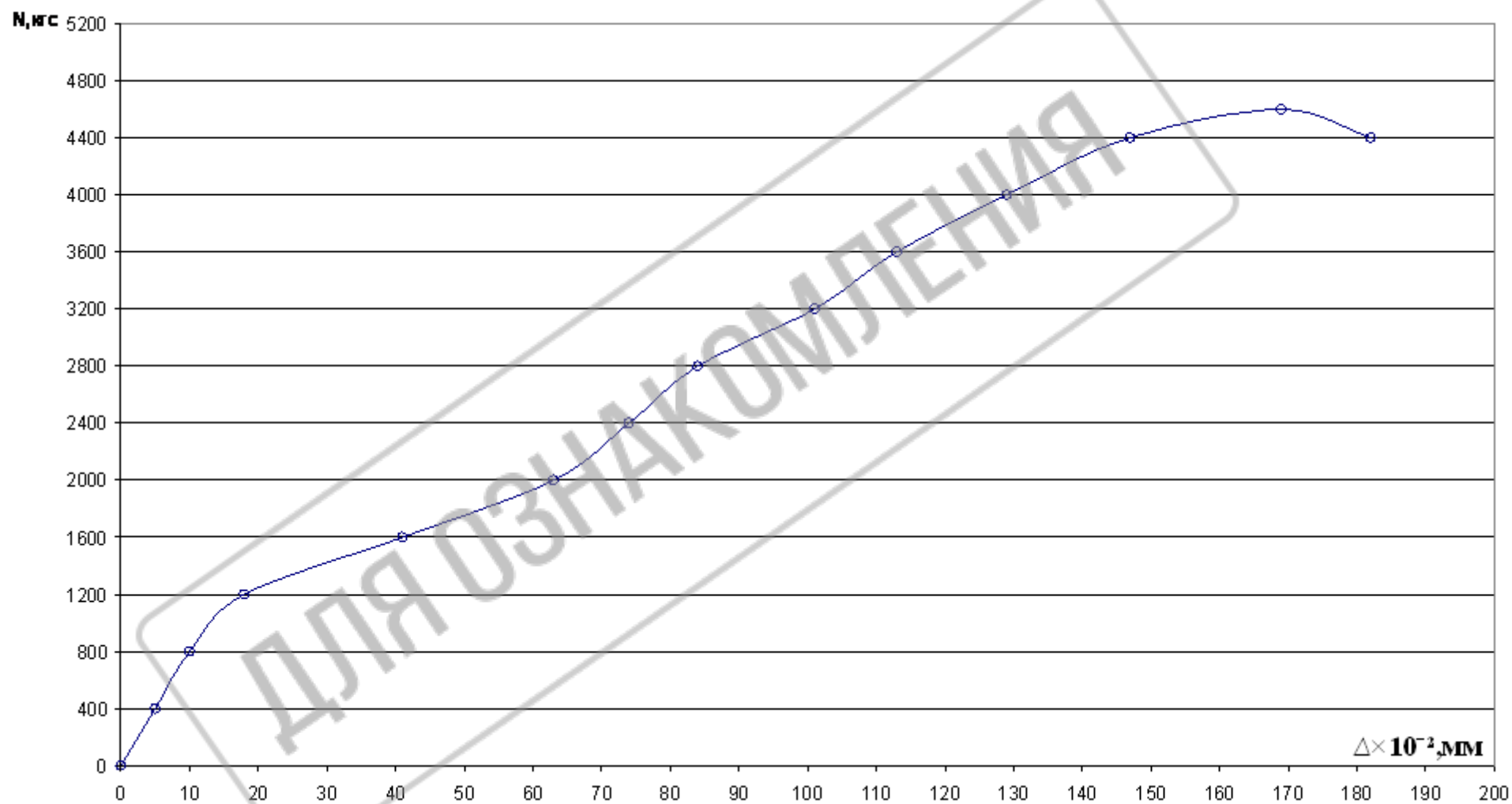


Рис. 9.4 График зависимости «нагрузка – перемещение» для химических анкеров марки MAS 300 W с анкерной шпилькой M12, установленных в монолитный железобетон.

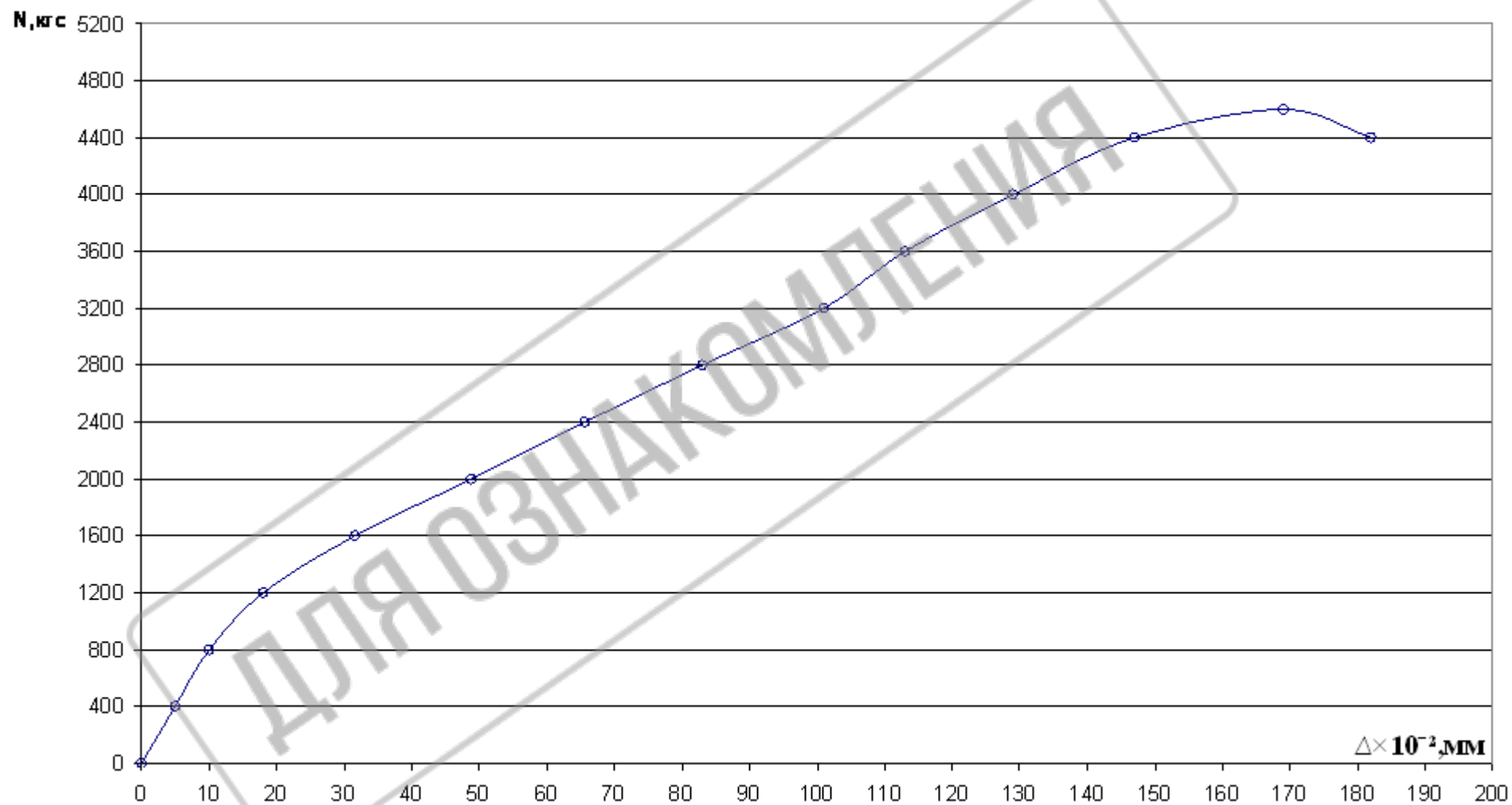


Рис. 9.5 График зависимости «нагрузка – перемещение» для химических анкеров марки MAS 300 V с анкерной шпилькой M12, установленных в монолитный железобетон.

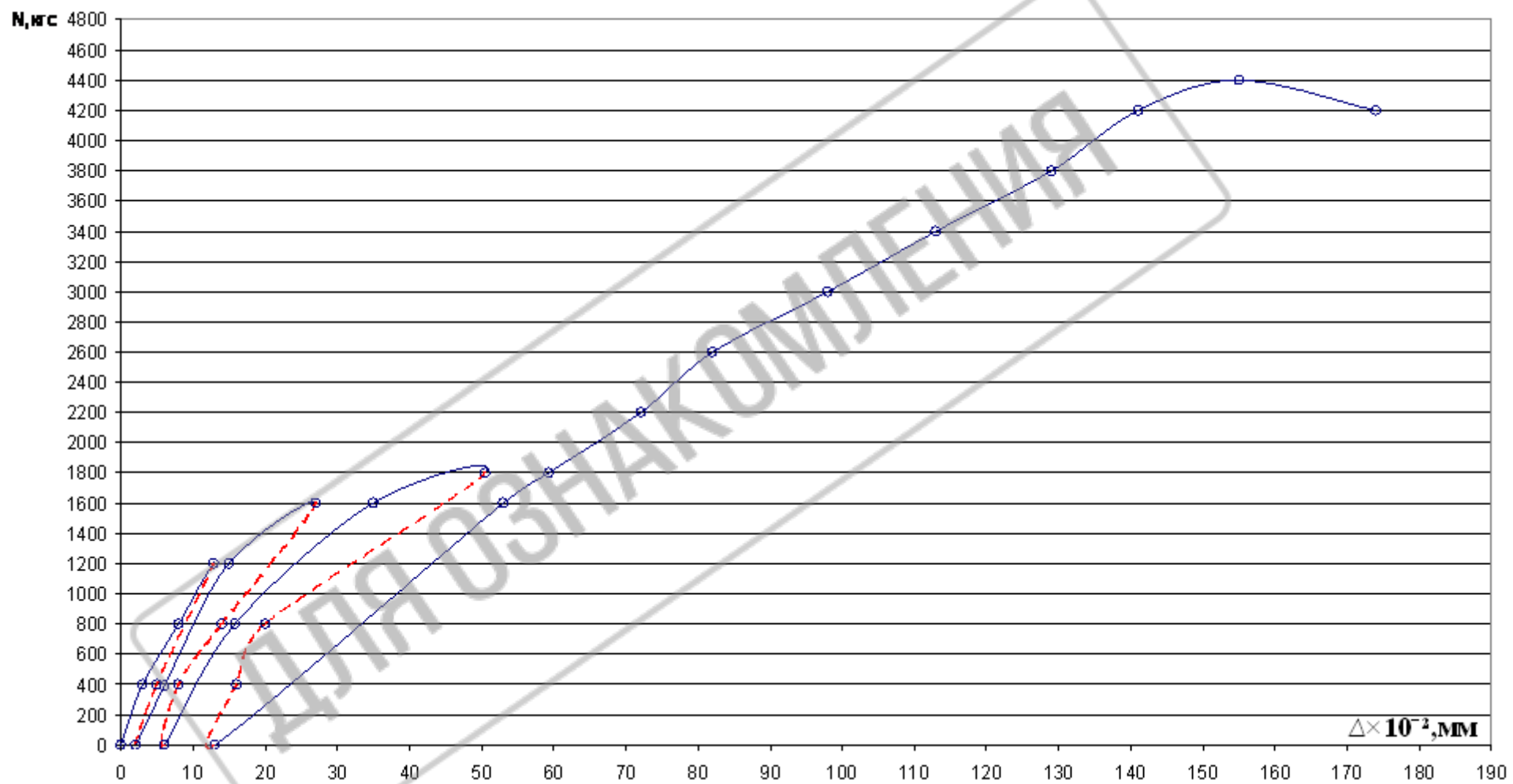


Рис. 9.6 График зависимости «нагрузка – перемещение» для химических анкеров марки MAS 300 W с анкерной шпилькой М12, установленных в монолитный железобетон.

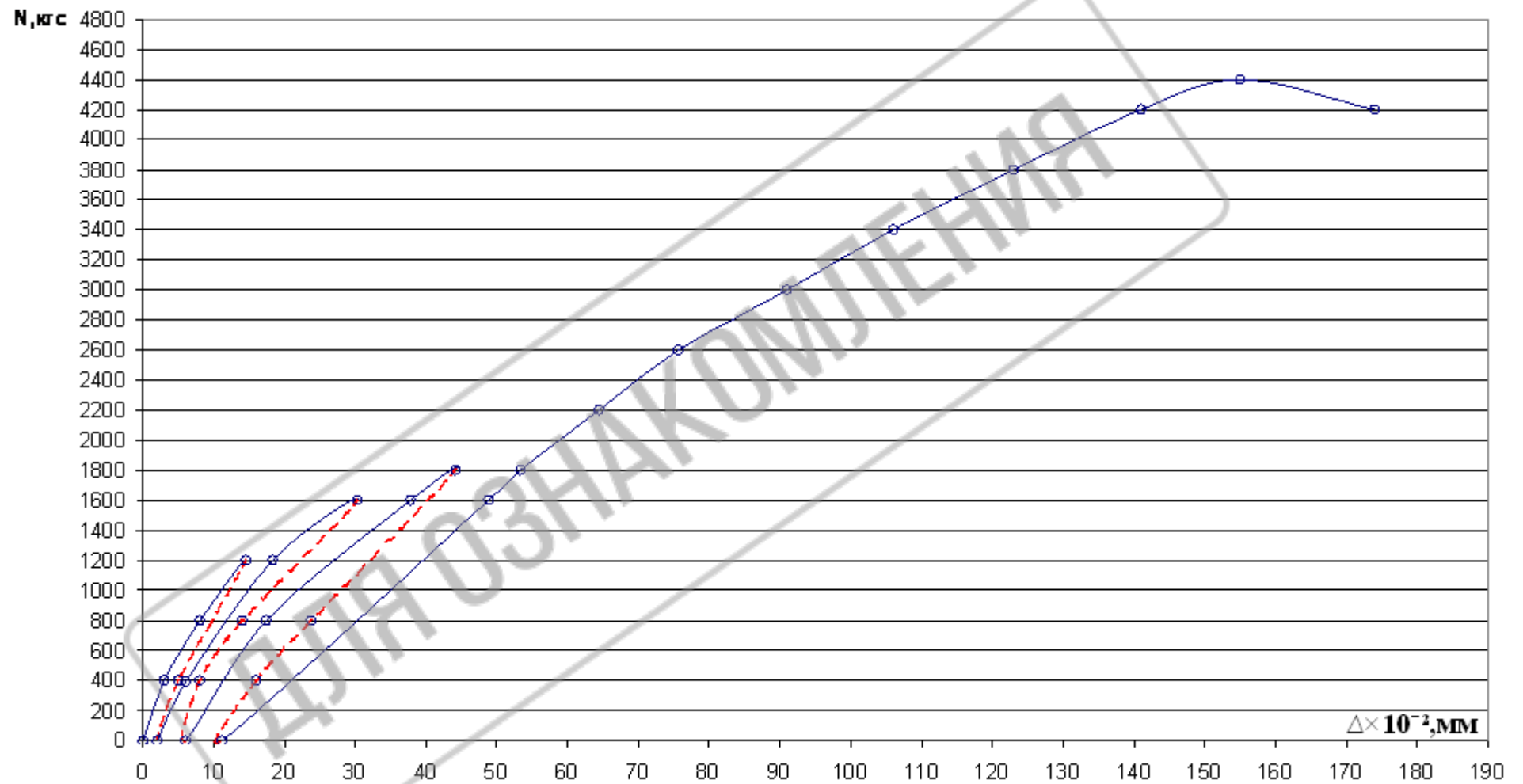


Рис. 9.7 График зависимости «нагрузка – перемещение» для химических анкеров марки MAS 300 V с анкерной шпилькой М12, установленных в монолитный железобетон.

9.4 Выводы и рекомендации

Анализ результатов лабораторных испытаний на вырыв химических анкеров марок **MAS 300 W** и **MAS 300 V** с анкерной шпилькой M12, установленных железобетонную панель из бетона класса B25, позволяет отметить следующее.

1. По результатам лабораторных испытаний за расчетную нагрузку вырыва анкеров **MAS 300 W**, установленных при температуре -10°C , следует принимать усилие, равное:

$$N_{\text{расч.}} = 14.0 \text{ кН (1400 кгс)}.$$

2. По результатам лабораторных испытаний за расчетную нагрузку вырыва анкеров **MAS 300 V**, установленных при температуре $+10^{\circ}\text{C}$, следует принимать усилие, равное:

$$N_{\text{расч.}} = 14.0 \text{ кН (1400 кгс)}.$$

Указанные расчетные усилия могут быть приняты за основу при соблюдении требований фирмы-изготовителя и проекта в части технологии установки анкеров.

10. Оценка коррозионной стойкости несущих элементов НФС «МАС» из нержавеющей стали марок AISI 304 и AISI 430

В настоящем разделе отчета приведены результаты анализа по оценке долговечности и эксплуатационной надежности несущих стальных элементов НФС «МАС» из нержавеющей стали, выпускаемых иностранным частным торгово-производственным унитарным предприятием «МеталлАртСтрой», а также на основе рассмотрения соответствия конструкций фасадной системы «МАС» требованиям действующих нормативных документов.

Цели работы:

- оценка эксплуатационной надежности конструкций НФС «МАС» с учетом проводимых ранее испытаний [1];
- оценка качества и долговечности материала и конструкций НФС. Оценка долговечности и эксплуатационной надежности несущих элементов НФС «МАС» проводится в соответствии с требованиями СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии» при воздействии различных атмосферных сред.

Для составления заключения Заказчиком были предоставлены документы, содержащиеся в Альбоме технических решений фасадной системы «МАС» [1].

Описание конструкций навесного вентилируемого фасада «МАС»

Экспертируемая фасадная система включает в себя следующие основные элементы.

1. Облицовочные элементы – плиты из травертина толщиной 50 и 70 мм с размерами 600x800 мм и 600x400 мм.
2. Кронштейны из нержавеющей стали марки AISI 430.
3. Гайки и шайбы из нержавеющей стали марки AISI 430.

4. Направляющие марки PF 30x36 из нержавеющей стали марки AISI 304.
5. Стержень марки СЛ Ø4x65 из нержавеющей стали марки AISI 304.
6. Болтовое соединение лопатка марки БЛ М8x55 из нержавеющей стали марки AISI 304.
7. Все остальные элементы гайки и пластины выполнены из нержавеющей стали марки AISI 304.

Анализ приведенных данных показывает, что применяемая в конструкции НФС материалы выполнены из нержавеющей стали обеспечивают высокую коррозионную стойкость в заданных условиях эксплуатации в соответствии с требованиями СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии». При этом:

- силовые элементы конструкции НФС – кронштейны, направляющие и элементы крепления облицовочных плит выполнены из нержавеющей стали;
- термоизолирующая паронитовая прокладка между основанием и направляющей или кронштейном является барьером для образования корродирующего эффекта при контакте с бетоном.
- шпильки, используемые в качестве рабочих элементов химических анкеров марок **MAS 300 W** и **MAS 300 V** не подвержены коррозии поскольку они выполнены из нержавеющей стали марки AISI 304.

Таким образом, по результатам рассмотрения проектного решения конструктивной системы навесного вентилируемого фасада «МАС» позволяет отметить следующие.

1. Используемые материалы из нержавеющей стали обеспечивают защиту от коррозии элементов НФС в условиях как слабого, так и сильноагрессивного воздействия среды по СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии» на срок не менее чем 50 лет.
2. Места повреждения защитного покрытия шпилек анкеров (цинковый слой) при производстве работ в строительных условиях в случаях его

повреждения может быть защищен лакокрасочным покрытием на основе грунтовки ВЛ-02 и эмали III-IV группы по СНиП 2.03.11-85 общей толщиной не менее 60 мкм.

ДЛЯ ОЗНАКОМЛЕНИЯ

11. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Выводы и рекомендации

На основе анализа результатов динамических испытаний фасадной системы с воздушным зазором «МАС» с использованием облицовки в виде плит из натурального камня травертина толщиной 50 и 70 мм, результатов лабораторных испытаний химических анкеров марок **MAS 300 W** и **MAS 300 V** на вырыв из монолитного (сборного) железобетона при классе бетона В25, а также оценки долговечности и эксплуатационной надежности материала несущих элементов НФС «МАС», можно отметить следующее:

1. В соответствии с программой экспериментальных исследований на виброплатформе Центра исследований сейсмостойкости сооружений были проведены динамические испытания НФС «МАС» с использованием облицовки в виде плит из натурального камня травертина толщиной 50 и 70 мм. При динамических испытаниях моделировались нагрузки, соответствующие сейсмическим воздействиям 7÷9 баллов.
2. В процессе испытаний ускорение виброплатформы по данным акселерометров, установленных на ней, изменялось в интервале от 0,4 до 5,6 м/с² - в горизонтальном направлении, и от 0,1 до 2,3 м/с² - в вертикальном направлении. Полученные значения горизонтальных ускорений виброплатформы превышают значения нормативных ускорений, соответствующих 9 баллам по шкале MSK-64 ($a=4$ м/с²). Частоты колебания системы изменялись в интервале от 1,4 до 6,1 Гц. Максимальная амплитуда колебаний виброплатформы составила 17,1 мм.

3. По данным акселерометров, установленных на облицовочной плите НФС, ускорение в горизонтальном направлении фасадной системы изменялось в интервале от 0,5 до 15,2 м/с², перемещения системы – от 2,1 до 20,3 мм, в вертикальном направлении ускорение изменялось от 0,1 до 6,6 м/с², перемещения – от 0,1 до 4,8 мм.
4. При испытаниях системы НФС на динамический удар величина ускорения в момент ударного воздействия по данным акселерометра, установленного на облицовке, изменялась в интервале от 3g до 6g.
5. Во время испытаний в момент, когда собственные частоты колебаний НФС совпали с вынужденными частотами колебаний виброплатформы, НФС вошла в резонанс (режим 38). Это явление наблюдалось при частотах от $f=2$ Гц до $f=3.5$ Гц ($a=2,5-4.1$ м/с² – 8-9 баллов). При резонансе эксплуатационная надежность НФС «МАС» не была нарушена.
6. По результатам динамических испытаний допускается применение фасадной системы «МАС» с использованием облицовки в виде плит из натурального камня травертина толщиной 50 и 70мм в сейсмических районах при балльности площадки строительства от 7 до 9 баллов включительно. При этом должны соблюдаться требования, касающиеся долговечности, огнестойкости и коррозионной стойкости элементов фасадной системы и облицовки.
7. По результатам экспериментальных исследований для крепления несущих элементов НФС к стенам из монолитного (сборного) железобетона допускается использовать химические анкера марок MAS 300 W и MAS 300 V. Расчетную нагрузку вырыва для указанных марок анкеров рекомендуется принимать $N=1400$ кгс.

8. Несущие конструкции НФС «МАС», выполненные из нержавеющей стали, отвечают требованиям действующих нормативных документов в части обеспечения требуемого уровня коррозионной стойкости конструкций.
9. В приложении 3 к настоящему отчету приведены результаты проверочных расчетов по оценке прочности и деформативности несущих элементов НФС «МАС» в случае применения материала облицовки с объемным весом более 2500 кг/м³.
10. В приложении 4 к настоящему отчету приведена видеосъемка испытания ФС на сейсмические воздействия.

ДЛЯ ОЗНАКОМЛЕНИЯ

Список литературы

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

12. ГОСТ 8829-94.Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости.

ДЛЯ ОЗНАКОМЛЕНИЯ

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ФАСАДНОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИБОРА
ВИБРОТЕСТ-МГ4

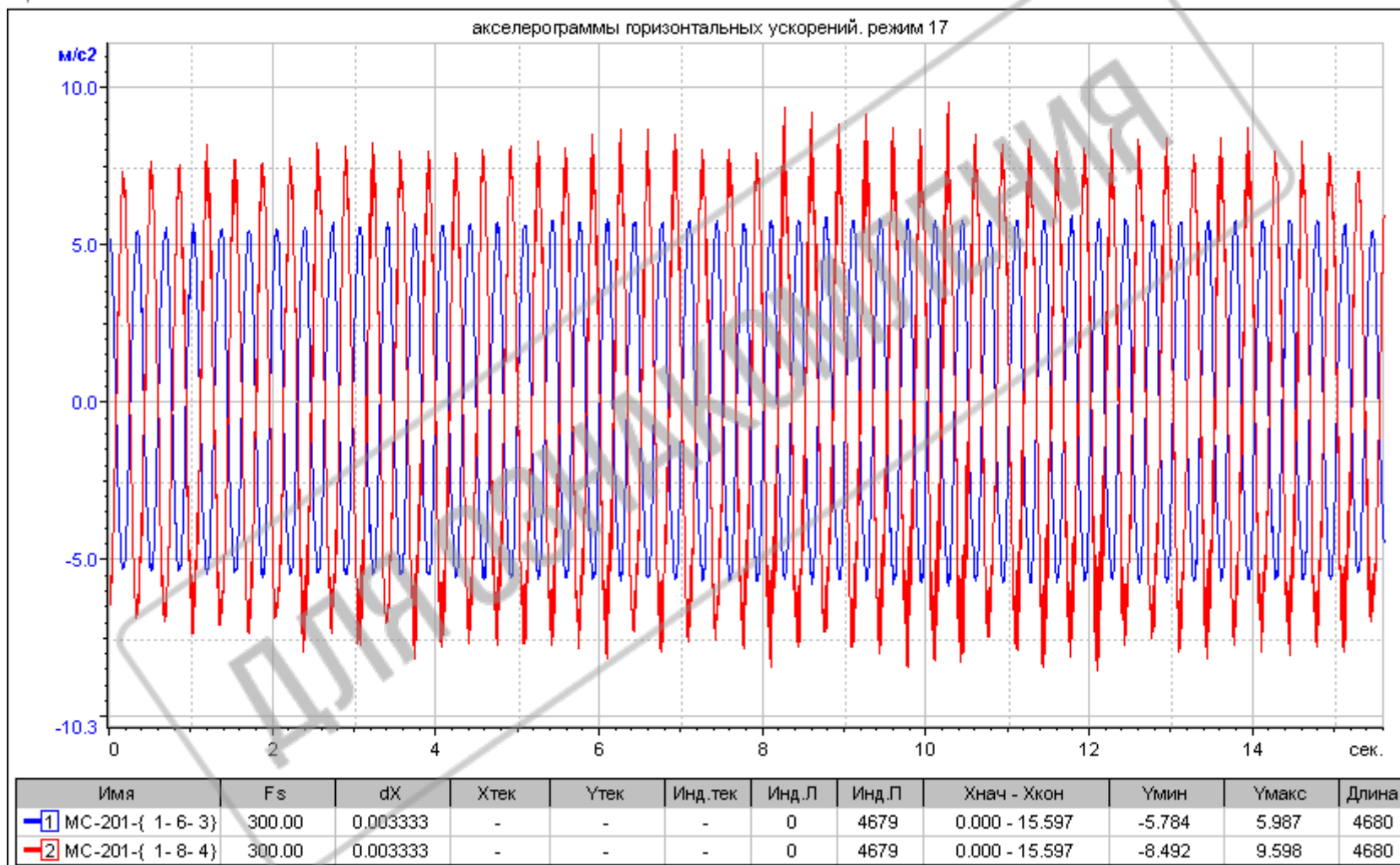
ДЛЯ ОЗНАКОМЛЕНИЯ

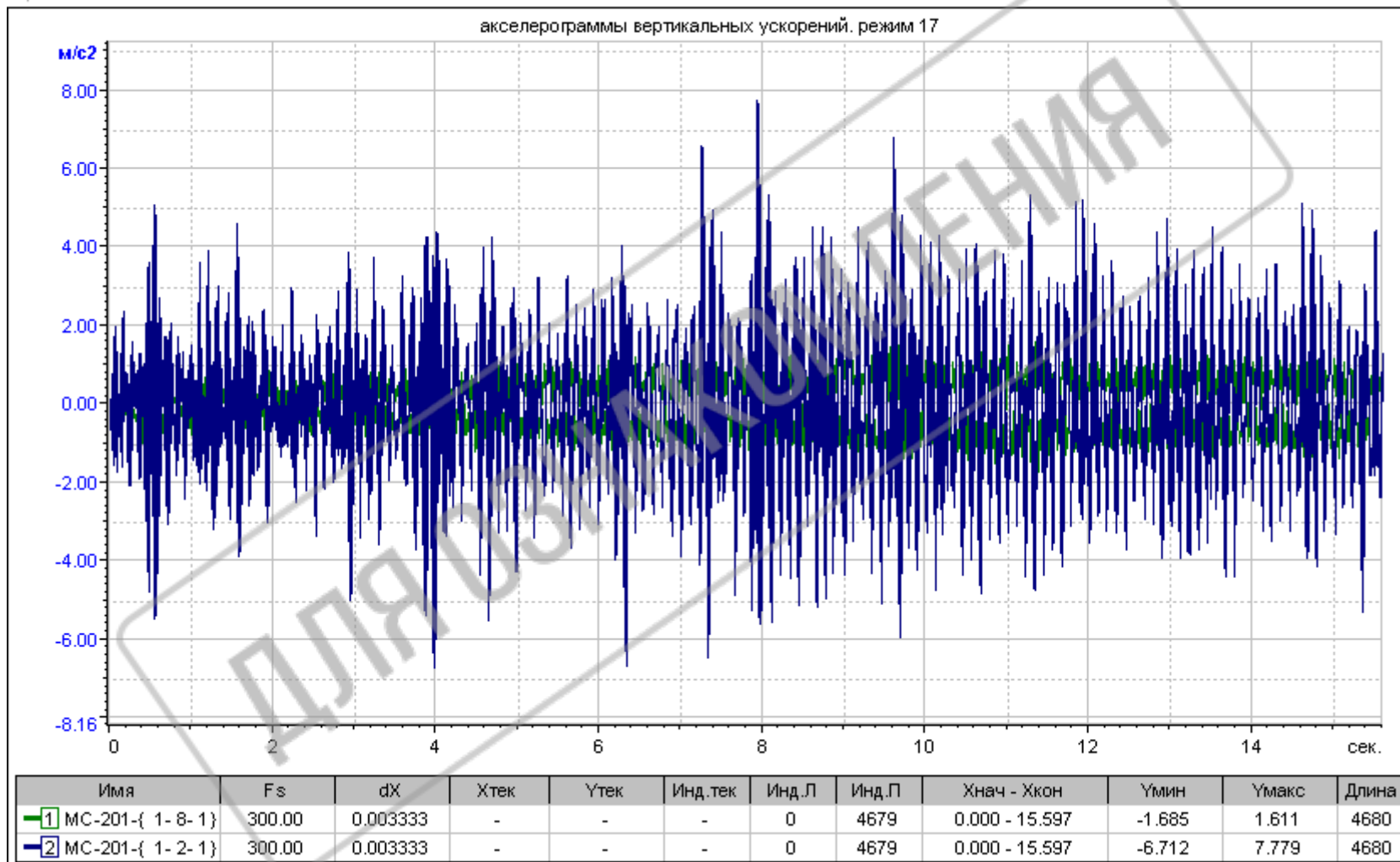
N	Дата	Время	a, м/сек.с	f, Гц	v, м/м.с	S, мм	Примечание
1	06.02.2014	11:22:45	000,9	002,4	058,4	03,87	
2	06.02.2014	11:23:19	002,1	004,7	072,1	02,44	
3	06.02.2014	11:24:30	001,2	002,4	076,9	05,10	
4	06.02.2014	11:25:04	001,8	003,3	089,2	04,30	
5	06.02.2014	11:25:29	002,3	005,8	096,7	04,05	
6	06.02.2014	11:26:18	000,9	001,6	085,5	08,51	
7	06.02.2014	11:26:49	001,2	002,1	094,0	07,12	
8	06.02.2014	11:27:16	002,4	003,1	122,2	06,27	
9	06.02.2014	11:28:06	001,3	001,7	118,9	11,13	
10	06.02.2014	11:28:34	002,2	002,4	145,2	09,63	
11	06.02.2014	11:30:59	000,8	001,2	112,7	14,95	
12	06.02.2014	11:31:33	001,8	001,9	150,8	12,63	
13	06.02.2014	11:31:59	002,8	002,4	185,7	12,31	
14	06.02.2014	11:32:51	001,1	001,3	131,0	16,04	
15	06.02.2014	11:33:24	001,5	001,7	143,2	13,41	
16	06.02.2014	11:33:52	002,5	002,1	189,5	14,36	
17	06.02.2014	11:35:24	004,9	002,9	271,7	14,91	
18	06.02.2014	11:36:08	002,5	002,3	174,4	12,07	
19	06.02.2014	11:36:33	003,5	002,8	201,8	11,47	
20	06.02.2014	11:36:59	004,7	003,2	235,3	11,70	
21	06.02.2014	11:38:11	001,8	002,2	133,8	09,68	
22	06.02.2014	11:38:36	003,5	003,1	178,2	09,15	
23	06.02.2014	11:39:00	004,5	003,6	200,7	08,87	
24	06.02.2014	11:40:20	002,8	003,3	135,0	06,51	
25	06.02.2014	11:40:44	003,5	003,9	144,9	05,91	
26	06.02.2014	11:41:11	004,2	004,4	151,2	05,47	

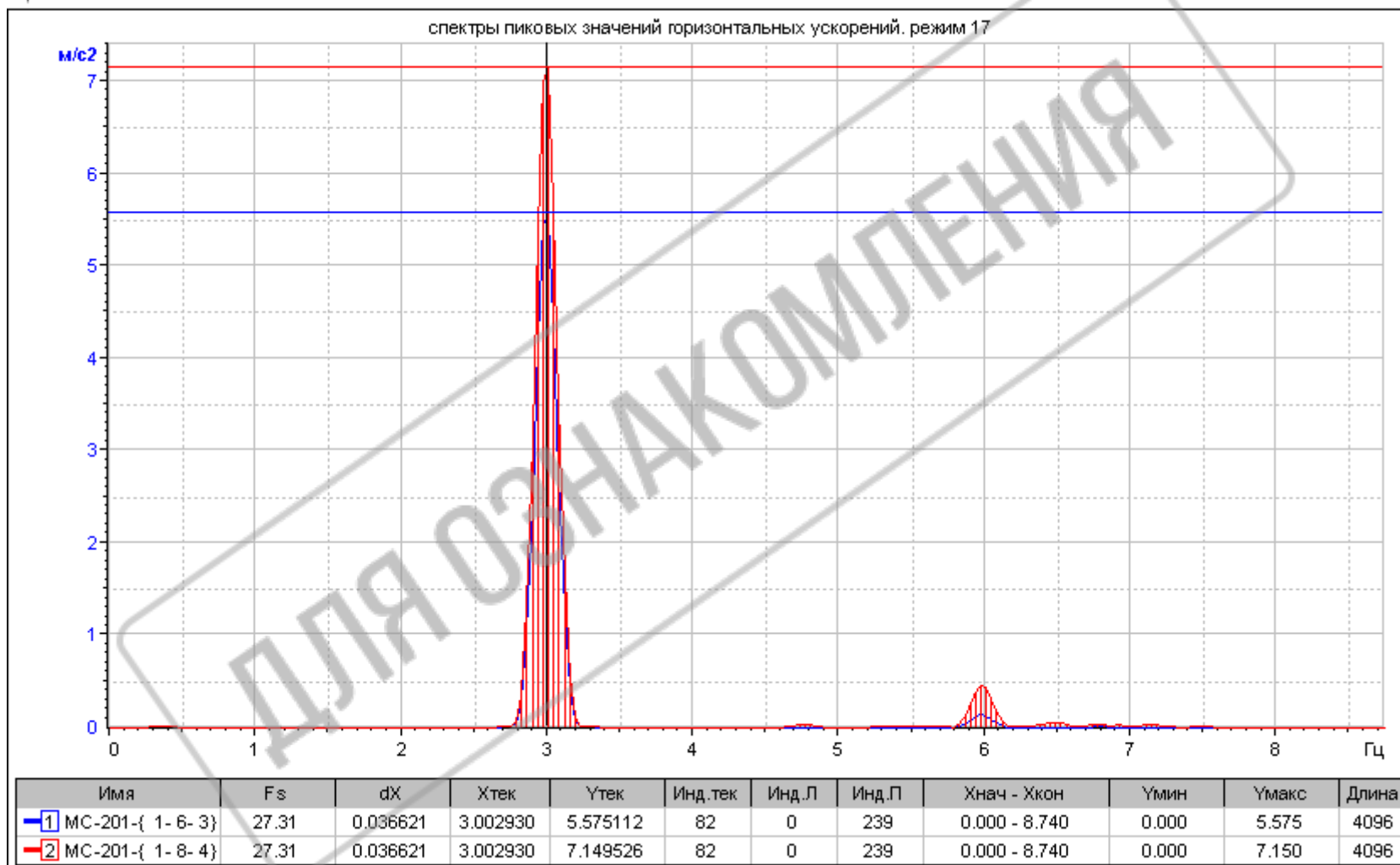
N	Дата	Время	а, м/кв.с	f, Гц	V, мм/с	S, мм	Примечание
27	06.02.2014	11:42:06	002,0	003,2	102,0	05,07	
28	06.02.2014	11:42:30	003,0	004,1	116,5	04,52	
29	06.02.2014	11:42:53	003,5	004,6	121,4	04,20	
30	06.02.2014	11:43:12	003,5	004,6	121,4	04,20	
31	06.02.2014	11:43:39	003,5	005,1	109,5	03,42	
32	06.02.2014	11:44:06	003,4	005,2	105,6	03,23	
33	06.02.2014	11:44:26	003,5	005,2	107,1	03,28	
34	06.02.2014	11:45:21	002,0	003,8	085,0	03,56	
35	06.02.2014	11:45:48	002,7	005,0	087,5	02,79	
36	06.02.2014	11:46:11	002,8	005,4	081,9	02,41	
37	06.02.2014	11:46:47	006,5	005,5	186,9	05,41	
38	06.02.2014	11:47:39	002,3	005,0	074,2	02,36	
39	06.02.2014	11:48:03	003,0	005,8	083,7	02,30	
40	06.02.2014	11:48:29	005,0	005,8	137,5	03,77	

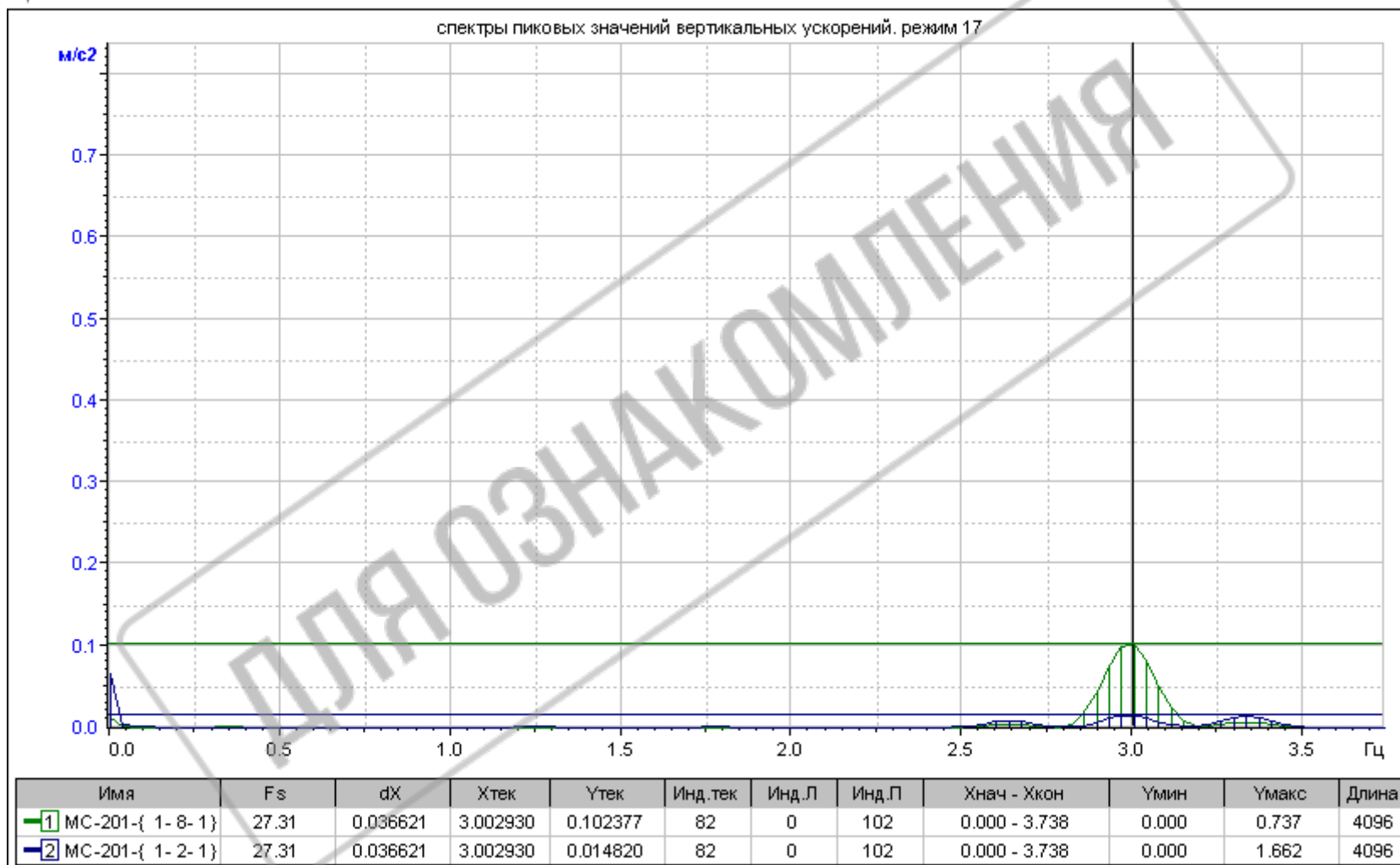
РЕЗУЛЬТАТЫ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ
ФАСАДНОЙ СИСТЕМЫ

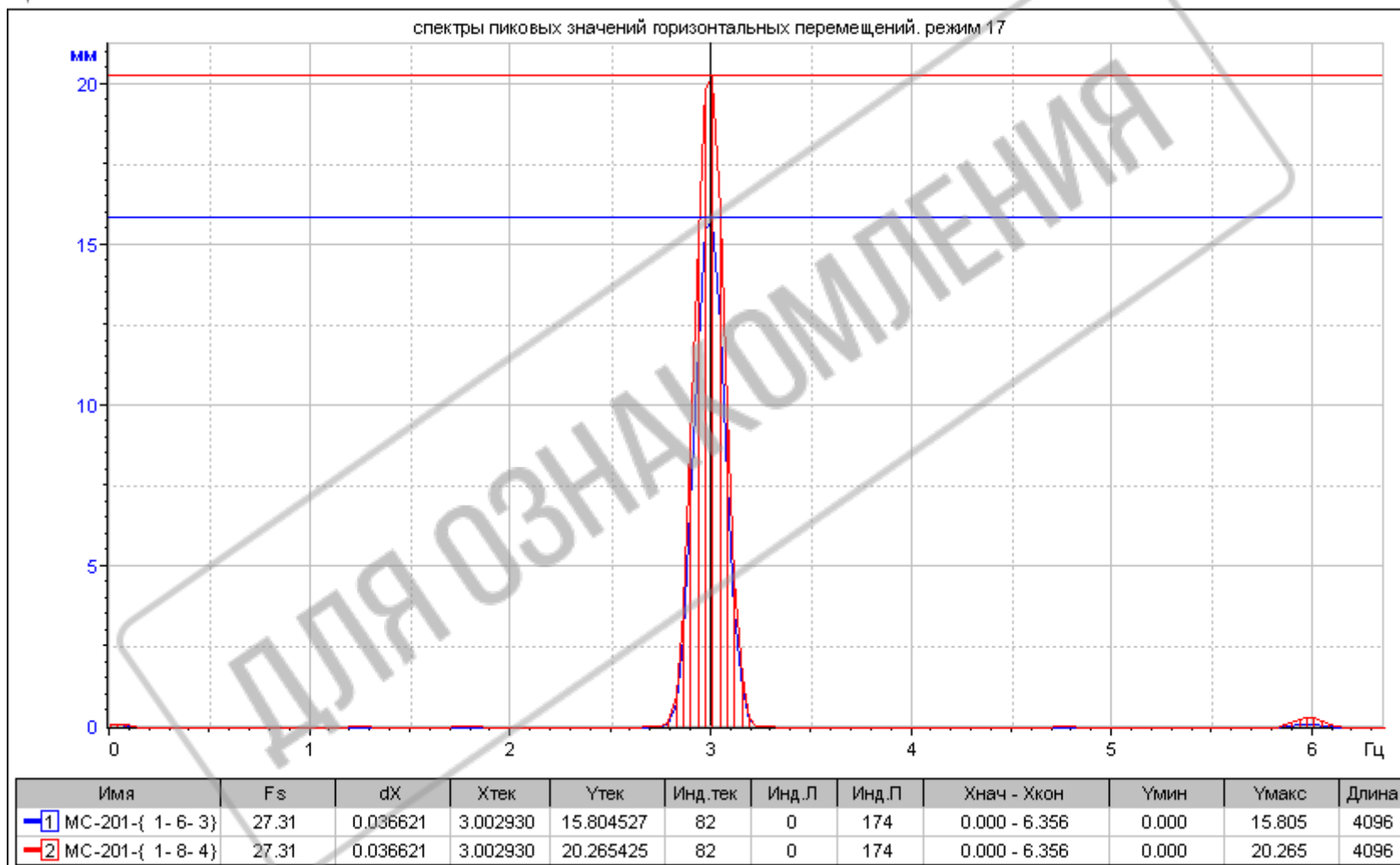
ДЛЯ ОЗНАКОМЛЕНИЯ

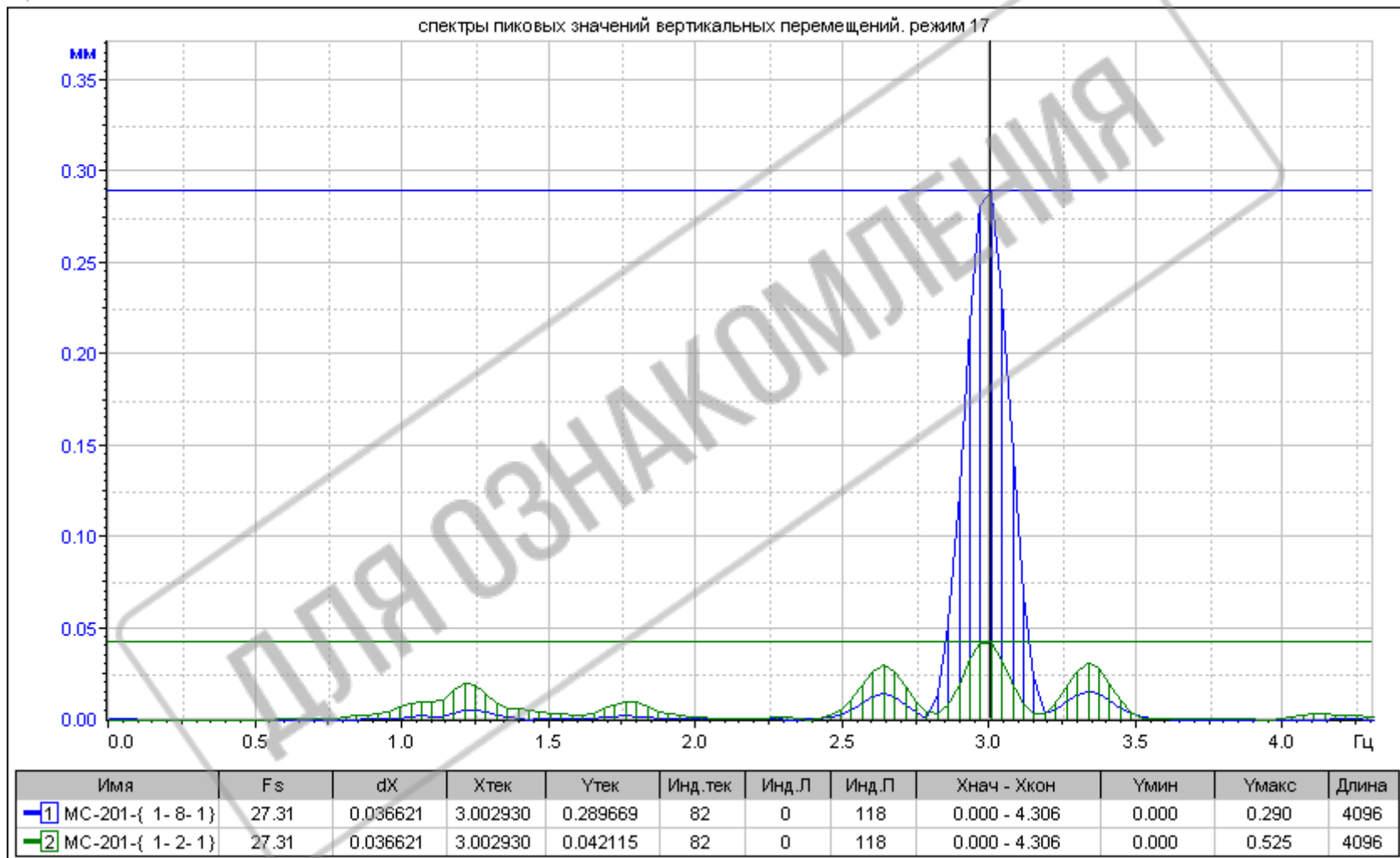


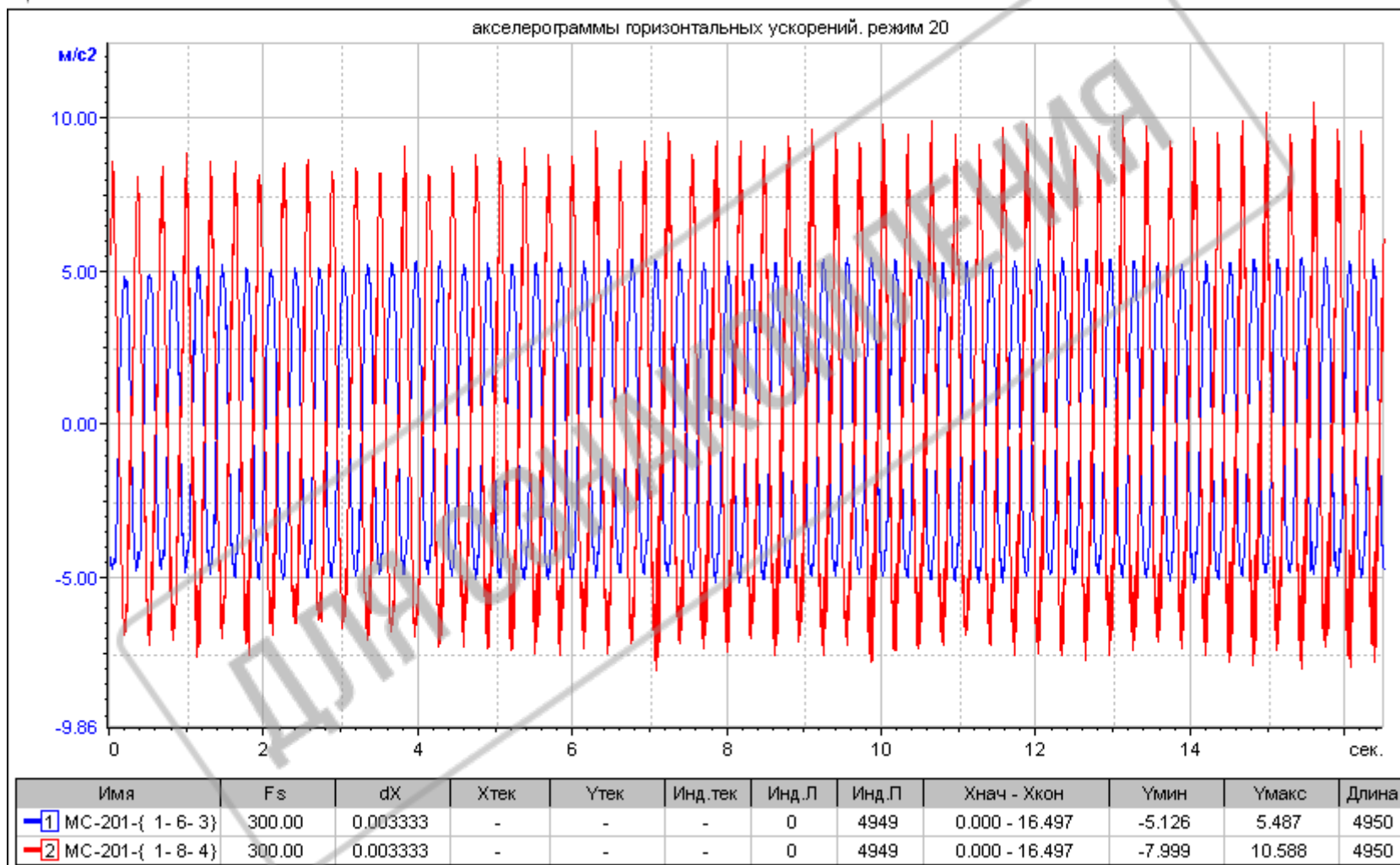


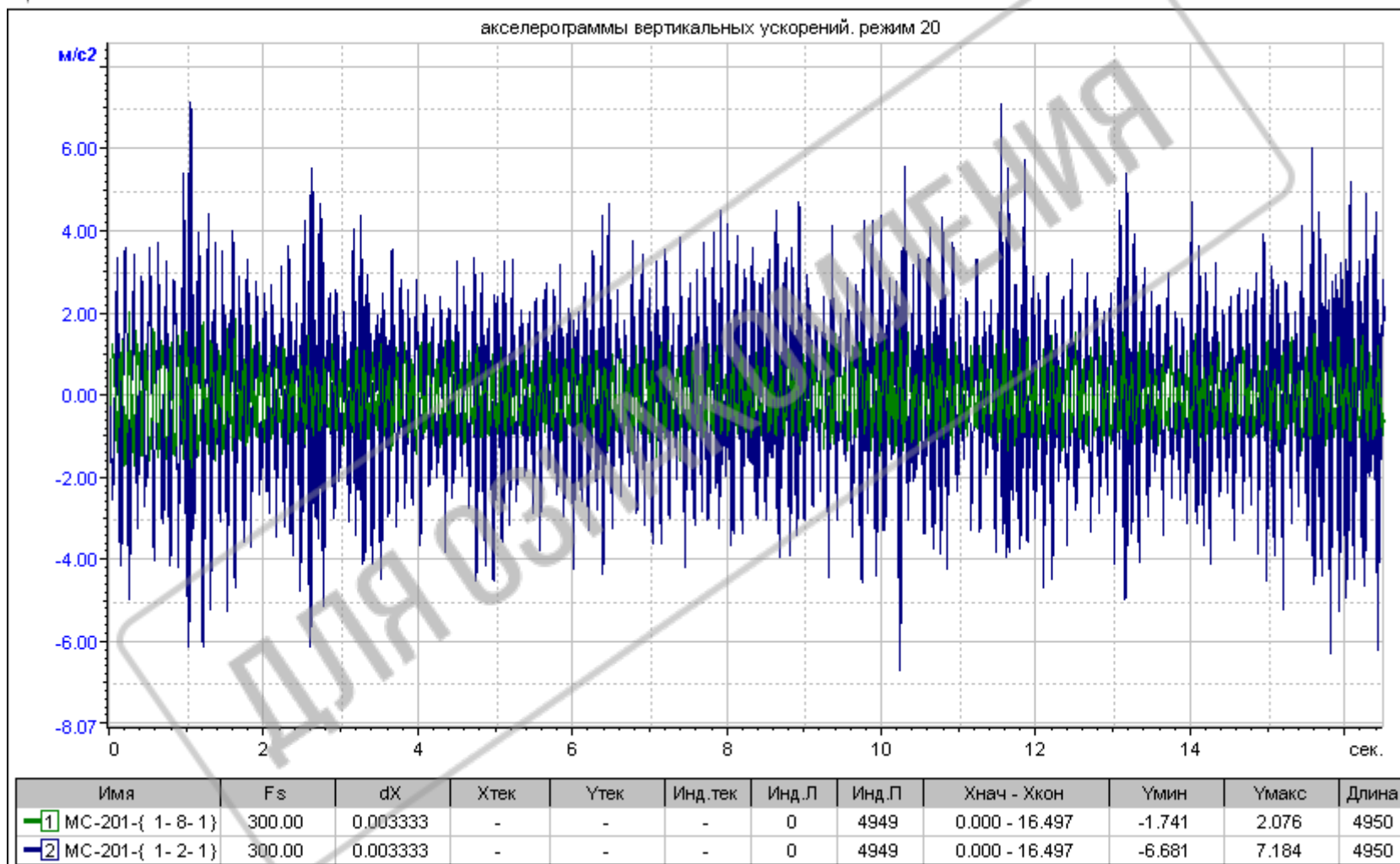


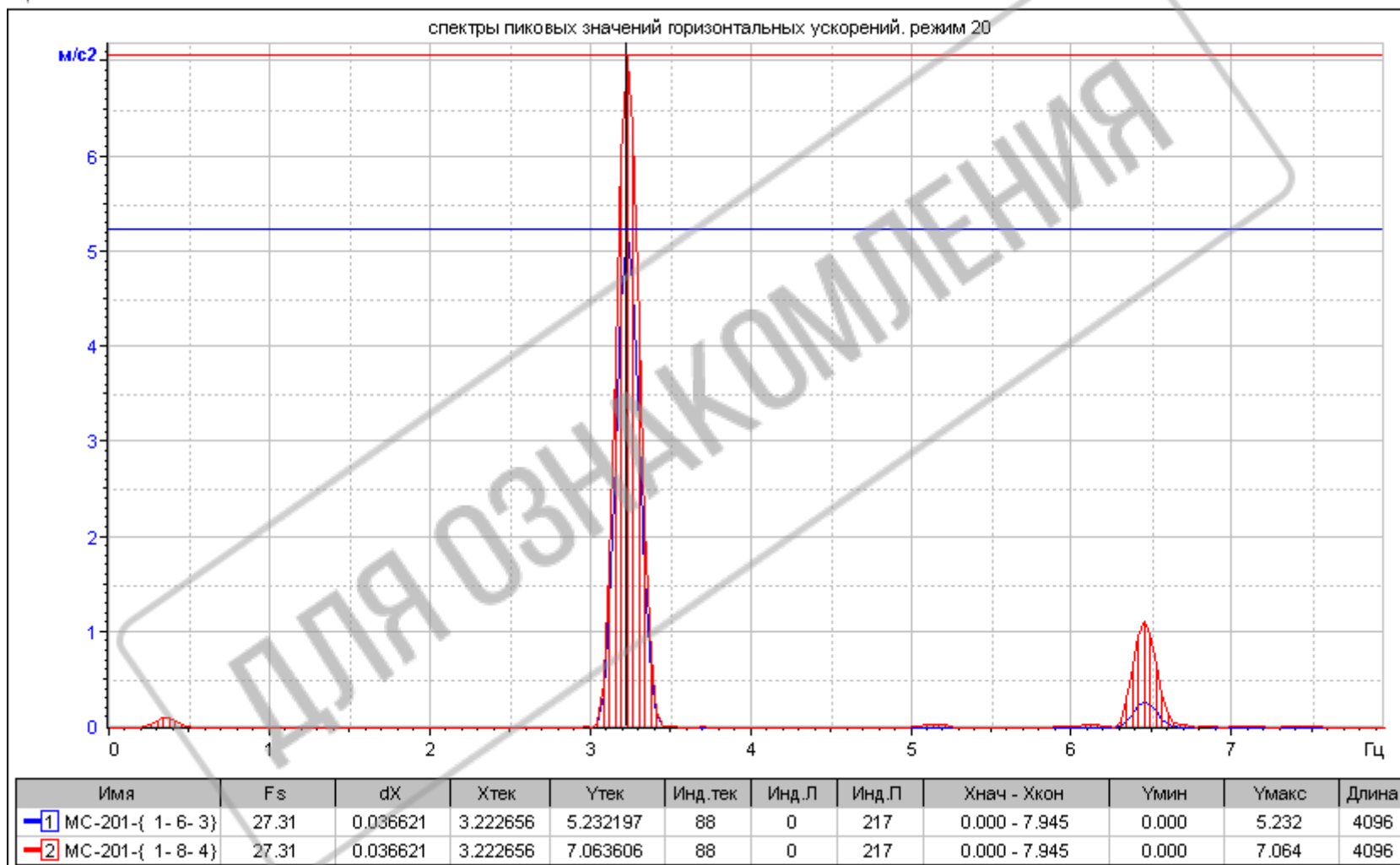


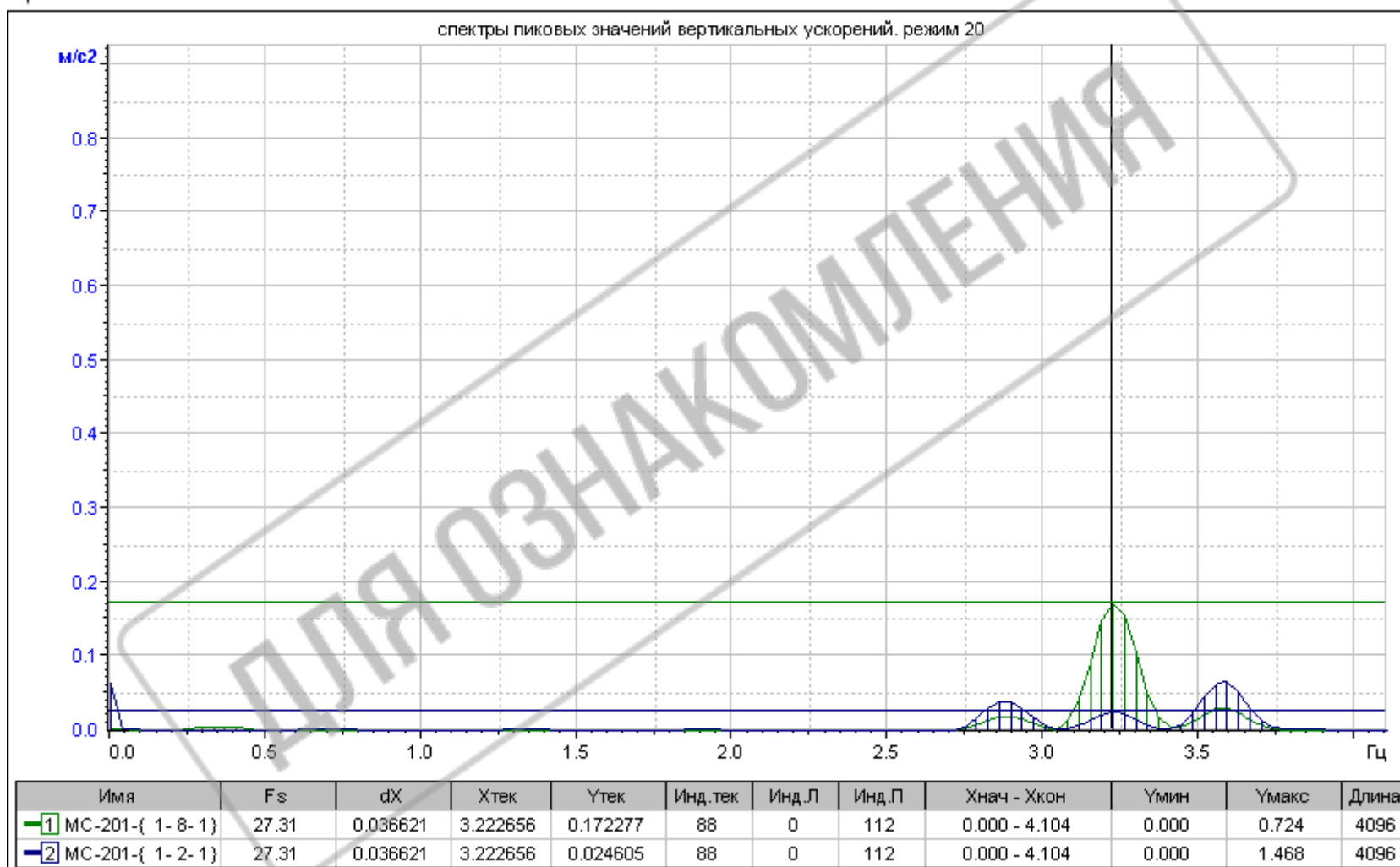


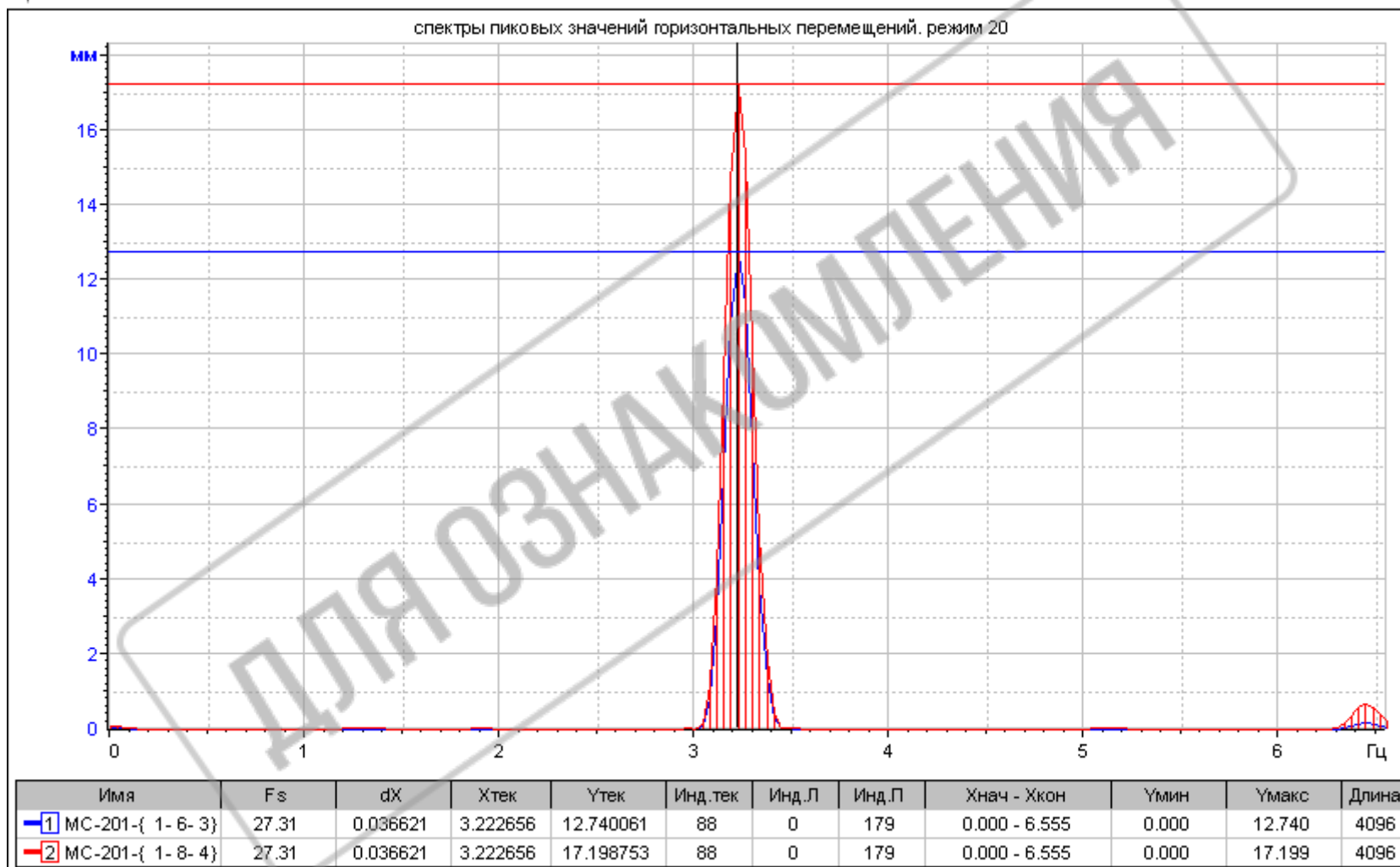


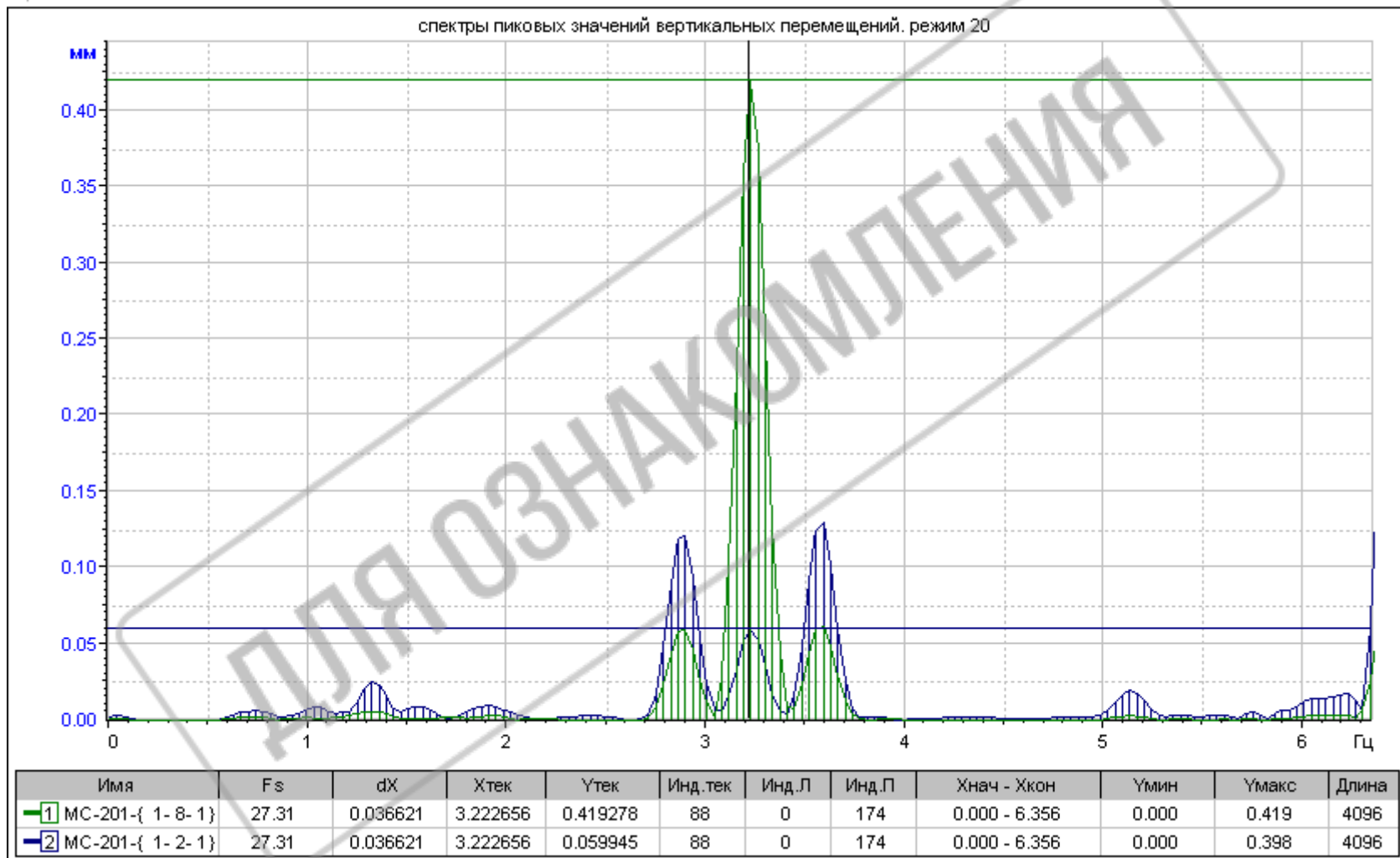


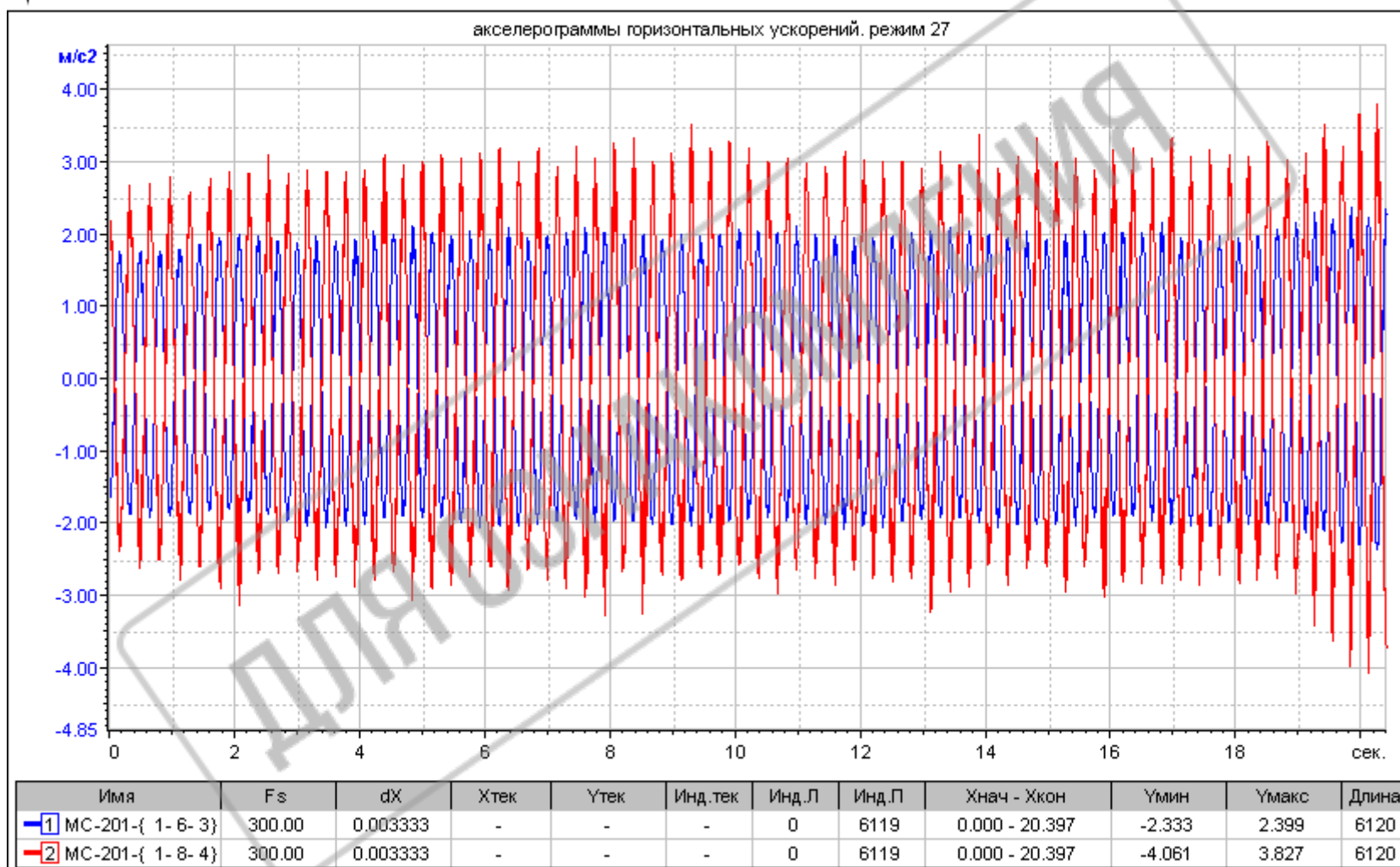


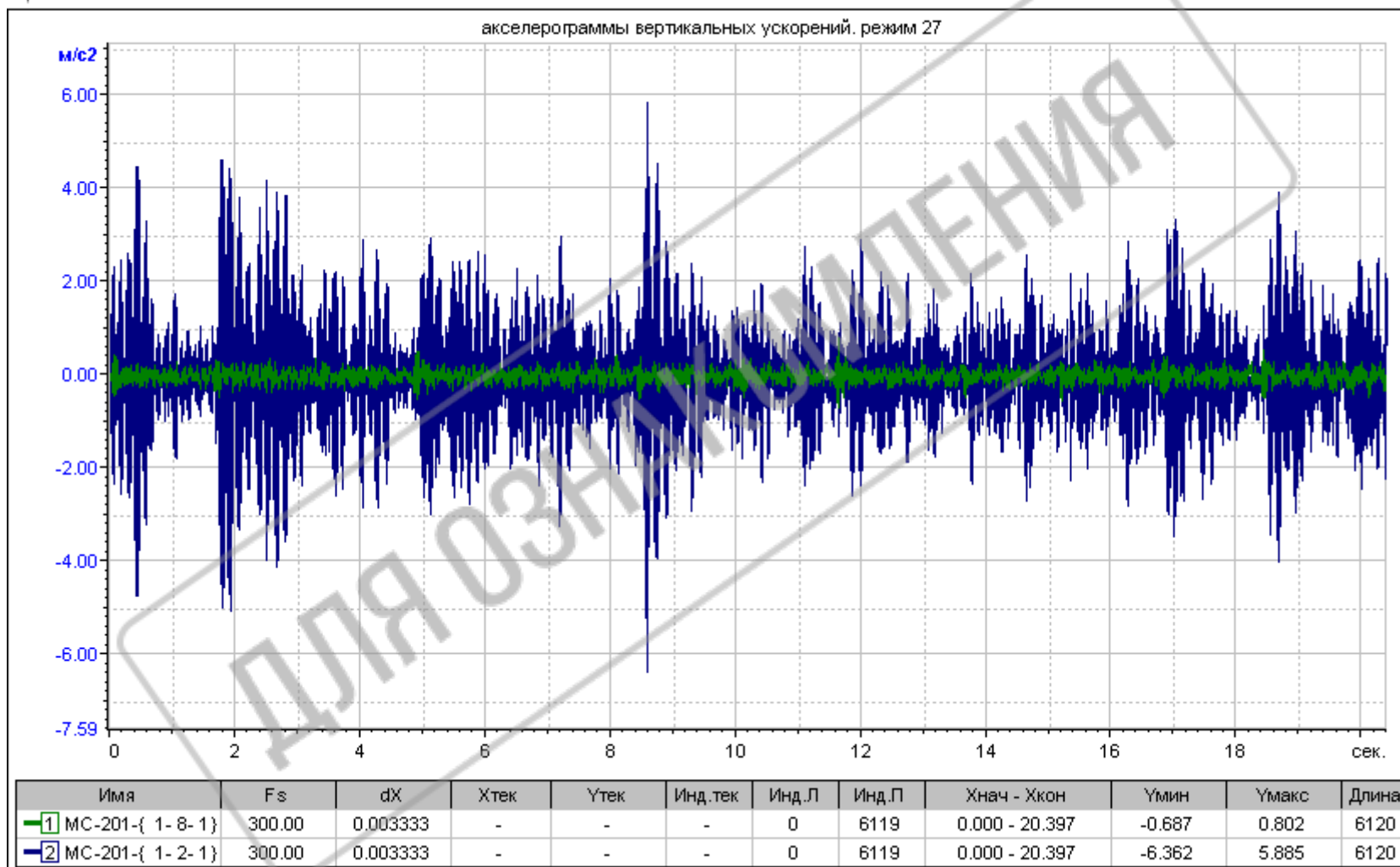


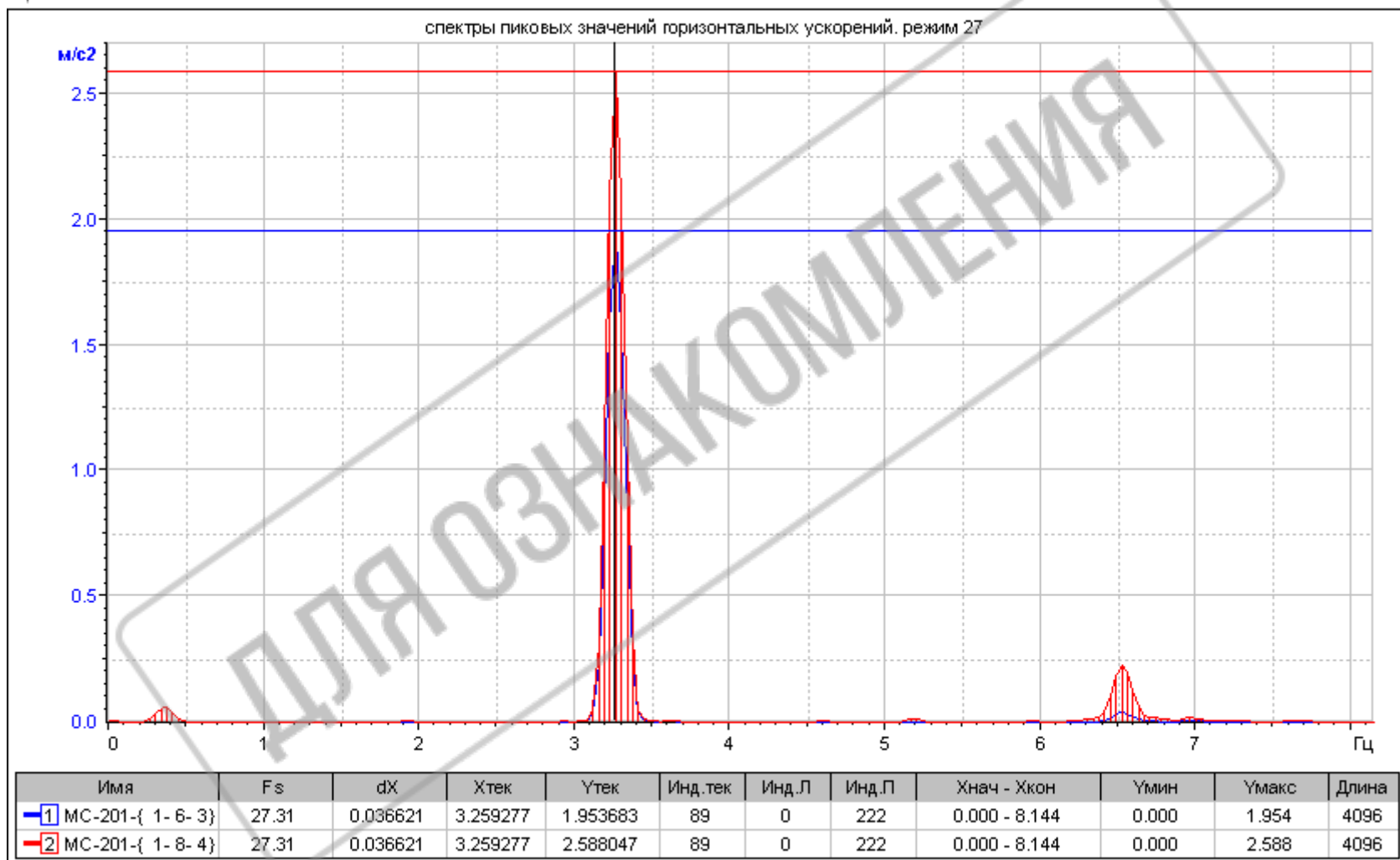


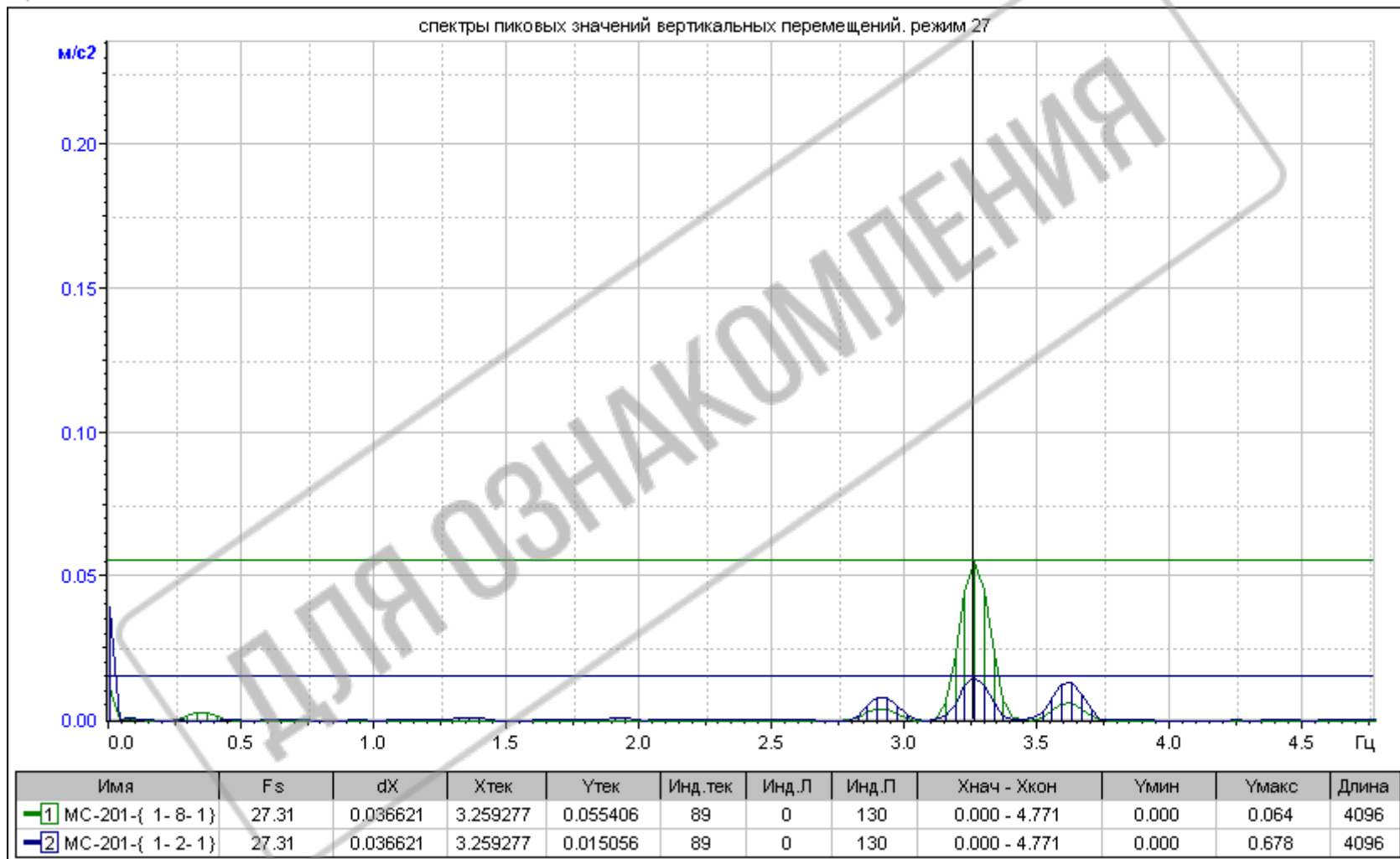


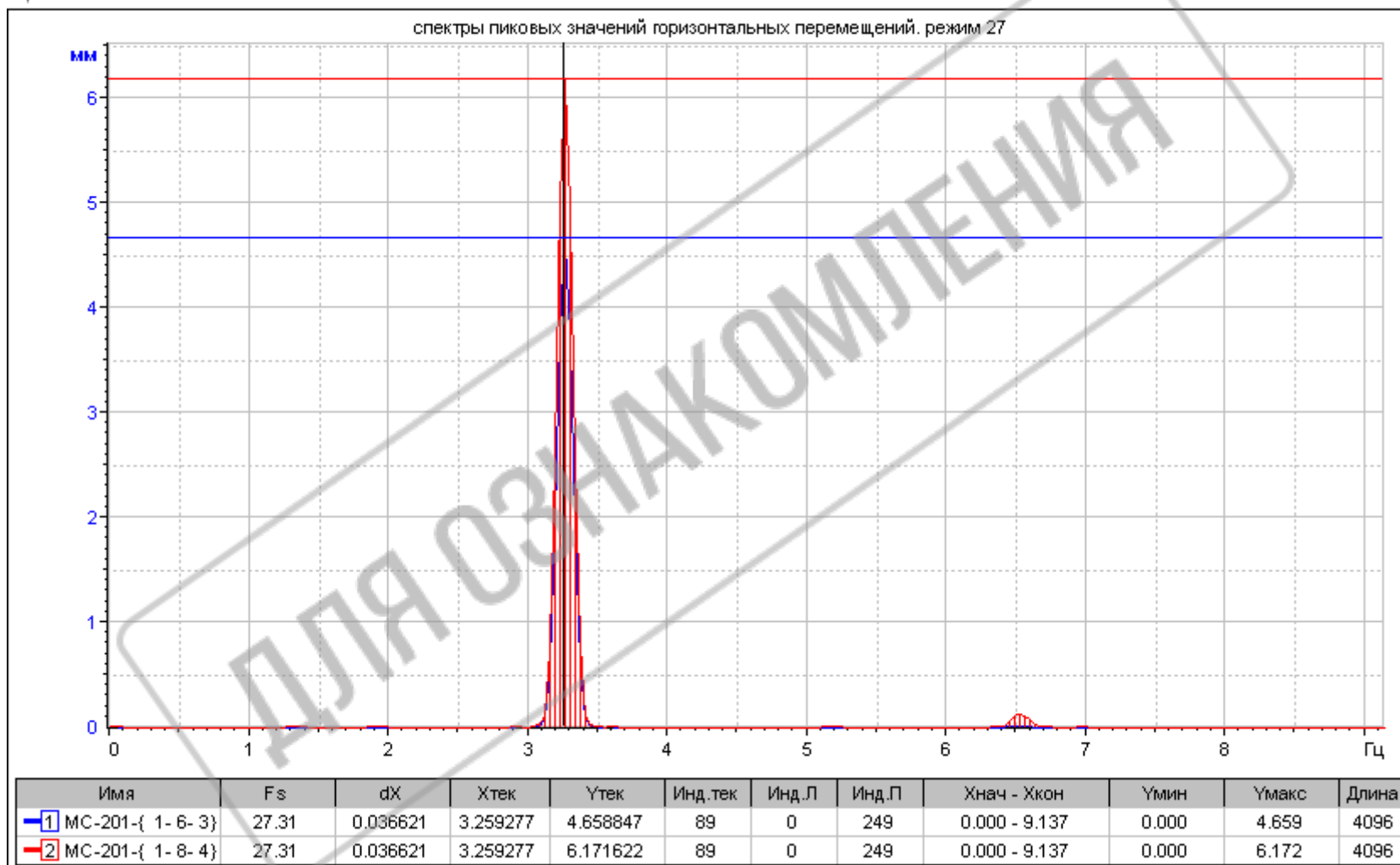


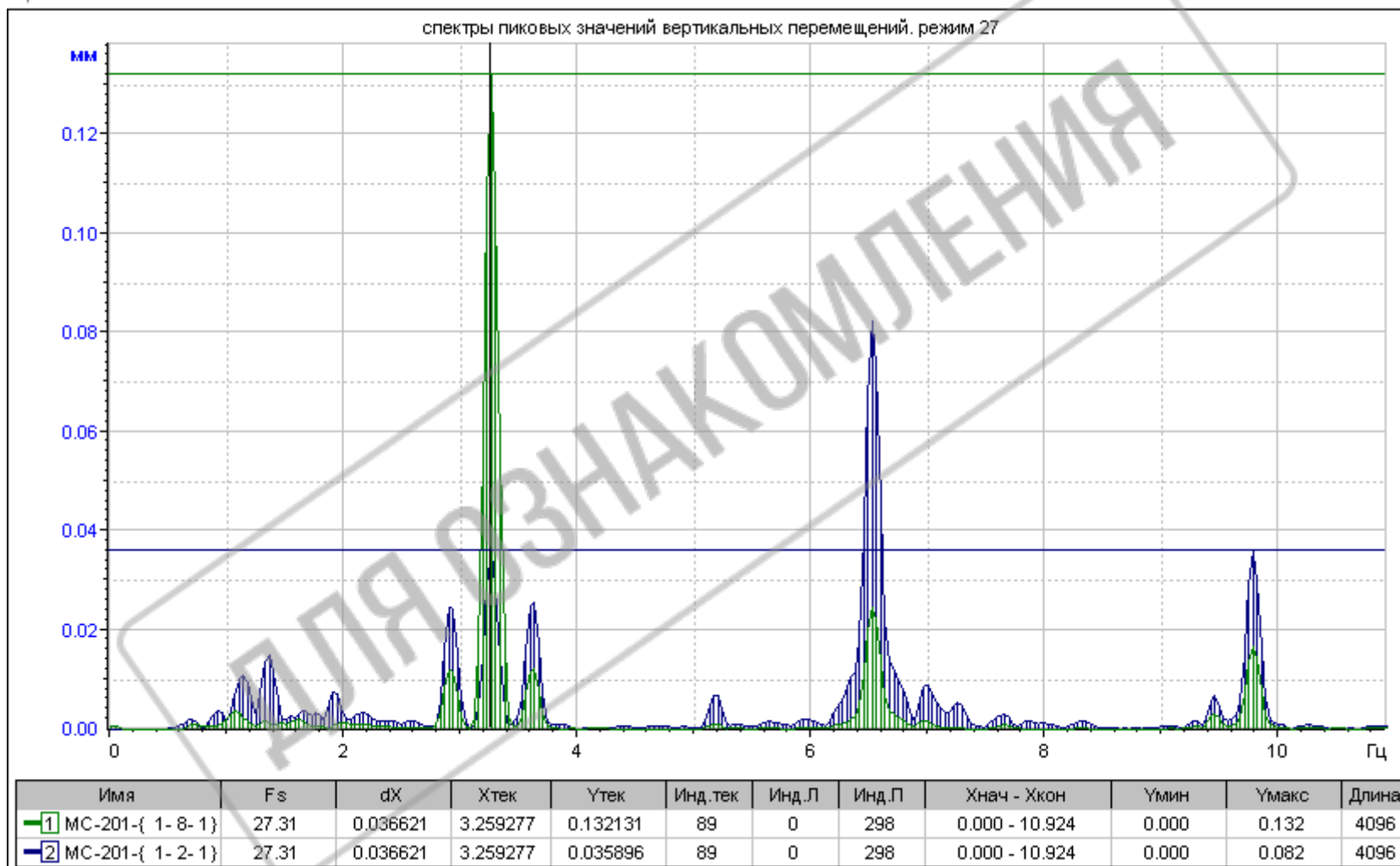


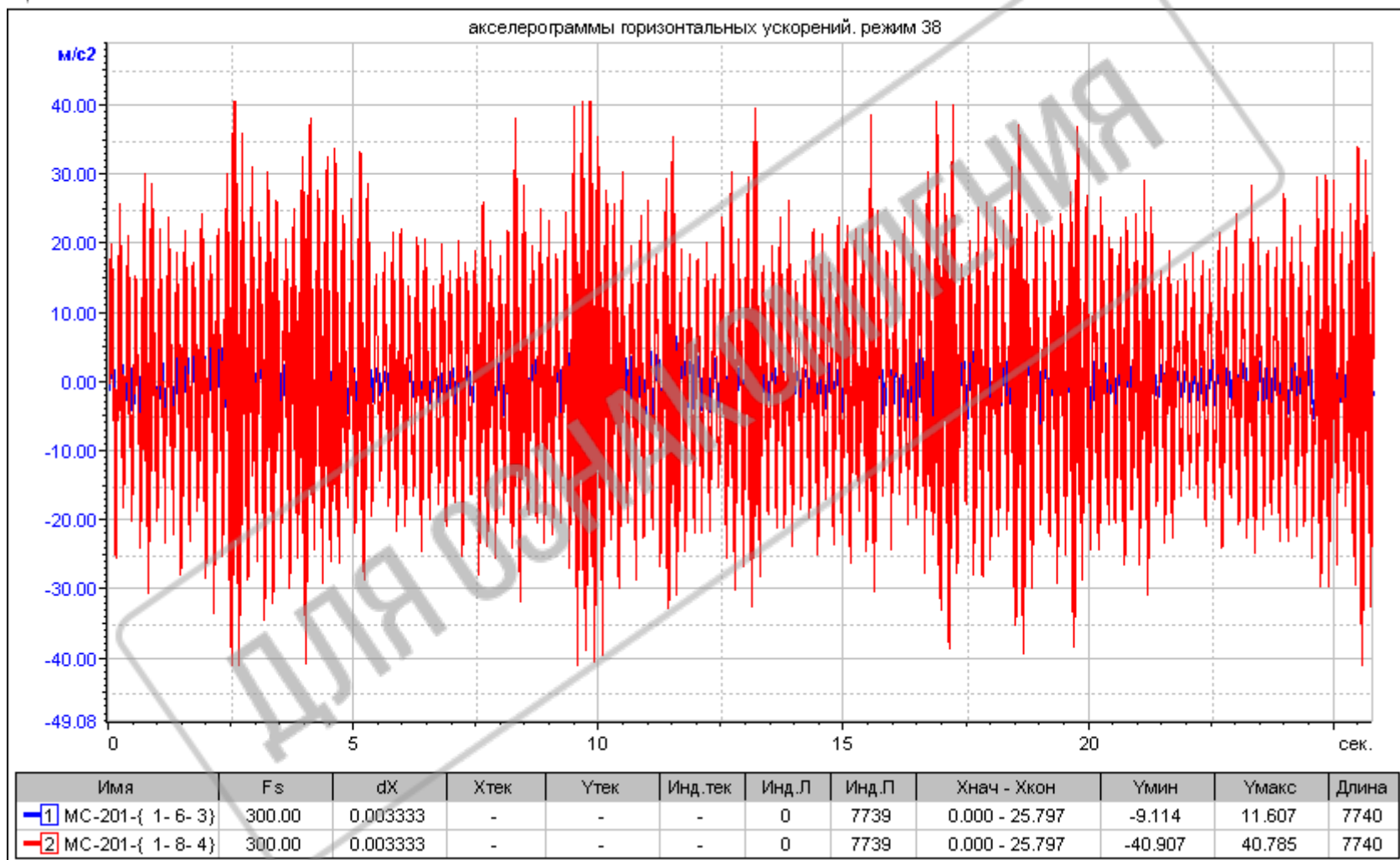


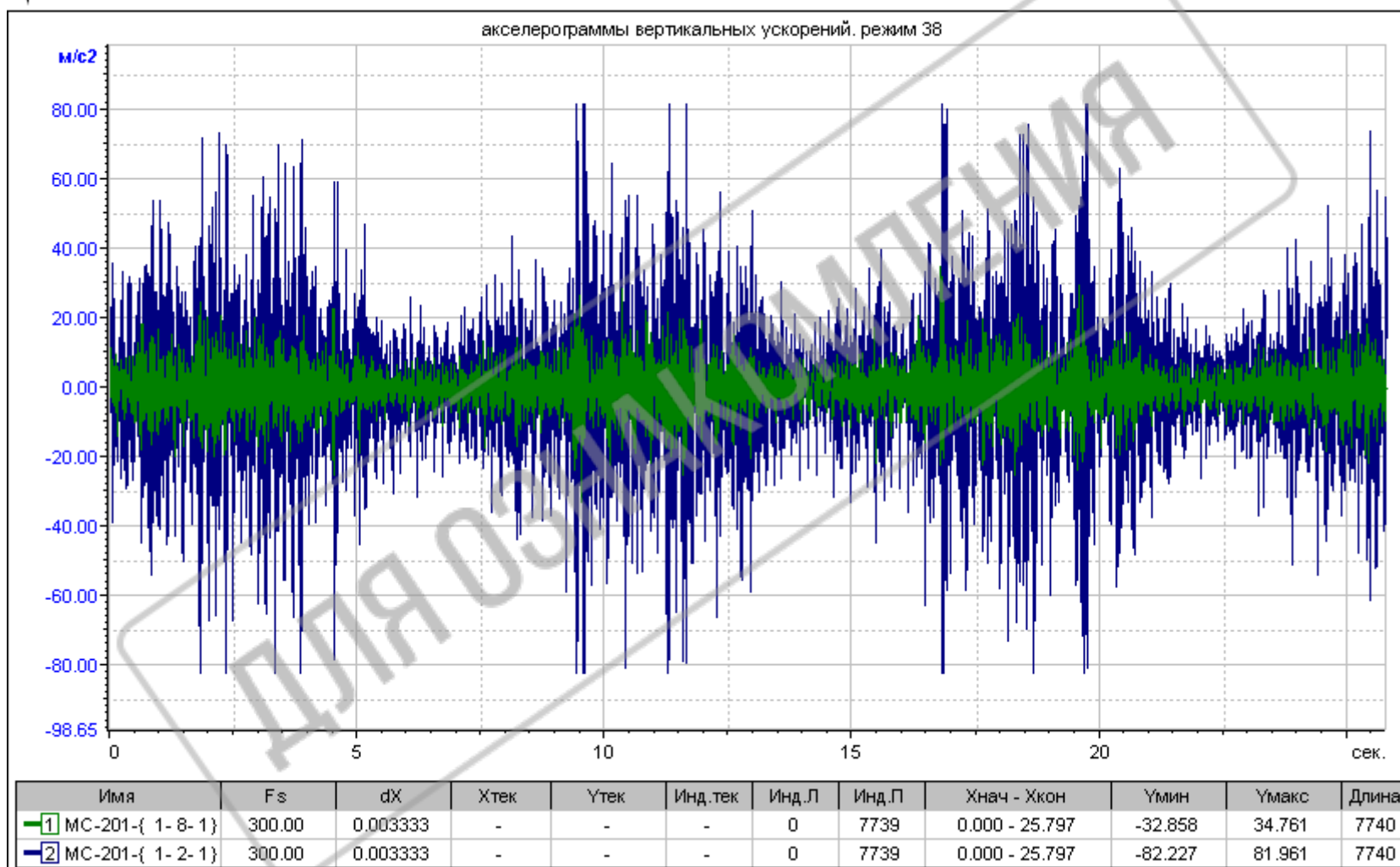


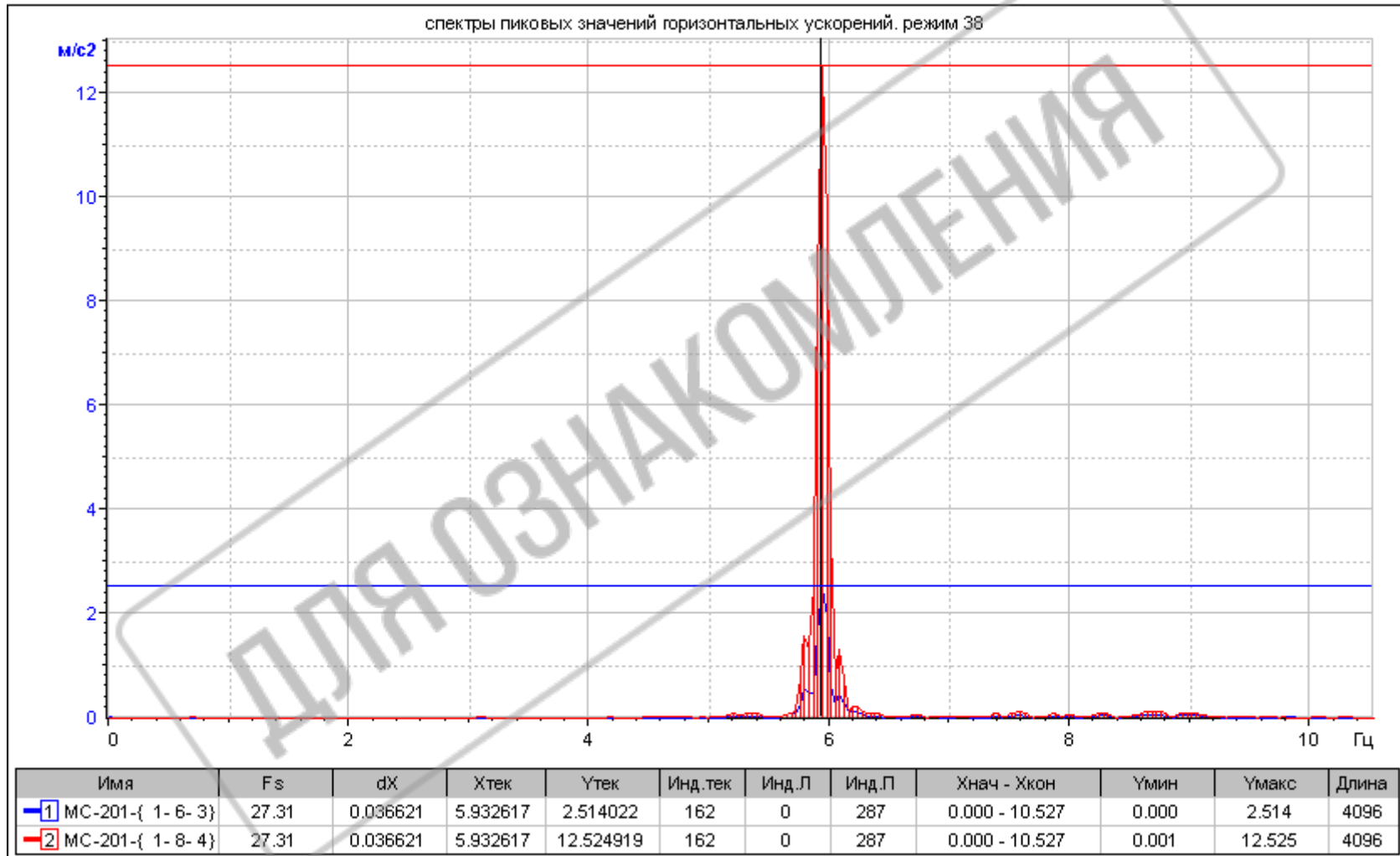


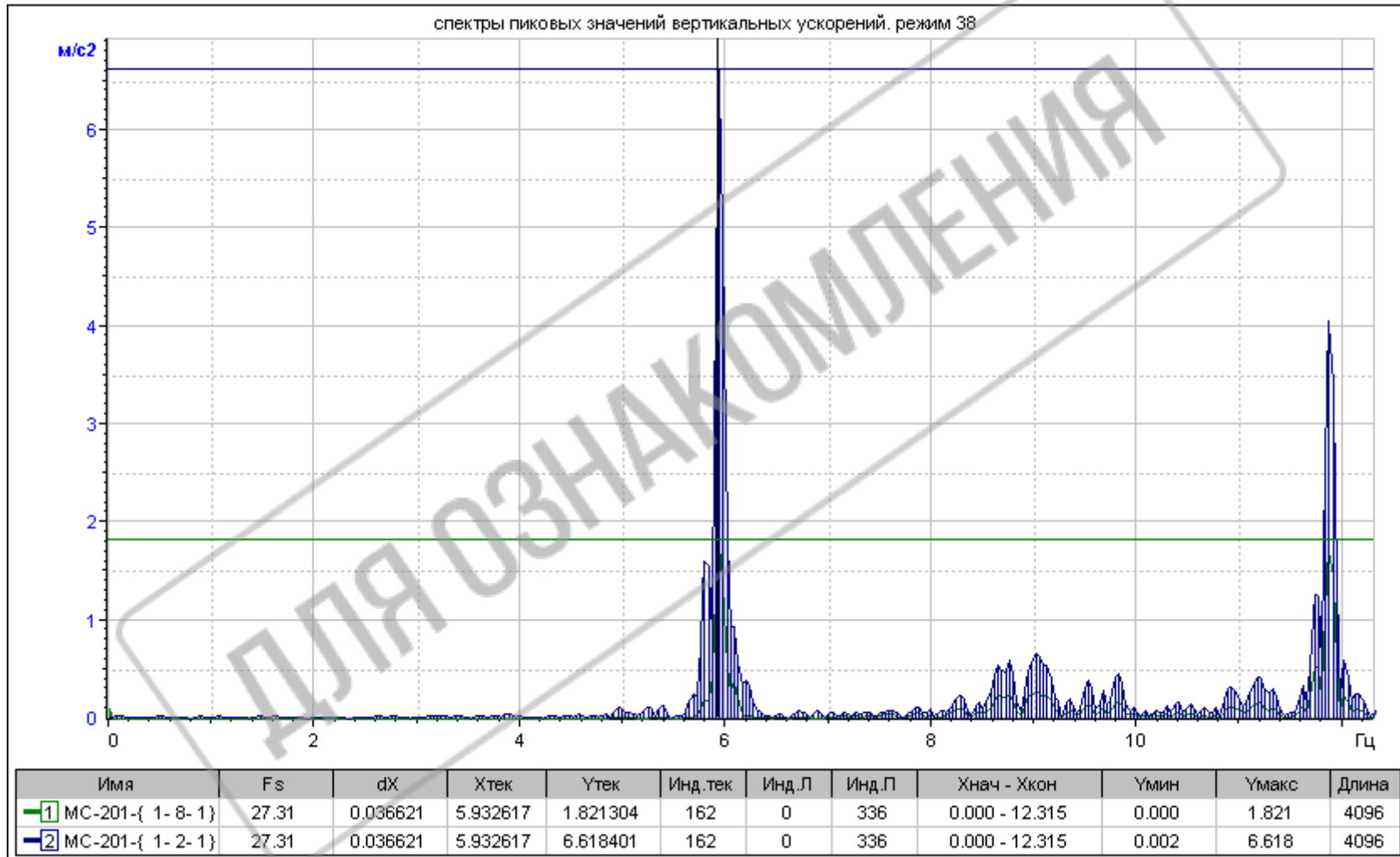


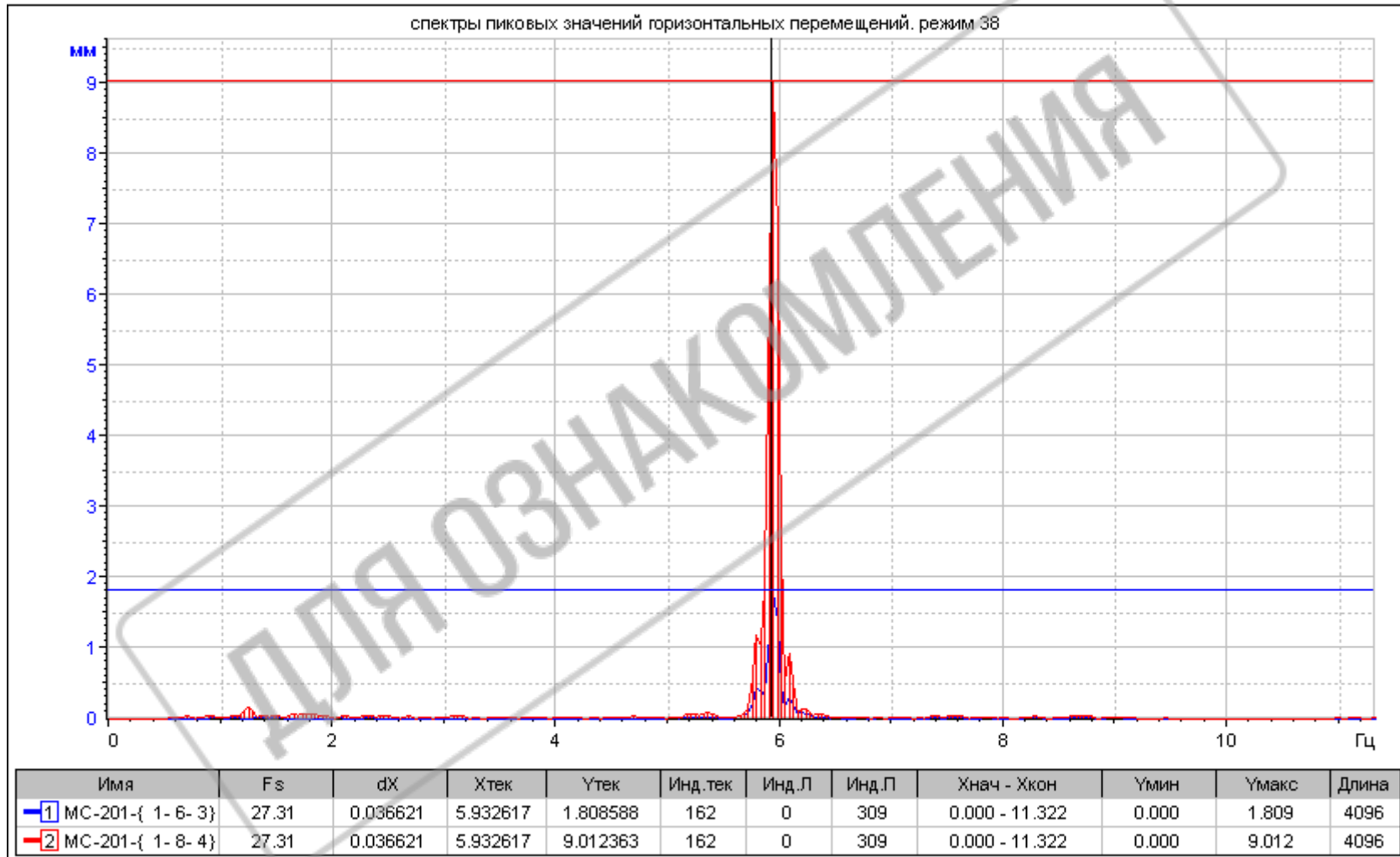


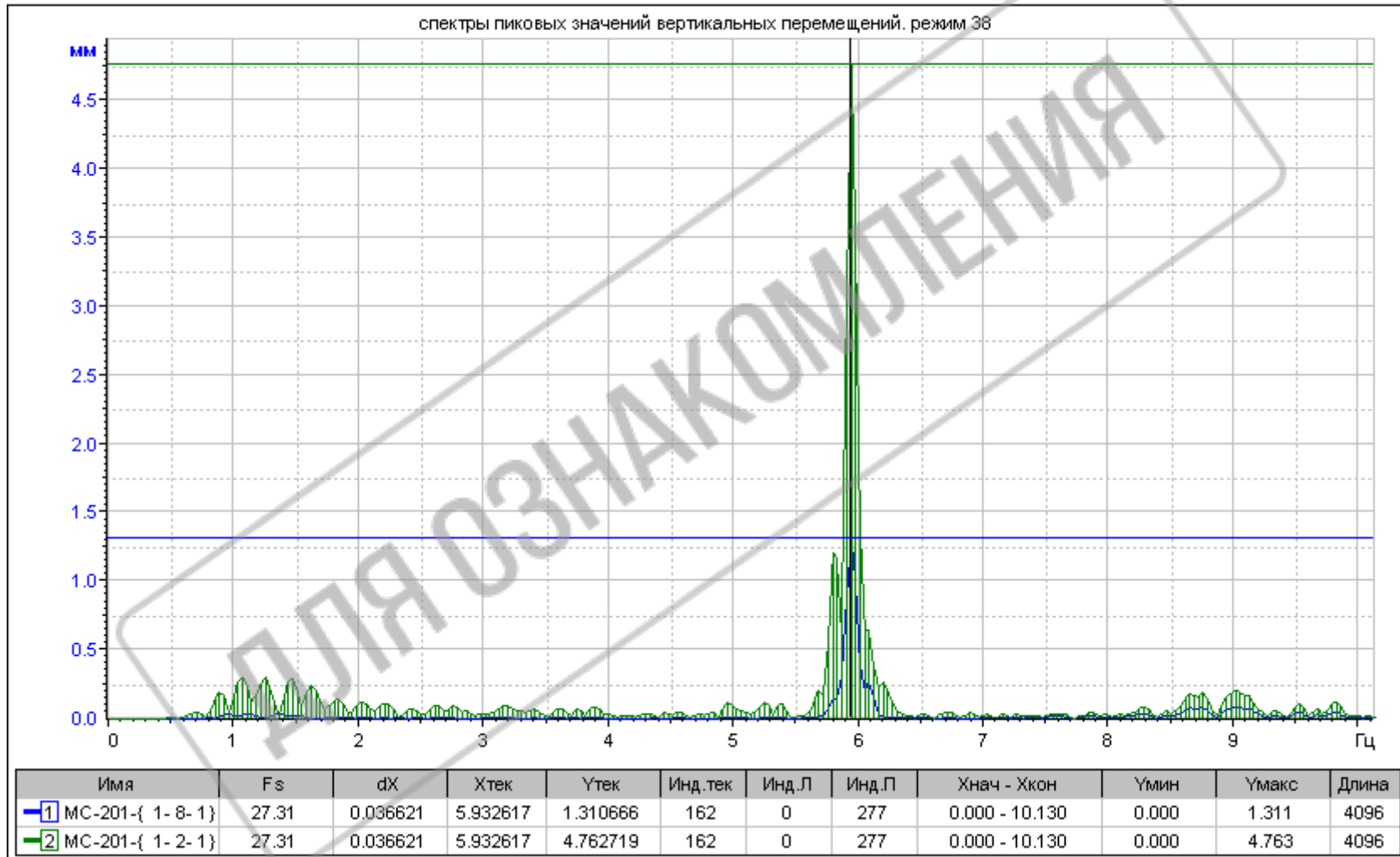












ПРОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ КОНСТРУКТИВНЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ НФС

ДЛЯ ОЗНАКОМЛЕНИЯ

1. Расчет конструктивных элементов навесной системы вентилируемого фасада МАС.

Расчет элементов конструкции необходимо проводить с учетом наиболее неблагоприятного сочетания нагрузок - собственного веса элементов каркаса и облицовки и ветровой нагрузки с учетом пульсационной составляющей.

1.1 Ветровая нагрузка.

Расчет ветровой нагрузки на несущие подконструкции НФС «МАС» выполняем в соответствии с требованиями СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия». Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* и рекомендациям ЦНИИСК им В.А. Кучеренко [1].

Нормативное значение ветровой нагрузки W определяем по формуле:

$$W = W_r + W_p,$$

где

$$W_r = W_0 \times K(Z_1) \times C,$$

где

$W_0=30 \text{ кгс/м}^2$ – нормативное давление ветра для II-го ветрового района, принимаемое на уровне 10м над поверхностью земли для местности типа «А».

$K(Z_1)=1,85$ – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления для высоты $Z_1=80\text{м}$, для местности типа «А» - открытые побережья морей, озер и водохранилищ (табл. 11.2 СП 20.13330.2011).

$C = 1$ - для боковых стен прямоугольных зданий на местности типа «А». (СП 20.13330.2011, Приложении Д 1.2)

Для угловых зон зданий аэродинамический коэффициент $C_x=2.1$. Пиковое значение отрицательного аэродинамического коэффициента C_p для угловых зон зданий согласно п. Д. 1.17 следует принимать $C_p = 2,2$.

С учетом значения коэффициента надежности по ветровой нагрузке $f=14$ расчетное значение ветровой нагрузки для угловой зоны здания на высоте 80,0м следует принимать равным:

$$W_r=30 \times 1,85 \times 2,2 \times 1,4=170,94 \text{ кгс/м}^2$$

Расчетное значение пульсационной составляющей ветровой нагрузки W_p определяем по формуле:

$$W_p = W_T \times \xi(Z_1) \times v \times f,$$

где

$$W_T = 170,94 \text{ кг/м}^2 \text{ - см. выше;}$$

$\xi = 0,56$ - коэффициент пульсаций давления ветра, принимаемое по табл. 11,4 СП 20.13330.2011 для местности типа «А» на высоте 80м;

Рассматриваются здания железобетонные, для которых логарифмический декремент колебаний $\delta = 0,3$, а предельное значение собственных колебаний для III ветрового района принимается равным $f_1 = 1,2$ Гц.

Рассматриваем случай (наиболее типичный), для которого 1-я собственная частота $f_1 > f_1$.

v - коэффициент пространственной корреляции пульсаций давления принимаем по табл. 11.6 СП 20.13330.2011 с учетом максимального значения высоты здания $H = 80$ м и минимального значения ширины здания **20: $v = 0,68$.**

$$W_p = 170,94 \times 0,56 \times 0,68 \times 1,4 = 91,1 \text{ кг/м}^2$$

Таким образом, максимальная ветровая нагрузка с учетом пульсационной составляющей для зданий высотой 80м в его угловой зоне составляет:

$$W = 170,94 + 91,1 = 262,04 \text{ кг/м}^2.$$

1.2. Общая конструктивная схема.

Общая схема конструкции навесного вентилируемого фасада «МАС» представлена на рисунках 1-5.

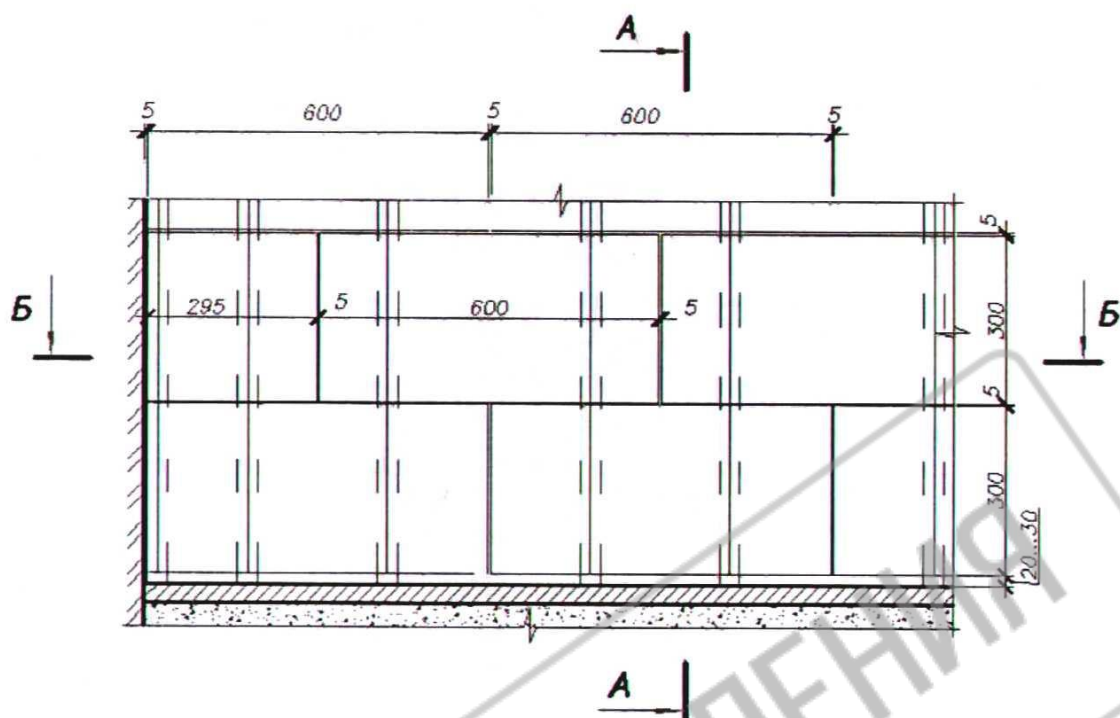


Рис. 1.1 Фрагмент облицовки стены

Б — Б

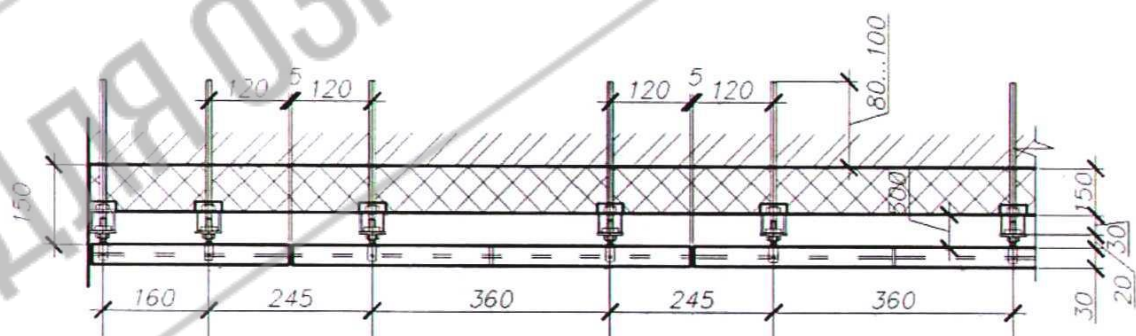


Рис. 1.2 Разрез фрагмента облицовки стены Б-Б

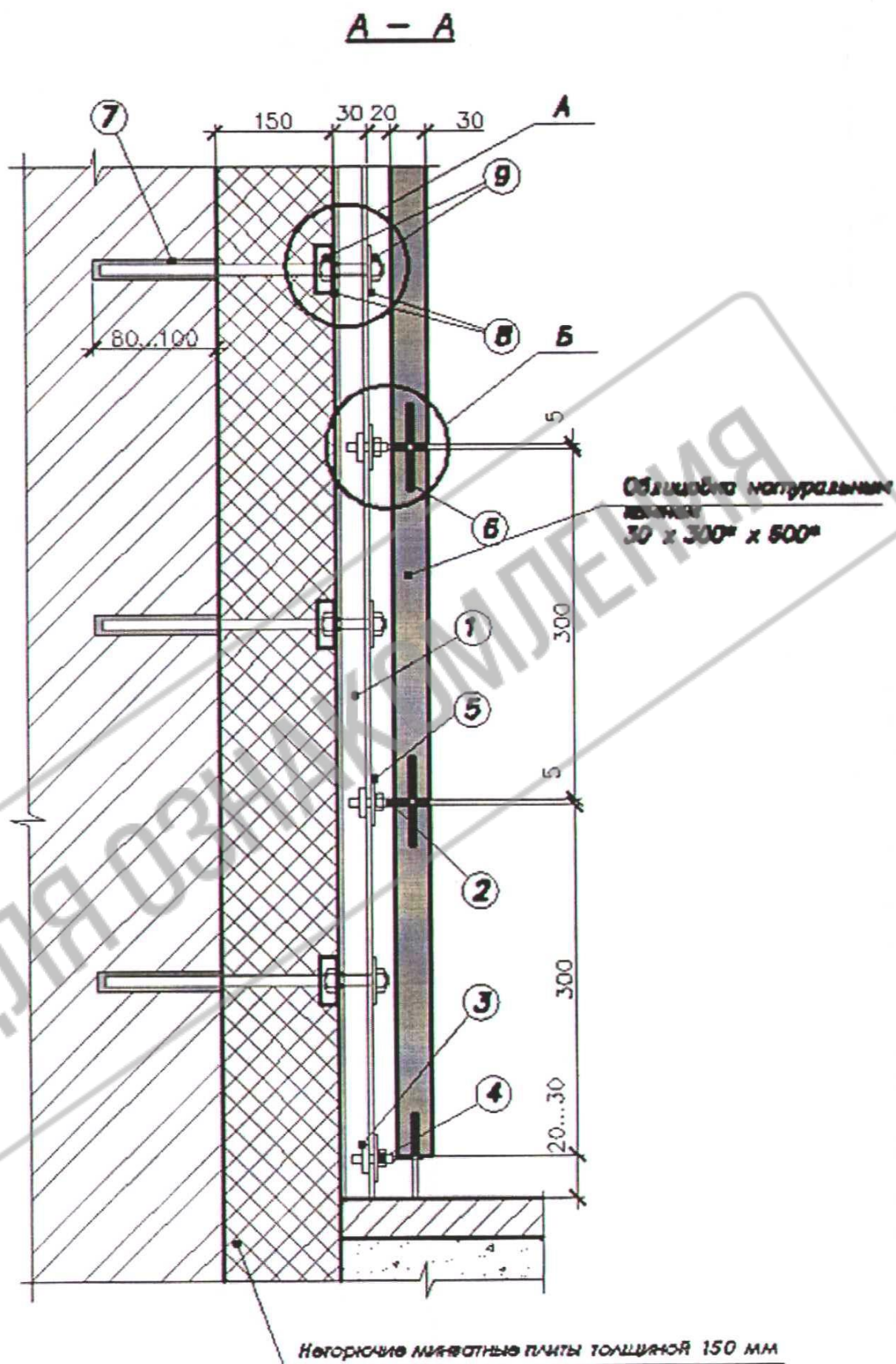


Рис. 1.3 Разрез фрагмента облицовки стены А-А

Условные обозначения

- ① Профиль PF 36x30x2
L= 2000....10000мм
- ② Болт М8х55 inox A2
- ③ Винтовая пластина VP 38 М8
- ④ Гайка М8
- ⑤ Шайба 8,5 x \varnothing 40
- ⑥ Стержень \varnothing 4 x 65
- ⑦ Химический анкер FIP C 700
HP и \varnothing 16x85 нейлон
- ⑧ Шайба 12,5 x \varnothing 40
- ⑨ Гайка М12
- ⑩ Пруток нарезной М12
- ⑪ Нейлоновая трубка

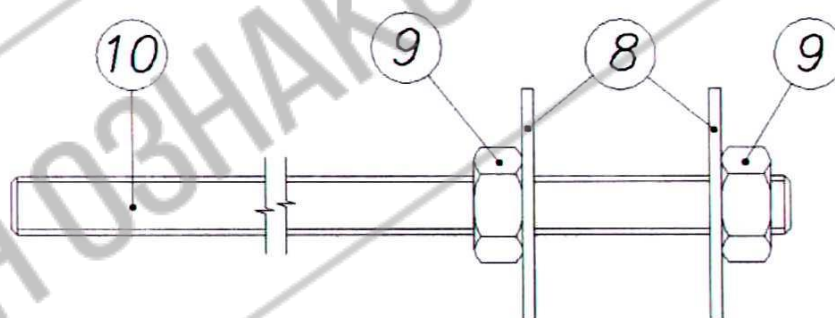


Рис. 1.4 Анкер А1

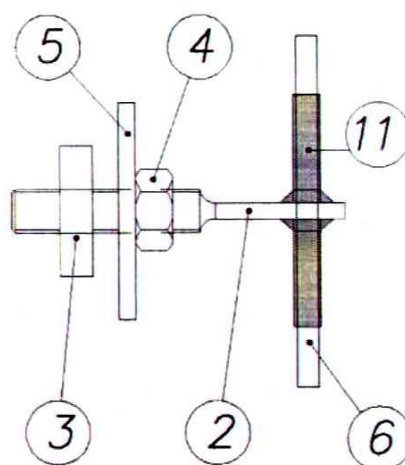


Рис. 1.5 Крепеж элемента

1.3 Расчет элементов подсистемы

В качестве подсистемы применяем изделия фирмы «МАС».
Направляющая PP 30x36x2, вес $G_{\text{напр}}$ - 1,63кг;

Мраморная плита толщиной 30мм с габаритными размерами 300x600мм,
вес $G_{\text{пл}}$ (1м^2)- 86кг.

Максимальный шаг установки нарезных прутков:

- по вертикали - 900мм,
- по горизонтали - 360 и 245мм.

Грузовая площадь на один нарезной пруток: $0,6 \times 0,3 = 0,18\text{м}^2$.

Расчетная нагрузка на 1м^2 от собственного веса плитки и направляющей:

$$N = (G_{\text{пл}} + G_{\text{напр}} \times 4) \times \gamma_f = (86 + 1,63 \times 4) \times 1,05 = 97,1 \text{ кг}$$

где

$\gamma_f = 1,05$ - коэффициент надежности по нагрузке (СП 20.13330.2011).

Так как на 1м^2 приходится 8 прутков, то нагрузка на один пруток определим по формуле:

$$N_1 = N/8 = 97,1/8 = 12,1\text{кг}.$$

На рисунке 1.6 показана схема расстановки нарезных прутков.

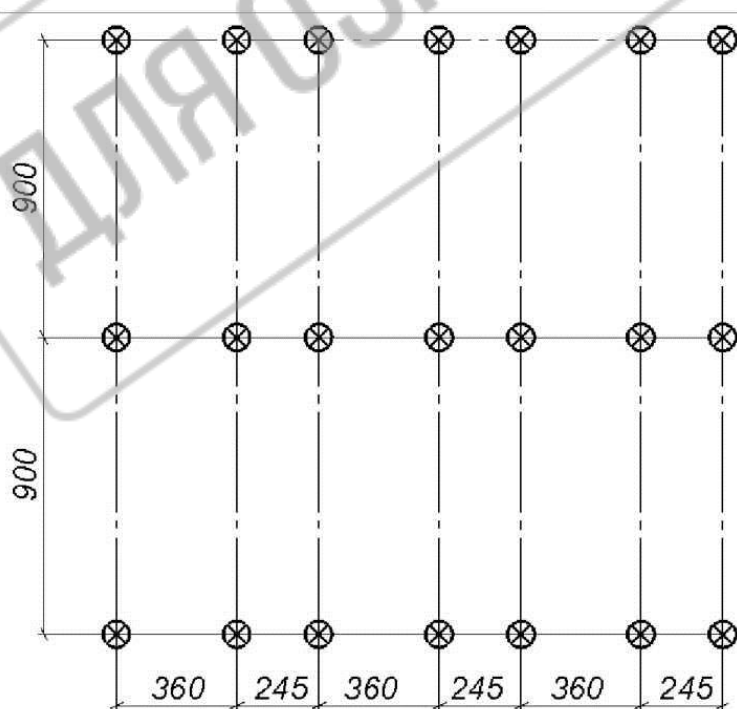


Рисунок 1. Шаг расстановки нарезных прутков

1.4 Проверка сечения вертикальной направляющей PF **30x36x2**

- вертикальные нагрузки от веса облицовочных плит, передающихся через крепежные элементы в виде сосредоточенных сил;
- горизонтальные нагрузки в виде распределенной нагрузки активного давления ветра по фасаду w_0 или противодавления на плиты облицовки со стороны воздушного зазора, передающиеся через крепежные элементы.

Таким образом, расчет прочности вертикальных направляющих проводится по формуле СП 16.13330.2011 для элементов, подвергаемых действию осевой силы с изгибом.

Рассчитаем сечение направляющей для самого неблагоприятного случая. Примем ветровую нагрузку для угловых участков равную 262,04 кгс/м² Ветровая нагрузка:

$$q = 262,04 \times 0,3 = 78,6 \text{ кгс/м.п.},$$

где

0,3 - шаг нарезного прутка по горизонтали.

Максимальный изгибающий момент:

$$M_{\max} = 0,125 \times q \times l^2 = 0,125 \times 78,6 \times 0,9^2 = 7,95 \text{ кгсм} = 795 \text{ кгсм}.$$

Характеристики направляющей PF 30x36x2:

- момент сопротивления – $W=1,62 \text{ см}^3$;
- площадь поперечного сечения - $F=2,1 \text{ см}^2$.

Напряжения в сжатоизогнутом вертикальном профиле (без учета устойчивости за малостью величин влияния) рассчитываем по формуле:

$$\sigma = M/W + N/F = 795/1,62 + 12,1/2,1 = 496,5 \text{ кгс/см}^2$$

Проверка прогиба сечения направляющей определяется по приведенным формулам интеграла Мора:

$$f = 0.058 \text{ см} < 60/300 = 0,2 \text{ см}$$

Вывод: сечение направляющей удовлетворяет требованиям СП.

1.5 Проверка сечения крепежного элемента (болт М8)

Геометрические характеристики крепежного элемента: $W=0,05 \text{ см}^3$;

$$F=0,37 \text{ см}^2; J = 0.02 \text{ см}^4 .$$

Напряжение рассчитываем по формуле:

$$\sigma = M/W + N/F = 42,35/0,05 + 79.6/0,37 = 1062 \text{ кгс/см}^2 \leq \sigma = 2050 \text{ кг/см}^2$$

(для стали AISI 304),

где

$$N=1,125 \times q \times l = 1,125 \times 78,6 \times 0,9 = 79.6 \text{ кгс}$$

$$M= P \times e = 12,1 \times 3,5 = 42,35 \text{ кгсм}$$

Проверка деформации сечения крепежного элемента:

$$f = \frac{0.044 \cdot q \cdot k \cdot l^4}{\gamma_f \cdot k_z \cdot E \cdot J} = \frac{0.044 \cdot 12.1 \cdot 0.65 \cdot 3,5^4}{1.4 \cdot 1.34 \cdot 2100000 \cdot 0.02} = 0,0007 \text{ см} \leq \frac{3,5}{75}$$

$$= 0.047 \text{ см}$$

Вывод: сечение крепежного элемента удовлетворяет СП

1.6. Проверка сечения нарезного прутка.

Геометрические характеристики нарезного прутка диаметром 12мм:

$$W=0,17 \text{ см}^3; F=0,77 \text{ см}^2; J = 0.102 \text{ см}^4$$

Напряжение рассчитываем по формуле:

$$\sigma = M/W + N/F = 260,2/0,17 + 79.6/0,77 = 1644.8 \text{ кгс/см}^2 \leq \sigma = 2050 \text{ кг/см}^2$$

(для стали AISI 304),

где

$$N=1,125 \times q \times l = 1,125 \times 78.6 \times 0,9 = 79.6 \text{ кгс}$$

$$M= P \times e = 12,1 \times 21,5 = 260,2 \text{ кгсм}$$

Проверка деформации сечения прутка:

$$f = \frac{0.044 \cdot q \cdot k \cdot l^4}{\gamma_f \cdot k_z \cdot E \cdot J} = \frac{0.044 \cdot 12.1 \cdot 0.65 \cdot 21.5^4}{1.4 \cdot 1.34 \cdot 2100000 \cdot 0.102} = 0.184 \text{ см} \leq \frac{21.5}{75}$$

$$= 0.287 \text{ см}$$

Вывод: сечение нарезного прутка удовлетворяет СП.

1.7 Проверка нарезного прутка М12 на вырыв.

$$R = N + M/b = 78.6 + 260,2/10 = 104.6 \text{ кгс}$$

где

$$N = 262.04 \times 0,3 = 78.6 \text{ кгс};$$

262.04 кгс/м² - ветровая нагрузка для угловых участков,

0,3м² - грузовая площадь на один кронштейн,

$$M = P \times e = 12,1 \times 21,5 = 260,2 \text{ кгсм};$$

e - расстояния от оси приложения ветровой силы N до дюбеля.

R = 104.6 кгс < 140кгс (расчетная нагрузка на вырыв из бетона для химических анкеров MAS300V, MAS300W),

Вывод: несущая способность на вырыв прутка из железобетонной стены достаточна для восприятия действующих нагрузок.

ДЛЯ ОЗНАКОМЛЕНИЯ

ВИДЕОСЪЕМКА ИСПЫТАНИЯ НФС НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ
ВОЗДЕЙСТВИЯ

ДЛЯ ОЗНАКОМЛЕНИЯ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

ДЛЯ ОЗНАКОМЛЕНИЯ