



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Национальный исследовательский Московский государственный строительный
университет»**

129337, Россия, Москва, Ярославское ш., д. 26, тел./факс (495) 781-80-07



УТВЕРЖДАЮ

Проректор НИУ МГСУ

М.Е. Лейбман

2017г.

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

по теме:

«Выполнение экспериментальных исследований по оценке сейсмостойкости перегородок из пазогребневых плит (ПГП) толщиной 80 и 100 мм с рекомендациями по применению в зданиях, возводимых в сейсмоопасных регионах с балльностью 7-9 баллов по шкале MSK-64»

Шифр № К.322-17 х/д
Арх. № 4224 /К.322-17

Заведующий НИЛ
«Обследование и реконструкция зданий
и сооружений», профессор, к.т.н.


Кунин Ю.С.

Руководитель работ по договору,
Старший научный сотрудник, к.т.н.


Грановский А.В.

Исполнитель,
Младший научный сотрудник


Доттуев А.И.

МОСКВА, 2017

Подготовка к заключению договоров на разработку проектной документации и
выполнение инженерных изысканий от имени НИУ МГСУ осуществляется только

Научно-техническим управлением

(СРО-П-010-00227-02112016, СРО-И-002-00110-02112016)

Тел. (495) 739-03-14, факс (499) 183-53-10, e-mail: ntuinfo@mgsu.ru

ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ КЛАДКИ ИЗ ГИПСОВЫХ ПАЗОГРЕБНЕВЫХ ПЛИТ НА КЛЕЕВОЙ РАСТВОРНОЙ СМЕСИ	7
1.1. Материалы, использованные для изготовления экспериментальных образцов. Действующие рекомендательные документы по применению «КНАУФ-гипсоплит» фирмы КНАУФ в строительстве	7
1.2. Методика возведения опытных образцов перегородок из «КНАУФ-гипсоплит» на клеевом растворе «КНАУФ-Фуген»	9
1.3. Прочностные характеристики элементов кладки из «КНАУФ- гипсоплит» производства КНАУФ	12
1.4. Прочность кладки при осевом растяжении (нормальное сцепление).	17
ГЛАВА 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ КЛАДКИ ПЕРЕГОРОДОК ИЗ ГИПСОВЫХ ПАЗОГРЕБНЕВЫХ ПЛИТ НА КЛЕЕВОМ РАСТВОРЕ НА РАЗЛИЧНЫЕ СТАТИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ.	25
2.1. Конструкции опытных образцов и методика испытаний	25
2.2. Результаты испытаний образцов на изгиб по неперевязанному сечению и их анализ.	31
2.3. Результаты испытаний образцов на изгиб по перевязанному сечению и их анализ	43
ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФРАГМЕНТОВ ПЕРЕГОРОДОК В НАТУРАЛЬНУЮ ВЕЛИЧИНУ ИЗ ГИПСОВЫХ ПАЗОГРЕБНЕВЫХ ПЛИТ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ.	54
3.1. Задачи проводимых экспериментальных исследований	54
3.2. Программа, методика и оборудование для испытаний фрагментов стен	54
3.3. Результаты экспериментальных исследований и их анализ.	70

ГЛАВА 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Выводы и рекомендации.	94
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.	99
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Результаты измерения динамических характеристик конструкций с использованием вычислительного комплекса МПС-036	100
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Видеосъемка испытаний на сейсмическое воздействие	124
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Свидетельство	126

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий технический отчет составлен в соответствии с Техническим заданием к договору с ООО «КНАУФ ГИПС» по результатам экспериментальных исследований по оценке сейсмостойкости перегородок из гипсовых пазогребневых плит (далее «КНАУФ-гипсоплит») толщиной 80мм и 100мм с размерами в плане 667x500(Н)мм, смонтированных на клеевой растворной смеси «КНАУФ-Фуген».

Цели экспериментальных исследований:

– определение расчетных характеристик кладки перегородок из «КНАУФ-гипсоплит» на клеевом растворе «КНАУФ-Фуген» производства фирмы КНАУФ при действии статических нагрузок, моделирующих сейсмические воздействия: изгиб по перевязанному и неперевязанному сечениям;

– оценка сейсмостойкости перегородок из «КНАУФ-гипсоплит» толщиной 80 и 100 мм, в том числе усиленных композитной сеткой фирмы ВЗТМ, при действии динамических нагрузок, моделирующих сейсмические воздействия интенсивностью 7-9 баллов по шкале MSK-64.

Для выполнения поставленных целей были проведены следующие испытания:

1. Определение прочности кладки фрагментов стен из «КНАУФ-гипсоплит» толщиной 100 мм при изгибе по перевязанному и неперевязанному сечениям.

2. Определение прочности кладки при осевом растяжении (нормальное сцепление) по неперевязанному сечению с целью оценки возможности применения кладки перегородок из «КНАУФ-гипсоплит» в сейсмических районах и определения ее категории с учетом требований СП 14.13330.2014 [1].

3. Проведение испытаний перегородок толщиной 100 мм на виброплатформе на динамические нагрузки, моделирующие сейсмические воздействия интенсивностью 7-9 баллов по шкале MSK-64:

– динамические испытания перегородок с размером 3.0×2.5 (Н) м. Крепление перегородок к основным конструкциям опытного стенда моделировалось с учетом требований СП 15.13330.2012 [2];

– динамические испытания перегородок с размером 3.0×2.5 (Н) м, усиленных композитным материалом – базальтовой сеткой фирмы ВЗТМ [3].

4. Разработка рекомендаций по применению перегородок из «КНАУФ-гипсоплит» в зданиях различной этажности, возводимых в сейсмоопасных регионах.

Опытные образцы фрагментов перегородок были изготовлены из гипсовых пазогребневых плит «КНАУФ-гипсоплита» на клеевой растворной смеси «КНАУФ-Фуген» производства КНАУФ, доставленных в ЦНИИСК.

Программа исследований включала в себя:

– испытания на сжатие кубов, выпиленных из гипсовых «КНАУФ-гипсоплит» в соответствии с требованиями ГОСТ 10180-2012 [4] с целью определения класса гипсобетона по прочности на сжатие;

– испытание на сжатие кубов $7,07 \times 7,07 \times 7,07$ см, изготовленных из клеевой растворной смеси «КНАУФ-Фуген», с целью определения марки растворной смеси;

– испытания на изгиб призм размером $10 \times 10 \times 500$ мм, выпиленных из «КНАУФ-гипсоплит», с целью определения значения прочности гипсобетона на растяжение при изгибе (R_{tb});

– испытания фрагментов кладки (образцов-двоек) на осевое растяжение по неперевязанному сечению с целью определения величины нормального сцепления (R_t);

– испытания фрагментов кладки перегородок из «КНАУФ-гипсоплит» на растяжение при изгибе по неперевязанному (R_{tb1}) и перевязанному (R_{tb2}) сечениям;

– экспериментальные исследования прочности и деформативности фрагментов перегородок, выполненных в натуральную величину, на действие динамической нагрузки, моделирующей сейсмические воздействия при землетрясениях интенсивностью 7-9 баллов по шкале MSK-64;

– экспериментальные исследования сейсмостойкости перегородок, усиленных композитными сетками из базальтового волокна производства фирмы «ВЗТМ», закрепленными в штукатурный слой толщиной 20-25мм.

Изготовление опытных образцов и их испытания проводились в лабораторном корпусе Центра исследований сейсмостойкости сооружений ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко с учетом требований действующих нормативных и рекомендательных документов [1÷8].

ГЛАВА 1. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ КЛАДКИ ИЗ ГИПСОВЫХ ПАЗОГРЕБНЕВЫХ ПЛИТ НА КЛЕЕВОЙ РАСТВОРНОЙ СМЕСИ

1.1. Материалы, использованные для изготовления экспериментальных образцов. Действующие рекомендательные документы по применению «КНАУФ-гипсоплит» фирмы КНАУФ в строительстве

В соответствии с программой работ Заказчиком были доставлены в Лабораторию №24 Центра исследований сейсмостойкости сооружений ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко следующие кладочные материалы для изготовления опытных образцов:

– плиты гипсовые пазогребневые «КНАУФ-гипсоплита» толщиной 100мм с размерами в плане 667x500(Н) мм (рис 1.1). Гипсовые пазогребневые плиты выполнены в форме прямоугольного параллелепипеда. Как видно из рисунка 1.1, стыковочные и опорные поверхности имеют на соответствующих сторонах плит паз или гребень. «КНАУФ-гипсоплиты» изготавливаются по литевой технологии из гипса марок Г-4 или Г-5;

– клеевая растворная смесь на основе гипсового вяжущего «КНАУФ-Фуген» производства фирмы КНАУФ (рис 1.2).

Согласно Рекомендациям, разработанным ОАО ЦНИИПРОМЗДАНИЙ [5], конструкции перегородок из «КНАУФ-гипсоплит» толщиной 80 и 100мм предназначены для помещений зданий с сухим, влажным и нормальным режимами эксплуатации. При этом в Альбоме со ссылкой на Рекомендации ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко [6] указано, что «материалы разработаны для применения на всей территории РФ для зданий до 5-и этажей с сейсмичностью 7...8 баллов». В то же время в СП 55-103-2004 [7] отмечено, что конструкции из «КНАУФ-гипсоплит» «могут применяться в зданиях различного назначения.... любой этажности....., включая сейсмические районы и районы с другими особыми условиями, при выполнении нормативных требований, предъявляемых к конструкциям».

Следует отметить, что указанные в [6] ограничения на область применения перегородок из пазогребневых плит носили чисто субъективный характер, поскольку экспериментальных исследований прочности и деформативности кладки стен из пазогребневых плит на основе гипсового вяжущего при действии нагрузок, моделирующих сейсмические воздействия при землетрясениях интенсивность 7-9 баллов по шкале MSK-64, не проводилось.

В связи с этим задача настоящих исследований состояла в экспериментальные проверки возможности применения конструкций из гипса в сейсмоопасных регионах РФ.

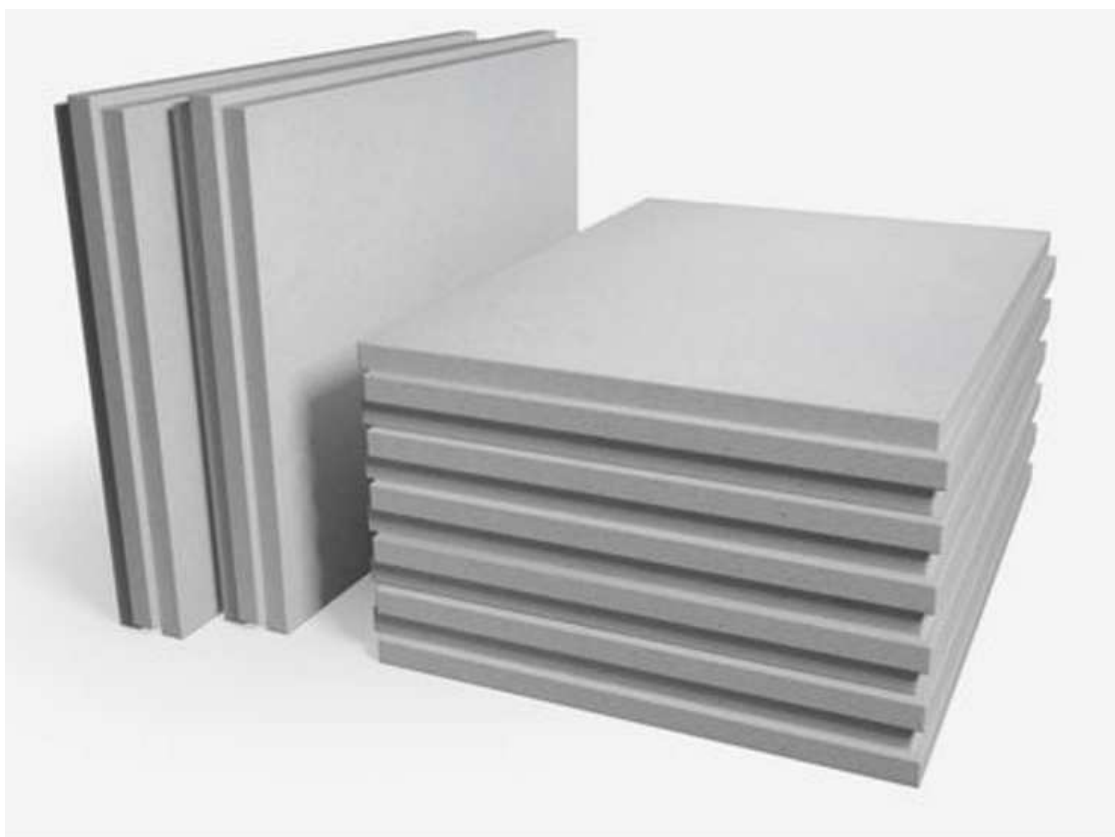


Рисунок 1.1. Общий вид пазогребневой плиты «КНАУФ-гипсоплита»



Рисунок 1.2. Общий вид клеящая растворная смесь на основе гипсового вяжущего «КНАУФ-Фуген»

1.2. Методика возведения опытных образцов перегородок из «КНАУФ-гипсоплит» на клеевом растворе «КНАУФ-Фуген»

Процесс изготовления опытных образцов фрагментов перегородок и непосредственно самих перегородок соответствовал технологии, описанной в технической документации фирмы «КНАУФ», и включал в себя следующие этапы.

1. На металлическую балку, установленную по уровню на бетонное основание, укладывалась полиэтиленовая пленка, на которую в свою очередь наносился тонкий (5-10мм) слой клеевого раствора.
2. На клеевой раствор устанавливался первый ряд плит с удаленным гребнем в уровне нижней опорной поверхности плит. При этом в стыкуемых «КНАУФ-гипсоплит» на

вертикальный торец наносился клеевой раствор и плиты каждого ряда стыковались между собой.

3. Клеевая растворная смесь в соответствии с указаниями на упаковочном мешке после добавления воды перемешивалась с помощью специального электрического миксера.
4. Далее на 1-ряд кладки опытного образца в паз смонтированного ряда плит укладывались на клеевой раствор гребнем вниз плиты 2-го ряда и т.д.

По описанной технологии были изготовлены все экспериментальные образцы фрагментов кладки и перегородок в натуральную величину, включая образцы-двойки для испытаний на нормальное сцепление.

На фото рис.1.3 показаны общий вид экспериментального образца фрагмента перегородки, предназначенного для испытаний на изгиб по перевязанному сечению, и перегородки из «КНАУФ-гипсоплит» в натуральную величину, изготовленной для испытаний на динамическую нагрузку на виброплатформе.

а)



б)



Рисунок 1.3. Общий вид опытных образцов

1.3. Прочностные характеристики элементов кладки из «КНАУФ-гипсоплит» производства КНАУФ

1.3.1. Прочность при сжатии гипсобетона пазогребневых плит и клеевой растворной смеси «КНАУФ-Фуген»

Предел прочности на сжатие образцов кубов, выпиленных из гипсовых «КНАУФ-гипсоплит», определялся в соответствии с указаниями действующего ГОСТ 10180-2012 [4].

Величина предела прочности при сжатии одного образца определялась по формуле:

$$R_{сж} = N / S$$

где N - разрушающая нагрузка, Н;

S - площадь рабочей поверхности пластинки.

За результат испытания было принято среднееарифметическое значение результатов испытания шести образцов, вычисленное с точностью $\pm 0,1$ МПа.

Согласно информационному каталогу марка гипсобетона «КНАУФ-гипсоплит» составляет М35 для стандартных плит и М50 - для влагостойких. Приведенное в табл. 1.1 значение среднего предела прочности при сжатии гипсобетона «КНАУФ-гипсоплит» равное 4,7 МПа получено после 10-дневной выдержки плит в лабораторных условиях при нормальном температурно-влажностном режиме помещений. Испытания кубов из гипсобетона, выпиленных из «КНАУФ-гипсоплит», до его просушки в естественных условиях (температура – 15°C, W = 60-65%) сразу после доставки их с завода показали, что средняя прочность на сжатие гипсобетона пазогребневых плит составила 2,0 МПа.

Таким образом, при проведении дальнейших испытаний марка гипсобетона пазогребневых плит производства КНАУФ была принята равной М50.

Таблица 1.1.

Результаты испытаний кубов из гипсобетона на сжатие

№ п.п.	Размер образца b×d (см)	N _{разр.} (Н)	Прочность на сжатие, (МПа)		Коэф. перехода	Класс гипсобетона
			R _i	R _{ср}		
1	2	3	4	5	6	7
1	9,8×9,9	46000	4.74	4.7	0,95	B3.5
2	9,7×9,9	47800	4.98			
3	9,8×9,8	42700	4.45			
4	9,6×9,9	43800	4.61			
5	9,8×9,9	47200	4.86			

Предел прочности на сжатие клеевой растворной смеси «КНАУФ-Фуген» на основе гипсового вяжущего определялся в соответствии с требованиями действующего ГОСТ 5802-86 [8] на образцах-кубах размерами 70,7×70,7×70,7мм.

В таблице 1.2. приведены результаты испытаний образцов-кубов на сжатие, изготовленных из растворной смеси «КНАУФ-Фуген». Согласно паспортным данным марочная прочность на сжатие кубов из клеевой растворной смеси должна быть не менее 2 МПа. По результатам испытаний средняя прочность клеевой растворной смеси составила 1,6 МПа.

Таблица 1.2.

Результаты испытаний образцов-кубов на сжатие

№ п.п.	Размер образца b×d×h (см)	N _{разр.} (Н)	Прочность на сжатие, R _i (МПа)	Средняя прочность, (МПа)
1	2	3	4	5
1	7.07×7.07×7.07	7400	1.48	1.6
2		7450	1.49	
3		8250	1.65	
4		7800	1.56	
5		7950	1.59	
6		8100	1.62	

а)



б)



Рисунок 1.4. Испытания кубов из гипсобетона на сжатие

1.3.2. Прочность пазогребневых плит на растяжение при изгибе

Определение предела прочности гипсобетона пазогребневых плит на растяжение при изгибе осуществлялось на образцах размером 10×10×50см, выпиленных непосредственно из пазогребневой плиты. На рис.1.5. показан общий вид опытного образца призмы до и после испытания на изгиб.

Для определения предела прочности на растяжение при изгибе образец устанавливался на опоры стенда для испытания на изгиб так, чтобы его грани, горизонтальные при изготовлении, находились в вертикальном положении. Расстояние между опорами составляло ≈ 400 мм. Скорость нарастания нагрузки - (50 ± 10) Н/с. Нагрузка подавалась равномерно до момента разрушения образца. За результат испытания было принято среднеарифметическое значение результатов испытания трех образцов, вычисленное с точностью $\pm 0,05$ МПа.

В табл. 1.3. приведены результаты испытаний призм на изгиб.

Результаты испытаний призм на растяжение при изгибе

Табл.1.3

№ п.п.	Размеры призм $b \times d \times h$ (см)	$N_{\text{разр}}$ (Н)	Прочность на изгиб, R (МПа)	Средняя прочность, (МПа)
1	2	3	4	5
1	9,8×10,0×50,0	2200	1,35	1,27
2	9,9×10,0×50,0	2000	1,21	
3	9,9×10,0×50,0	2050	1,24	

a)



б)



Рисунок 1.5. Испытания призм из гипсобетона на растяжение при изгибе

1.4. Прочность кладки при осевом растяжении (нормальное сцепление)

Монолитность кладки является одним из основных показателей, определяющих сейсмостойкость зданий. Параметром, определяющим монолитность кладки, является величина нормального сцепления клеевой смеси с гипсовой пазогребневой плитой при осевом растяжении кладки.

Для оценки прочности нормального сцепления при осевом растяжении было изготовлено 3 образца-двойки из двух кубов с размерами сторон 100x150x100(Н) мм, выпиленных из пазогребневой плиты и склеенных между собой с помощью клеевой растворной смеси. Толщина клеевого шва в экспериментальных образцах кладки перегородок по рекомендации завода-изготовителя принималась 2-4мм.

При подготовке образцов к испытаниям на осевое растяжение в ребрах кубов по их опорным торцам были сделаны пазы высотой 15 мм и глубиной ≈ 20 мм для заведения в них плечиков захватов (см. рис.1.6, 1.7).

В таблице 1.4 приведены результаты испытаний опытных образцов-двоек на осевое растяжение. На рис. 1.8 показан общий вид образцов до начала испытаний, на рис.1.9, 1.10 показан характер разрушения образцов-двоек при осевом растяжении.

Анализ результатов экспериментальных исследований прочности при осевом растяжении по неперевязанному шву кладки из пазогребневых гипсовых плит, выполненных на клеевом составе, позволяет отметить следующее.

1. Величина временного сопротивления осевому растяжению по неперевязанному шву (нормальное сцепление) кладки опытных образцов из гипсовых пазогребневых плит, смонтированных на клеевом растворе, изменялась в интервале от 0.12 до 0.17 МПа (в среднем 0.146 МПа). Согласно п.п.6.14.4, 6.14.5 [1] для кладки II-ой категории стен зданий,

возводимых в сейсмоопасных районах РФ, временное сопротивление осевому растяжению должно быть не менее $R_t^u \geq 0.12$ МПа. Полученные из эксперимента значения нормального сцепления кладки перегородок на клеевом растворе «КНАУФ-Фуген» на 22% выше значения нормативного временного сопротивления осевому растяжению по неперевязанному шву для кладки стен II-й категории. **Указанный расчетный параметр кладки оказывает существенное влияние на ее прочность при действии нагрузок, вызывающих изгиб перегородок из их плоскости.**

2. Как видно из фото на рис.1.6–1.8 разрушение большинства образцов-двоек при осевом растяжении происходило по клеевому растворному шву кладки.

3. В соответствии с указаниями СП [1] величина расчетного сопротивления кладки при осевом растяжении по неперевязанному шву определяется по формуле $R_t = 0.45 \times R_t^u$. В нашем случае $R_t = 0.45 \times 0.146 = 0.07$ МПа. Указанное значение R_t следует принимать при проектировании гипсовых перегородок из пазогребневых плит производства фирмы КНАУФ на клеевой растворной смеси «КНАУФ-Фуген», возводимых в сейсмоопасных регионах РФ.

Как видно из табл.1.5 при нормированном СП 14.13330.2014 для кладки II –й категории значении временного сопротивления при осевом растяжении по неперевязанному сечению $R_t^u = 0,12$ МПа в случае использования для перегородок из «КНАУФ-гипсоплит» клеевой растворной смеси «КНАУФ-Фуген» указанное значение R_t^u следует принимать 0,146 МПа

**Результаты испытаний опытных образцов на осевое
растяжение (нормальное сцепление)**

Таблица 1.5

№ п.п.	Тип клея в шве	Возраст образца, (дн.)	Размеры шва b×d, (см)	N _{разр} , (Н)	R ^u _t , (МПа)	R ^u _{t(ср.)} (МПа)
1	КНАУФ Фуген	7	9,8x10,0	1650	0,17	0.146
2			11,0x10,0	1350	0,12	
3			10,0x10,0	140	0,14	
4			9,9x10,1	1550	0,16	
5			10,3x10,1	1450	0,14	

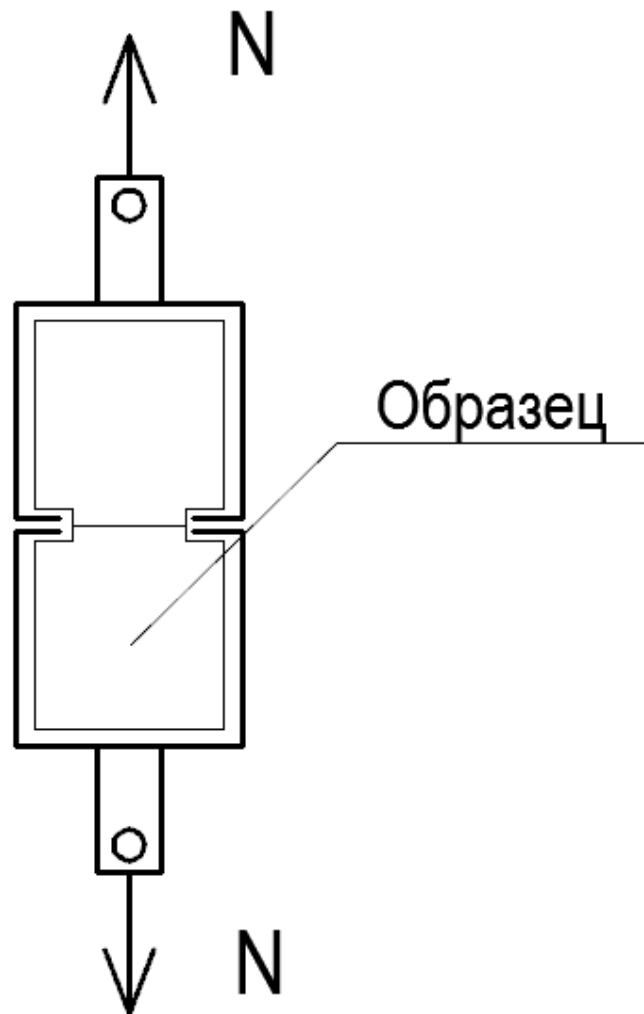


Рисунок 1.6. Схема испытания опытного образца на осевое растяжение (нормальное сцепление)



Рисунок 1.7. Общий вид образцов для испытания на осевое растяжение (нормальное сцепление)

а)



б)



Рисунок 1.8. Общий вид опытных образцов-двоек в испытательной установке

а)



б)



Рисунок 1.9. Характер разрушения образцов-двоек при осевом растяжении

а)



б)



Рисунок 1.10. Характер разрушения образцов-двоек при осевом растяжении

ГЛАВА 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ КЛАДКИ ПЕРЕГОРОДОК ИЗ ГИПСОВЫХ ПАЗОГРЕБНЕВЫХ ПЛИТ НА КЛЕЕВОМ РАСТВОРЕ НА РАЗЛИЧНЫЕ СТАТИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

2.1. Конструкции опытных образцов и методика испытаний

Для оценки прочности кладки перегородок из гипсовых пазогребневых плит на клеевом растворе при изгибе была изготовлена специальная силовая рама (см. рис. 2.1). Схемы нагружения опытных образцов при испытаниях по перевязанному и неперевязанному сечениям показаны на рис. 2.2, 2.3.

Следует обратить внимание на то, что в настоящее время гостированная методика испытаний кладки на растяжение при изгибе по перевязанному и неперевязанному сечениям отсутствует. В связи с этим испытания опытных образцов на изгиб проводились по СТБ EN 1052-2-2009 (EN 1052-2:1999) [9] – рис.2.2. В соответствии с этой схемой опытный образец устанавливался вертикально в силовую раму и нагрузка от горизонтально расположенного домкрата передавалась на распределительные горизонтальные опорные балки.

Для испытаний на изгиб по неперевязанному сечению (серия «П») было изготовлено 3 образца размером 1500(Н)×900×100 мм (рис.2.4). Для испытаний на изгиб по перевязанному сечению (серия «СП») было изготовлено 3 образца размером 1334×900×100 мм (рис.2.5).

В качестве связующего в кладке всех образцов использовалась клеевая растворная смесь на основе гипсового вяжущего «КНАУФ-Фуген».

С помощью специального домкрата (рис. 2.6) нагрузка подавалась на распределительную раму. Величины усилий на каждом этапе нагружения фиксировались с помощью специального электронного датчика усилий

DACELL TX 25 (рис. 2.6). Измерение прогибов стенки из её плоскости осуществлялось с помощью индикаторов часового типа с ценой деления 0,01 мм (рис.2.7). По ширине образца в средней его части с каждого его края устанавливалось по одному индикатору.

Нагрузка на опытные образцы подавалась ступенями, составляющими приблизительно 10% от предполагаемой величины разрушающей нагрузки. Интервал между ступенями нагружения составлял 5-7 мин. В начале и в конце каждой ступени нагружения производились замеры перемещений образца.



Рисунок 2.1. Общий вид силовой рамы для испытаний на изгиб опытных фрагментов перегородок из «КНАУФ-гипсоплит»

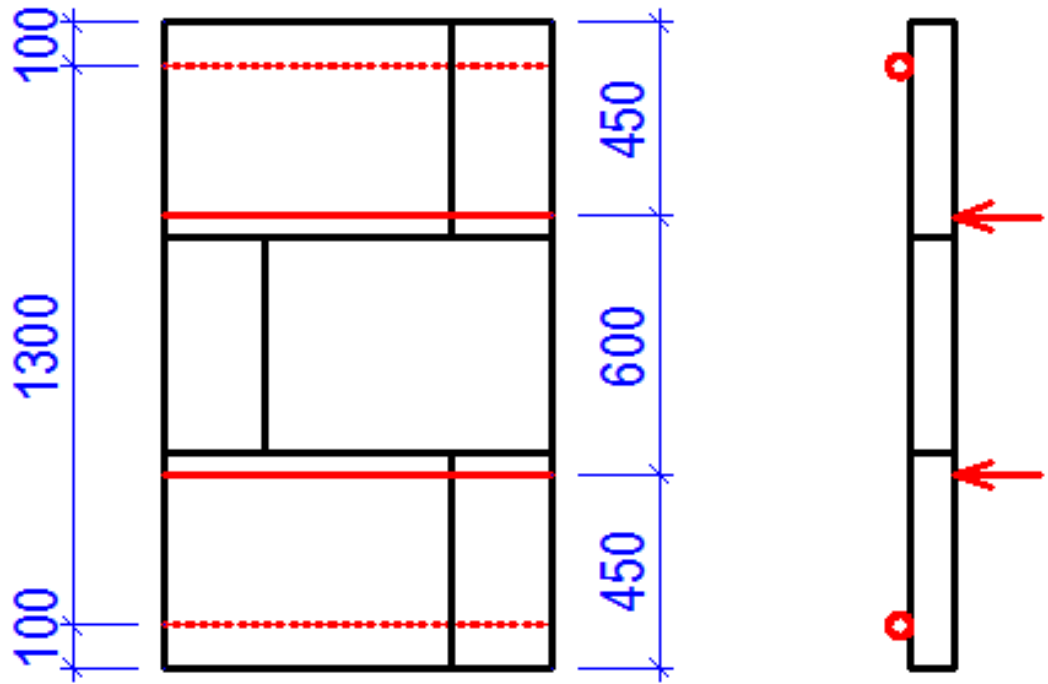


Рисунок 2.2. Схема испытания опытных образцов на изгиб по неперевязанному сечению

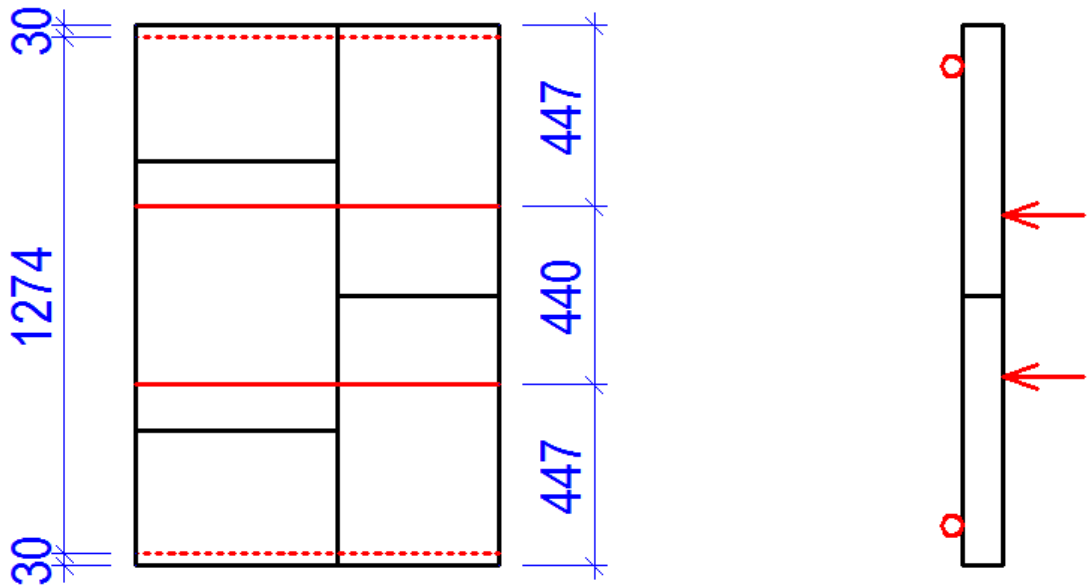


Рисунок 2.3. Схема испытания опытных образцов на изгиб по перевязанному сечению

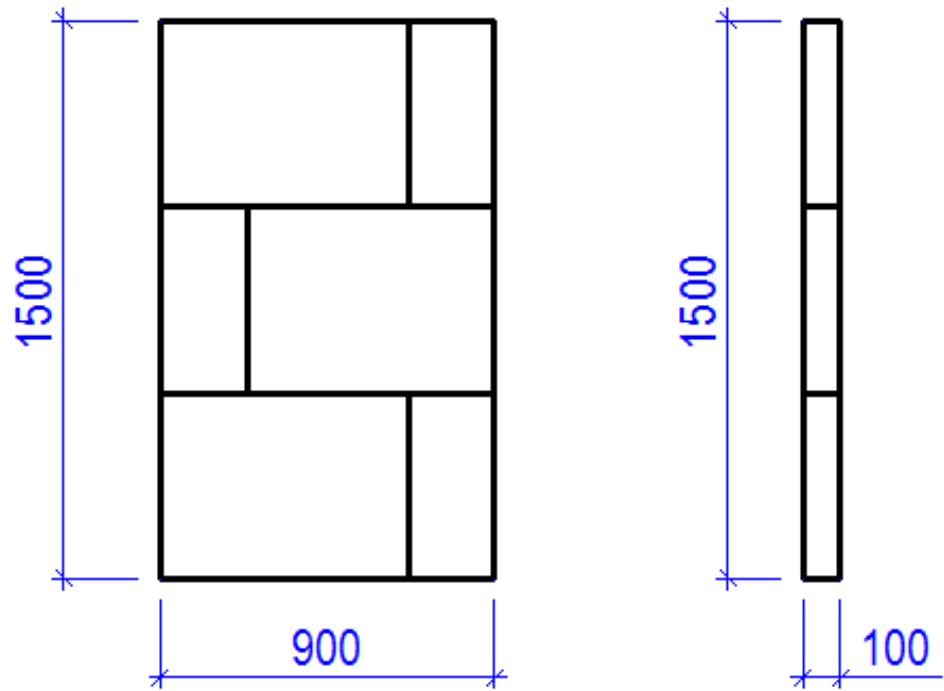


Рисунок 2.4. Геометрические размеры образцов на изгиб по неперевязанному сечению

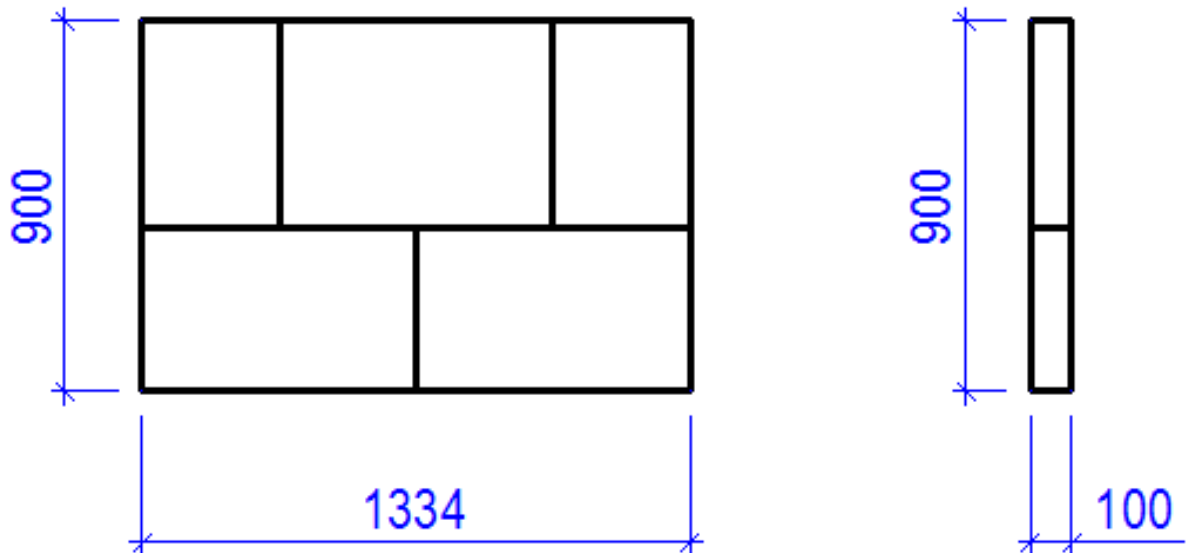


Рисунок 2.5. Геометрические размеры образцов на изгиб по перевязанному сечению

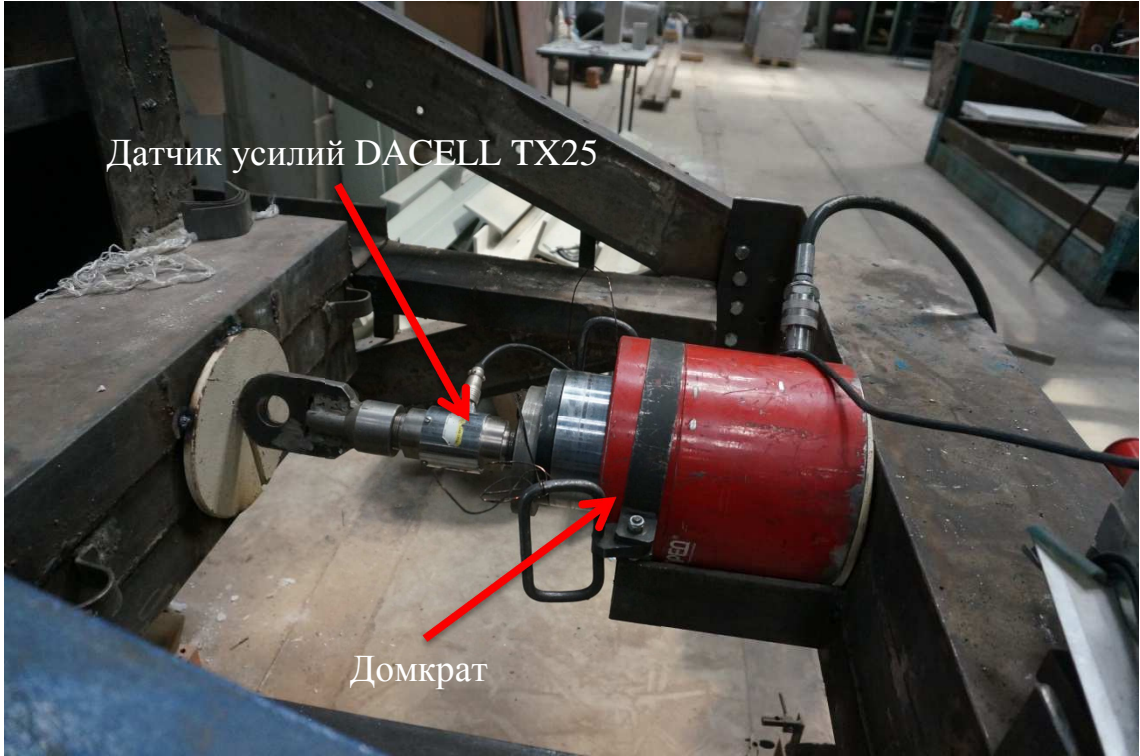


Рисунок 2.6. Силовая установка стенда для испытаний опытных образцов на изгиб



Рисунок 2.7. Индикатор для измерения перемещения плит при изгибе

2.2. Результаты испытаний образцов на изгиб по неперевязанному сечению и их анализ

Анализ результатов лабораторных испытаний опытных образцов кладки на растяжение при изгибе по неперевязанному сечению позволяет отметить следующее.

1. На рис. 2.9 приведен общий вид опытных образцов кладки перегородок из «КНАУФ-гипсоплит» на клеевом растворе «КНАУФ-Фуген» до испытаний на изгиб по неперевязанному сечению. На рис.2.10 показан стенд с установленным в него образцом для испытаний на изгиб. На рис.2.11 – 2.13 показан характер разрушения опытных образцов после испытаний.

2. По характеру разрушения можно констатировать, что прочность сцепления клеевой растворной смеси с гипсобетоном ниже, чем прочность самого гипсобетона, в связи с чем разрушение конструкций происходит по шву.

3. На рис. 2.14-2.16 приведены графики деформирования кладки опытных образцов в процессе их испытания на изгиб.

4. При обработке результатов испытаний кладки на растяжение при изгибе по неперевязанному сечению (табл.2.1) нормативные сопротивления кладки вычислялись по приведенной ниже формуле с учетом геометрических размеров образцов, расположения опорных элементов относительно нагрузочных устройств:

$$R_{u,tb1} = M/W = [(N_{\text{разр}}/2) \times (l_1 - a)] / [(b \times h^2) / 6]$$

где $R_{u,tb1}$ – временное сопротивление кладки на растяжение при изгибе по неперевязанному сечению;

l_1, a – параметры, указанные на рис.2.8;

W – момент сопротивления поперечного сечения кладки опытного образца.

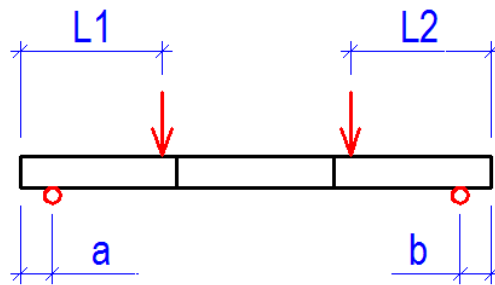


Рис.2.8

5. В табл.2.1 значения $R_{tb1}^{экс}$ соответствуют расчетному сопротивлению кладки на растяжение при изгибе по неперевязанному сечению, вычисленному с использованием экспериментальных данных по формуле:

$$R_{tb1}^{экс} = R_{u,tb1}^i / K$$

где $K=2,0$ – данное значение принято в соответствии с указаниями табл.15 СП 15.13330.2012 [4].

Для кладки перегородок зданий, проектируемых в соответствии с требованиями СП 15.13330.2012 расчетные сопротивления кладки на растяжение по неперевязанному сечению следует принимать 0,13 МПа вместо значения 0,12 МПа, указанного в табл.11

Для кладки стен зданий, проектируемых в сейсмоопасных регионах, в соответствие с требованиями СП 14.13330.2014 [1], значение R_{tb1} следует принимать равным $R_{tb1} = 0,8 \times R_t^u = 0,8 \times 0,146 = 0,12$ МПа, что соответствует требованиям, предъявляемым к кладке стен из различных стеновых материалов на растворе М50 и выше (см. табл.11 СП 15.13330.2012).

а)



б)



Рисунок 2.9. Общий вид опытных образцов для испытаний на изгиб по неперевязанному сечению

а)



б)



Рисунок 2.10. Стенд для испытаний на изгиб с установленным в нем
опытным образцом

а)



б)



Рисунок 2.11. Характер разрушения опытного образца П1

a)



б)



Рисунок 2.12. Характер разрушения опытного образца П2

а)



б)



Рисунок 2.13. Характер разрушения опытного образца

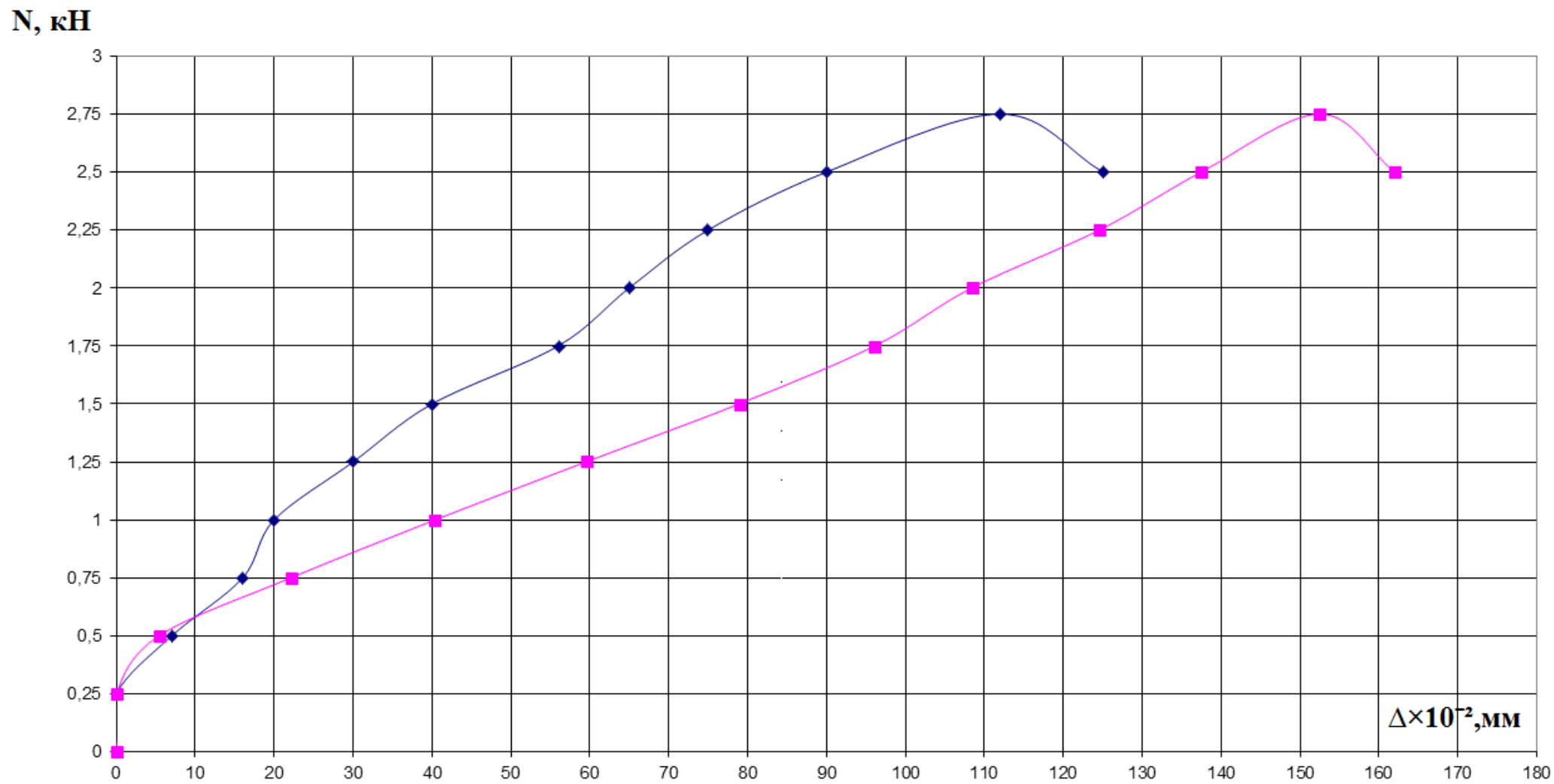


Рисунок 2.14. Графики зависимости «нагрузка-перемещение» для образца №1

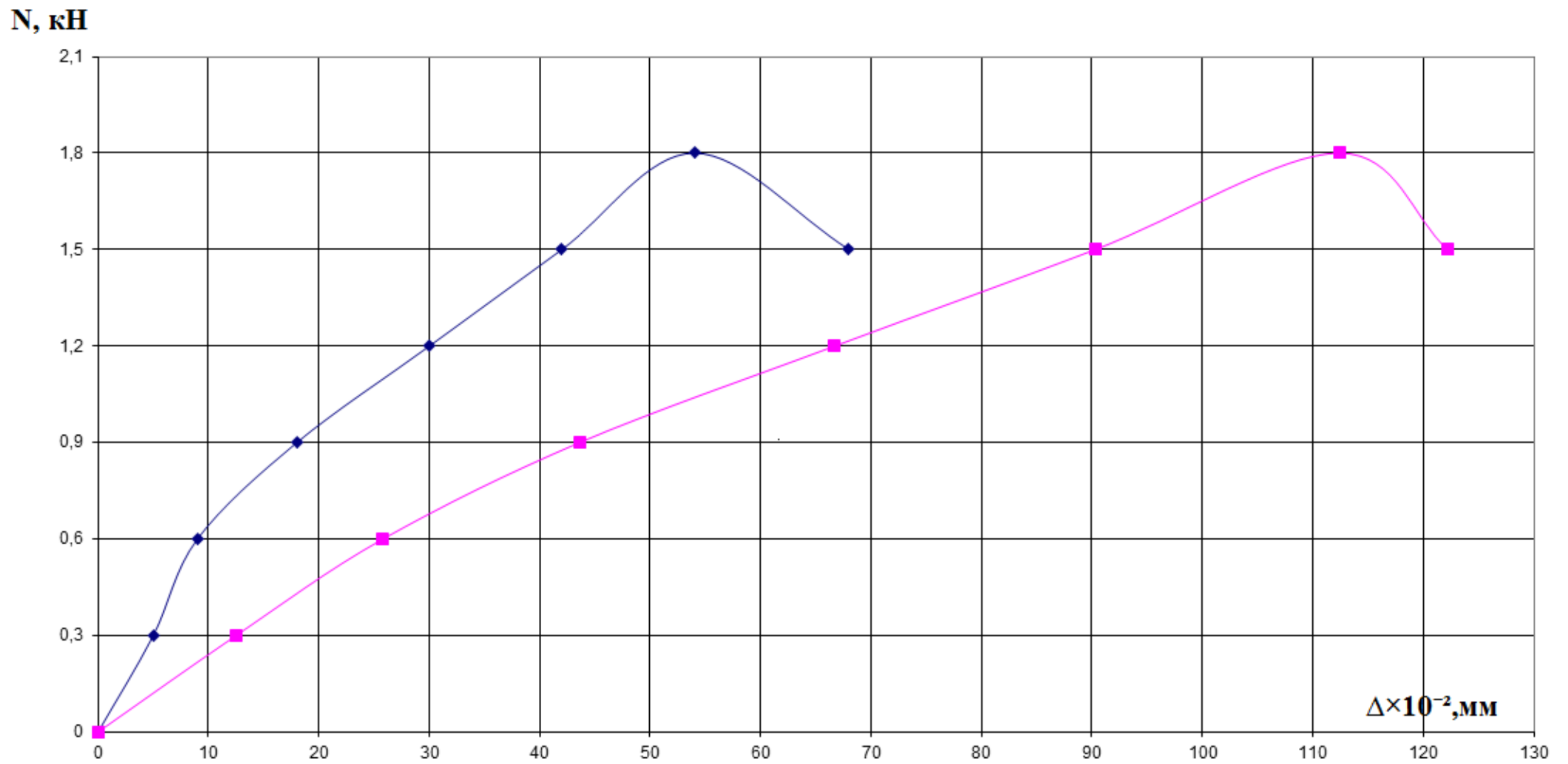


Рисунок 2.15. Графики зависимости «нагрузка-перемещение» для образца №2

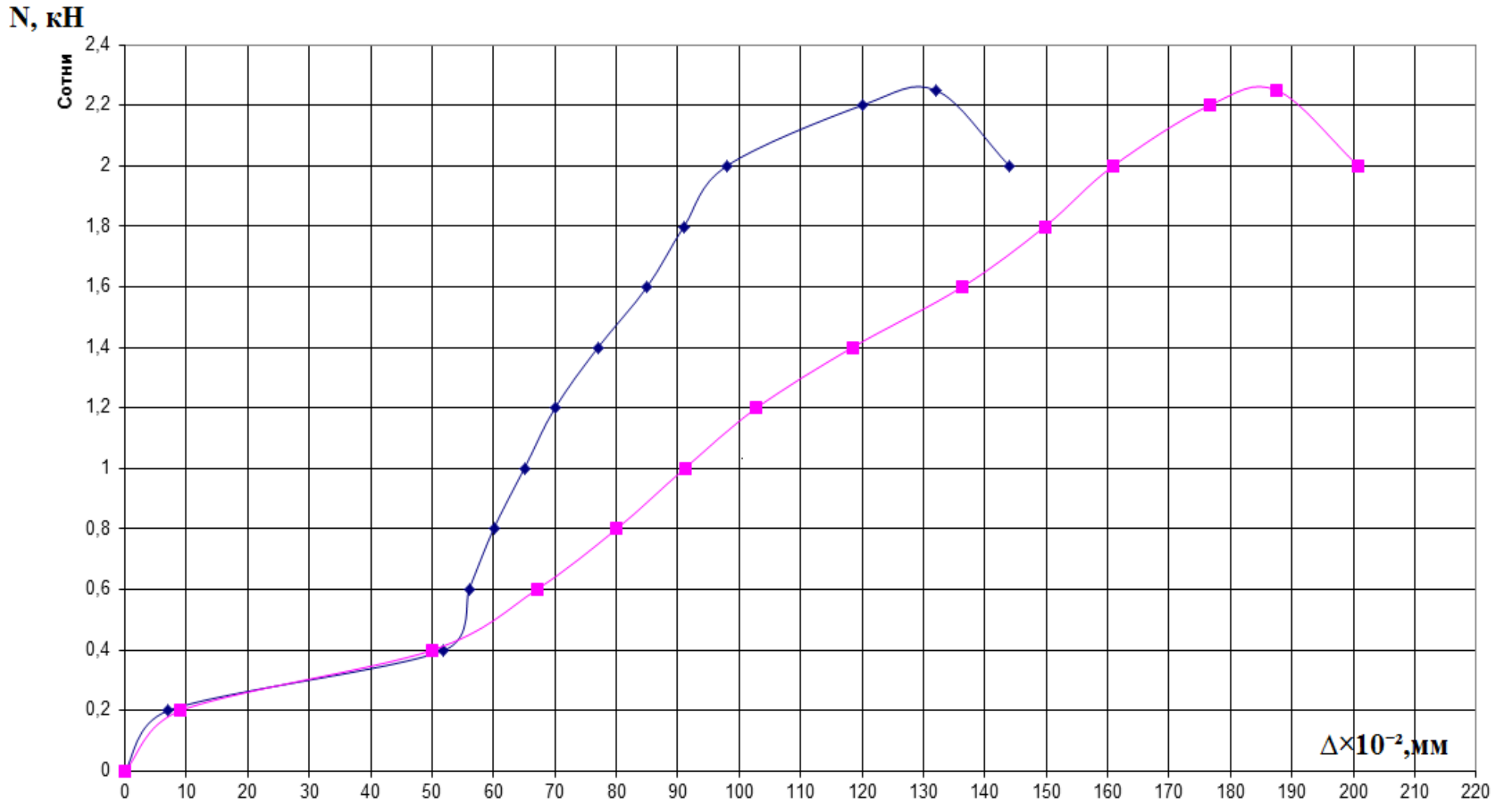


Рисунок 2.16. Графики зависимости «нагрузка-перемещение» для образца №3

Результаты испытаний кладки на растяжение при изгибе по неперевязанному сечению

Таблица 2.1

Обозначение образца	Размеры образца (мм)	Класс гипсобетона	$N_{тр}^1$ (кН)	$N_{раз}$ (кН)	$\frac{N_{тр}^1}{N_{раз}}$	$R_{u,tb1}$ (МПа)		$R_{tb1}^{экс}$ (МПа)
						$R_{u,tb1}^i$	$R_{u,tb1}^{cp}$	
№1	1500x900x100	В3.5	2,75	2,75	1,0	0,32	0,26	0,13
№2			1,80	1,80		0,21		
№3			2,25	2,25		0,26		

2.3. Результаты испытаний образцов на изгиб по перевязанному сечению и их анализ

Анализ результатов лабораторных испытаний опытных образцов кладки на растяжение при изгибе по перевязанному сечению позволяет отметить следующее.

1. На рис. 2.16 приведен общий вид опытных образцов кладки перегородок из «КНАУФ-гипсоплит» на клеевом растворе «КНАУФ-Фуген» до испытаний на изгиб по перевязанному сечению. На рис.2.17 показан стенд с установленным в него образцом для испытаний на изгиб. На рис.2.18 – 2.20 показан характер разрушения опытных образцов после испытаний.

2. Разрушение образцов происходило по одному из швов и телу плиты. Учитывая низкую прочность гипсобетона на растяжение ($R_t = 1,27$ МПа) по сравнению с кладкой из керамического кирпича, значение расчетного сопротивления растяжению при изгибе по перевязанному сечению оказалось ниже аналогичного значения для каменной кладки (для кирпича марки М100 $R_t = 2,2$ МПа).

3. На рис. 2.21-2.23 приведены графики деформирования кладки опытных образцов в процессе их испытания на изгиб.

4. В табл. 2.2 значения $R_{tb2}^{эк}$ соответствует расчетному сопротивлению кладки на растяжение при изгибе по перевязанному сечению, вычисленному с использованием экспериментальных данных по формуле:

$$R_{tb2}^{эк} = R_{utb2}^i / K$$

где $K=2,0$ –данное значение принято в соответствии с указаниями табл.15 СП 15.13330.2012 [4].

Для кладки перегородок в зданиях, проектируемых в соответствии с требованиями СП 15.13330.2012 расчетные сопротивления кладки из «КНАУФ-гипсоплит» на клеевом растворе «КНАУФ-Фуген» на растяжение по перевязанному

сечению следует принимать 0,19 МПа вместо значения 0,25 МПа, указанного в табл.11

Для кладки перегородок в зданиях, возводимых в сейсмоопасных регионах, значение R_{tb2} следует принимать согласно указаниям СП 14.13330.2014 [1] по экспериментальным данным (см. выше):

$$R_{tb2} = 0,19 \text{ МПа}$$



Рисунок 2.16. Общий вид опытных образцов для испытаний на изгиб по перевязанному сечению

a)



б)



Рисунок 2.17. Стенд для испытаний на изгиб с установленным в нем опытным образцом

а)



б)



Рисунок 2.18. Характер разрушения опытного образца

a)



б)



Рисунок 2.19. Характер разрушения опытного образца

а)



б)



Рисунок 2.20. Характер разрушения опытного образца

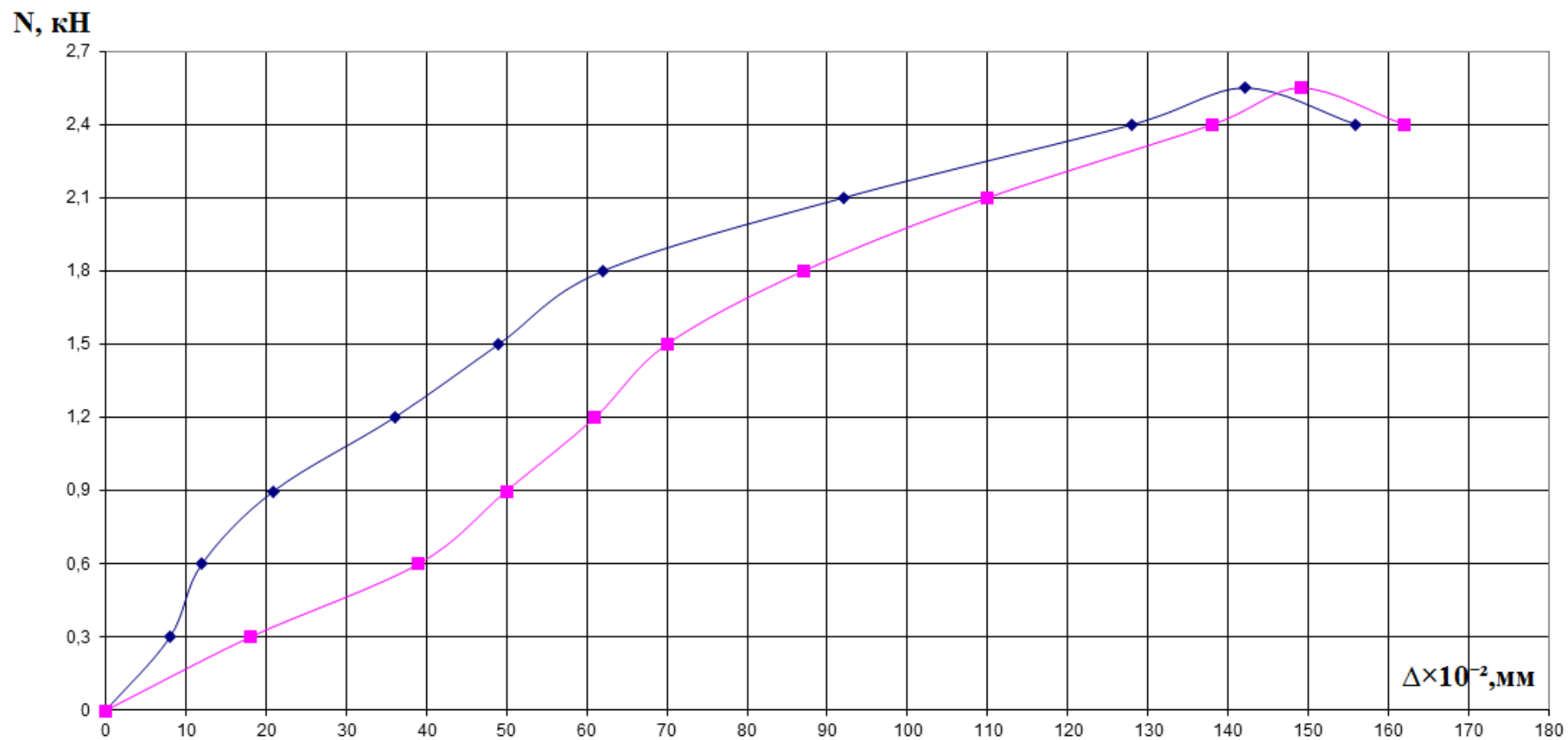


Рисунок 2.21. Графики зависимости «нагрузка-перемещение» для образца №1

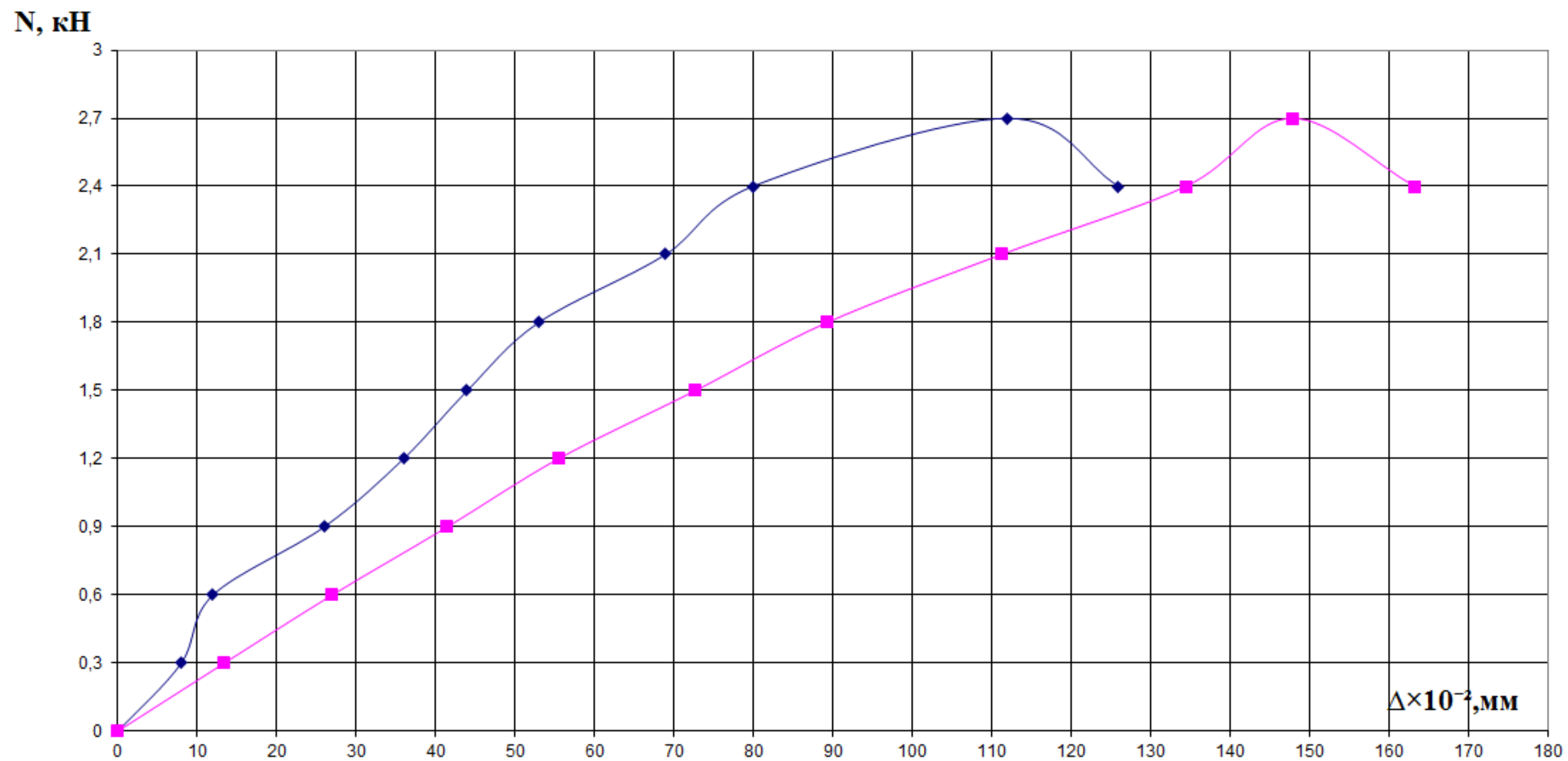


Рисунок 2.22. Графики зависимости «нагрузка-перемещение» для образца №2

N, кН

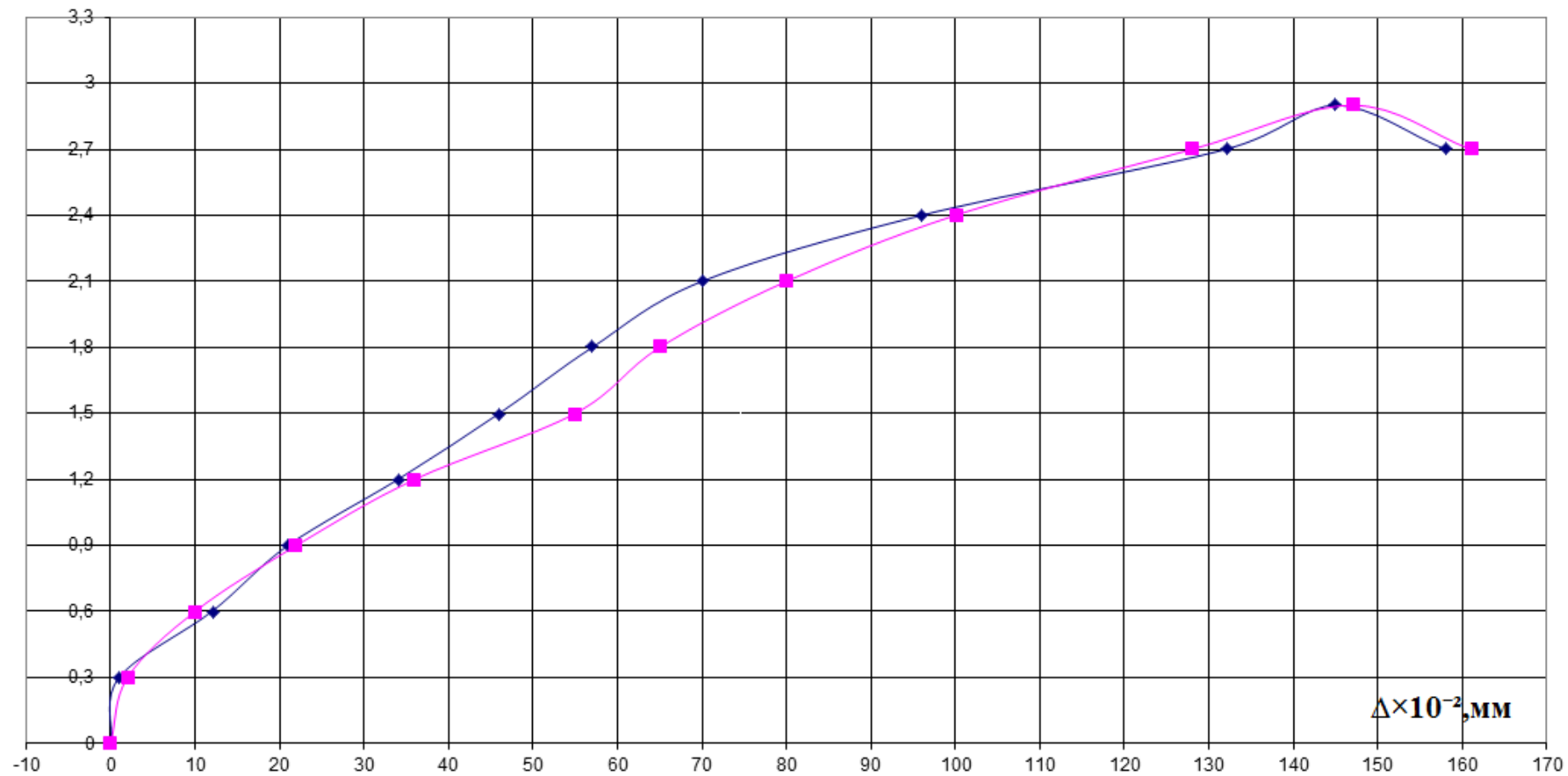


Рисунок 2.23. Графики зависимости «нагрузка-перемещение» для образца №3

Результаты испытаний кладки на растяжение при изгибе по перевязанному сечению

Таблица 2.2

Обозначение образца	Размеры образца (мм)	Класс гипсобетона	$N_{тр}^1$ (кН)	$N_{раз}$ (кН)	$\frac{N_{тр}^1}{N_{раз}}$	$R_{u,tb2}$ (МПа)		$R_{tb2}^{экс}$ (МПа)
						$R_{u,tb2}^i$	$R_{u,tb2}^{cp}$	
№1 №2 №3	1334×900×100	B3.5	2,55 2,70 2,90	2,55 2,70 2,90	1,0	0,35 0,38 0,40	0,38	0,19

ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФРАГМЕНТОВ ПЕРЕГОРОДОК В НАТУРАЛЬНУЮ ВЕЛИЧИНУ ИЗ ГИПСОВЫХ ПАЗОГРЕБНЕВЫХ ПЛИТ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

3.1. Задачи проводимых экспериментальных исследований

В данном разделе отчета изложены результаты экспериментальных исследований прочности и деформативности кладки перегородок из гипсовых пазогребневых плит, смонтированных в натуральную величину (2,5х3,0м), на действие динамической нагрузки, моделирующей сейсмические воздействия при землетрясениях интенсивностью 7-9 баллов. Экспериментально исследовано две серии образцов: образец перегородки из «КНАУФ-гипсоплит» без усиления композитной сеткой и образец, усиленный базальтовой штукатурной сеткой производства «ВЗТМ» марки «Экострой-СБШ» [9].

Физико-механические и прочностные характеристики материалов кладки перегородок приведены в разделах 1 и 2 настоящего отчета.

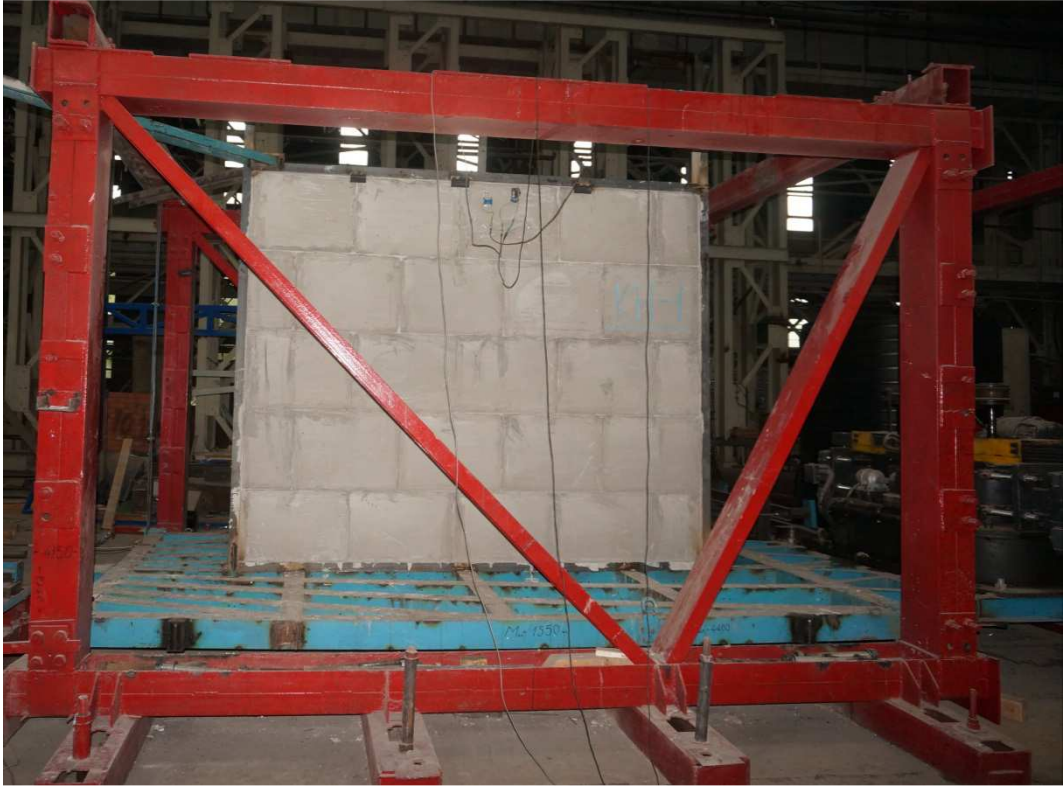
3.2. Программа, методика и оборудование для испытаний фрагментов стен

Для проведения динамических испытаний фрагментов перегородок из гипсовых пазогребневых плит на клеевом растворе в Центре исследований сейсмостойкости сооружений ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко было изготовлено 2 опытных образца стен:

I серия – эталонный образец – фрагмент перегородки в натуральную величину без внешнего усиления (см. фото на рис.3.1а);

II серия – фрагмент перегородки в натуральную величину, усиленный с двух сторон базальтовой штукатурной сеткой (см. фото на рис.3.1б) производства «ВЗТМ» марки «Экострой-СБШ» и оштукатуренный гипсовым раствором «КНАУФ-Ротбанд» по грунтовке «КНАУФ-Мультигрунт» (см. фото на рис.3.2).

а)



б)



Рисунок 3.1. Общий вид образцов I и II серий

а)



б)



Рисунок 3.2. Грунтовой состав для пропитки поверхности перегородки (а) перед нанесением штукатурного слоя (б)

Программа испытаний включала в себя следующие этапы.

1. Изготовление специальной оснастки (металлической рамы) для задания геометрических параметров образцов.

2. Изготовление опытных образцов фрагментов перегородок в натуральную величину. На рис. 3.3 показан момент монтажа перегородок I серии. В соответствии с требованиями технологии монтажа перегородок в уровне верха каждого ряда плит в зонах примыкания к несущим конструкциям устанавливались типовые Г-образные металлические связи (см. фото на рис.3.3). На схеме рис.3.4 показано расположение типовых (красным цветом) и дополнительных (черным цветом) связей, которые в дальнейшем рекомендованы при монтаже конструкций перегородок из «КНАУФ-гипсоплит» фирмы «КНАУФ» в зданиях, возводимых в сейсмических регионах РФ.

3. Установка опытного образца на виброплатформу.

4. Проведение динамических испытаний, моделирующих сейсмическое нагружение конструкции опытного образца. Для возбуждения колебаний фрагмента стены с проемом был использован испытательный стенд, возбуждение колебаний которого осуществляется в помощью вибромашины ВИД-12, закрепленной на маятниковой платформе (рис. 3.5) За счет инерционной силы, развиваемой ВИД-12, обеспечивается тот или иной частотный спектр воздействий на испытательный стенд и определенный уровень амплитуды колебаний платформы.

Режим нагружения при динамическом воздействии выбирался исходя из следующих основных условий:

– как показал анализ работ в области сейсмических исследований период колебаний грунтового основания в зависимости от расстояния до эпицентра интенсивности землетрясения изменяется в пределах 0,1-1,5с. При этом, продолжительность колебательного процесса составляет 10-50 с. При

испытаниях продолжительность динамического воздействия на конструкции на каждом этапе нагружения составляло 40-50с;

– частотный диапазон колебаний, наиболее опасных для существующих зданий, находится в пределах от 3 до 10 Гц. При динамических испытаниях опытных образцов частотный диапазон колебаний платформы и опытного образца, установленный с помощью специальных приборов, изменялся от 0,7 до 8,1 Гц.

Принятые параметры длительности колебательного процесса дают возможность определить границы изменения циклов колебаний от $n = 200$ до $n = 500$ циклов.

5. Визуальная фиксация дефектов и повреждений опытного образца вследствие динамического воздействия и оценка сейсмостойкости перегородок из гипсовых пазогребневых плит на клеевой растворной смеси.

6. Изготовление опытного образца II серии (усиленного композитной сеткой) и проведение испытаний на виброплатформы с оценкой его сейсмостойкости и эффективности выбранной методики и элементов усиления.

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

Стенд состоит из маятниковой платформы, подвешенной на гибких (из полосовой стали) силовых связях к опорной силовой раме. Рама жестко закреплена в силовой пол лабораторного корпуса. Активация платформы осуществляется вибромашиной ВИД-12М, установленной на консоли маятниковой платформы (см. фото на рис. 3.5).

Вибромашина ВИД-12М позволяет обеспечить необходимые параметры динамических воздействий на исследуемые образцы в широком диапазоне частот и инерционных нагрузок путем возбуждения механических колебаний платформы в горизонтальной плоскости. На фото рис. 3.6 показан общий вид виброплатформы с установленным на ней образцом I серии.

Управление ВИД-12М осуществляется с пульта управления, расположенного в электрошкафу. Основные технические характеристики маятниковой виброплатформы приведены в табл. 3.1.

а)



б)



Рисунок 3.3. Элементы крепления перегородки к каркасу

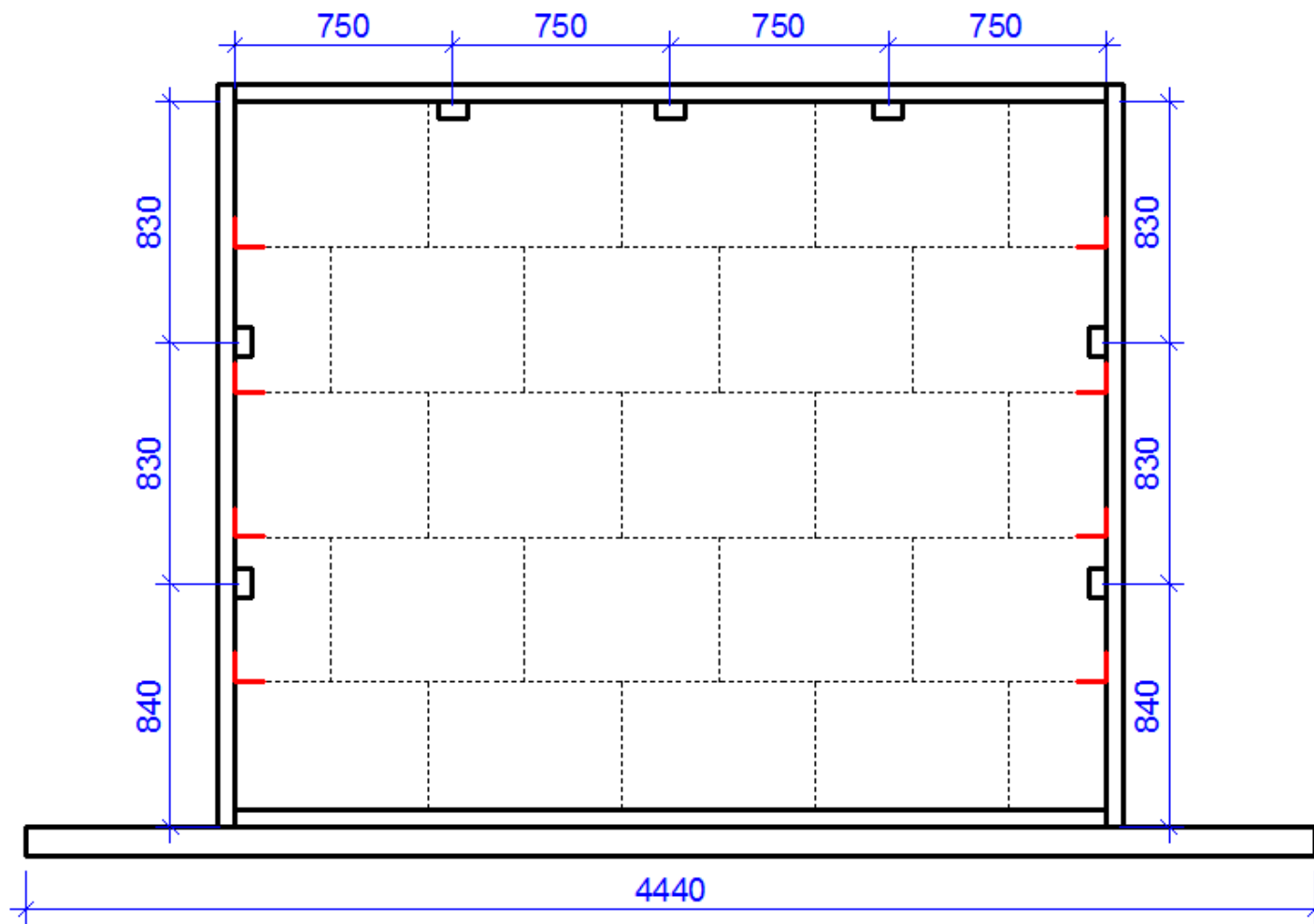


Рисунок 3.4. Схема расположения элементов крепления (связей) перегородки к каркасу



Рисунок 3.5. Испытательный стенд, разработанный в ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко



Рисунок 3.6. Общий вид виброплатформы с установленным на ней образцом

Основные технические данные машины ВИД-12

Таблица 3.1.

№№	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 при установленном дебалансе	бесступенчатый

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

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

Комплекс выполняет следующие функции:

- измерение, регистрацию и первичную обработку сигналов (частотных, дискретных и пр.), полученных в результате испытаний;
- отображение значений измеряемых величин или преобразованных параметров на мониторе;
- контроль значений измеряемых величин или преобразованных параметров; оценка результатов их измерения и преобразования;
- самодиагностику проводимых измерений (анализ работоспособности с возможностью вызова диагностических программ);
- архивацию результатов измерения и преобразования (хранение данных с возможностью просмотра и анализа);

- вывод текущих значений измеряемых параметров, кодов аварий и технологических сообщений на ЭВМ верхнего уровня;
- возможность подключения печатающих устройств, в том числе для оформления протоколов результатов измерений;
- возможность связи с другими системами (подключение в существующую локальную вычислительную сеть);
- возможность выдачи сигнала типа «сухой контакт» для включения сигнализации и использования в системах защиты;
- возможность выдачи тестовых аналоговых сигналов.

Измерительно-вычислительный комплекс 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. 3.7а).

Для измерения ускорений, частот колебаний, а также динамических перемещений применяются однокомпонентные датчики – акселерометры АТ 1105 – 10м (рис..3.7б).

Характеристики датчиков (акселерометров) представлены в таблице 3.2.

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 два датчика для фиксации вертикальных и горизонтальных ускорений были установлены на виброплатформе, вблизи источника загрузки.

Схема установки датчиков показана на рис. 3.8.

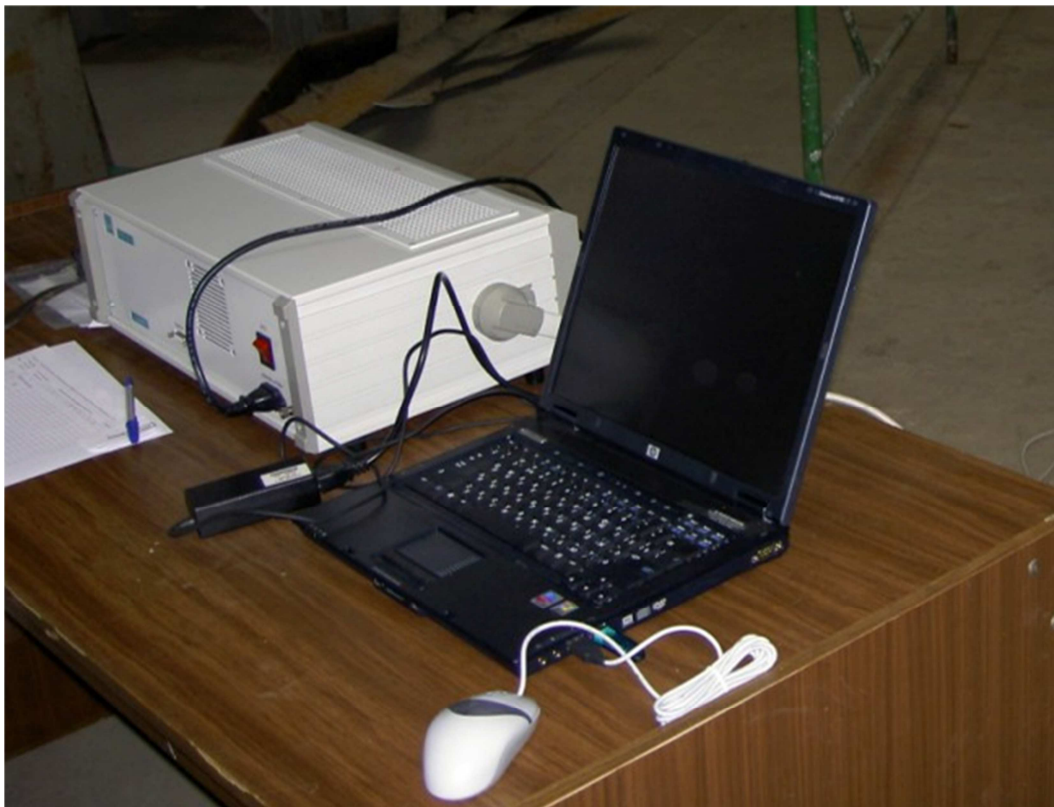
Общее количество контролируемых точек (количество акселерометров)
 – 5. Датчики, установленные на фрагмент перегородки, показаны на фото
 рис. 3.9.

Основные технические данные акселерометра АТ 1105 – 10м

Таблица 3.2.

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

а)



б)

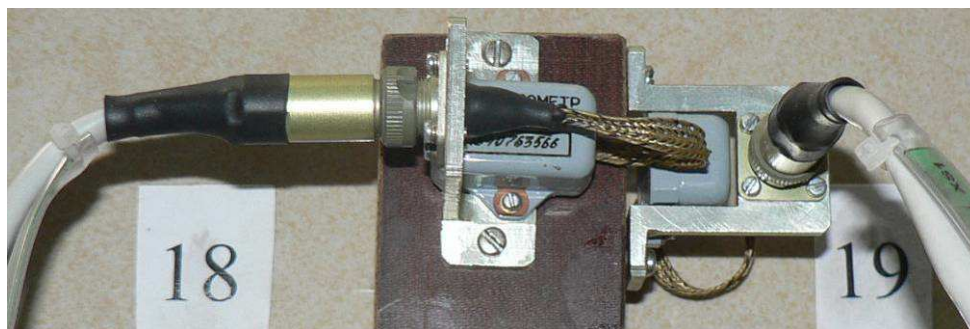


Рисунок 3.7. Измерительно-вычислительный комплекс МПС-036:

а) ноутбук с пакетом прикладных программ;

б) акселерометр АТ 1105-10м.

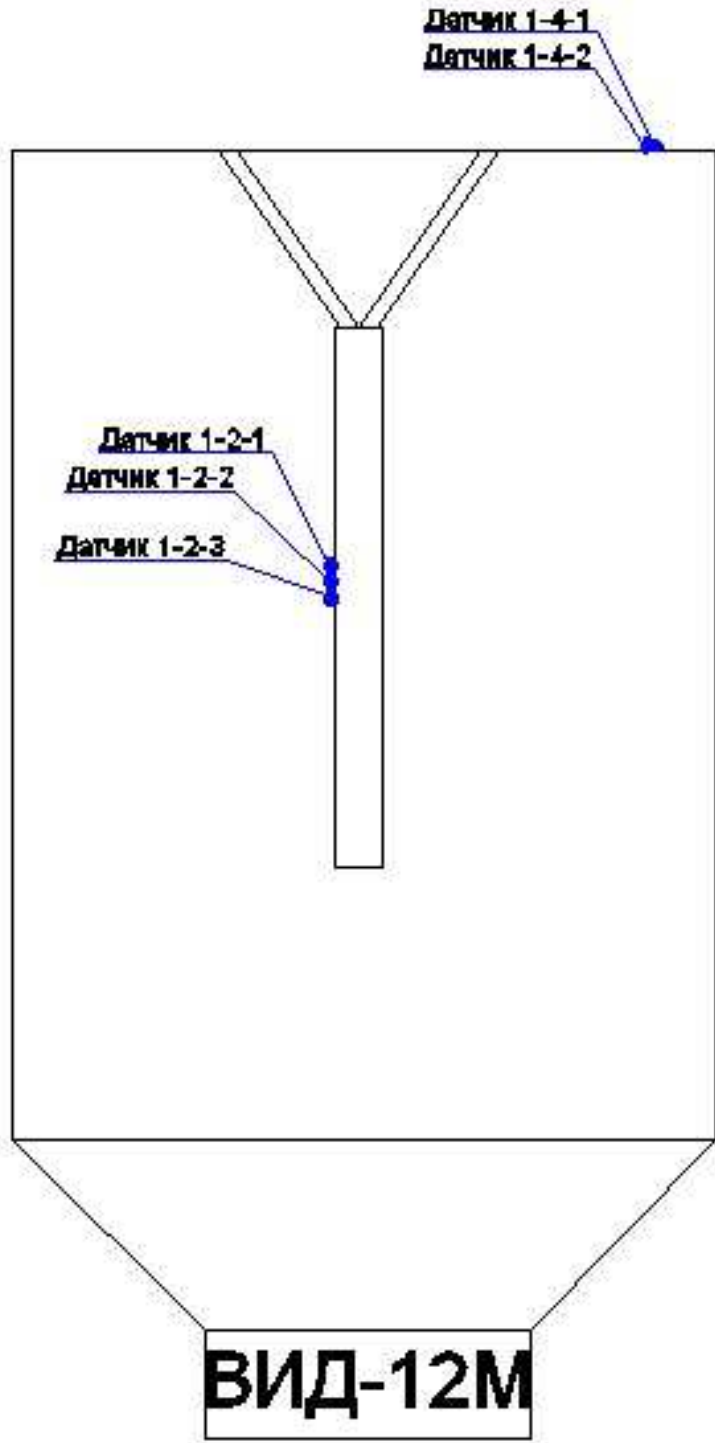


Рисунок 3.8. Схема расположения датчиков (акселерометров)

а)



б)



Рисунок 3.9. Места установки контролируемых датчиков (акселерометров) на образцах I и II серий

3.3. Результаты экспериментальных исследований и их анализ

По результатам проведенных динамических исследований прочности перегородок из гипсовых пазогребневых плит производства КНАУФ на клеевой растворной смеси установлено следующее.

I серия – эталонный образец

1. В табл.3.3 приведены результаты динамических испытаний стеновой панели по данным акселерометров, установленных на виброплатформе (рис.3.8). Приведенные в таблице 3.3 значения параметров ускорений и отвечающие им характеристики балльности по цветовой гамме соответствует зонам сейсмичности, указанным на карте сейсмического районирования территории РФ (рис. 3.10). Показания акселерометров, установленных согласно схеме на рис.3.8. приведены в Приложении 1 настоящего отчета.

2. В процессе испытаний ускорение виброплатформы по данным акселерометров (табл.3.3, 3.4) установленных на ней изменялось в интервале от $0,3\text{м/с}^2$ до $13,6\text{м/с}^2$ – в горизонтальном направлении и от $0,1\text{м/с}^2$ до $5,4\text{м/с}^2$ – в вертикальном направлении.

Горизонтальные ускорения фрагмента по данным акселерометров, установленных в верхней точке перегородки, изменялись от $0,3\text{м/с}^2$ до $41,8\text{м/с}^2$ (табл.3.5), вертикальные ускорения – от $0,1\text{м/с}^2$ до $6,6\text{м/с}^2$ (табл.3.6). Горизонтальные ускорения опытного образца при колебаниях системы из плоскости конструкции изменялись в интервале от $0,2\text{м/с}^2$ до $2,7\text{м/с}^2$ (табл.3.7).

Следует отметить, что максимальные значения горизонтальных и вертикальных ускорений были зафиксированы после появления в конструкции перегородки вертикальных и горизонтальных трещин.

3. Частота колебаний системы изменялись в интервале от 1 Гц до 6,7 Гц. При этом максимальная амплитуда горизонтальных колебаний виброплатформы составила 20,7мм, а вертикальных 5.1мм.

4. При 3-м режиме нагружения, соответствующем интенсивности 7 баллам по шкале MSK-64 (см. табл.3.3), имело место образование трещин, проходящим по вертикальным и горизонтальным швам кладки (см. фото на рис.3.11).

5. На 17-м режиме нагружения, при частоте 5,0 Гц имело место разрушение угловых зон перегородки (см. фото на рис.3.12, 3.13). При дальнейших режимах нагружения произошло обрушение отдельных участков перегородки в ее угловых зонах (рис. 3.13).

6. По результатам испытаний гипсовой перегородки из «КНАУФ-гипсоплит» с расположением связей согласно схеме на рис.3.4 допускается согласно Рекомендациям ЦНИИСК [6] применение неусиленных перегородок толщиной 80 мм и 100мм в зданиях высотой до 5 этажей в сейсмоопасных регионах РФ с балльностью площадок до 7 баллов по шкале MSK-64.

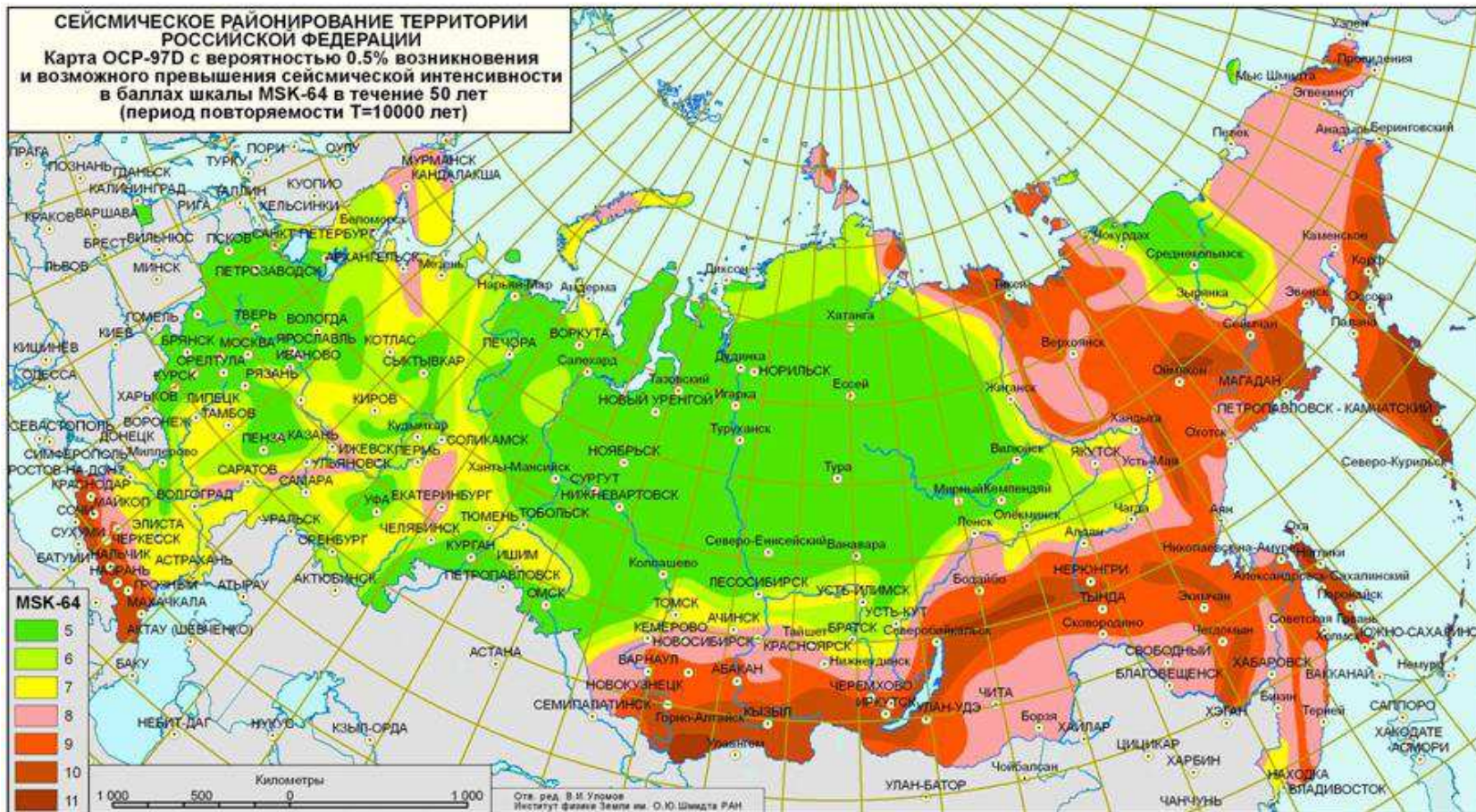


Рисунок 3.10. Карта сейсмического районирования территории Российской Федерации

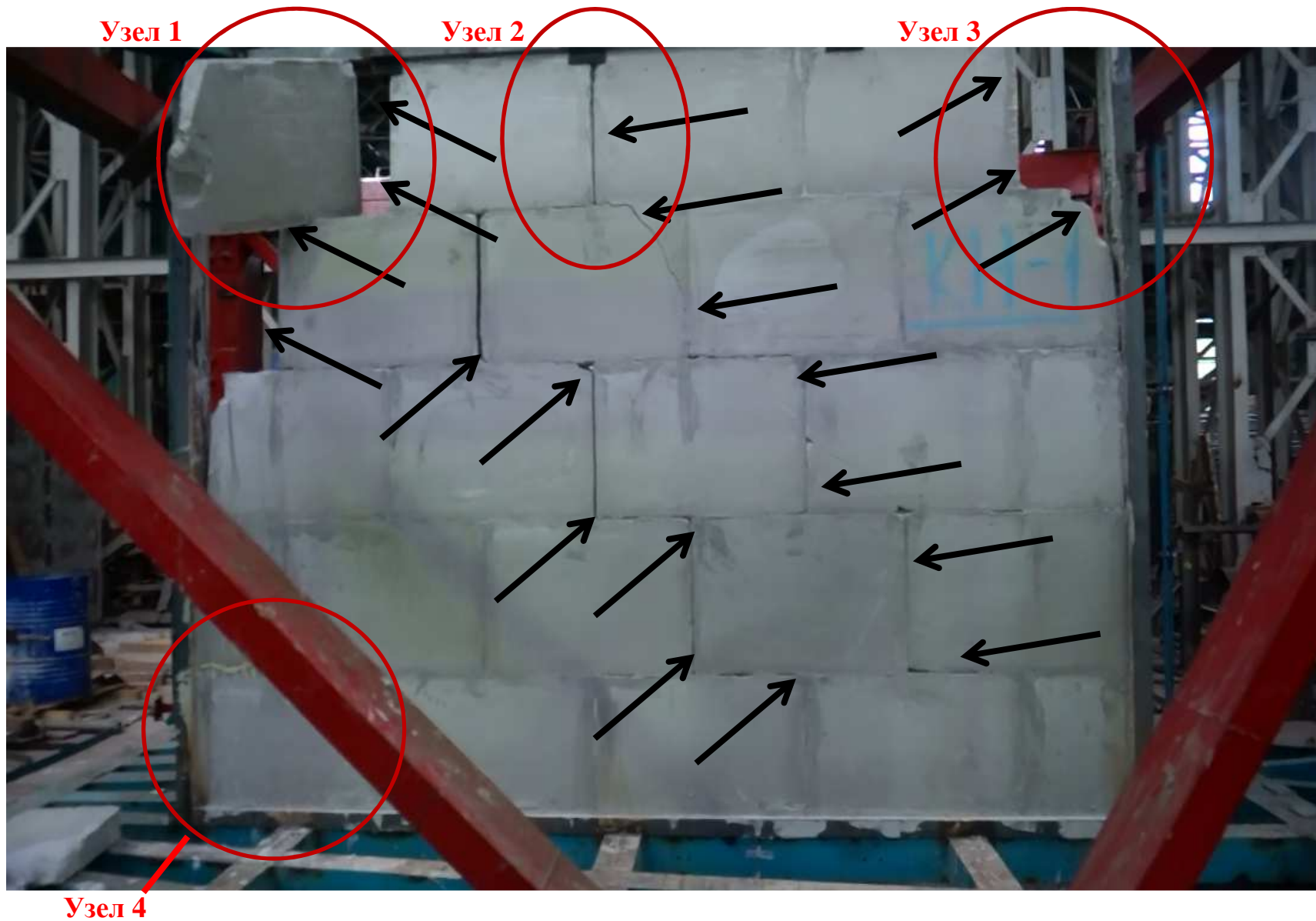


Рисунок 3.11. Характер разрушения опытного образца I серии

УЗЕЛ 1**УЗЕЛ 2**

Рисунок 3.12.

УЗЕЛ 3**УЗЕЛ 4**

Рисунок 3.13.

**Параметры динамического нагружения виброплатформы
в горизонтальной плоскости (датчик 1-4-1)**

Таблица 3.3

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (м/с ²)
1	3,4	2,1	0,4
2	2,3	1,4	0,4
3	2,8	4,1	1,0
4	3,4	14,1	5,1
5	1,0	1,5 min	0,2 min
6	1,8	4,4	0,7
7	2,6	11,1	3,0
8	1,0	2,1	0,3
9	1,8	7,2	1,3
10	2,5	15,0	3,9
11	1,5	1,0	0,2
12	1,8	8,5	1,5
13	2,5	18,1	4,6
14	1,8	4,0	0,5
15	1,6	10,4	1,7
16	4,1	5,0	2,1
17	5,0	3,4	2,8
18	3,8	6,4	2,5
19	5,9	7,1	6,5
20	6,7	8,2	8,3
21	4,1	7,7	4,3
22	5,4	11,0	9,2
23	3,8	12,9	5,3
24	5,7	16,8	13,6 max
25	6,3	20,7 max	13,4

**Параметры динамического нагружения виброплатформы
в вертикальной плоскости (датчик 1-4-2)**

Таблица 3.4

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (м/с ²)
1	3,4	0,2	0,1 min
2	2,3	0,2	0,1
3	2,8	0,5	0,2
4	3,4	4,5	5,6
5	1,0	0,1 min	0,1
6	1,8	0,4	0,2
7	2,6	1,4	0,8
8	1,0	0,1	0,1
9	1,8	0,7	0,3
10	2,5	2,8	3,0
11	1,5	0,1	0,1
12	1,8	0,7	0,3
13	2,5	5,1 max	5,4 max
14	1,8	0,3	0,1
15	1,6	1,0	0,3
16	4,1	0,2	0,1
17	5,0	0,1	0,1
18	3,8	0,2	0,1
19	5,9	0,2	0,1
20	6,7	0,3	0,1
21	4,1	0,2	0,1
22	5,4	0,6	0,4
23	3,8	0,4	0,2
24	5,7	0,5	0,4
25	6,3	1,6	1,6

**Параметры динамического нагружения опытного образца
в горизонтальной плоскости (датчик 1-2-1)**

Таблица 3.5

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (м/с ²)
1	3,4	1,0 min	0,3 min
2	2,3	1,5	0,3
3	2,8	3,8	1,1
4	3,4	13,6	10,9
5	1,0	2,8	0,3
6	1,8	6,2	1,0
7	2,6	16,8	4,2
8	1,0	3,5	0,4
9	1,8	10,5	1,7
10	2,5	17,5	6,8
11	1,5	1,7	0,3
12	1,8	12,6	1,8
13	2,5	21,5	8,1
14	1,8	7,0	0,8
15	1,6	16,4	2,2
16	4,1	9,5	4,5
17	5,0	7,4	6,3
18	3,8	13,2	5,4
19	5,9	15,5	14,5
20	6,7	18,0	19,8
21	4,1	16,9	9,4
22	5,4	27,6	21,6
23	3,8	28,1	11,6
24	5,7	39,9	32,4
25	6,3	47,4 max	41,8 max

**Параметры динамического нагружения опытного образца
в вертикальной плоскости (датчик 1-2-2)**

Таблица 3.6

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (м/с ²)
1	3,4	0,1 min	0,1 min
2	2,3	0,1	0,1
3	2,8	0,2	0,2
4	3,4	2,4	5,1
5	1,0	0,1	0,1
6	1,8	0,2	0,2
7	2,6	0,8	1,4
8	1,0	0,1	0,1
9	1,8	0,3	0,3
10	2,5	1,7	3,9
11	1,5	0,1	0,1
12	1,8	0,3	0,4
13	2,5	2,9	6,6 max
14	1,8	0,1	0,1
15	1,6	0,3	0,4
16	4,1	0,4	0,3
17	5,0	0,3	0,2
18	3,8	0,6	0,3
19	5,9	0,5	0,4
20	6,7	0,7	0,6
21	4,1	0,6	0,5
22	5,4	1,2	1,7
23	3,8	0,8	0,5
24	5,7	1,0	1,6
25	6,3	6,2 max	3,6

**Параметры динамического нагружения опытного образца
в горизонтальной плоскости (датчик 1-2-3)**

Таблица 3.7

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда А (мм)	Ускорение a (м/с ²)
1	3,4	1,4	0,7
2	2,3	1,3	0,5
3	2,8	2,4	1,1
4	3,4	1,8	2,1
5	1,0	0,2 min	0,1 min
6	1,8	1,8	1,0
7	2,6	2,4	1,8
8	1,0	0,3	0,2
9	1,8	1,4	0,7
10	2,5	2,4	2,1
11	1,5	0,2	0,2
12	1,8	1,3	0,7
13	2,5	2,1	2,0
14	1,8	0,3	0,2
15	1,6	1,9	0,8
16	4,1	3,8	2,3
17	5,0	3,0	1,9
18	3,8	3,8	2,3
19	5,9	1,5	1,5
20	6,7	2,0	2,1
21	4,1	4,7	2,7 max
22	5,4	1,8	1,3
23	3,8	5,0	2,3
24	5,7	1,8	1,5
25	6,3	6,3 max	2,6

II серия –образец, усиленный базальтовой сеткой

1. В табл.3.8, 3.9 приведены параметры динамического нагружения усиленной перегородки по данным датчиков, установленных на виброплатформе. Приведенные в таблице 3.8, 3.9 значения параметров ускорений и отвечающие им характеристики балльности по цветовой гамме соответствует зонам сейсмичности, указанным на карте сейсмического районирования территории РФ (рис. 3.10).

2. В процессе испытаний ускорение виброплатформы по данным акселерометров (табл.3.8, 3.9) установленных на ней изменялось в интервале от $0,8\text{м/с}^2$ до $18,0\text{м/с}^2$ – в горизонтальном направлении и от $0,1\text{м/с}^2$ до $8,4\text{м/с}^2$ – в вертикальном направлении.

Горизонтальные ускорения фрагмента по данным акселерометров, установленных в верхней точке перегородки, изменялись от $0,2\text{м/с}^2$ до $49,2\text{м/с}^2$ (табл.3.10), вертикальные ускорения – от $0,2\text{м/с}^2$ до $16,6\text{м/с}^2$ (табл.3.11). Горизонтальные ускорения опытного образца при колебаниях системы из плоскости конструкции изменялись в интервале от $0,2\text{м/с}^2$ до $3,2\text{м/с}^2$ (табл.3.7).

Следует отметить, что максимальные значения горизонтальных и вертикальных ускорений были зафиксированы после появления в конструкции перегородки вертикальных и горизонтальных трещин, проходящих по швам кладки и разрушения угловых зон перегородки.

3. Частота колебаний системы изменялись в интервале от 1,2 Гц до 8,1 Гц. При этом максимальная амплитуда горизонтальных колебаний виброплатформы составила 74,7мм, а вертикальных 22,0мм.

4. На 10-м режиме нагружения при частоте колебаний платформы 4 Гц и ускорении $5,8\text{ м/с}^2$ имело место обрушение штукатурного слоя в угловых зонах перегородки (см. фото на рис.3.14). Разрушений кладки перегородки до данного режима нагружения не было установлено. Данный этап нагружения

соответствовал интенсивности воздействия, превышающем 9 баллов по шкале MSK-64.

5. На 12-м режиме нагружения, при частоте 1,2 Гц и амплитуде колебаний платформы 74,7 мм (ускорение $5,4 \text{ м/с}^2$) имело место разрушение угловых зон перегородки (см. фото на рис.3.17). При дальнейших режимах нагружения произошло разрушение кладки в угловых зонах перегородки (рис. 3.18, 3.19). Именно на этих участках отсутствовали металлические связи, соединяющие перегородку с несущим каркасом.

6. По результатам испытаний гипсовой перегородки из «КНАУФ-гипсоплит» на клеевой растворной смеси, усиленной базальтовой штукатурной сеткой производства «ВЗТМ» марки «Экострой-СБШ» допускается применение усиленных перегородок толщиной 80 мм и 100мм в зданиях различной этажности и назначения в сейсмоопасных регионах РФ с балльностью площадок 7-9 баллов по шкале MSK-64.

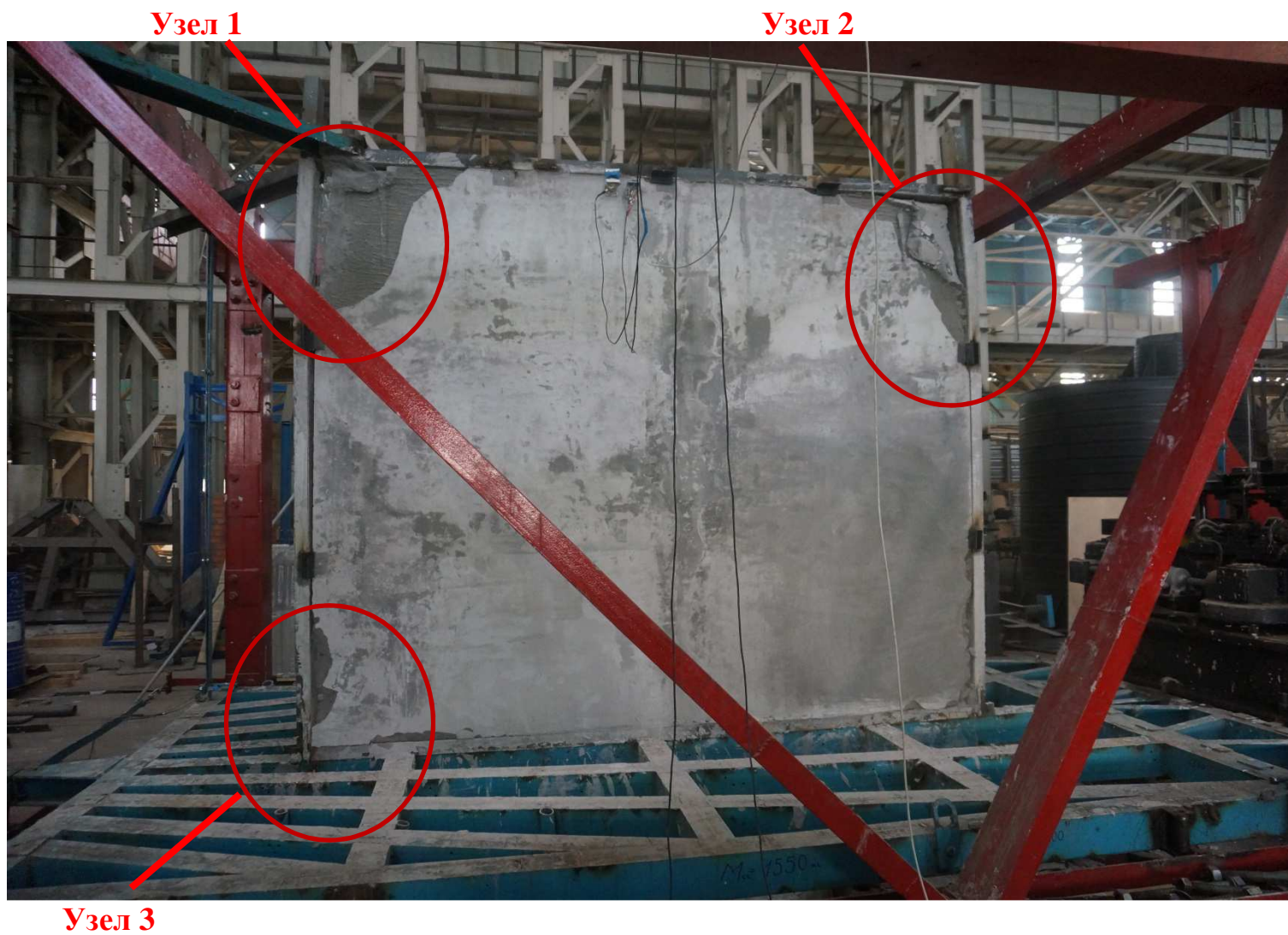


Рисунок 3.14. Характер разрушения опытного образца II серии

УЗЕЛ 1



УЗЕЛ 2



Рисунок 3.15

УЗЕЛ 3



Рисунок 3.16

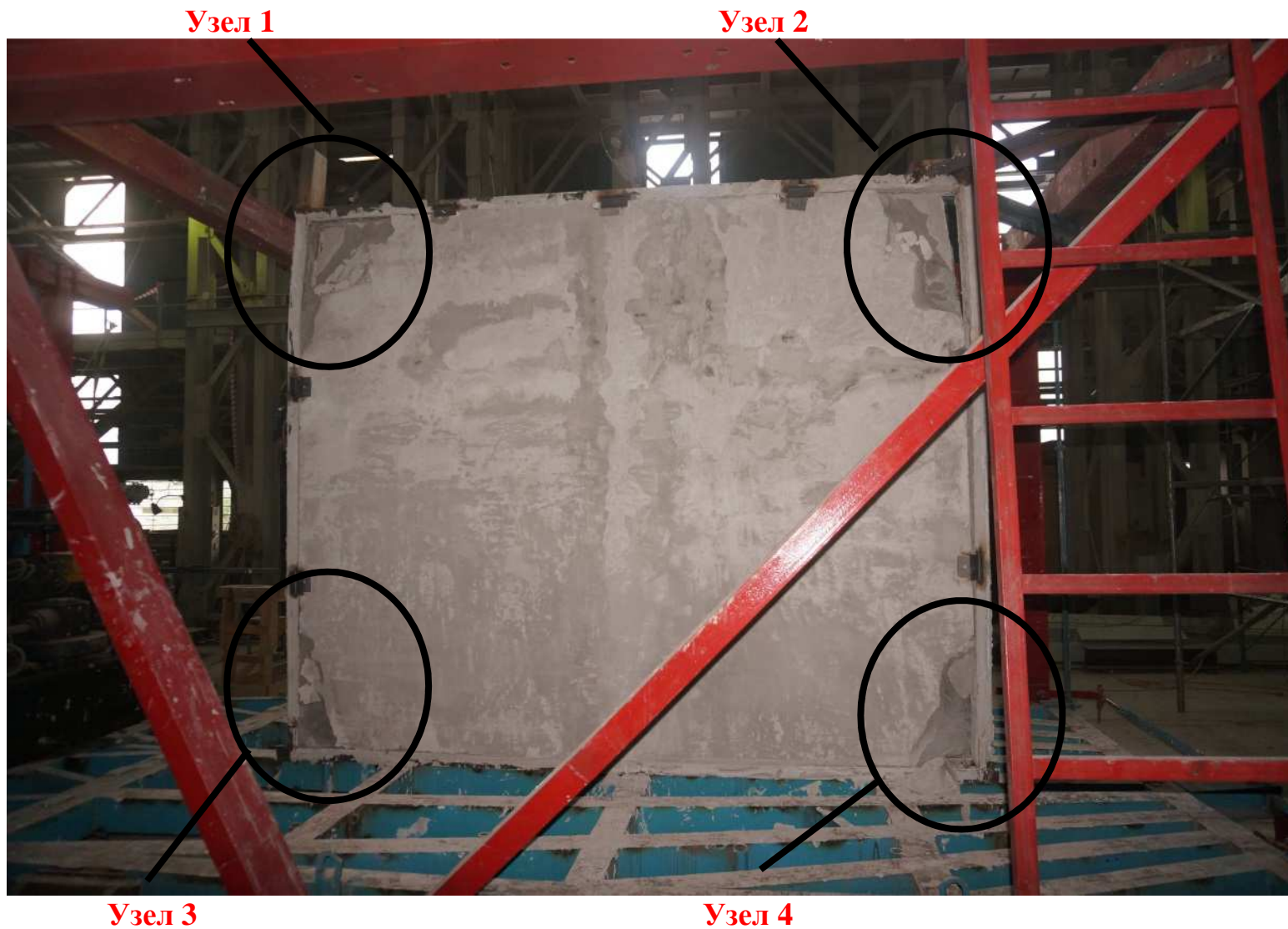


Рисунок 3.17. Характер разрушения опытного образца II серии

УЗЕЛ 1**УЗЕЛ 2**

Рисунок 3.18

УЗЕЛ 3



УЗЕЛ 4



Рисунок 3.19

**Параметры динамического нагружения виброплатформы
в горизонтальной плоскости (датчик 1-4-1)**

Таблица 3.8

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (м/с ²)
1	2,2	1,2 min	0,3 min
2	3,5	9,0	4,4
3	1,8	6,1	0,8
4	2,6	30,1	6,7
5	1,8	23,4	3,3
6	2,2	31,7	4,9
7	1,6	42,9	5,9
8	3,7	9,8	3,7
9	2,4	16,1	2,7
10	4,0	11,4	5,8
11	5,6	14,3	11,9
12	1,2	74,7 max	5,4
13	4,0	16,4	6,9
14	5,4	14,4	14,2
15	5,9	4,1	4,0
16	8,1	5,0	6,9
17	6,0	6,7	6,6
18	7,8	13,2	10,8
19	6,2	11,3	11,4
20	7,0	20,0	16,1
21	0,7	17,8	1,4
22	5,1	55,7	10,6
23	5,0	29,6	18,0 max

**Параметры динамического нагружения виброплатформы
в вертикальной плоскости (датчик 1-4-2)**

Таблица 3.9

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (м/с ²)
1	2,2	0,1 min	0,1 min
2	3,5	0,7	1,0
3	1,8	0,2	0,1
4	2,6	5,2	6,0
5	1,8	0,8	0,5
6	2,2	3,7	1,9
7	1,6	3,9	4,8
8	3,7	0,4	0,2
9	2,4	0,3	0,1
10	4,0	0,4	0,2
11	5,6	1,2	0,9
12	1,2	5,5	5,8
13	4,0	0,6	0,3
14	5,4	4,8	1,7
15	5,9	0,6	0,4
16	8,1	1,3	1,3
17	6,0	0,6	0,7
18	7,8	14,0	7,2
19	6,2	2,5	1,4
20	7,0	22,0 max	7,9
21	0,7	0,4	0,2
22	5,1	13,4	4,1
23	5,0	18,0	8,4 max

**Параметры динамического нагружения опытного образца
в горизонтальной плоскости (датчик 1-2-1)**

Таблица 3.10

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (м/с ²)
1	2,2	0,7 min	0,2 min
2	3,5	13,7	8,7
3	1,8	8,0	0,9
4	2,6	42,4	11,9
5	1,8	37,9	6,1
6	2,2	53,4	8,9
7	1,6	75,4	12,1
8	3,7	19,8	7,3
9	2,4	31,8	5,1
10	4,0	22,0	11,8
11	5,6	32,9	27,7
12	1,2	144,7 max	10,3
13	4,0	33,6	14,4
14	5,4	35,1	34,6
15	5,9	9,0	9,7
16	8,1	17,9	23,9
17	6,0	16,0	16,4
18	7,8	29,4	45,4
19	6,2	29,0	33,6
20	7,0	60,0	49,2 max
21	0,7	34,1	3,8
22	5,1	108,8	37,7
23	5,0	45,9	41,4

**Параметры динамического нагружения опытного образца
в вертикальной плоскости (датчик 1-2-2)**

Таблица 3.11

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (м/с ²)
1	2,2	0,2 min	0,1 min
2	3,5	1,8	3,9
3	1,8	0,2	0,2
4	2,6	4,3	5,4
5	1,8	0,8	1,0
6	2,2	2,1	4,2
7	1,6	3,4	6,2
8	3,7	0,3	0,3
9	2,4	0,2	0,3
10	4,0	0,3	0,3
11	5,6	0,6	1,7
12	1,2	3,5	6,1
13	4,0	0,3	0,6
14	5,4	1,4	2,2
15	5,9	0,2	0,2
16	8,1	0,6	0,6
17	6,0	0,5	0,5
18	7,8	3,9	4,5
19	6,2	1,1	1,1
20	7,0	10,1 max	11,0
21	0,7	0,6	0,7
22	5,1	6,5	13,3
23	5,0	8,4	16,6 max

**Параметры динамического нагружения опытного образца
в горизонтальной плоскости (датчик 1-2-3)**

Таблица 3.12

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (м/с ²)
1	2,2	1,1 min	0,7
2	3,5	2,1	1,4
3	1,8	1,9	1,2
4	2,6	5,2	2,5
5	1,8	2,5	1,2
6	2,2	1,7	1,2
7	1,6	3,6	3,2 max
8	3,7	2,8	1,5
9	2,4	2,0	1,1
10	4,0	3,8	2,1
11	5,6	2,5	1,9
12	1,2	3,8	1,4
13	4,0	4,5	2,4
14	5,4	1,9	1,8
15	5,9	1,7	1,6
16	8,1	1,8	2,9
17	6,0	1,5	1,7
18	7,8	4,6	2,6
19	6,2	1,7	1,5
20	7,0	5,8	2,4
21	0,7	0,7	0,2 min
22	5,1	5,7	2,9
23	5,0	6,9 max	2,3

ГЛАВА 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Выводы и рекомендации

На основе анализа результатов статических и динамических испытаний фрагментов перегородок и перегородок в натуральную величину из пазогребневых плит толщиной 80мм и 100мм с размерами в плане 667x500(Н)мм производства КНАУФ, смонтированных на клеевой растворной смеси «КНАУФ-Фуген» можно отметить следующее.

1. Величина временного сопротивления осевому растяжению по неперевязанному сечению (нормальное сцепление) кладки опытных образцов из гипсовых пазогребневых плит, смонтированных на клеевой растворной смеси, составила $R_t^u = 0.146$ МПа. Согласно п.п.6.14.4, 6.14.5 СП 14.13330.2014 для кладки II-ой категории стен зданий, возводимых в сейсмоопасных районах РФ, временное сопротивление осевому растяжению должно быть не менее $R_t^u \geq 0.12$ МПа. Полученные из эксперимента значения нормального сцепления кладки перегородок на клеевом растворе «КНАУФ-Фуген» на 22% выше значения нормативного временного сопротивления осевому растяжению по неперевязанному шву для кладки стен II-й категории.

2. В соответствии с указаниями СП 14.13330.2014 и результатами испытаний величина расчетного сопротивления кладки при осевом растяжении по неперевязанному сечению составляет $R_t = 0.07$ МПа. Указанное значение следует принимать при проектировании гипсовых перегородок из пазогребневых плит производства фирмы КНАУФ на клеевой растворной смеси «КНАУФ-Фуген», возводимых как в обычных, так и в сейсмоопасных регионах РФ.

3. Для кладки перегородок зданий, проектируемых в соответствии с требованиями СП 15.13330.2012 расчетные сопротивления кладки на

растяжение при изгибе по неперевязанному сечению следует принимать 0,13 МПа вместо значения 0,12 МПа, указанного в табл.11

Для кладки стен зданий, проектируемых в сейсмоопасных регионах, в соответствие с требованиями СП 14.13330.2014, значение расчетные сопротивления кладки на растяжение при изгибе по неперевязанному сечению следует принимать равным $R_{тb1} = 0,8 \times R_t^u = 0.8 \times 0.146 = \mathbf{0.12 \text{ МПа}}$, что соответствует требованиям, предъявляемым к кладке стен из различных каменных материалов на растворе М50 и выше (см. табл.11 СП 15.13330.2012).

4. Для кладки перегородок в зданиях, проектируемых в соответствии с требованиями СП 15.13330.2012 расчетные сопротивления кладки из «КНАУФ-гипсоплит» на клеевом растворе «КНАУФ-Фуген» на растяжение при изгибе по перевязанному сечению следует принимать 0,19 МПа вместо значения 0,25 МПа, указанного в табл.11. Снижение величины расчетного сопротивления растяжению при изгибе по перевязанному сечению, полученной в эксперименте, обусловлено низкой прочностью на изгиб пазогребневых плит ($R_t = 1,27 \text{ МПа}$) по сравнению с прочностью на изгиб кирпича (для кирпича марки М100 $R_t = 2,2 \text{ МПа}$).

Для кладки перегородок в зданиях, возводимых в сейсмоопасных регионах, значение расчетные сопротивления кладки из «КНАУФ-гипсоплит» на клеевом растворе «КНАУФ-Фуген» на растяжение при изгибе по перевязанному сечению следует принимать согласно указаниям СП 14.13330.2014 по экспериментальным данным (см. выше) $R_{тb2} = \mathbf{0.19 \text{ МПа}}$.

5. По результатам динамических испытаний допускается применять в сейсмоопасных регионах РФ следующие конструктивные варианты гипсовых перегородок толщиной 80мм и 100мм из пазогребневых плит производства КНАУФ на клеевой растворной смеси «КНАУФ-Фуген»:

– в сейсмоопасных регионах с балльностью площадки до 7 баллов – перегородки из «КНАУФ-гипсоплит» в зданиях высотой до 5-и этажей с применением типовых Г-образных металлических связей, как указано на рис.4.1;

– в сейсмоопасных регионах с балльностью площадки до 9 баллов включительно – перегородки из «КНАУФ-гипсоплит» в зданиях различной этажности и назначения при усилении их с двух сторон базальтовой сеткой производства «ВЗТМ» марки «Экострой-СБШ» (СТО 80193846-047-2017), закрепленной в штукатурный слой из «КНАУФ-Ротбанд» толщиной 20-25мм нанесенный на «КНАУФ-гипсоплит» по технологии «КНАУФ», с расположением связей согласно схеме на рис.4.2.

Допускается применение сетки другого производителя аналогичной по своим характеристикам, назначению и области применения.

Зав. Лаборатории №24
ЦИСС ЦНИИСК, к.т.н

А.В.Грановский

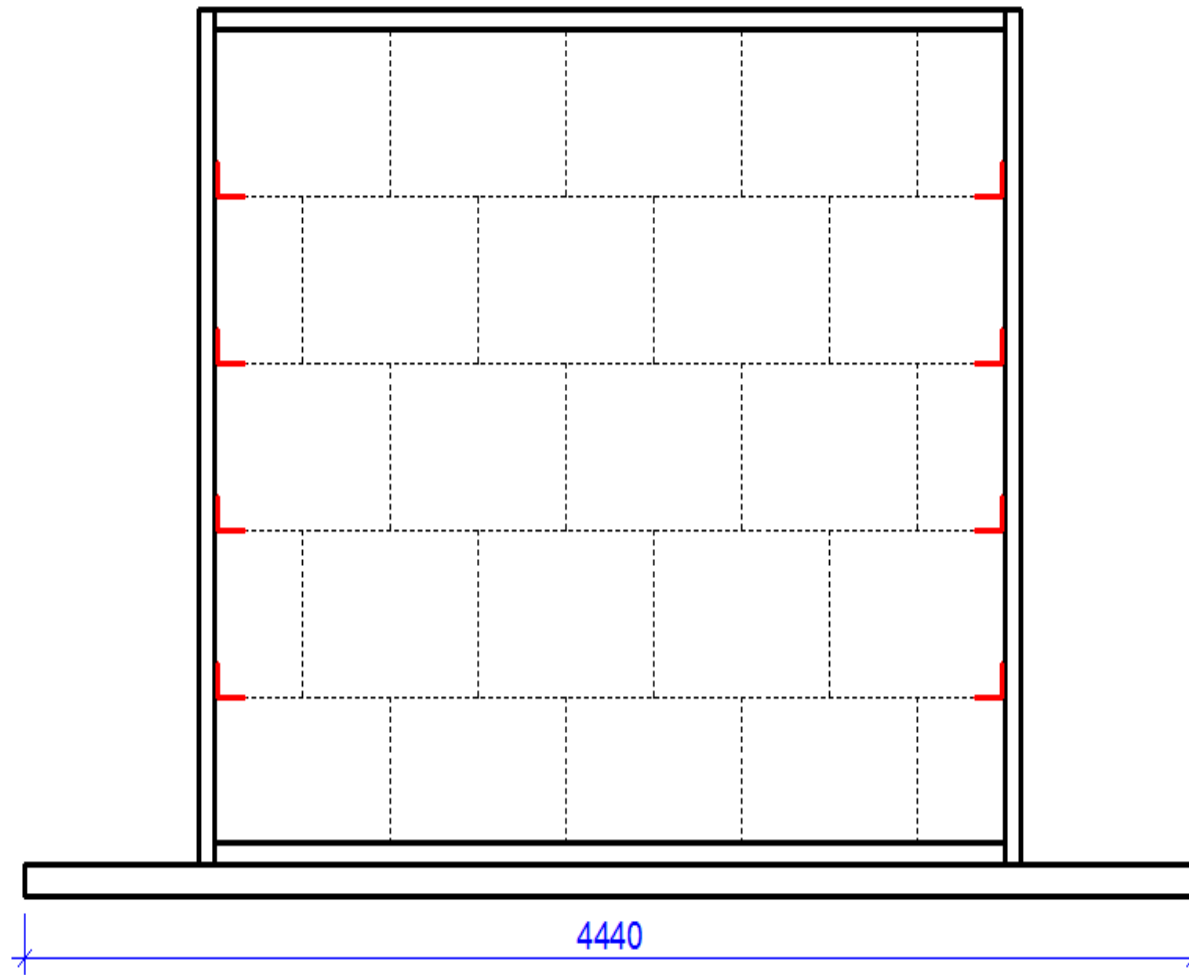


Рисунок 4.1. Схема расположения элементов крепления (связей) перегородки к каркасу (для сейсмоопасных регионов с балльностью площадки до 7 баллов)

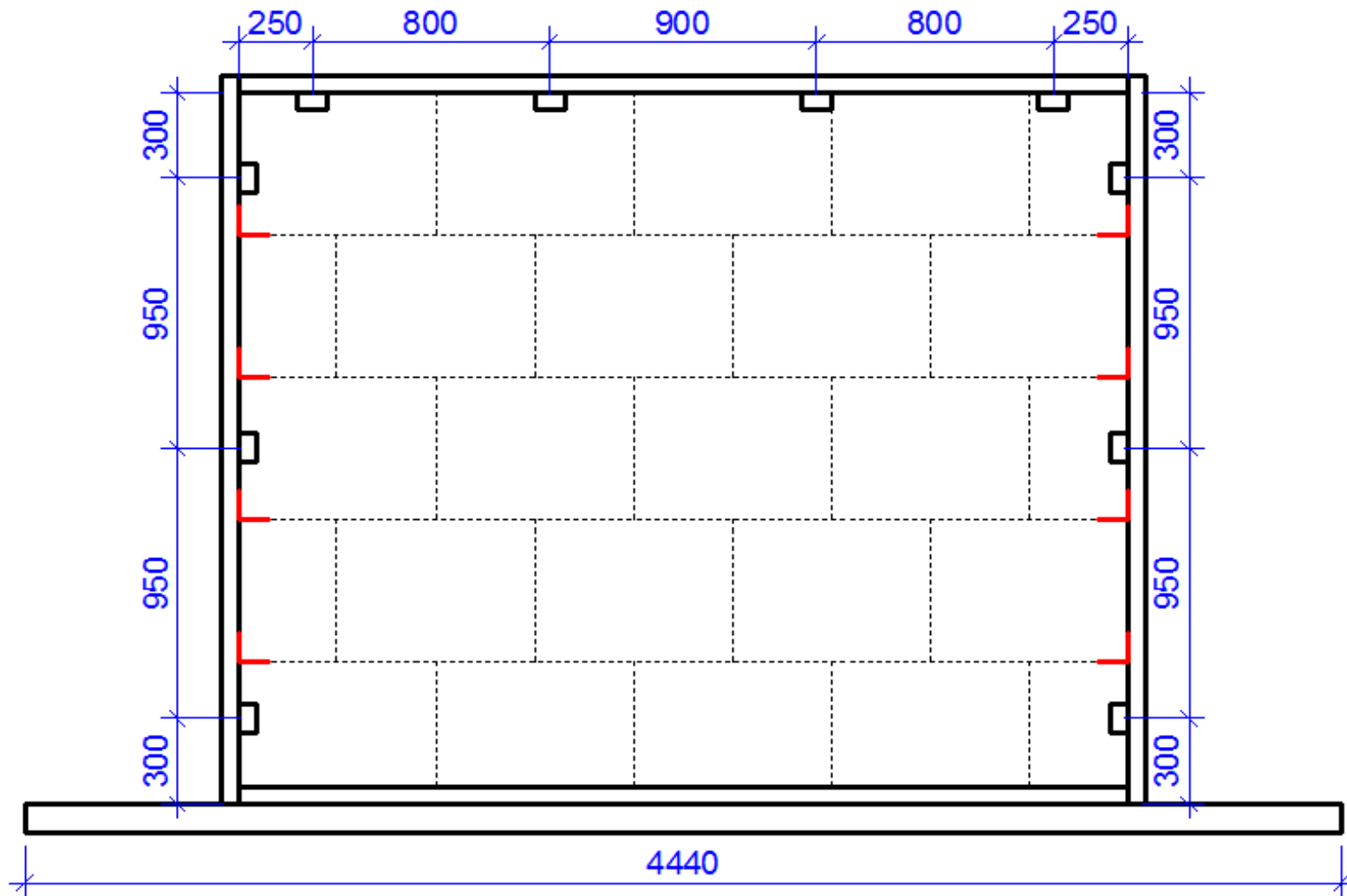


Рисунок 4.2. Схема расположения элементов крепления (связей) перегородки к каркасу (для сейсмоопасных регионов с балльностью площадки до 9 баллов)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 14.13330.2014 «Строительство в сейсмических районах».
2. СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции».
3. СТО 36554501-043-2015 «Сетки строительные из базальтового волокна марки «ЭКОСТРОЙ-СБС»».
4. ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам».
5. Альбом рабочих чертежей КНАУФ по «КНАУФ-гипсоплитам». Комплектные системы КНАУФ. Внутренние стены из гипсовых пазогребневых плит для жилых, общественных и производственных зданий. Шифр М8. 10/07-ПЗ, ОАО ЦНИИПРОМЗДАНИЙ, г.Москва, 2007г.
6. Рекомендации по проектированию и применению перегородок из гипсовых пазогребневых плит для строительства в сейсмических районах. Шифр темы С-259, ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко, 1990г.
7. СП 55-103-2004 «Конструкций с применением гипсовых пазогребневых плит».
8. ГОСТ 5802-86 «Растворы строительные. Методы испытаний».
9. СТО 80193846-047-2017 «Сетка базальтовая штукатурная». ТУ. ООО «ВЗТМ», 2017г.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА МІС-036**

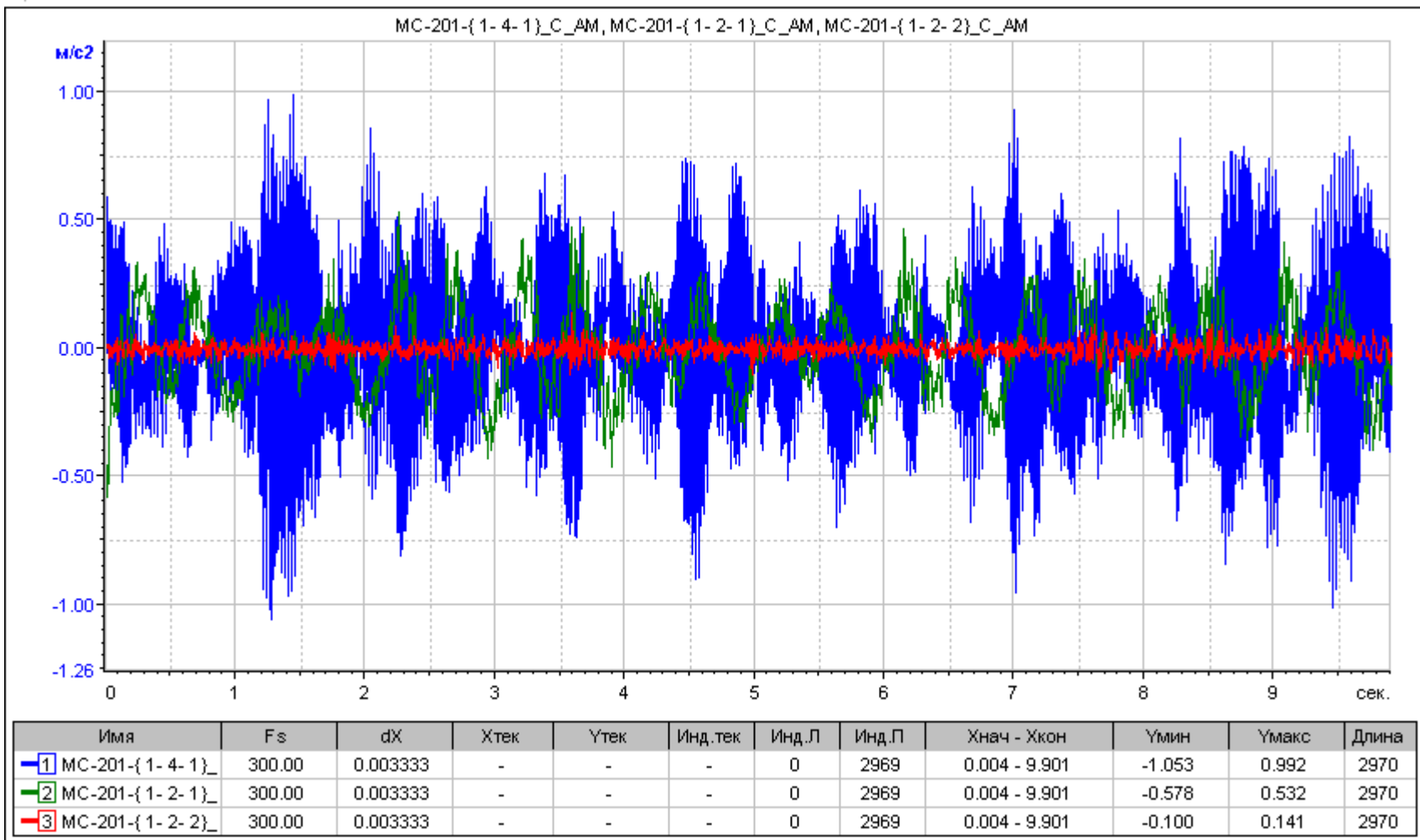


Рис. П1.1 Акселерограмма горизонтальных ускорений. Режим 5.

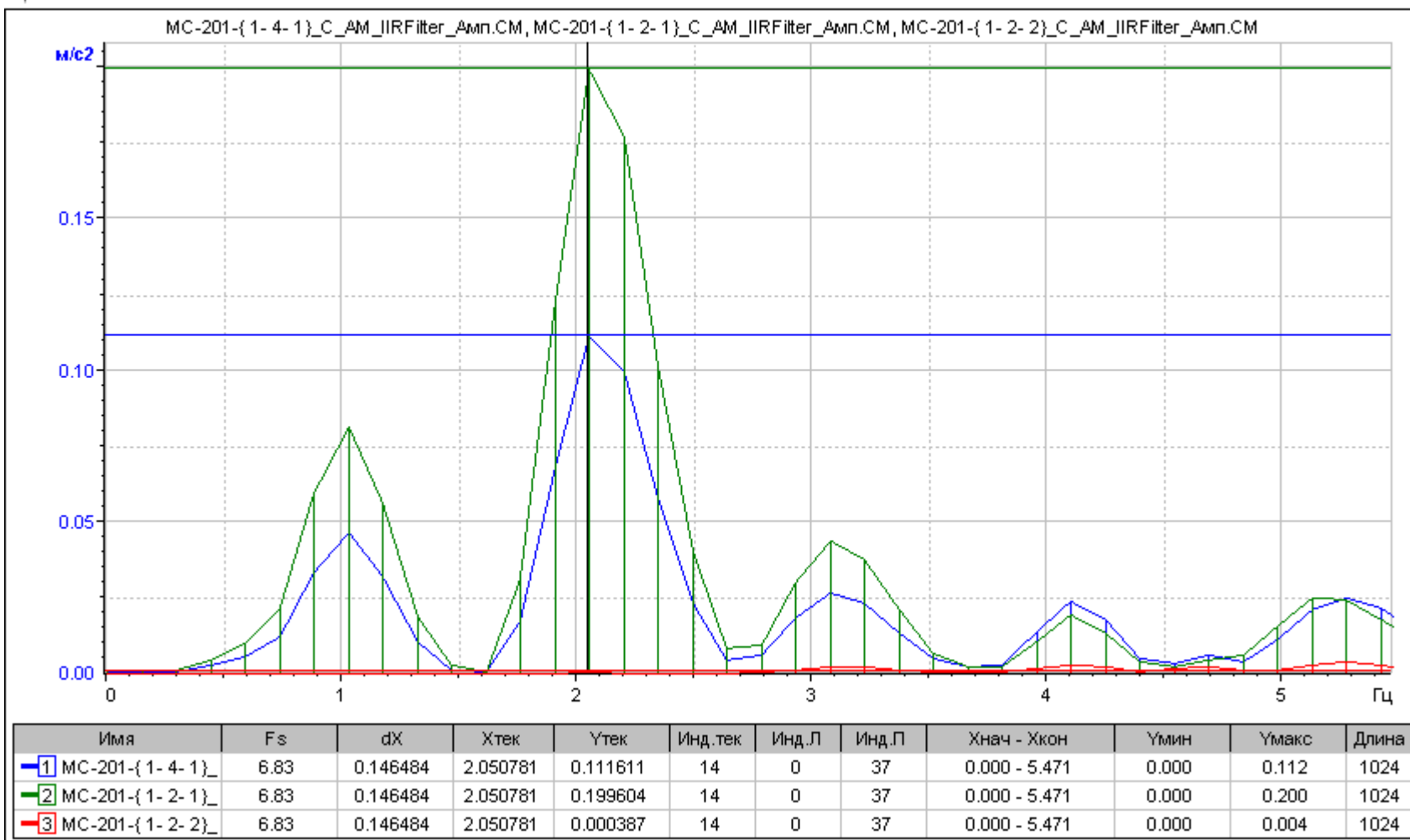


Рис. П1.2 Спектр пиковых значений горизонтальных ускорений. Режим 5.

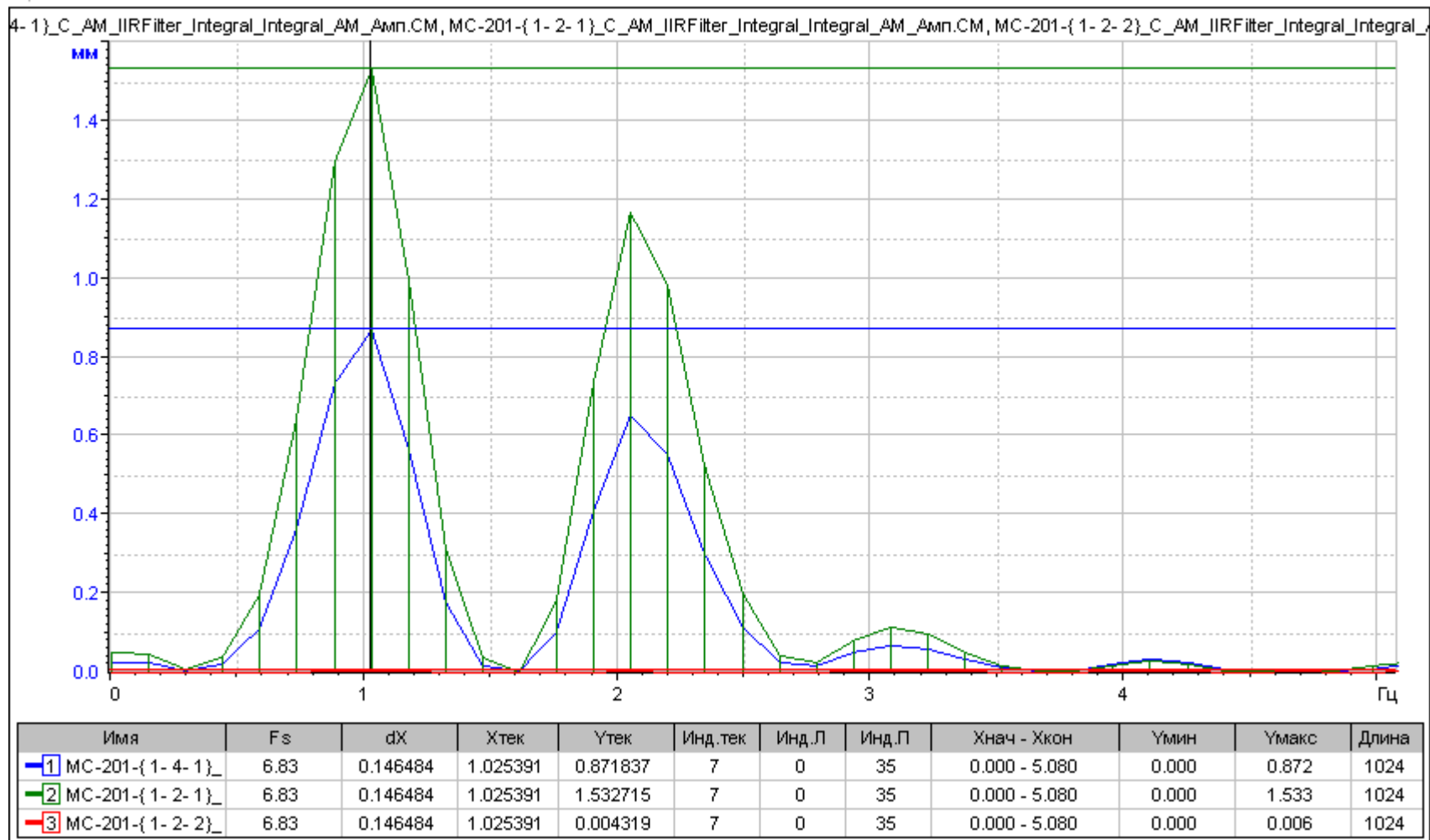


Рис. П1.3 Спектр пиковых значений горизонтальных перемещений. Режим 5.

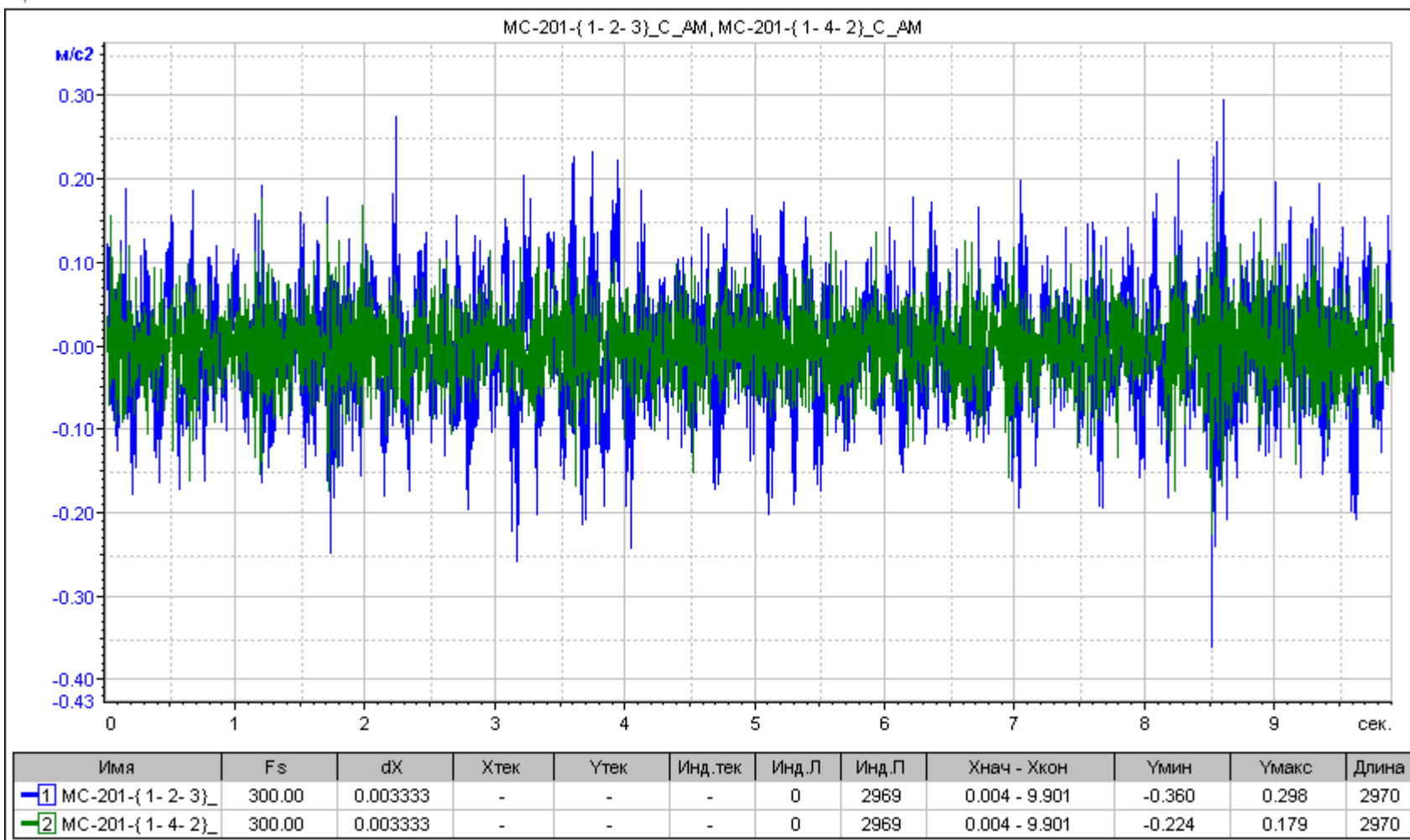


Рис. П1.4 Акселерограмма вертикальных ускорений. Режим 5.

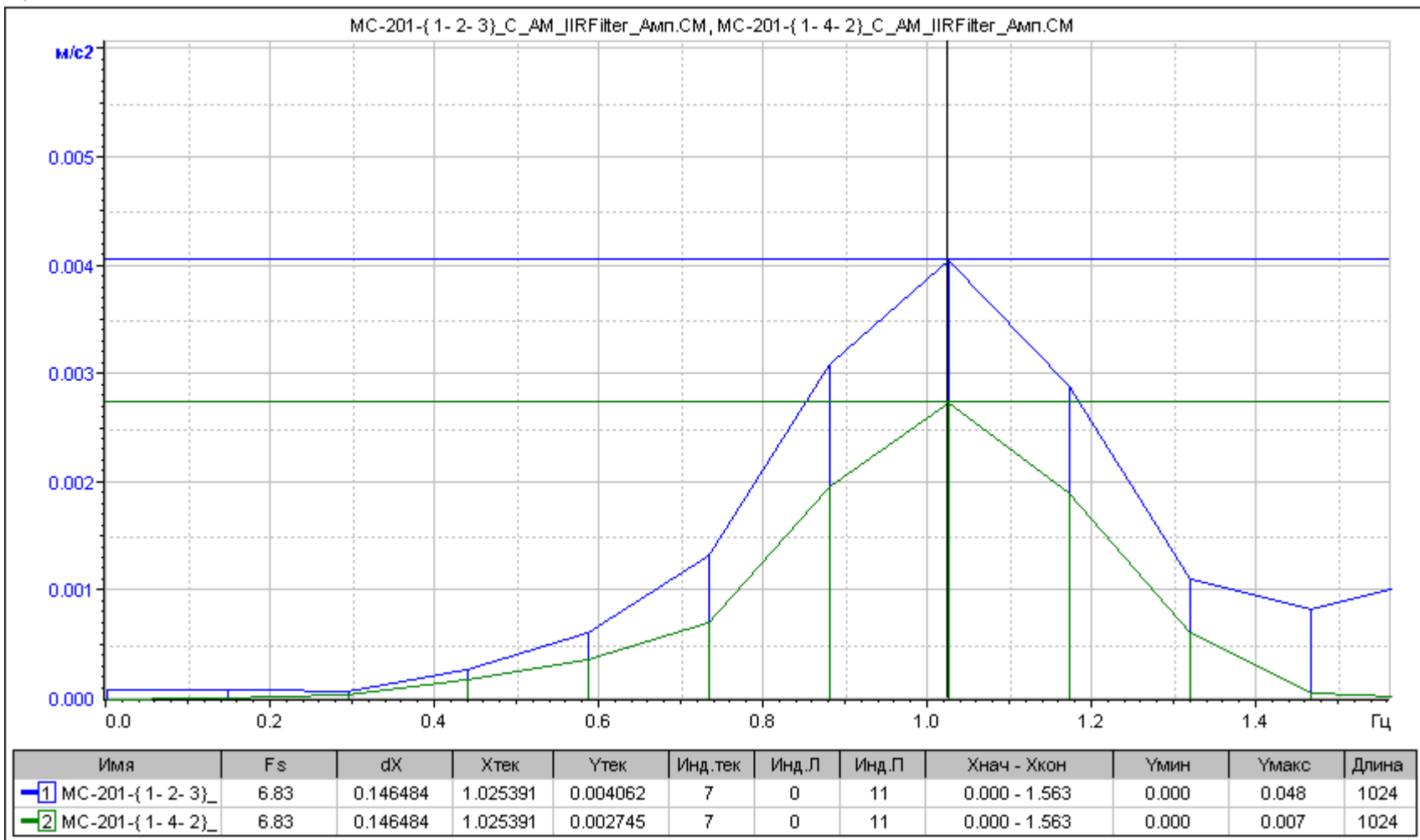


Рис. П1.5 Спектр пиковых значений вертикальных ускорений. Режим 5.

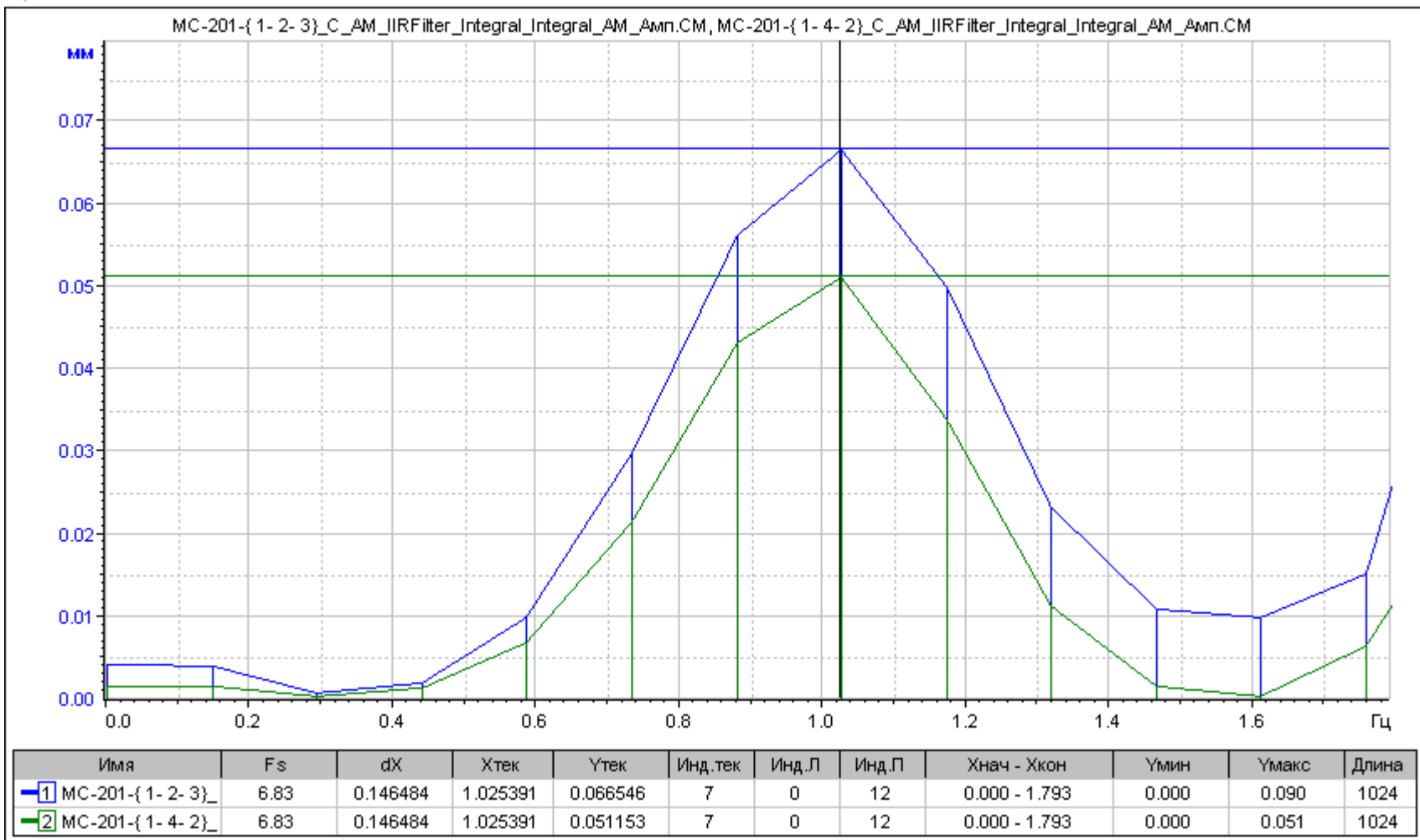


Рис. П1.6 Спектр пиковых значений вертикальных перемещений. Режим 25.

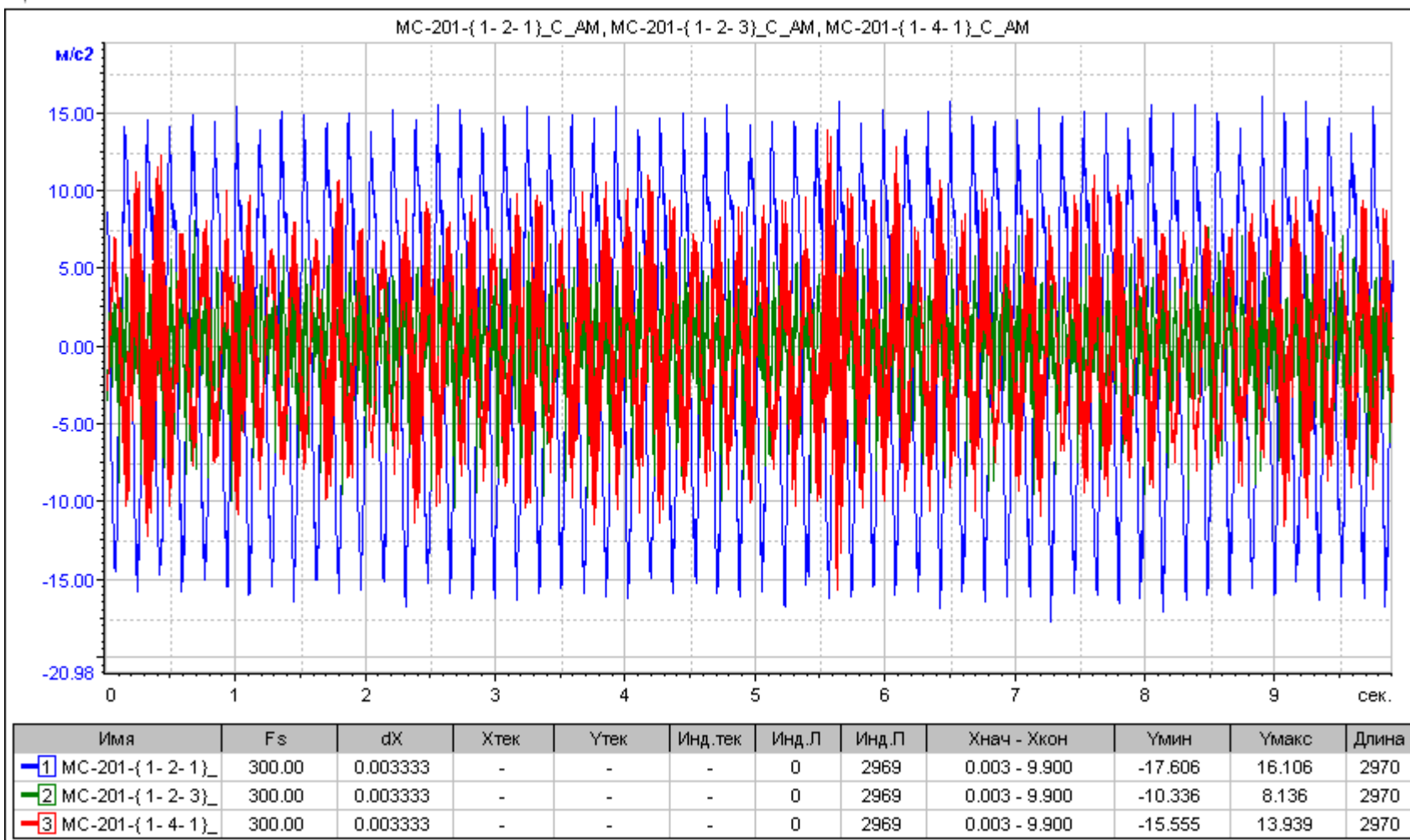


Рис. П1.7 Акселерограмма горизонтальных ускорений. Режим 19.

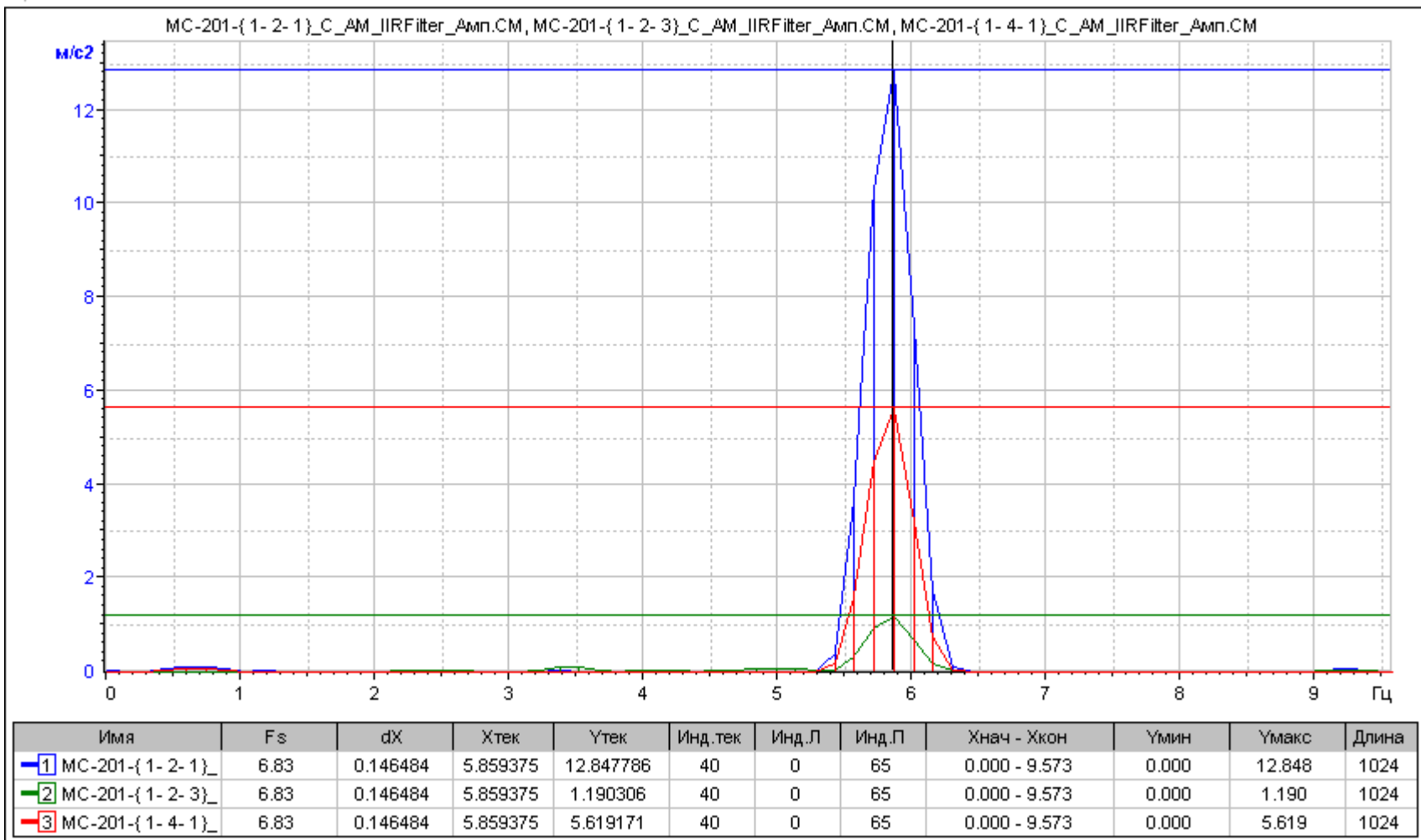


Рис. П1.8 Спектр пиковых значений горизонтальных ускорений. Режим 19.

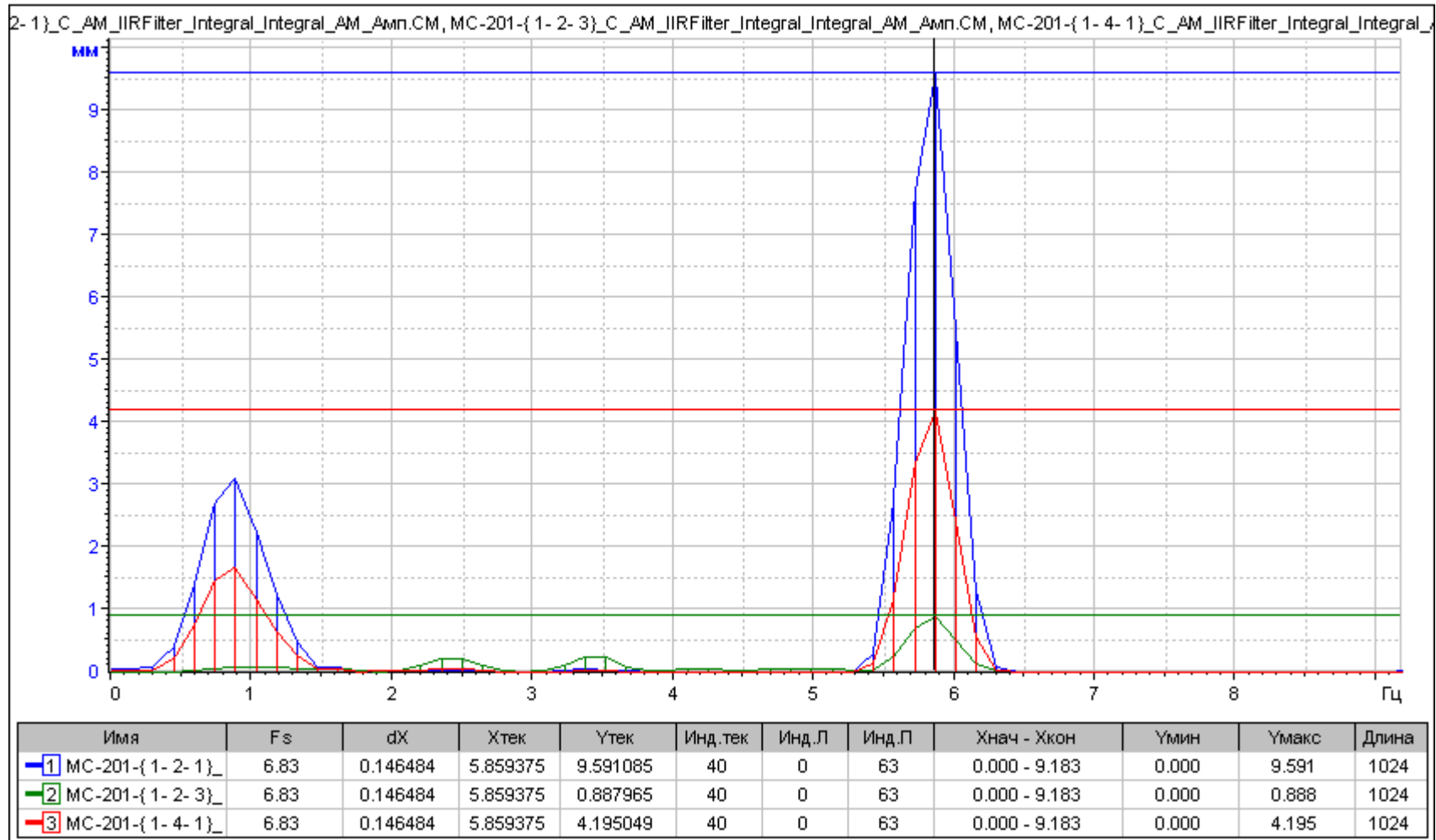


Рис. П1.9 Спектр пиковых значений горизонтальных перемещений. Режим 19.

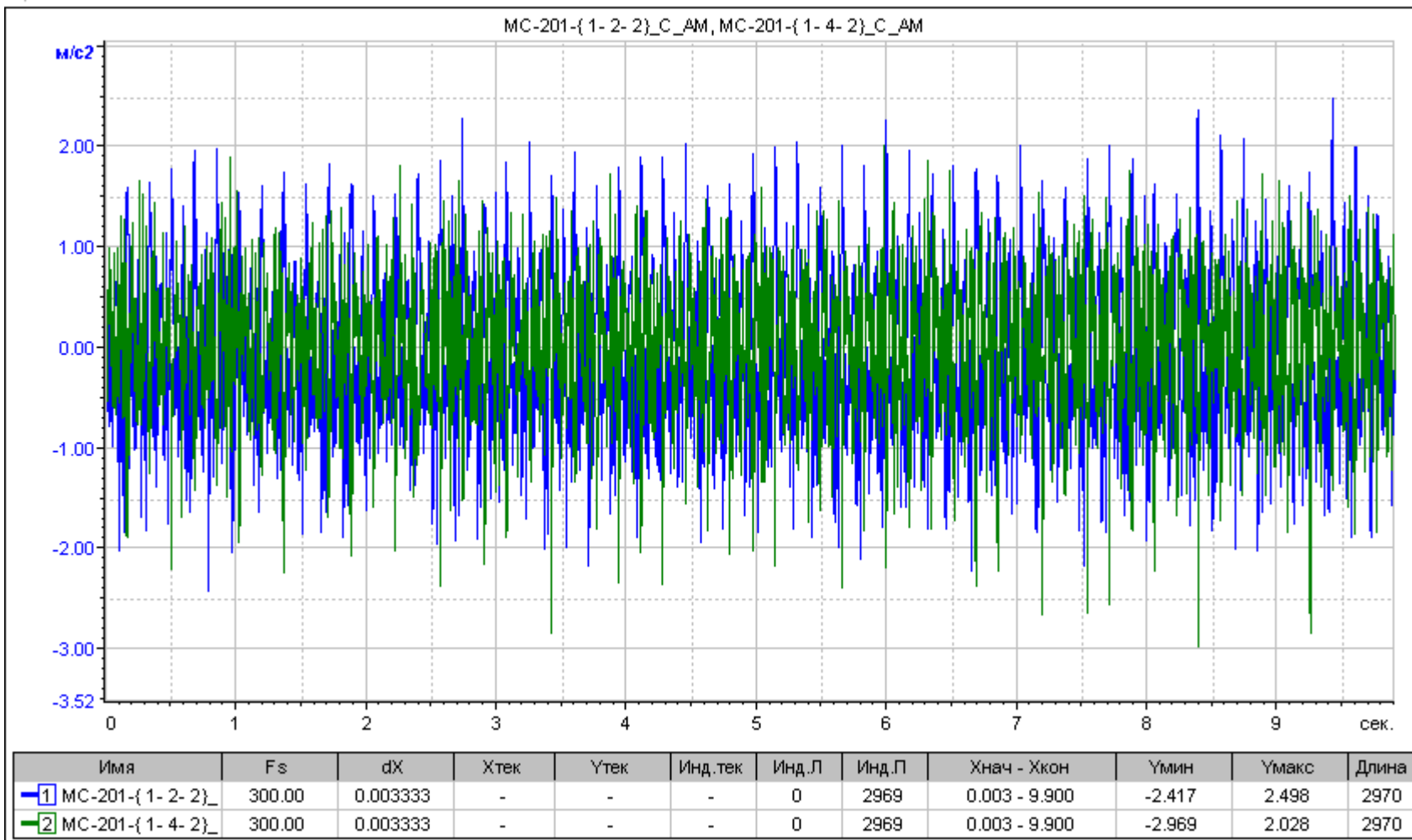


Рис. П1.10 Акселерограмма вертикальных ускорений. Режим 19.

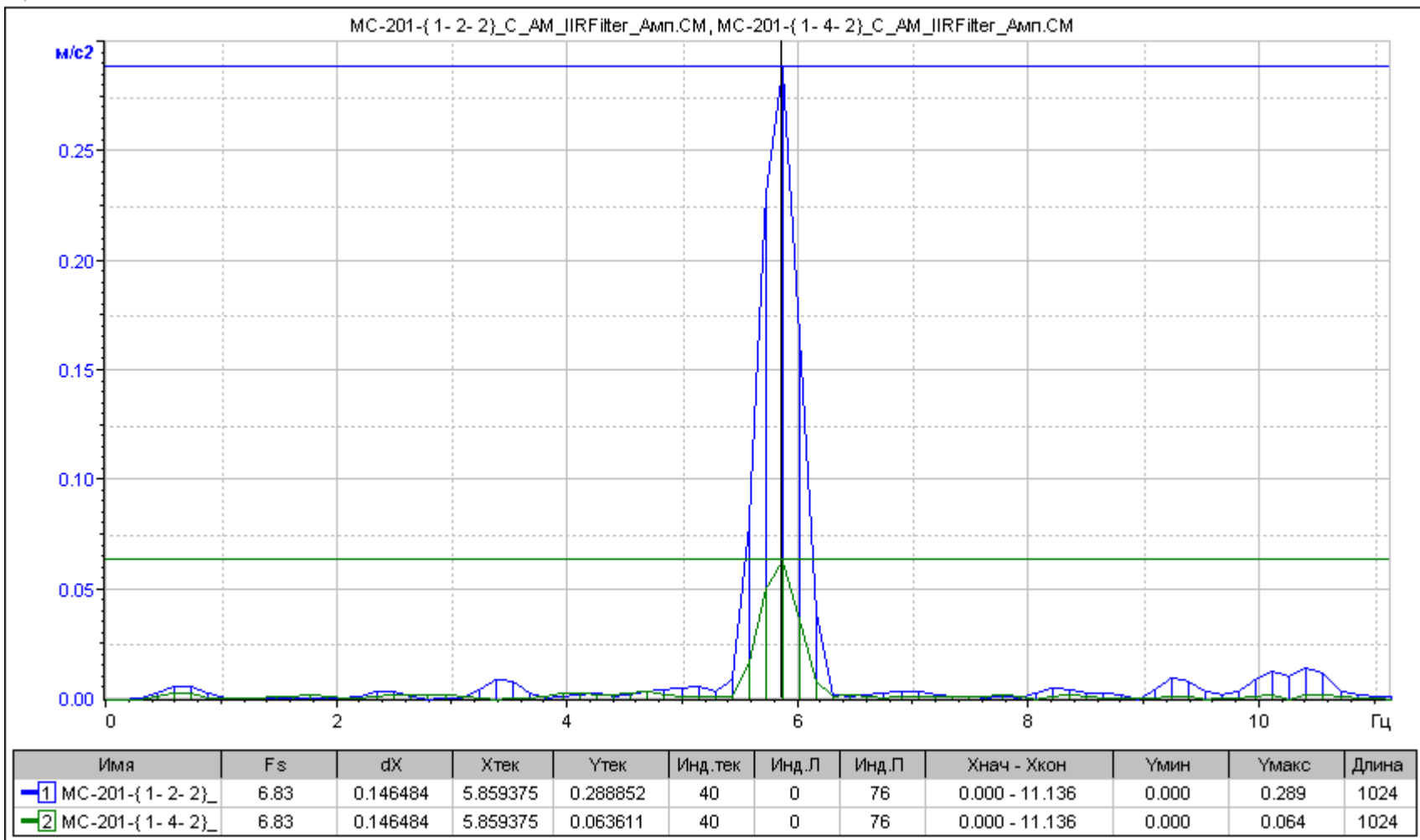


Рис. П1.11 Спектр пиковых значений вертикальных ускорений. Режим 19.

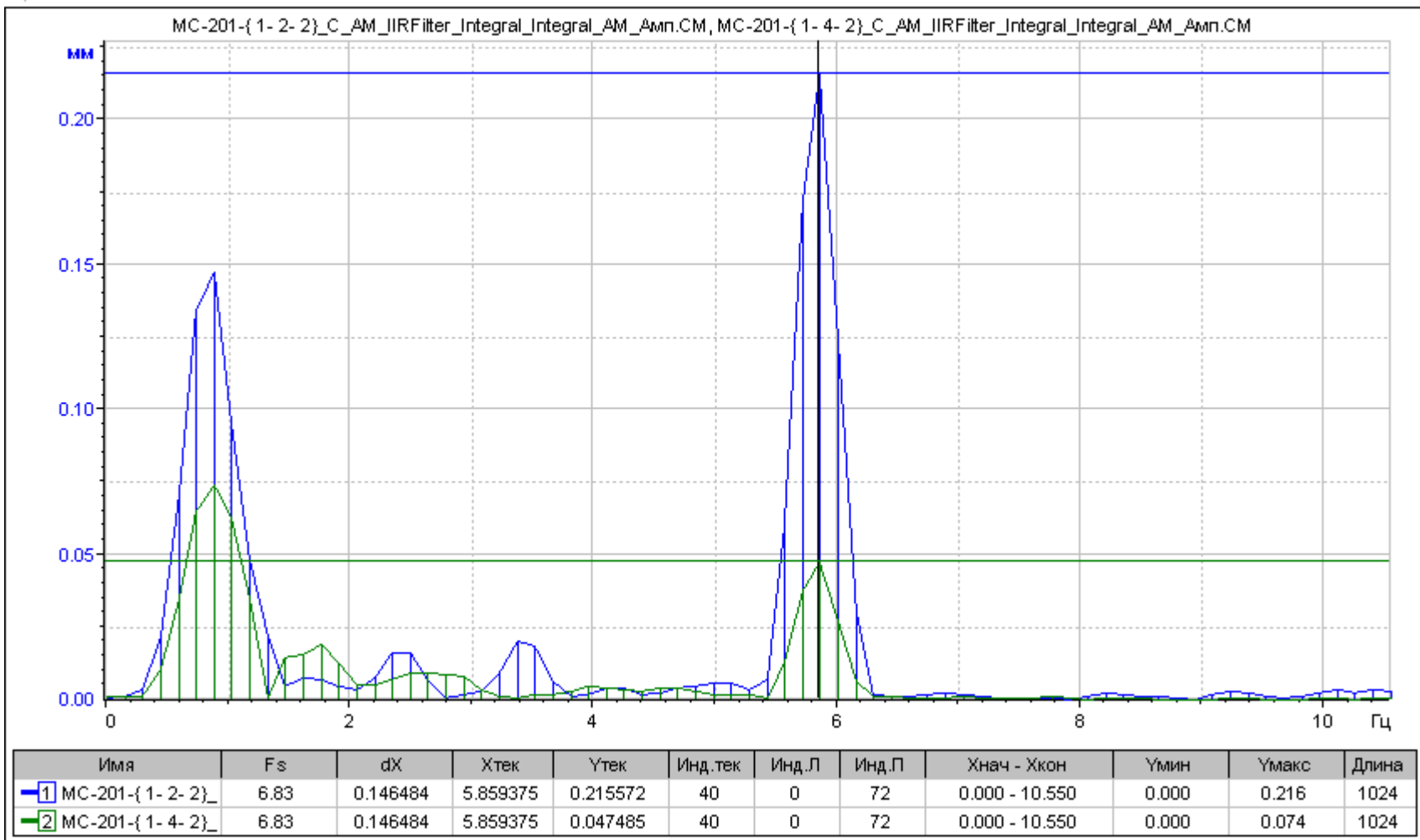


Рис. П1.12 Спектр пиковых значений вертикальных перемещений. Режим 19.

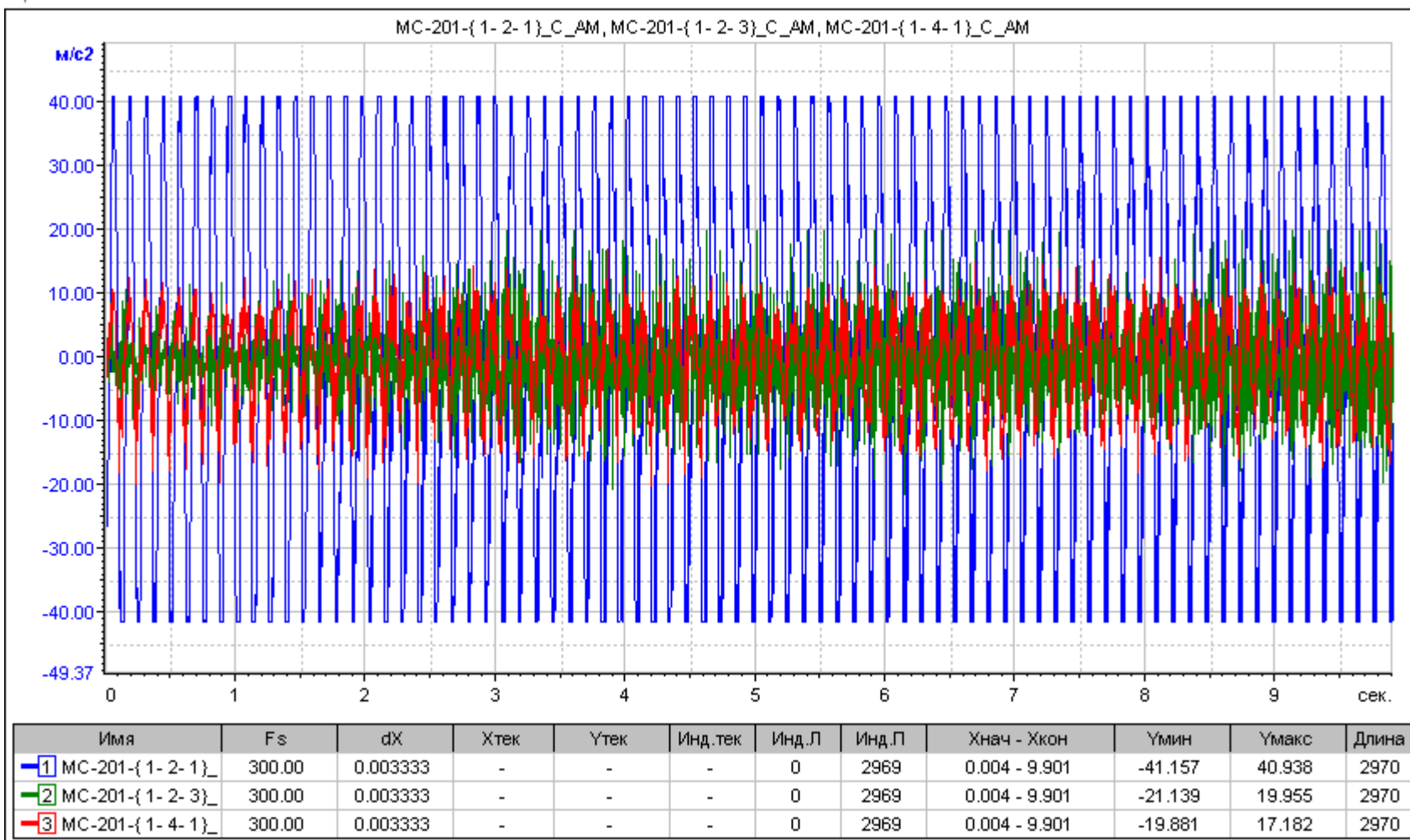


Рис. П1.13 Акселерограмма горизонтальных ускорений. Режим 18.

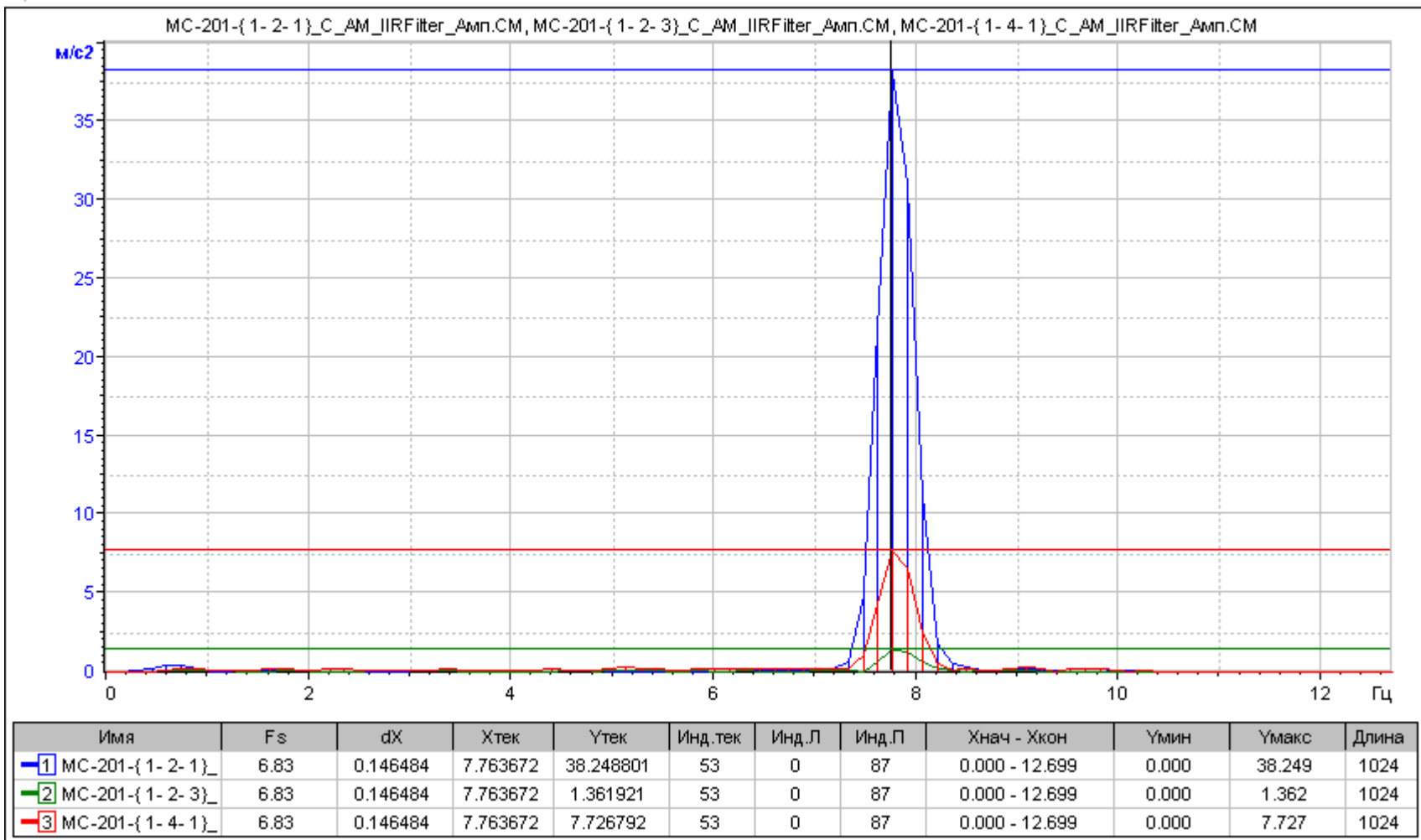


Рис. П1.14 Спектр пиковых значений горизонтальных ускорений. Режим 18.

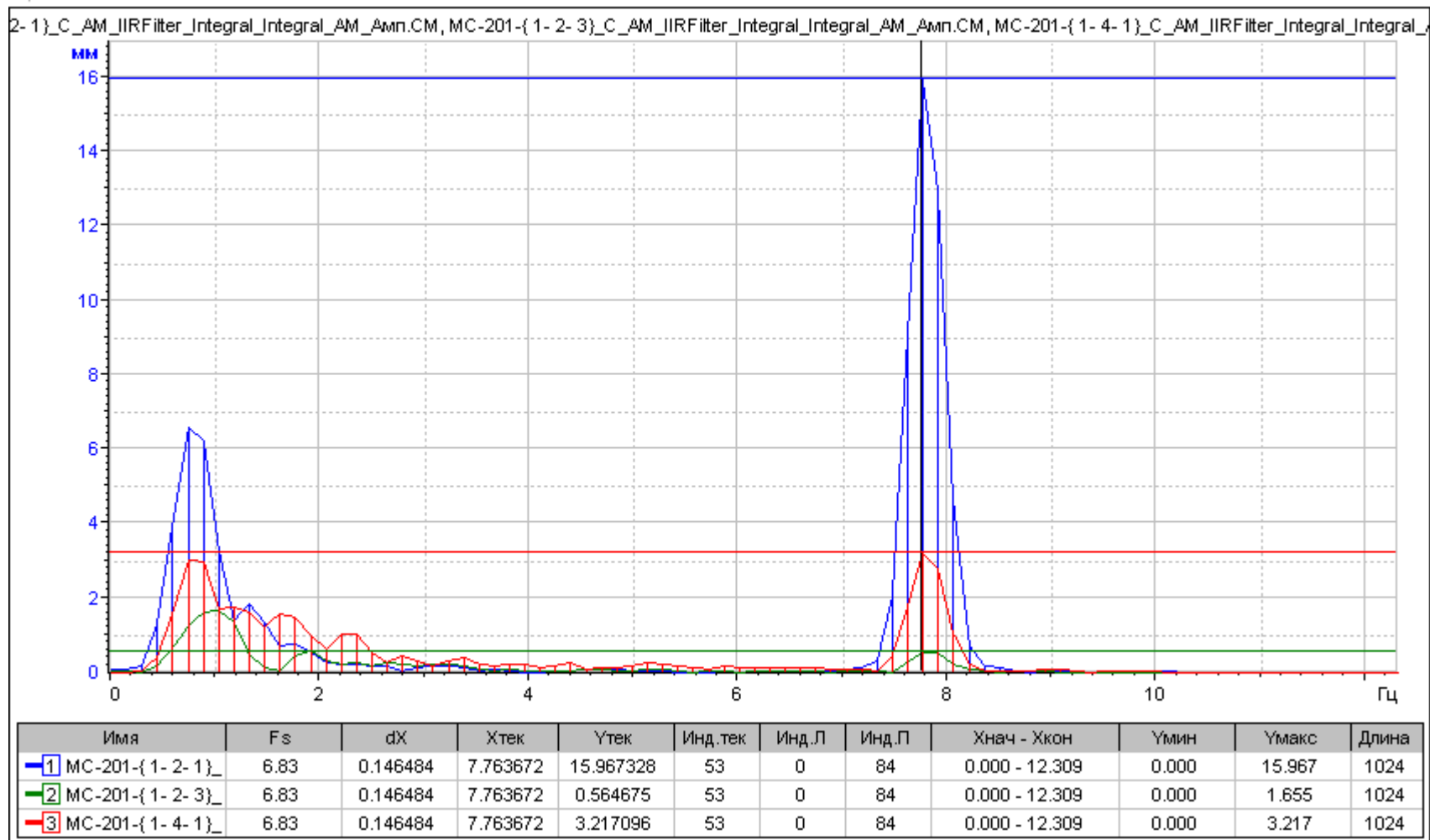


Рис. П1.15 Спектр пиковых значений горизонтальных перемещений. Режим 18.



Рис. П1.16 Акселерограмма вертикальных ускорений. Режим 18.

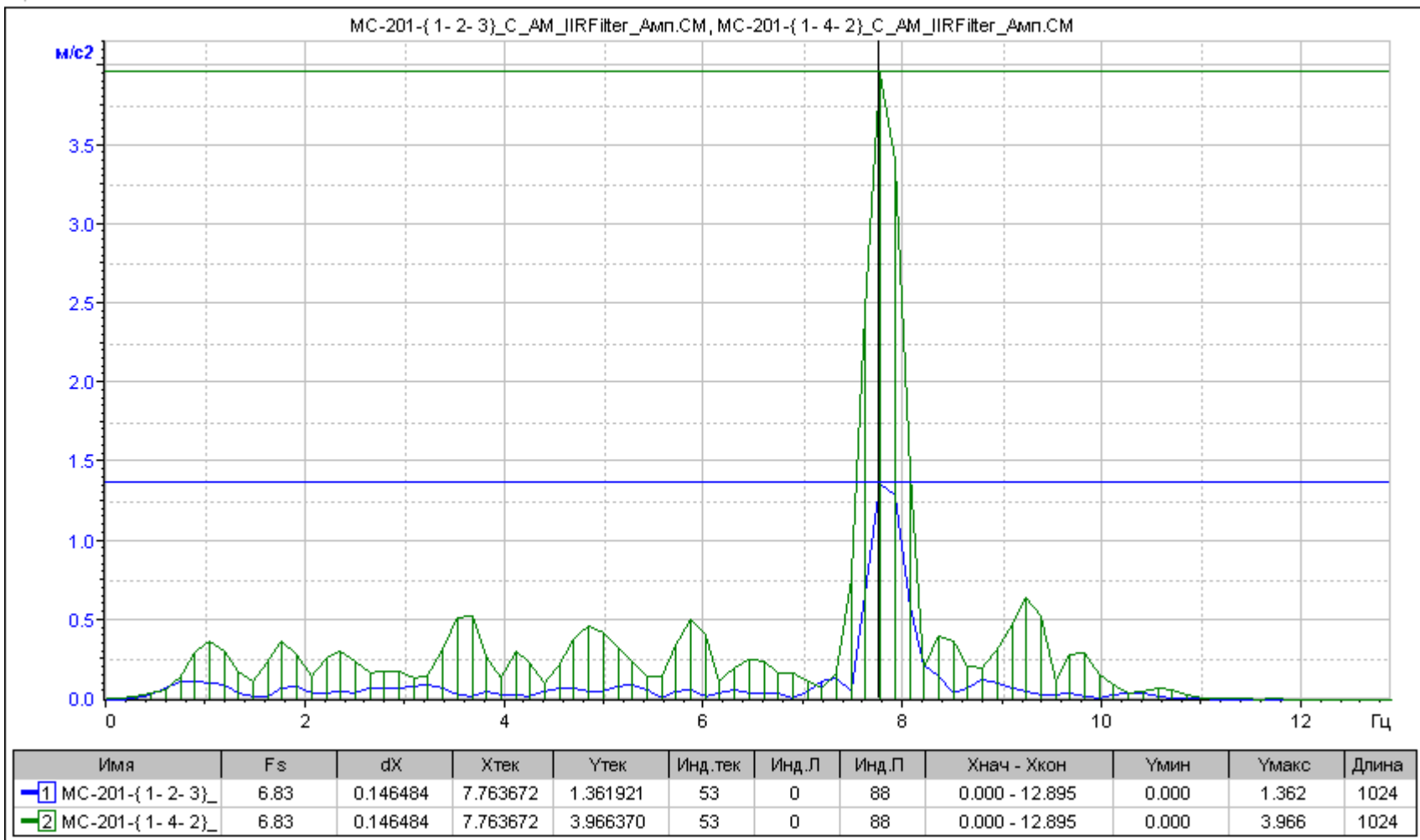


Рис. П1.17 Спектр пиковых значений вертикальных ускорений. Режим 18.

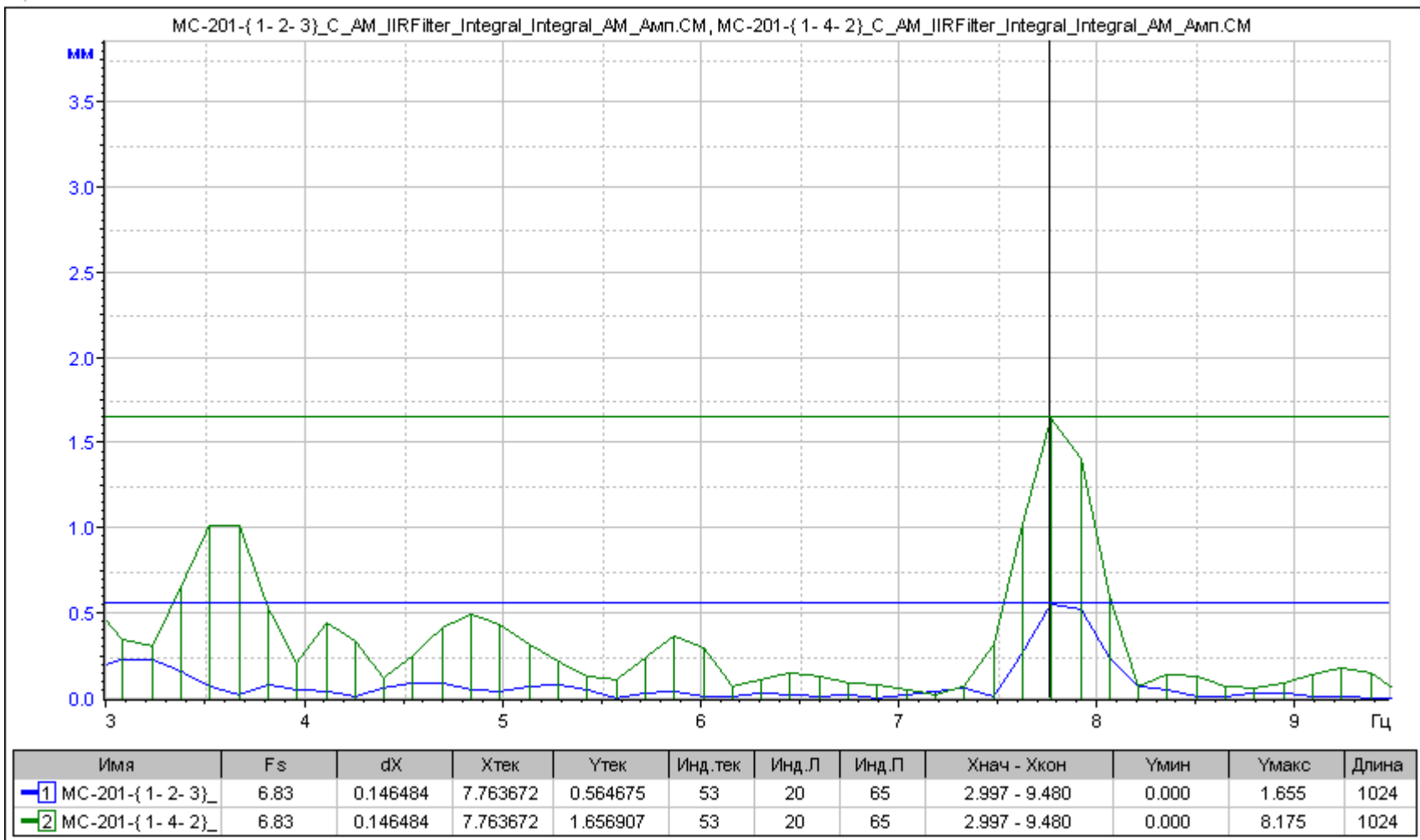


Рис. П1.18 Спектр пиковых значений вертикальных перемещений. Режим 18.

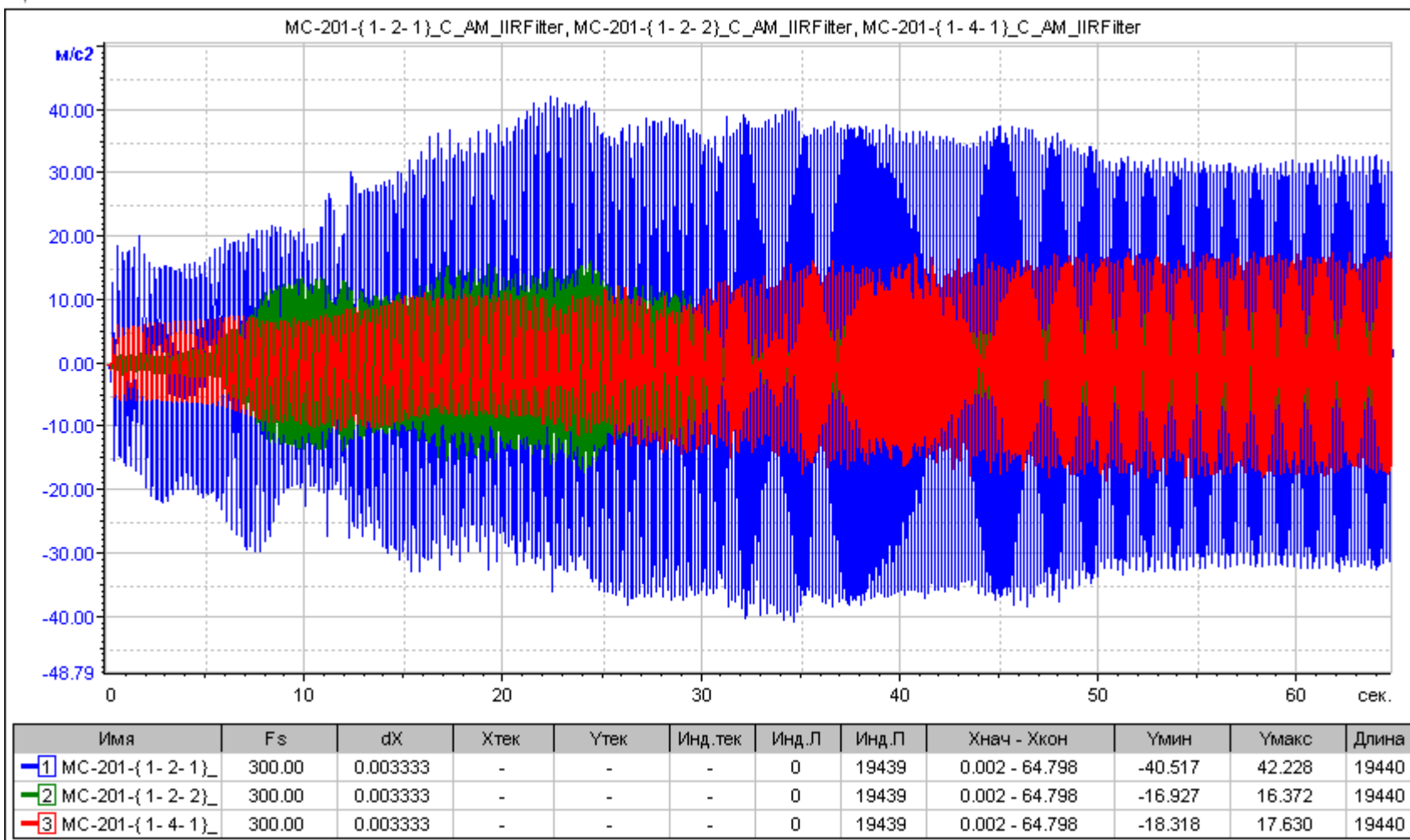


Рис. П1.19 Акселерограмма горизонтальных ускорений. Режим 23.

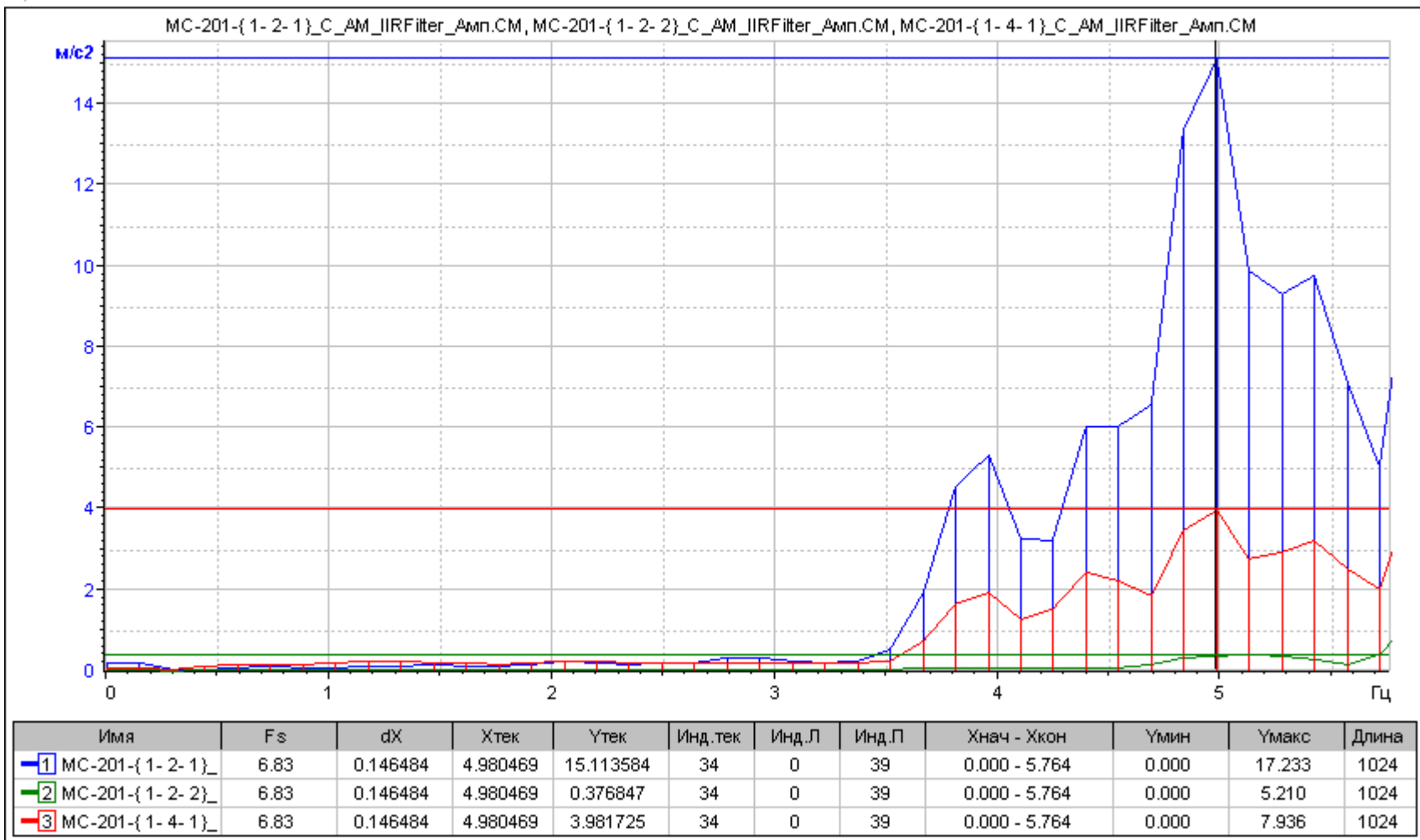


Рис. П1.20 Спектр пиковых значений горизонтальных ускорений. Режим 23.

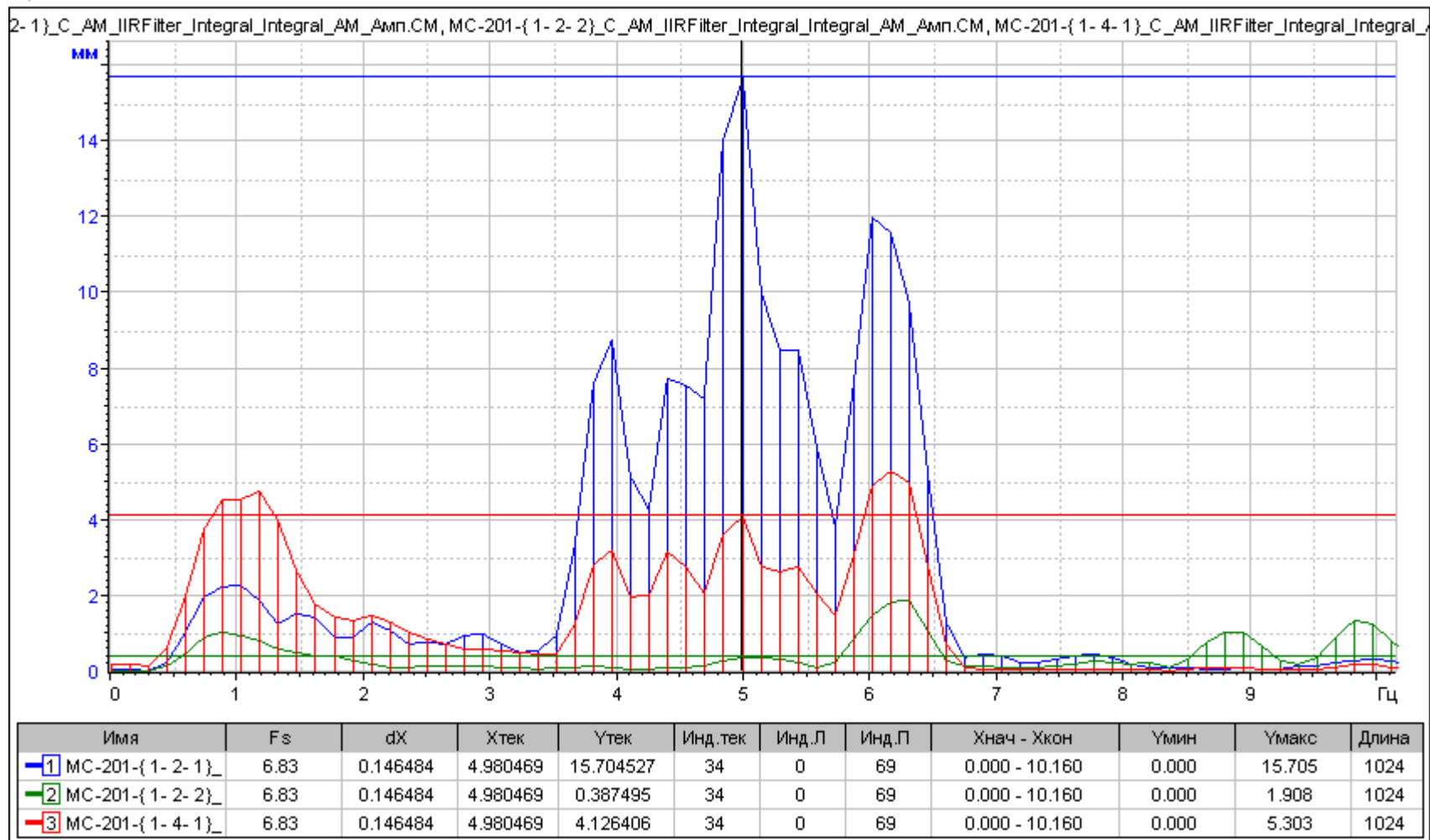


Рис. П1.21 Спектр пиковых значений горизонтальных перемещений. Режим 23.

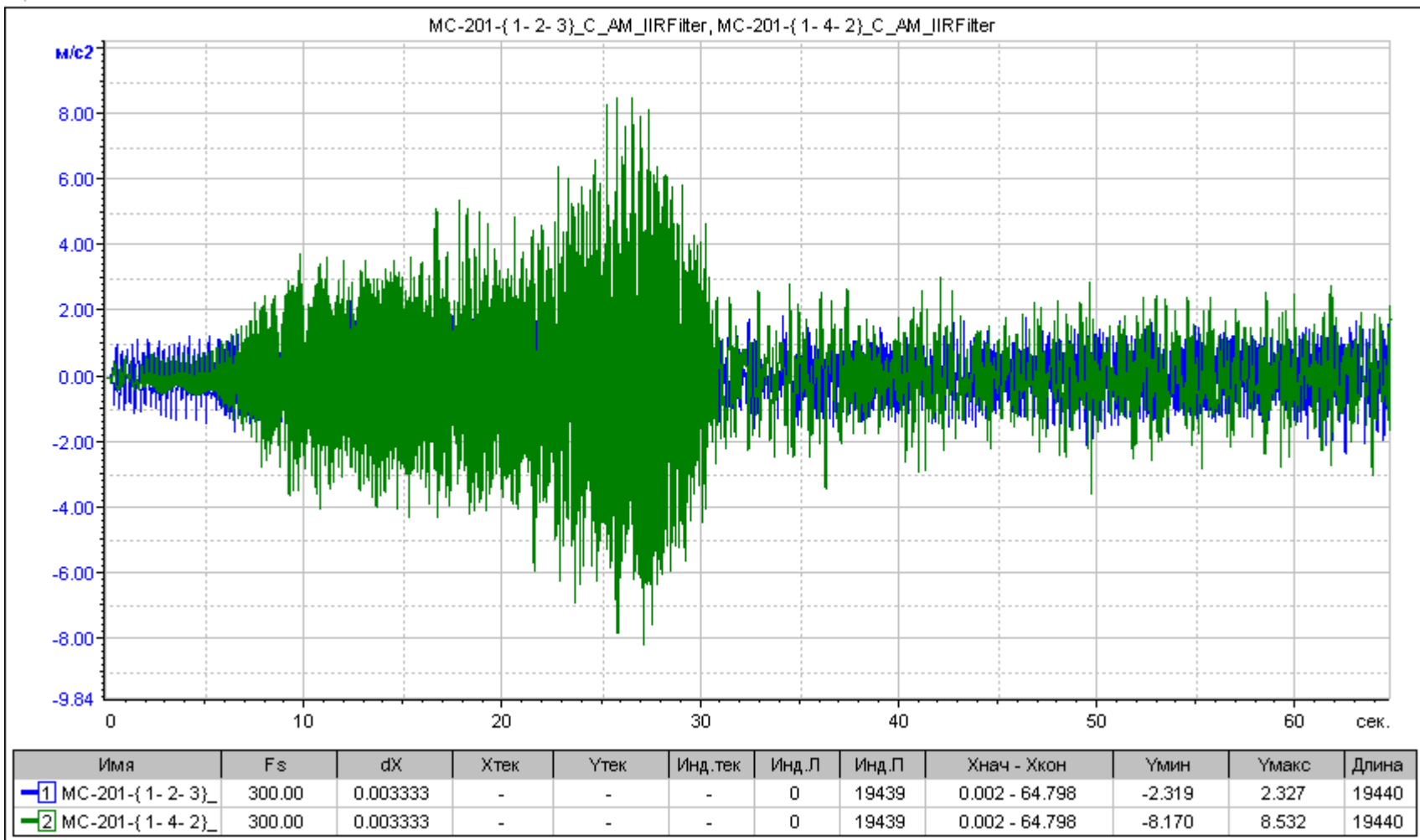


Рис. П1.22 Акселерограмма вертикальных ускорений. Режим 23.

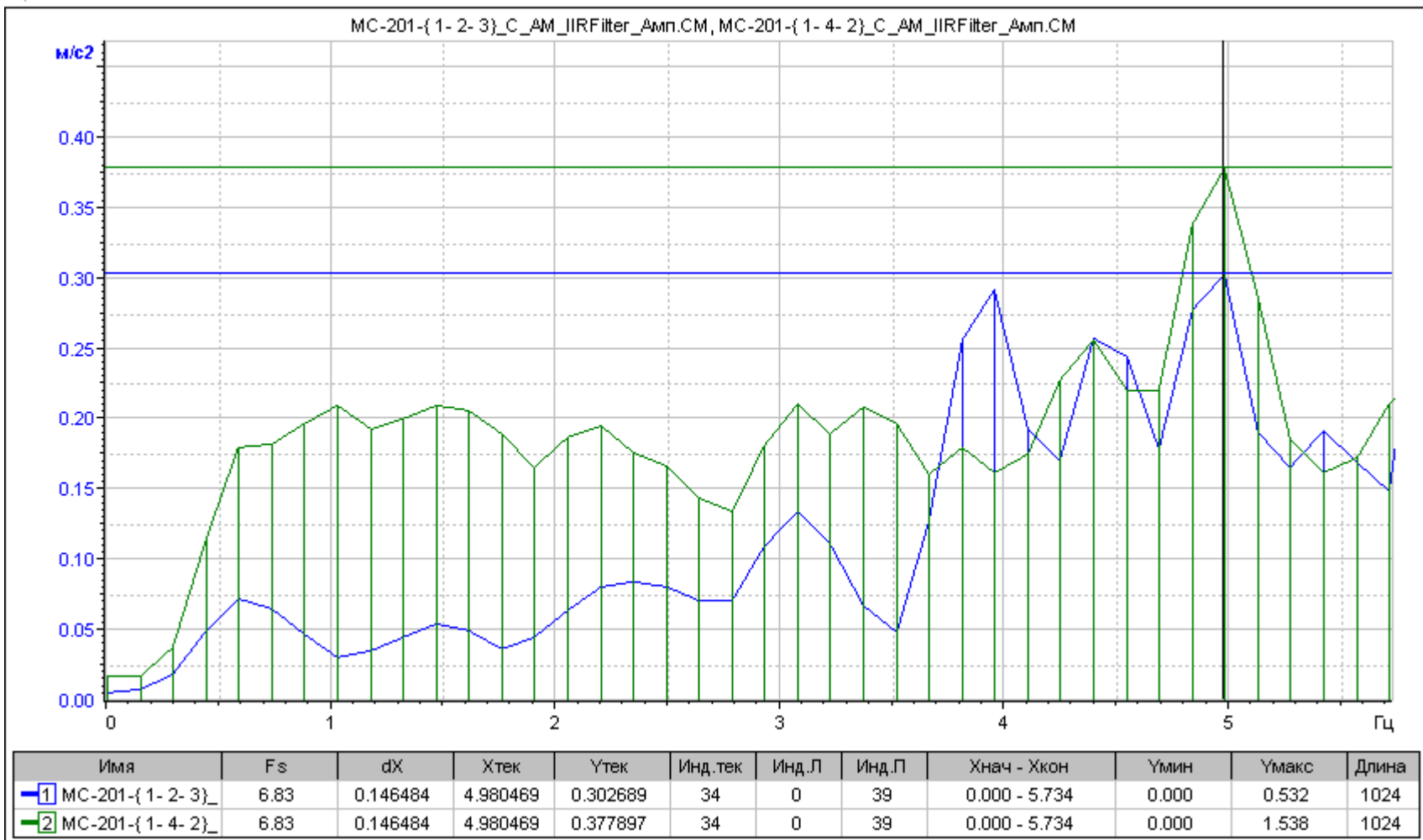


Рис. П1.23 Спектр пиковых значений вертикальных ускорений. Режим 23.

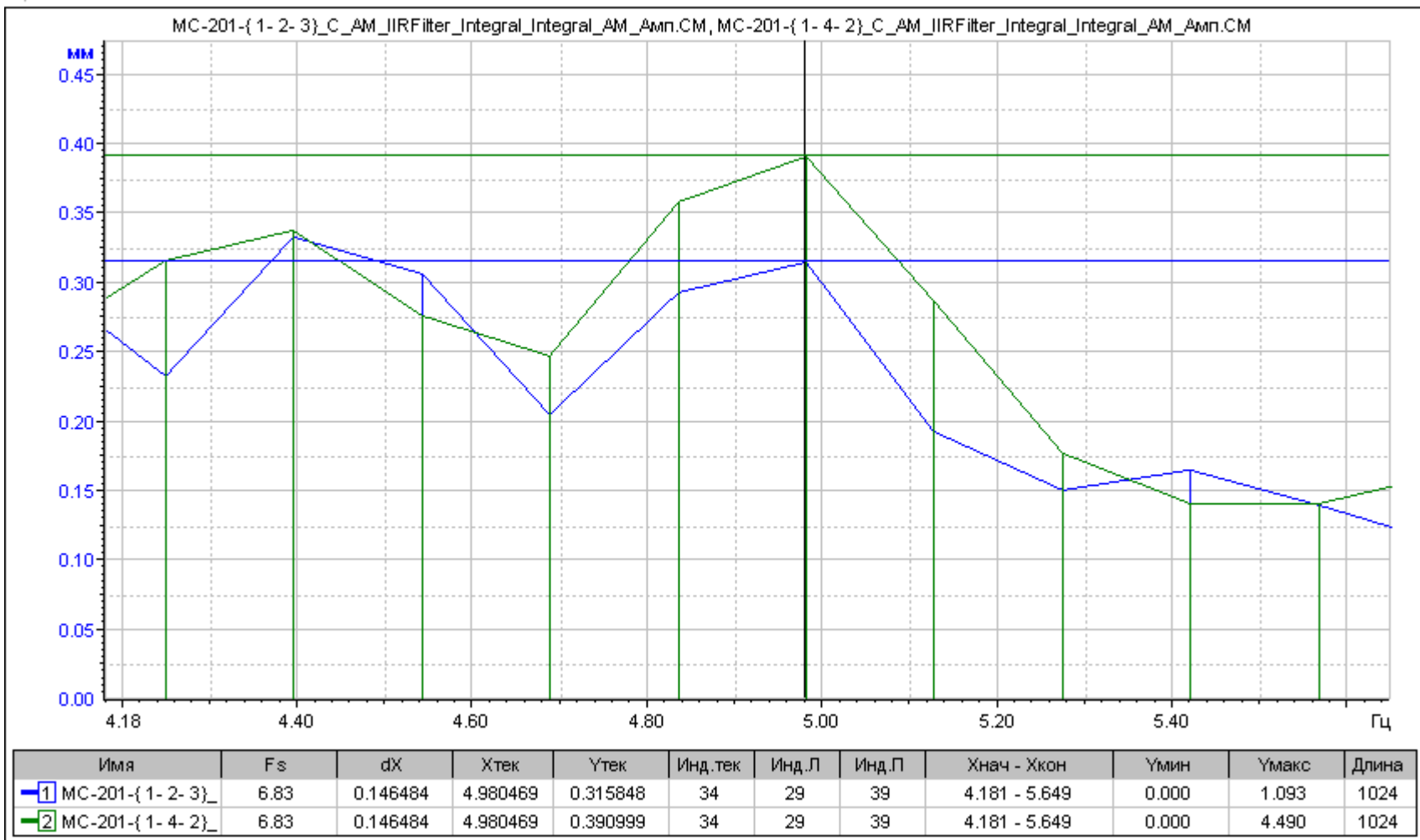


Рис. П1.24 Спектр пиковых значений вертикальных перемещений. Режим 19.

**ВИДЕОСЪЕМКА ИСПЫТАНИЙ НА СЕЙСМИЧЕСКОЕ
ВОЗДЕЙСТВИЕ**

СВИДЕТЕЛЬСТВО