



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

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко

УТВЕРЖДАЮ

Директор

В.А. Кучеренко

Исполнительный директор

В.И. Вединов

2011г.

Научно-технический отчет

по теме:

Научно-технический отчет

по теме:

**«Проведение экспериментальных исследований по оценке сейсмостойкости
навесной фасадной системы «АЛЬТ-ФАСАД-03».**

**Выдача заключения и рекомендаций по применению системы
в районах с сейсмичностью 7 – 9 баллов»**

№ 1159/22-16-11/СК от 04 августа 2011г.

Москва, 2011г.



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

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко

УТВЕРЖДАЮ

Директор

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко

доктор технических наук

И.И. Ведяков

2011г.



Научно-технический отчет


по теме:

**«Проведение экспериментальных исследований по оценке сейсмостойкости
навесной фасадной системы «АЛЬТ-ФАСАД-03».**

**Выдача заключения и рекомендаций по применению системы
в районах с сейсмичностью 7 – 9 баллов»**

№ 1159/22-16-11/СК от 04.08.2011


Руководитель ЦИСС
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко
к.т.н.


В.И. Смирнов

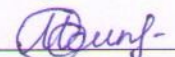
Зав. ЛЭИМПСС


И.М. Семенов

Ст. инженер


Р.Р. Ахатов

Ст. инженер


М.В. Осипова

Москва, 2011г.

1. Введение. Цель экспериментальных исследований.....	3
2. Общие сведения	3
3. Методика испытаний	8
3.1. Общие положения	8
3.2. Назначение параметров воздействия.....	10
4. Оборудование, средства измерения и регистрации	11
4.1. Виброплатформа ВП-100	11
4.2. Средства измерения и регистрации динамических характеристик конструкций и воздействий на них	11
5. Описание экспериментальных образцов.....	12
6. Результаты динамических испытаний	21
6.1. Режимы испытаний	21
6.2. Параметры испытываемых образцов	22
6.3. Анализ полученных экспериментальных данных	24
7. Заключение.....	30
Список литературы.....	32

Приложение 1. Сравнение результатов испытаний	33
--	-----------

Приложение 2. Видеоматериалы (только в 1-м экз. отчета)	
--	--

1. Введение. Цель экспериментальных исследований

Настоящий научно-технический отчет составлен по результатам экспериментальных исследований сейсмостойкости продукции: «Навесная фасадная система «АЛЬТ-ФАСАД-03».

Работы выполнялись в соответствии с договором № 1159/22-16-11/СК от 04 августа 2011 года, заключенным между ЗАО «Альтернатива» и ОАО «НИЦ Строительство».

Испытания проводились на виброплатформе ВП-100.

Цель работы - оценка пригодности и эксплуатационной надежности указанной выше продукции. Определение области и условий её применения в районах с сейсмичностью 7 - 9 баллов.

Настоящий отчет составлен в соответствии с требованиями нормативных документов, технических регламентов и стандартов.

2. Общие сведения

В настоящем отчете рассмотрены результаты исследований на сейсмостойкость конструкций фасадной системы производства ЗАО «Альтернатива», предназначенной для облицовки зданий и сооружений листовыми материалами и панелями с видимым креплением.

Навесная фасадная система (НФС) «АЛЬТ-ФАСАД-03» включает в себя следующие основные конструктивные элементы (некоторые из этих элементов представлены на рис. 1):

- стальные кронштейны и удлинители кронштейнов, устанавливаемые (закрепляемые) на несущие конструкции зданий и сооружений, имеющие полимерное или гальваническое антикоррозионные покрытия или изготавливаемые из стойких к коррозии сталей;

- стальные вертикальные и горизонтальные направляющие, закрепляемые между собой или устанавливаемые на несущих кронштейнах (удлинителях кронштейнов);

- детали примыкания НФС к проемам, углам и другим элементам зданий и сооружений;

- плоские облицовочные асбестоцементные или фиброцементные плиты, имеющие защитно-декоративное покрытие;

- детали для крепления элементов НФС между собой, - стальные вытяжные заклепки, самонарезающие винты, резьбовой крепеж.

- элементы крепления кронштейнов к несущим строительным конструкциям (химические, распорные анкерные устройства и др.);

- элементы теплоизоляции, - плиты из минерального (каменного) волокна, стеклянного штапельного волокна;

- элементы крепления теплоизоляции (тарельчатые стеклопластиковые или стальные дюбели со специальными распорными элементами и гильзами);

- элементы паро-, ветро-, гидрозащиты – соответствующие мембраны, самоклеящиеся ленты; паронитовые прокладки для снижения теплопотерь.



Рис. 1. Элементы каркаса НФС «АЛБТ-ФАСАД-03»

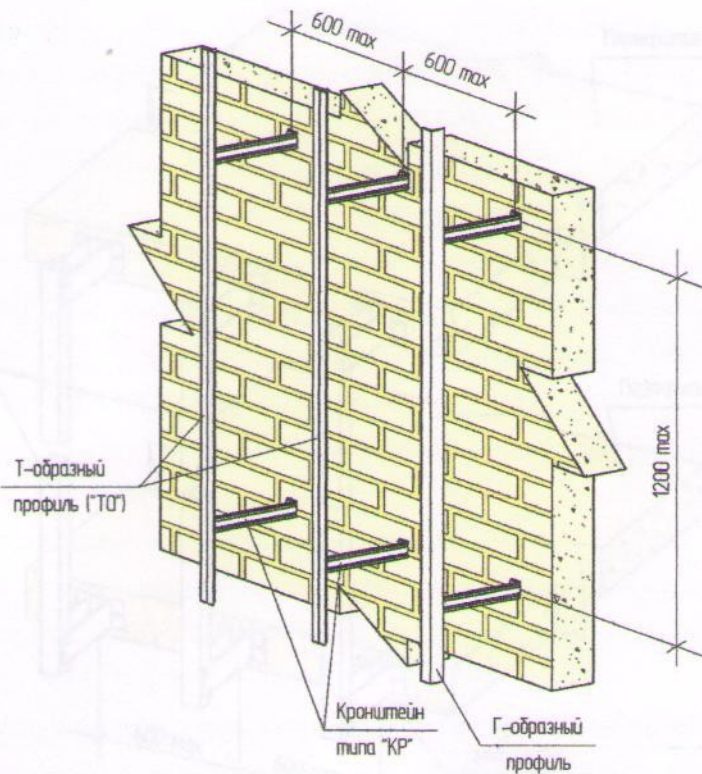
Конструктивное описание отдельных элементов НФС, решения по установке НФС на несущие строительные конструкции, узлы стыка элементов НФС и другие технические данные представлены в [1].

Перечисленные выше конструктивные элементы в совокупности образуют навесную фасадную систему, имеющую несущий каркас из кронштейнов и направляющих, соединенных между собой заклепочными и резьбовыми соединениями, и самонесущий облицовочный слой с воздушным зазором между внутренней поверхностью плит облицовки и наружной поверхностью строительной конструкции (или поверхностью утеплителя, при наличии).

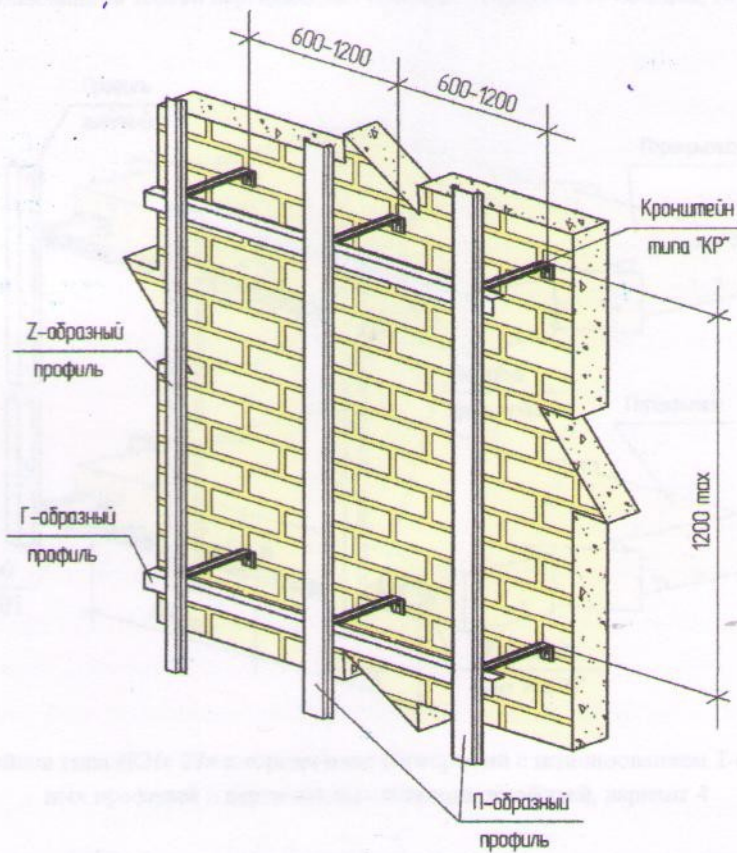
В соответствии с [1] предусмотрено четыре варианта конструктивного исполнения НФС, отличающихся друг от друга решениями по устройству несущего каркаса.

По первому варианту к вертикально выступающим полкам несущих кронштейнов типа «КР» двумя вытяжными заклепками или самонарезающими винтами крепят вертикальные направляющие из основного Т-образного или Г-образного профилей, рис. 2, а). Максимальная длина направляющих – 3,0 м. Горизонтальный шаг расстановки кронштейнов – 600 мм. Максимальное расстояние между кронштейнами по вертикали – 1200 мм. В системе предусмотрено использование специальных удлинителей кронштейнов (типа «УД кр»), что позволяет регулировать вылет (зазор между поверхностью строительной конструкции и плитами облицовки) в пределах (50÷420) мм.

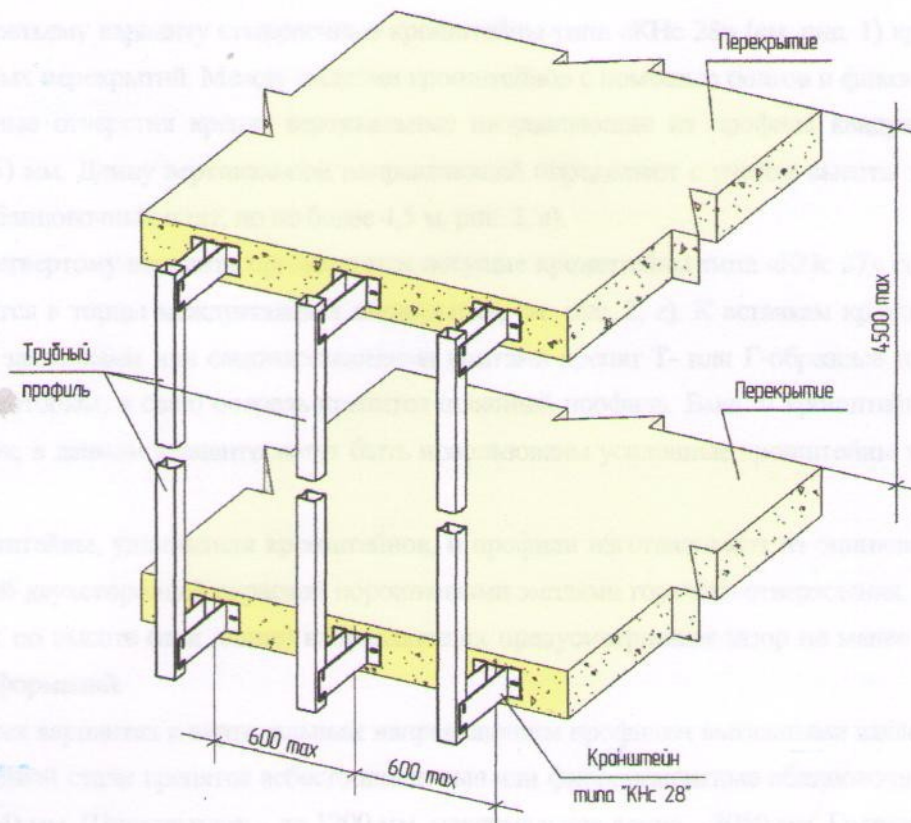
По второму варианту также применяют несущие кронштейны типа «КР» и плоские удлинители кронштейнов типа «УД кр». К горизонтально выступающим полкам кронштейнов крепят горизонтальные направляющие (Г-образный профиль). К горизонтальным направляющим двумя вытяжными заклепками крепят вертикальные П-образные и Z-образные направляющие. Максимальная длина направляющих – 3,0 м. Расстояние между кронштейнами по вертикали 600 - 1200 мм, по горизонтали – от 600 до 1200 мм (в зависимости от расчетных условий), см. рис. 2, б).



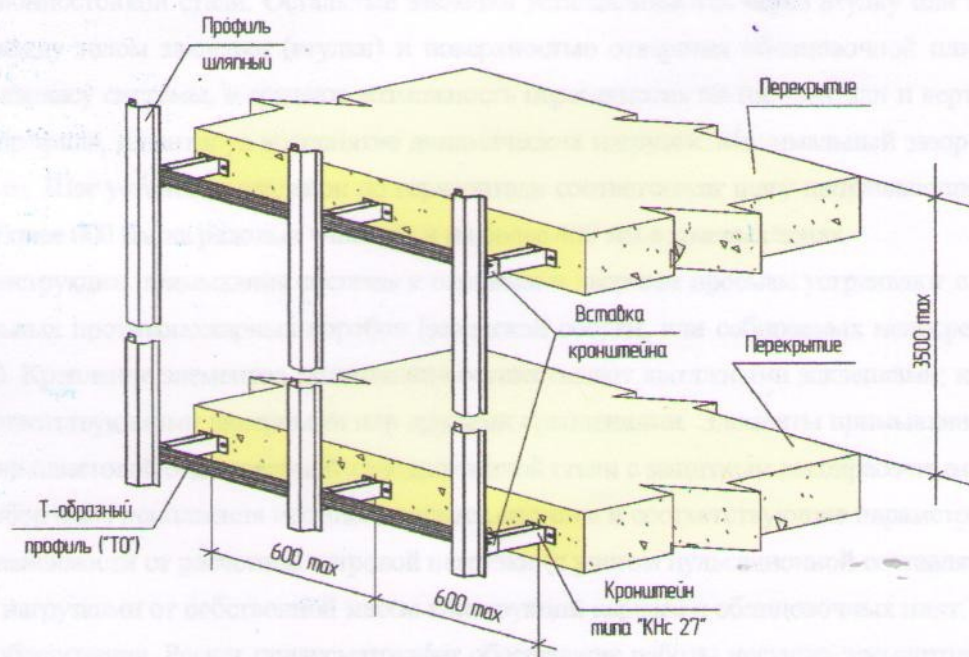
а) вертикальное расположение кронштейнов типа «КР» с использованием только вертикальных направляющих (Т- и Г-образных профилей), вариант 1



б) горизонтальное расположение кронштейнов типа «КР», с использованием горизонтальных направляющих и вертикальных направляющих (З- и П-образных профилей), вариант 2



в) крепление кронштейнов типа «КНС 28» к торцам плит перекрытий с использованием только вертикальных профилей квадратного сечения, вариант 3



в) крепление кронштейнов типа «КНС 27» к торцам плит перекрытий с использованием Т-образных горизонтальных профилей и вертикальных шляпных профилей, вариант 4

Рис. 2. Варианты исполнения несущего каркаса НФС «АЛТ-ФАСАД-03»

По третьему варианту стыковочные кронштейны типа «КНс 28» (см. рис. 1) крепят к торцам междуэтажных перекрытий. Между полками кронштейнов с помощью болтов и фиксирующих шайб через сквозные отверстия крепят вертикальные направляющие из профиля квадратного сечения $80 \times 80 \times 2$ (1,5) мм. Длину вертикальной направляющей определяют с учетом высоты этажа и схемы раскладки облицовочных плит, но не более 4,5 м, рис. 2, в).

По четвертому варианту применяются несущие кронштейны типа «КНс 27» со вставкой, которые крепятся в торцы междуэтажных перекрытий, см. рис. 2, г). К вставкам кронштейнов двумя вытяжными заклепками или самонарезающими винтами крепят Т- или Г-образные горизонтальные профили, к которым, в свою очередь крепится шляпный профиль. Вместо кронштейнов типа «КНс 27» и вставок, в данном варианте могут быть использованы усиленные кронштейны типа КРУ (рис. 1).

Кронштейны, удлинители кронштейнов, и профили изготавливают из оцинкованной стали с последующей двухсторонней окраской порошковыми эмалями горячего отверждения. Между торцами смежных по высоте (или длине) направляющих предусматривают зазор не менее 6 мм для компенсации деформаций.

Во всех вариантах к вертикальным направляющим профилям вытяжными заклепками из коррозионностойкой стали крепятся асбестоцементные или фиброцементные облицовочные плиты толщиной (8 ÷ 14) мм. Ширина плит – до 1200 мм, максимальная длина – 3050 мм. Головки заклепок окрашивают под цвет защитного лакокрасочного слоя. Каждая облицовочная панель жестко крепится к вертикальным направляющим несущего каркаса одной или двумя вытяжными заклепками с втулкой из коррозионностойкой стали. Остальные заклепки устанавливаются через втулку или без втулок с зазором между телом заклепки (втулки) и поверхностью отверстия облицовочной плиты к вертикальному каркасу системы, и создают возможность перемещения по горизонтали и вертикали относительно профиля, гарантируя восприятие динамических нагрузок. Минимальный зазор между плитами – 6 мм. Шаг установки заклепок по горизонтали соответствует шагу направляющих, по вертикали – не более 600 мм на рядовых участках и не более 400 мм в краевых зонах.

Конструкции примыкания системы к оконным и дверным проемам устраивают с использованием стальных противопожарных коробов (заводской сборки, или собираемых непосредственно на площадке). Крепление элементов примыкания осуществляют вытяжными заклепками; короба закрепляют соответствующими анкерными или другими креплениями. Элементы примыкания изготавливают из тонколистовой оцинкованной холоднокатаной стали с защитным лакокрасочным покрытием.

Выбор схем исполнения несущего каркаса системы и соответствующие параметры осуществляется в зависимости от расчетной ветровой нагрузки (с учетом пульсационной составляющей), в сочетании с нагрузками от собственной массы конструкций каркаса и облицовочных плит, а также возможного обледенения. Расчет предусматривает обеспечение работы несущих элементов под облицовочной конструкцией (каркаса) и облицовочных плит в упругой стадии.

НФС «АЛЬТ-ФАСАД-03» имеет Техническое свидетельство о пригодности для применения в строительстве на территории Российской Федерации, выданное Министерством регионального развития.

3. Методика испытаний

3.1. Общие положения

Достаточно объективным методом, который позволяет с определенной точностью оценить степень сейсмостойкости различных конструкций зданий и сооружений является вибрационно-резонансный метод, дополненный при необходимости испытаниями материалов, узлов, элементов.

Вибрационно-резонансный метод состоит в построении и исследовании экспериментальной зависимости «воздействие – реакция», характеризующей изменение параметров несущей способности и деформативности исследуемой конструкции на всем диапазоне ее деформирования. По существу в рассматриваемом случае задача исследования нелинейной модели системы сводится к идентификации процесса развития модели в функции от внешнего воздействия.

При проведении динамических испытаний исследуемые конструкции навесной фасадной системы «АЛЪТ-ФАСАД-03» устанавливались на вибростенд (рис. 3), мощность которого является достаточной для проведения натуральных вибрационных испытаний на всех стадиях упруго-пластической работы конструкций.

Установка элементов системы производилась на специально изготовленную металлическую раму, которая в свою очередь устанавливалась и закреплялась на вибростоле сейсмоплатформы ВП-100 (ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко), см. рис. 3 и 4.

Монтаж системы на раме стенда осуществлялся в соответствии с технологией изготовителя (ОАО «Альтернатива»). При этом несущие кронштейны крепились на раму стенда при помощи болтовых соединений, см. рис. 5.

В качестве объектов испытаний были выбраны конструкции всех четырех вариантов исполнения (см. раздел 2). Подробное описание объектов испытаний – см. ниже.

Воздействия на испытываемые конструкции производились при помощи сейсмоплатформы ВП-100. Колебания вибростола платформы однонаправленные в горизонтальной плоскости, описываются синусоидальным законом. В процессе задания режимов устанавливались и контролировались частота и амплитуда колебаний сейсмоплатформы.

Измерение параметров воздействия на объекты испытаний и параметров отклика объектов производились установленными на элементах шинопровода и стенде виброакселерометрами (датчиками, регистрирующими ускорения).

Внешний вид испытываемой системы «АЛЪТ-ФАСАД-03» на вибростенде представлен на рис. 6.

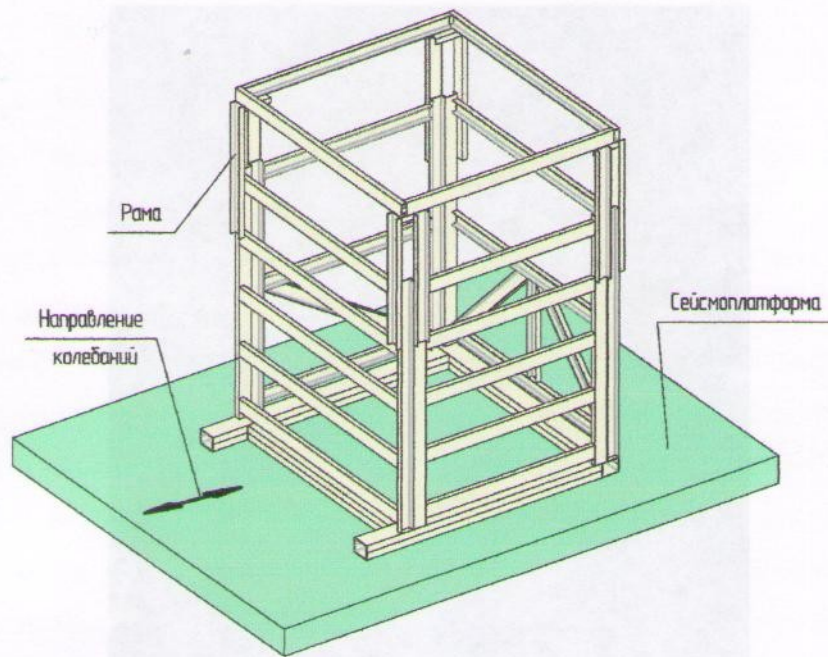


Рис. 3. Внешний вид вибростенда

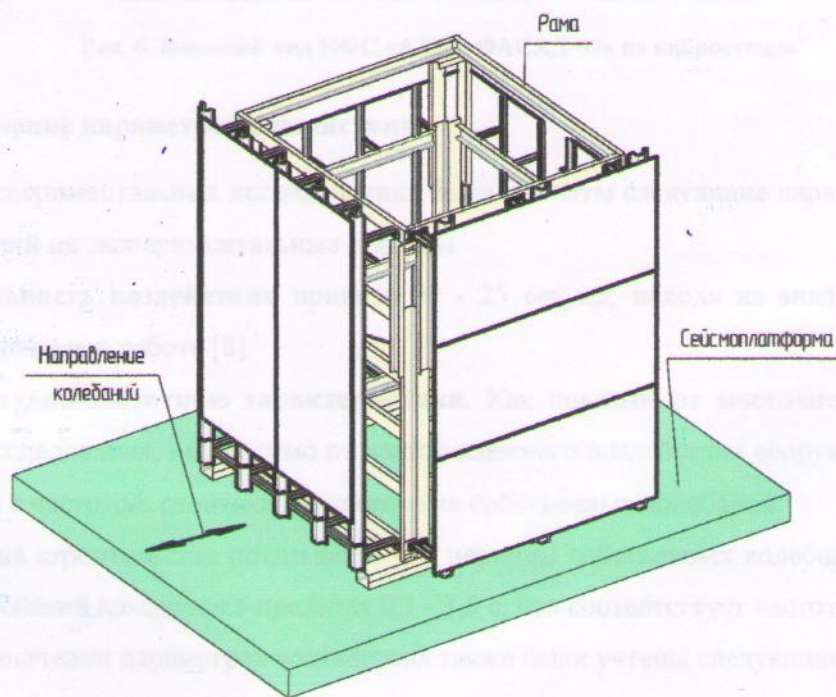


Рис. 4. Установка элементов НФС «АЛБТ-ФАСАД-03» на вибростенд

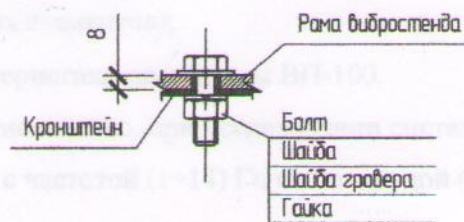


Рис. 5. Крепление несущих кронштейнов к раме стенда

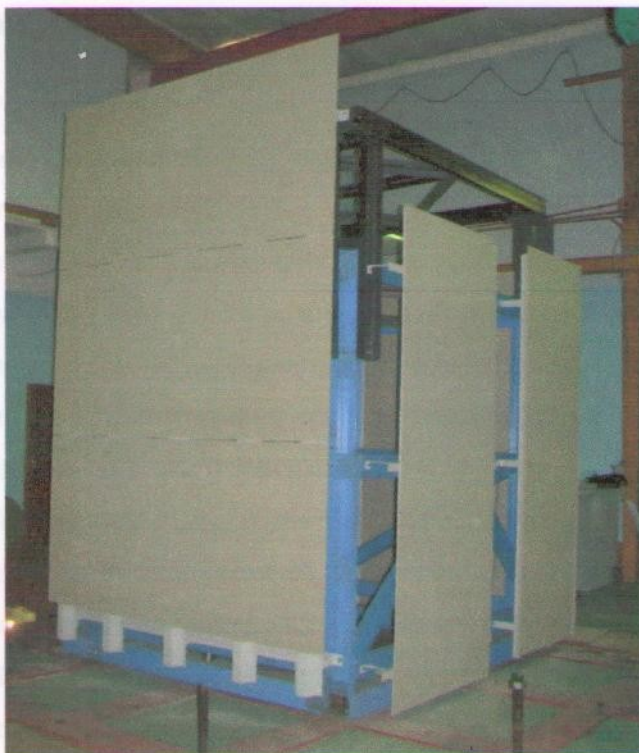


Рис. 6. Внешний вид НФС «АЛЪТ-ФАСАД-03» на вибростенде

3.2. Назначение параметров воздействия

При экспериментальных исследованиях были приняты следующие параметры динамических воздействий на экспериментальные образцы.

Длительность воздействия принята 20 - 25 секунд, исходя из анализа объективных данных приведенных в работе [8].

Амплитудно-частотные характеристики. Как показывают многочисленные экспериментальные исследования, независимо от частот внешнего воздействия сооружение, как правило, колеблется с частотой, отвечающей частоте их собственных колебаний.

Практика строительства показывает, что периоды собственных колебаний большинства зданий и сооружений находятся в пределах 0,1 - 1,5 с, что соответствует частоте 10 – 0,66 Гц.

При назначении параметров воздействия также были учтены следующие факторы:

- собственная частота стенда, на котором монтировались элементы НФС;
- расчетные характеристики системы (собственная частота, несущая способность конструктивных элементов);
- рабочие характеристики платформы ВП-100.

Исходя из вышеперечисленного, при исследовании системы «АЛЪТ-ФАСАД-03», диапазон воздействия принимался с частотой $(1 \div 14)$ Гц с амплитудой $(8,2 \div 1,1)$ мм соответственно.

4. Оборудование, средства измерения и регистрации

4.1. Виброплатформа ВП-100

Создание динамических воздействий осуществляется приведением в действие виброплатформы инерционного действия ВП-100.

Виброплатформа ВП-100 позволяет обеспечить необходимые параметры динамических воздействий на исследуемую систему в широком диапазоне частот и инерционных нагрузок путем возбуждения механических колебаний платформы в горизонтальной плоскости.

Смонтированный на виброплатформе стенд позволяет создать в конструкции исследуемой системы, как горизонтальные, так и вертикальные ускорения.

Установка ВП-100 является гидроэлектрическим устройством, которое приводится в действие при помощи асинхронных двигателей, управляемых частотными преобразователями, и силовых гидравлических агрегатов, создающих переменные амплитудно-частотные колебания платформы, на которой устанавливается экспериментальный образец.

Пульт управления испытательного стенда ВП-100 (ПУИС) предназначен для работы в составе оборудования пульсаторов виброплатформы. С помощью элементов управления ПУИС изменяются параметры работы электро- и гидравлических приводов пульсатора, тем самым, задается частота и амплитуда вибрации испытательной платформы. ПУИС осуществляет защиту оборудования пульсатора от нежелательных и аварийных режимов работы.

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

Регистрация и измерение сигналов выполняется 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) и др.

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

Для измерения ускорений, частот колебаний, а также динамических перемещений применяются однокомпонентные датчики - акселерометры АТ 1105.

Характеристики датчиков (акселерометров) представлены в таблице 1.

Таблица 1. Основные технические данные акселерометра АТ 1105

№№	Наименование параметра	Значение
1	Электропитание от источника постоянного тока относительно средней точки, В	$\pm 12 \pm 12$
2	Диапазон измерения, м/с (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

Места установки акселерометров выбирались из следующих условий:

- установка датчиков производилась в тех точках, где по результатам расчетов ожидается развитие максимальных ускорений и перемещений;
- должна быть обеспечена возможность одновременного определения относительных деформаций в разных координатных плоскостях.

Для контроля задаваемых нагрузок акселерометры также устанавливаются в различных точках испытательного стенда (на виброплатформе и раме).

5. Описание экспериментальных образцов

Для получения наиболее полной информации по поведению НФС в целом и ее отдельных элементов, в настоящей работе были приняты следующие конструктивные решения при выборе элементов НФС и установке их на вибростенд в качестве объектов испытаний:

- в соответствии с конструктивными решениями [1], были выбраны такие варианты исполнения каркаса НФС и входящие в этот каркас элементы (см. выше, раздел 2), чтобы в результате выявить полную картину поведения системы при динамических воздействиях;
- все исполнения системы собирались на стенде с обеспечением воздушного зазора между ограждаемой строительной конструкцией и облицовочными плитами – 250 мм;
- удлинители кронштейнов (типы «УД кр», «УД 2 кр», «УД кру») при испытаниях не устанавливались;

- элементы каркаса всех исполнений системы соединялись между собой при помощи тяжелых заклепок;
- элементы системы монтировались на специальную раму стенда, с целью обеспечения в процессе испытаний воздействий, максимально приближенных к реальным воздействиям на систему при землетрясениях;
- сборка и монтаж НФС на стенде производились в строгом соответствии с существующей и реально применяемой технологией заказчика.

Контроль за поведением конструкции, осуществлялся:

- визуально за состоянием целостности НФС и ее отдельных элементов, поведением системы и элементов на различных режимах испытаний;
- инструментально – посредством установленных на испытываемых конструкциях и стенде датчиков – акселерометров (общее количество установленных акселерометров – 11 шт).

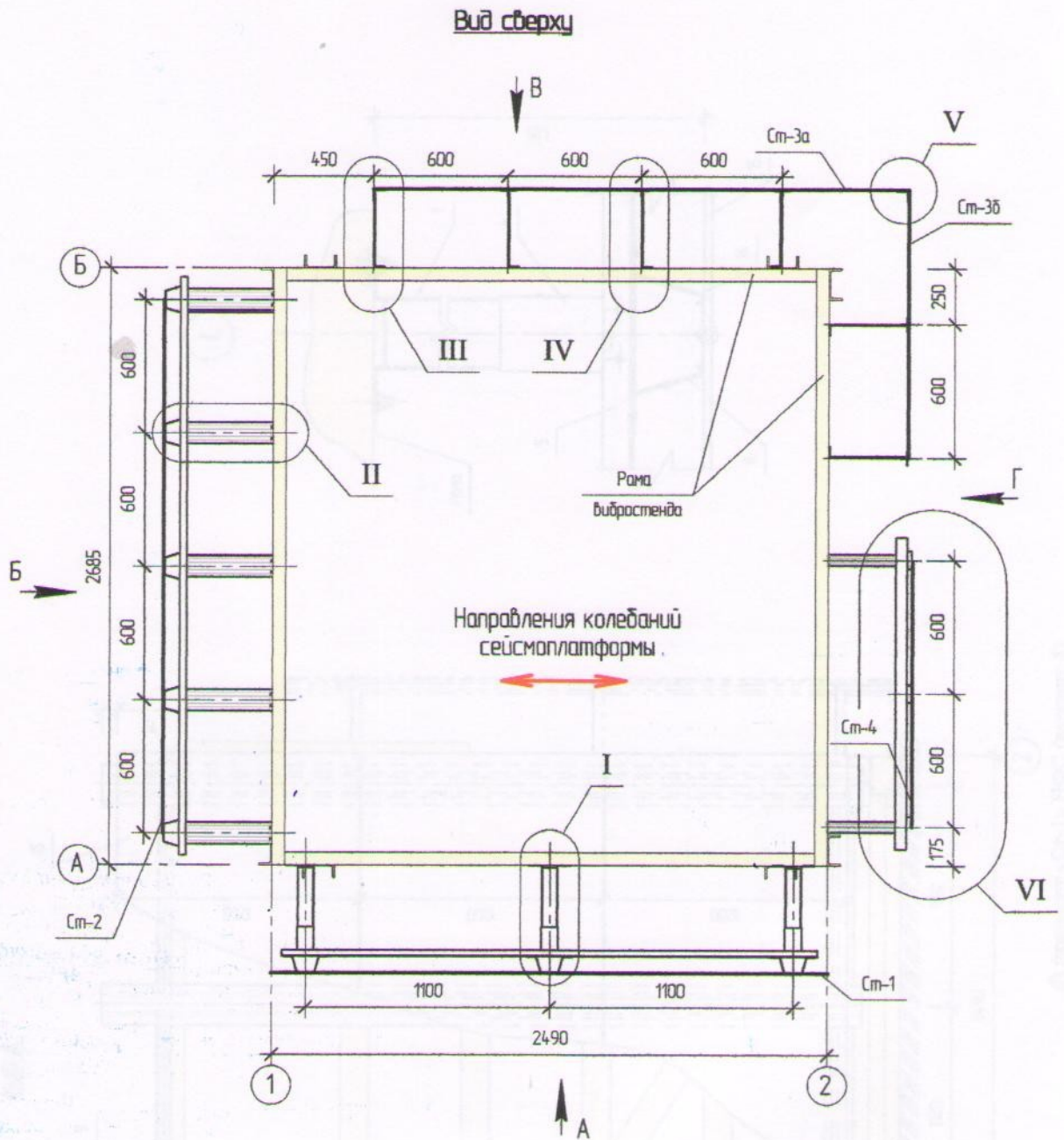
Ниже на рисунках 7, 8 приведены схема установки системы в стенд при проведении испытаний, схема расстановки датчиков. В табл. 2 представлена спецификация элементов НФС «АЛЬТ-ФАСАД-03», установленных для проведения испытаний.

Таблица 2. Спецификация* элементов НФС «АЛЬТ-ФАСАД-03» для проведения испытаний

Поз.	Марка	Наименование	Кол-во	Примеч.
1	КНс 27-3-1	Кронштейн типа КНс 27	6	
2	КРУ-3-10	Кронштейн усиленный типа КРУ	10	
3	КР-3-9	Кронштейн типа КР	24	
4		Вставка кронштейна типа КНс 27	6	t = 15**
5	ТО-3-1(-2400)	Профиль основной Т-образный типа ТО	2	L=2400
6	ТО-3-1(-2600)	Профиль основной Т-образный типа ТО	2	L=2600
7	ТО-3-1(-3000)	Профиль основной Т-образный типа ТО	5	L=3000
8		Профиль шляпный	8	L=3500
9		Профиль шляпный	8	L=250
10	ГО(-50-50-1,2-3000)	Профиль основной Г-образный типа ГО	2	h = 50; t = 1,2; L=3000
11	ГО(-50-50-1,2-3000)	Профиль основной Г-образный типа ГО	3	h = 50; t = 1,2; L=1400
12	ПО-1-1(-3000)	Профиль основной П-образный типа ПО	2	L=3000
13	ZO-3000	Профиль основной Z-образный типа ZO	1	L=3000
14		Фиксирующая накладка	8	
15		Панель стеновая 2500×1200	3	
16		Панель стеновая 3000×1200	4	
17		Панель стеновая 3050×1200	2	
18		Полоса стальная оцинкованная	6	h = 80; t = 1,2; L=1300

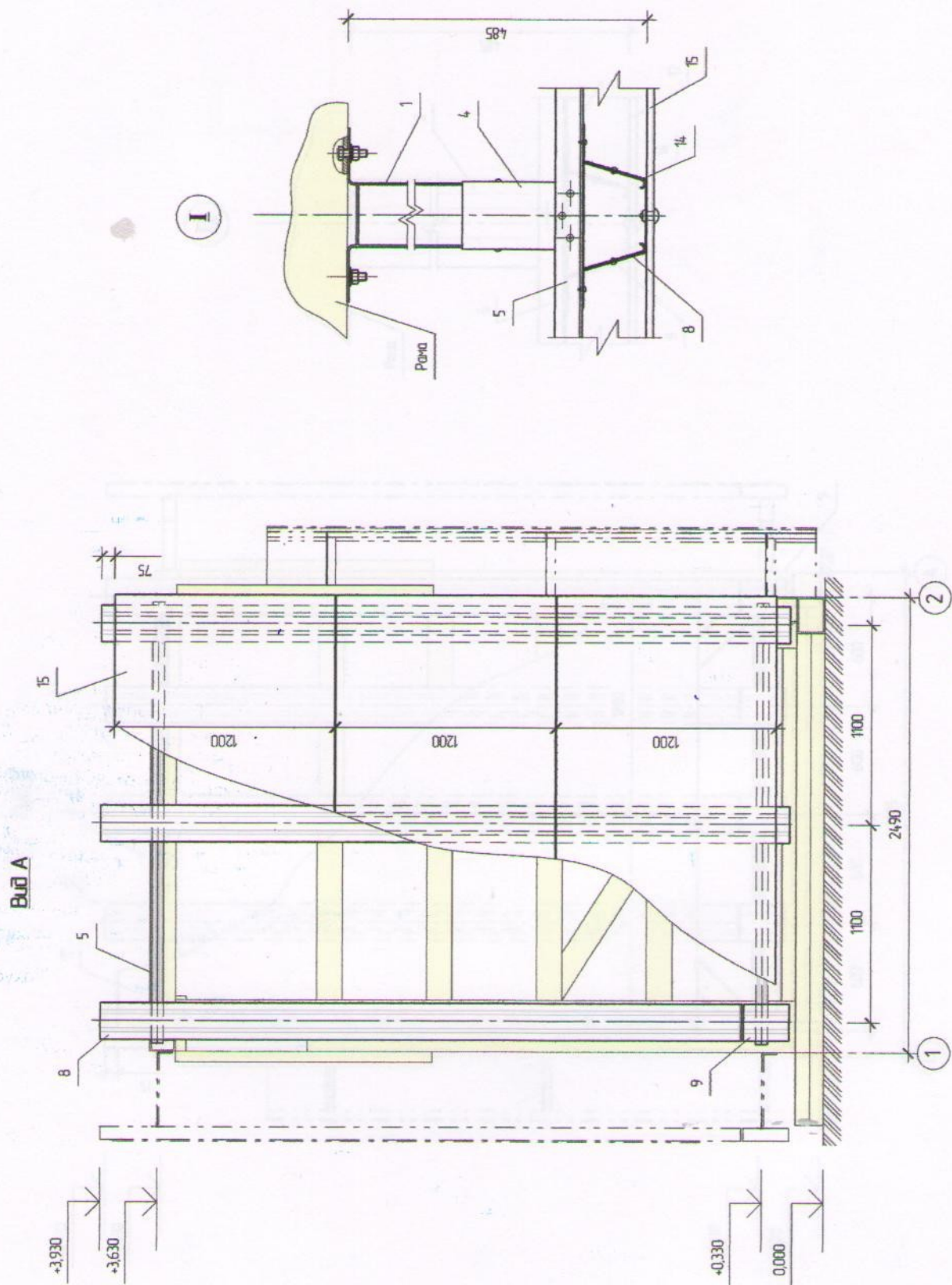
Примечания * – в соответствии с Ведомостью комплектующих элементов и материалов "Альбома технических решений (шифр 081210).

** – условные обозначения геометрических параметров профилей (мм):
t – толщина; h – высота сечения; L – длина профиля.



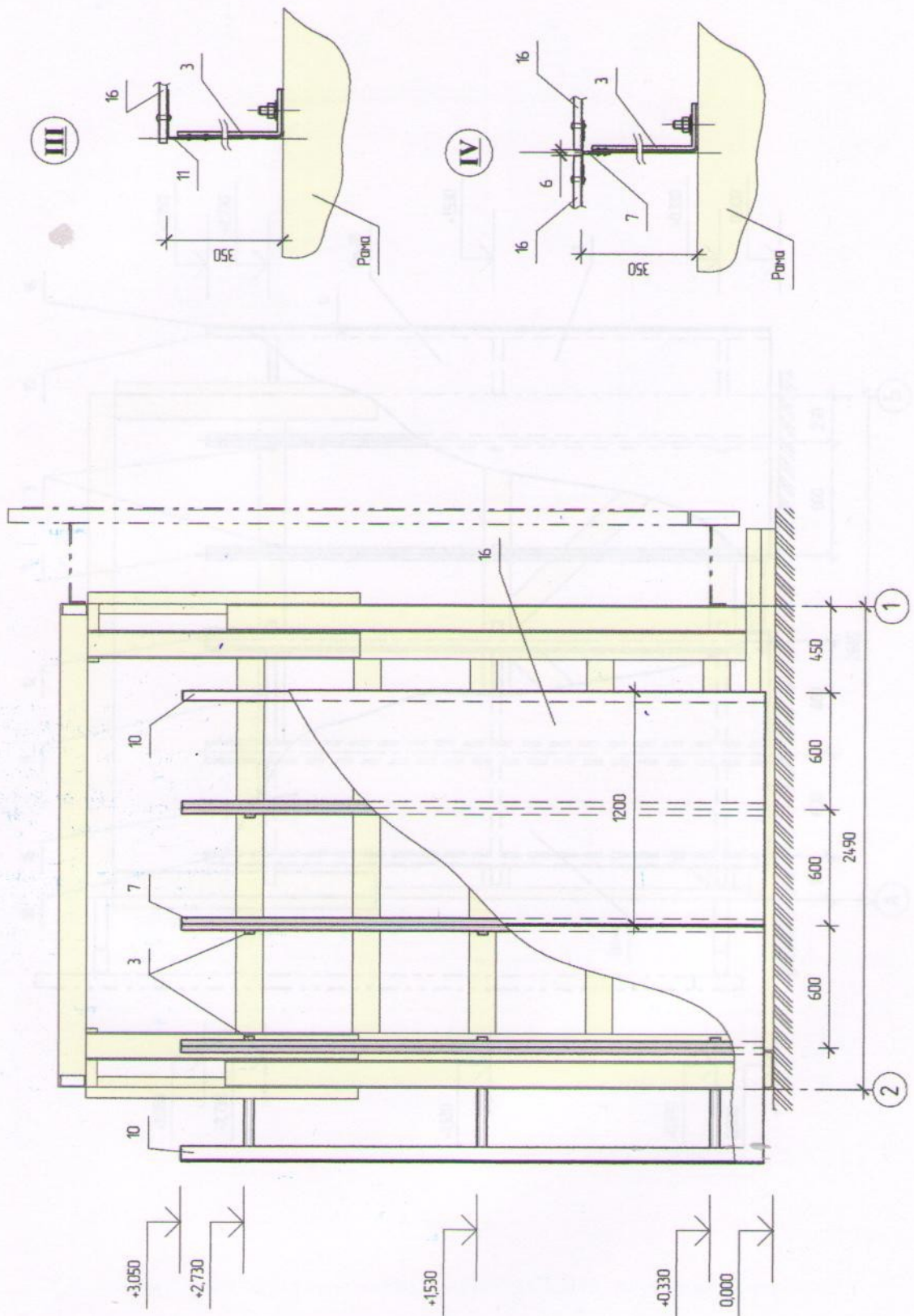
1. Требования, кроме указанных здесь – см. "Альбом технических решений конструкций навесной фасадной системы "АЛЪТ-ФАСАД-03", шифр 081210.
2. При монтаже конструкций системы на раму вибростенда не устанавливаются: утеплитель, ветрогидрозащитная мембрана.
3. Для крепления несущих кронштейнов (КР, КРУ, КНс 27) к раме вибростенда предусмотреть резьбовой крепеж, исключающий перемещения кронштейнов во время проведения испытаний (в соответствии со схемой (рис. 5)).
4. Зазор между смежными облицовочными панелями – 6 мм.
5. Количество и сортамент крепежа для крепления элементов системы между собой – в соответствии с альбомом технических решений.

a)



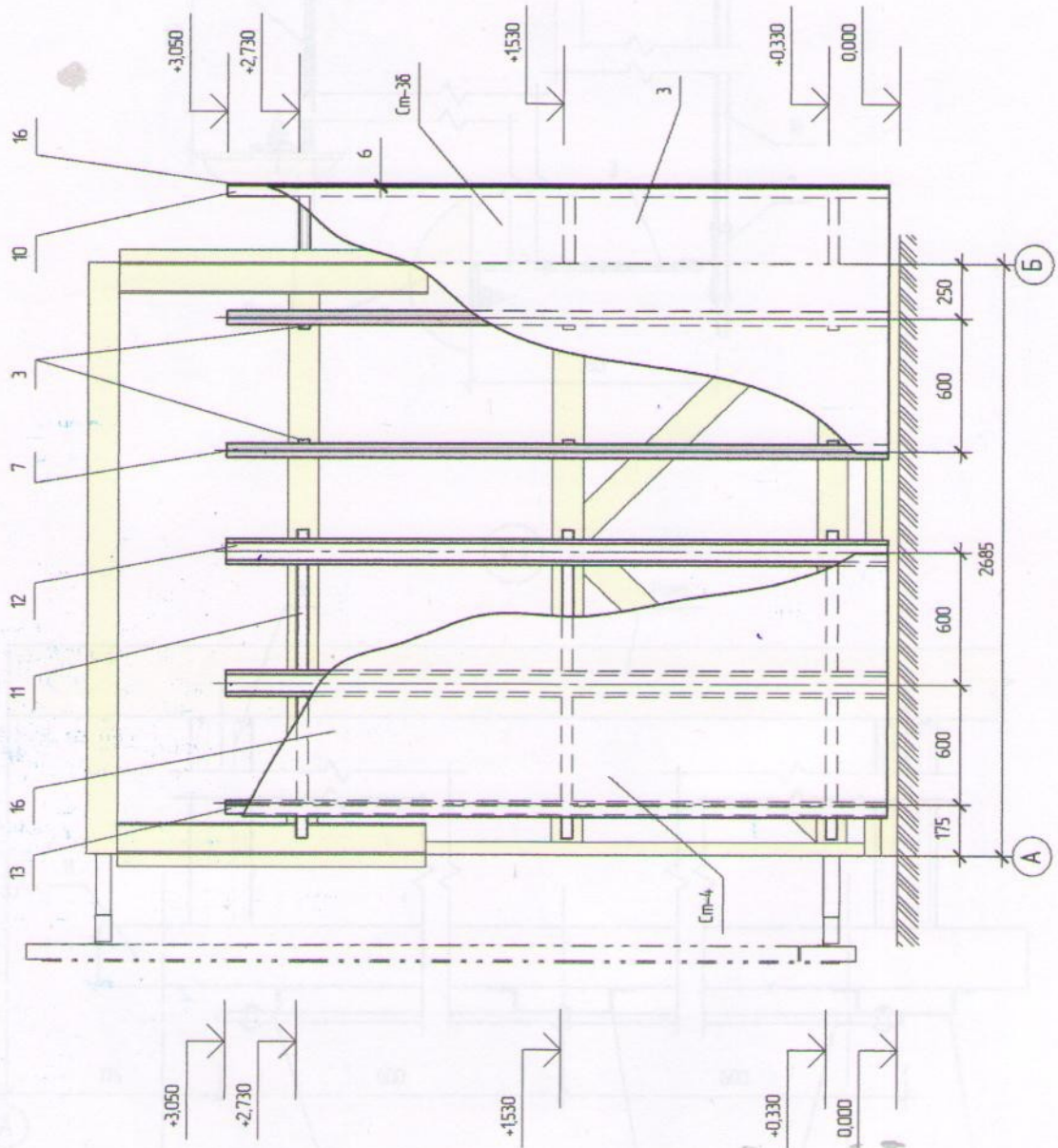
б) фрагмент «Ст-1» НФС (вариант 4)

Вид В



г) фрагмент «Ст-3а» НФС (вариант 1)

В.Ю.Г.



д) фрагменты «Ст-3б», «Ст-4» НФС (варианты 1 и 2 соответственно)

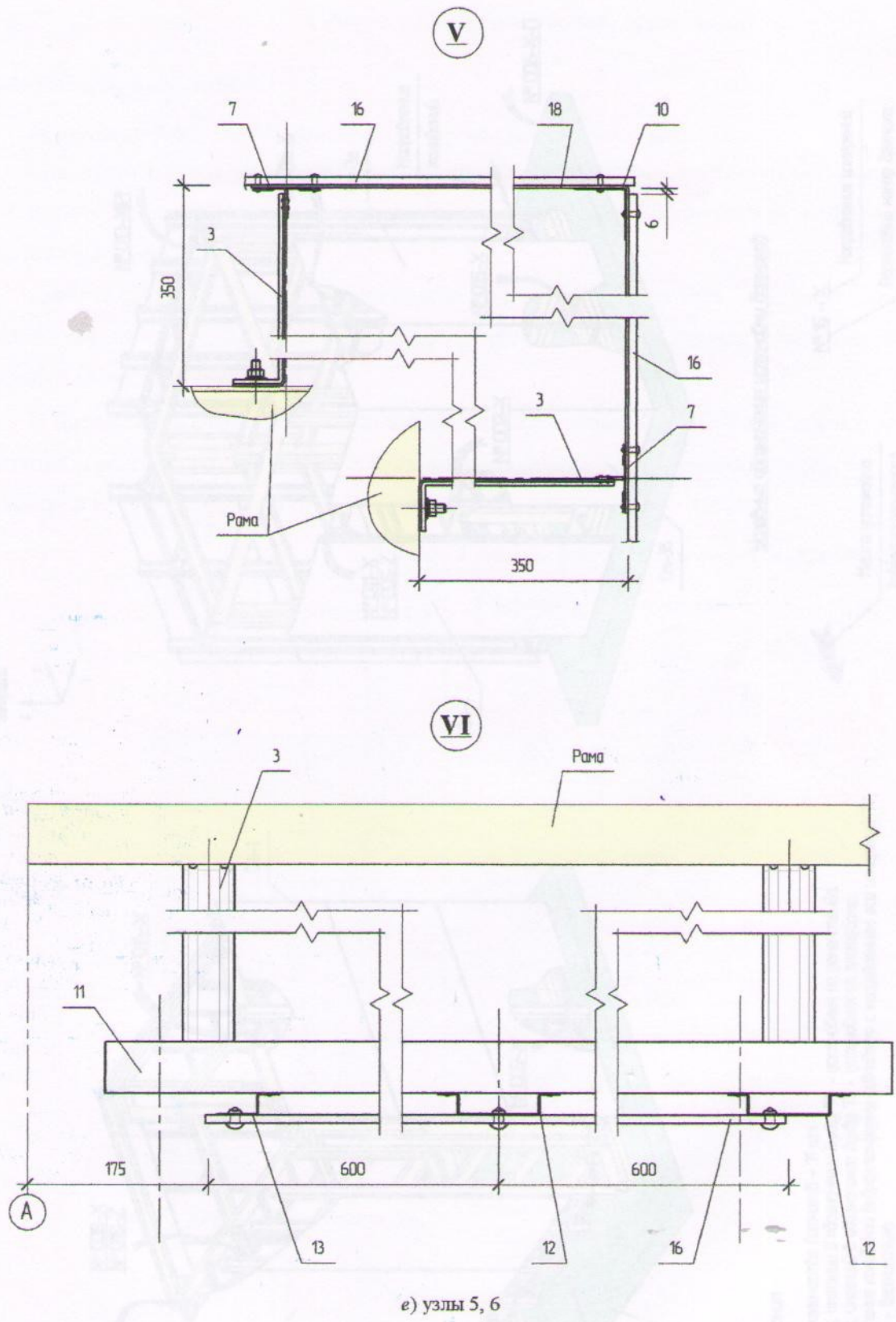


Рис. 7. Схемы установки элементов НФС «АЛЬ-ФАСАД-03» на стенд для испытаний

6. Результаты динамических испытаний

6.1. Режимы испытаний

Испытания НФС «АЛЬТ-ФАСАД-03» проводились в два этапа:

- на первом этапе испытаний была смонтирована система в соответствии со схемой рис. 7, и расстановкой датчиков – в соответствии со схемой рис. 8, проводились испытания всех собранных фрагментов НФС;

- второй этап включал испытания только фрагмента «Ст-3а» НФС, при этом остальные элементы системы, а также датчики, которые не требовались для анализа поведения данного фрагмента, были демонтированы.

В процессе проведения экспериментальных исследований НФС были заданы режимы испытаний и достигнуты следующие ускорения виброплатформы, значения которых приведены в таблицах 2 и 3 (для этапов 1 и 2 соответственно).

Таблица 2. Режимы работы виброплатформы ВП-100 на этапе 1

№ режима	Частота, Гц	Ускорение, м/с^2	Амплитуда, мм
1	1,1	0,60	8,2
2	2,0	1,05	7,1
3	3,0	1,61	4,5
4	4,0	2,27	3,6
5	5,1	2,85	2,9
6	6,0	3,54	2,5
7	7,0	3,97	2,2
8	7,0	3,94	2,2
9	8,1	4,99	1,8
10	9,0	5,69	1,8
11	8,0	4,56	2,0
12	9,0	5,64	1,9
13	10,1	6,42	1,7
14	11,0	6,98	1,5
15	12,0	6,39	1,2
16	14,0	8,05	1,1
17	4,0	2,17	3,4
18	5,0	2,67	2,7
19	6,1	3,40	2,3
20	5,0	2,43	2,6

Таблица 3. Режимы работы виброплатформы ВП-100 на этапе 2

№ режима	Частота, Гц	Ускорение, м/с^2	Амплитуда, мм
1	3,1	1,68	4,4
2	4,0	2,19	3,5
3	5,0	2,84	3,1
4	6,0	3,53	2,6
5	7,0	4,37	2,1
6	8,0	5,22	2,1
7	9,0	6,42	2,1
8	10,0	7,37	2,1

6.2. Параметры испытываемых образцов

В виду достаточно широкой номенклатуры составляющих НФС элементов, большого количества их типоразмеров (и, соответственно механических характеристик), а также с учетом имеющихся вариантов устройства каркаса НФС, по результатам анализа конструктивных решений, выбирались наименее надежные и наименее безопасные узлы и типы соединений, с точки зрения обеспечения стойкости к динамическим воздействиям.

Так, в соответствии с технической документацией, представленной заказчиком (в том числе [1], [2]), шаг расстановки несущих кронштейнов для различных вариантов исполнения каркаса системы установлен (600÷1200) мм. При проектировании фрагментов НФС для проведения испытаний, принимался максимальный шаг расстановки кронштейнов по каждому варианту исполнения. При этом, для монтажа варианта 2 исполнения каркаса системы, с использованием несущих кронштейнов типа «КР» с горизонтальным вылетом полок, см. рис. 7, д) был определен шаг несущих кронштейнов – 1200 мм. После монтажа данного участка (фрагмент конструкции «Ст-4») указанные несущие кронштейны под действием статической нагрузки от веса облицовочных конструкций получили первоначальные деформации (см. рис. 9). В результате испытаний деформации кронштейнов не получили дальнейшего развития, целостность кронштейнов не была нарушена.

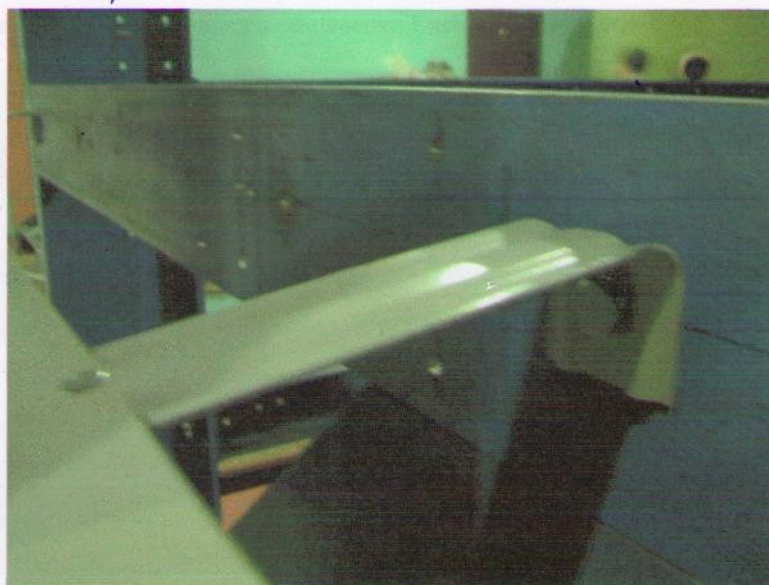
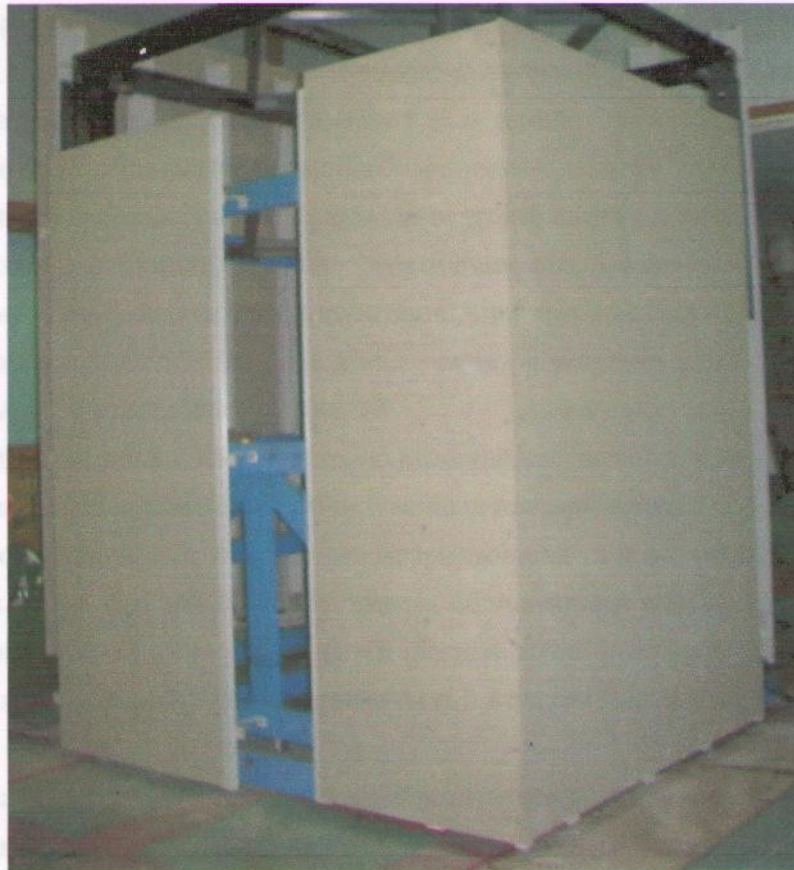


Рис. 9. Первоначальные прогибы несущих кронштейнов типа «КР» на фрагменте «Ст-4» под действием веса облицовочных конструкций

Вариант исполнения 1 несущего каркаса системы (с вертикальным вылетом полок несущих кронштейнов типа «КР»), см. рис. 7, з) собирался из двух перпендикулярных участков таким образом, чтобы вылет полок кронштейнов на одном участке совпадал с направлением колебаний, а на другом – был перпендикулярным к направлению колебаний (см. рис. 7). Данные



а) Внешний вид конструкции в исполнении 1 несущего каркаса на этапе 1 испытаний



б) Внешний вид конструкции в исполнении 1 несущего каркаса на этапе 2 испытаний (фрагмент «Ст-3б» демонтирован)

Рис. 10. Участок конструкции исполнения 1 несущего каркаса НФС на этапах 1 и 2 испытаний

участки соединялись в соответствии с конструктивным решением для углового соединения как показано на рис. 7, е), обеспечивая, таким образом, изучение поведения углового соединения под действием динамических нагрузок на этапе 1 испытаний.

С точки зрения сейсмостойкости, наиболее невыгодными будут условия, когда вылет полок кронштейнов перпендикулярен направлению колебаний (т.е. динамические воздействия на несущие кронштейны производятся в плоскости наименьшей жесткости). Для оценки работы такой конструкции был проведен этап 2 испытаний, при котором было демонтировано угловое соединение и фрагмент «Ст-3б». Внешний вид участка с несущим каркасом исполнения 1 на этапах 1 и 2 испытаний представлен на рис. 10.

Для проведения испытаний, для всех исполнений несущего каркаса, монтаж производился с использованием фиброцементных облицовочных панелей толщиной 8 мм. В соответствии с [1] облицовочные панели закреплялись на направляющих при помощи вытяжных заклепок, установленных с шагом 400 мм. При этом каждая облицовочная панель первоначально фиксировалась в 2-х несущих точках крепления. Остальные точки крепления панели – прижимные (т.е., установленные с зазором между металлической втулкой заклепки и поверхностью отверстия панели).

Установка смежных вертикальных и горизонтальных направляющих каркаса, для всех вариантов исполнений, производилась с минимально допустимым зазором – 6 мм.

Смежные облицовочные панели при монтаже фрагментов также устанавливались с минимально допустимым зазором 6 мм.

Установка несущих кронштейнов производилась при помощи резьбовых соединений.

Исследования производились для конструкций НФС без установленных элементов тепло-, гидро- и ветроизоляции.

6.3. Анализ полученных экспериментальных данных

В процессе испытаний ускорения виброплатформы по данным акселерометров изменялись в интервале от $(0,60 \div 8,05)$ м/с², что по ускорениям эквивалентно 7-9 баллам по шкале MSK-64.

Сравнение полученных перемещений платформы $(1,1 \div 8,1)$ мм с величиной отклонения маятника СБМ по шкале MSK-64, также подтверждают полученное соответствие по ускорениям.

Таблица 4. Фрагмент шкалы MSK-64

Баллы	Ускорение грунта, м/с ²
V	0,12-0,25
VI	0,25-0,50
VII	0,50-1,00
VIII	1,00-2,00
IX	2,00-4,00

Ниже на рисунках 11 - 18 выборочно приведены результаты сравнений динамических характеристик системы по ускорениям и перемещениям.

Во время проведения этапа I испытаний, при совпадении собственных частот колебаний фрагментов НФС с частотами колебаний виброплатформы имел место резонанс, что также видно из приведенных ниже графиков (рис. 11 - 18). Данные резонансные явления наблюдались:

- для металлической рамы стенда, на которой были смонтированы все испытываемые конструкции - при частоте 5 Гц;

- для фрагментов «Ст-1» - «Ст-4» (моделирующих варианты исполнения несущего каркаса системы) - при частотах колебаний платформы 10, 7, 8, 5 Гц соответственно.

На этапе 2 испытаний (после демонтажа фрагмента «Ст-3б») наблюдалось снижение резонансной частоты системы варианта исполнения 1 (фрагмент «Ст-3а») до 7 Гц, вызванное снижением динамической жесткости при отсутствии углового соединения, что не оказало влияния на несущую способность системы.

По результатам анализа полученных при проведении исследований данных можно сделать следующие выводы:

1. Во время проведения испытаний, в момент, когда собственные частоты колебаний участков трасс шинопроводов совпадали с вынужденными колебаниями виброплатформы, наблюдался резонанс. При выполнении режимов, соответствующих данным частотам, ни один из элементов собранной на стенде конструкции, и конструкция в целом, не получил видимых повреждений.

2. В целом исследуемая система сохранила свою конструктивную и функциональную целостность при динамических воздействиях, эквивалентных 7-9 баллам по шкале MSK-64.

3. При монтаже варианта 2 исполнения каркаса системы (фрагмент «Ст-4»), при шаге кронштейнов 1200 мм, рис. 7, д), указанные кронштейны, под действием статической нагрузки, получили первоначальные деформации, которые в результате испытаний не развивались. Факт получения первоначальных деформаций свидетельствует о необходимости снижения шага установки кронштейнов по горизонтали (см. ниже, раздел «Рекомендации»).

4. Применение при испытаниях для всех исполнений облицовочных плит из фиброцемента минимально допустимой толщины 8 мм обеспечило сейсмостойкость конструкции в целом.

5. Минимальные зазоры (6 мм) между смежными горизонтальными и вертикальными направляющими несущего каркаса не повлияли на целостность и сейсмостойкость конструкций.

6. Установка смежных облицовочных плит производилась с минимально допустимым зазором в стыках (6 мм), что не повлияло на целостность и сейсмостойкость системы.

7. Увеличение зазора в отверстиях между металлическими втулками вытяжных заклепок и поверхностью отверстий в облицовочных плитах не влияет на сейсмостойкость НФС и является результатом восприятия конструкцией больших динамических нагрузок (эквивалентным 7 - 9 баллам) при значительном количестве циклов нагружения на всех этапах и режимах испытаний.

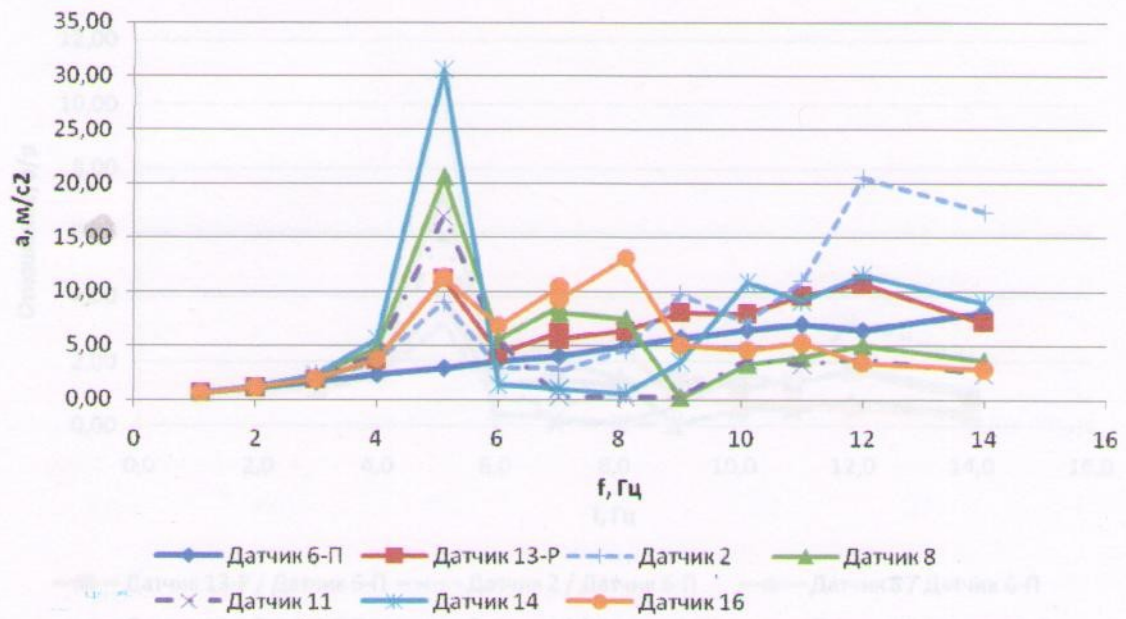


Рис. 11. Сравнение ускорений виброплатформы (датчик 6-П), рамы (датчик 13-Р) и элементов системы (датчики 2, 8, 11, 14, 16) на этапе 1

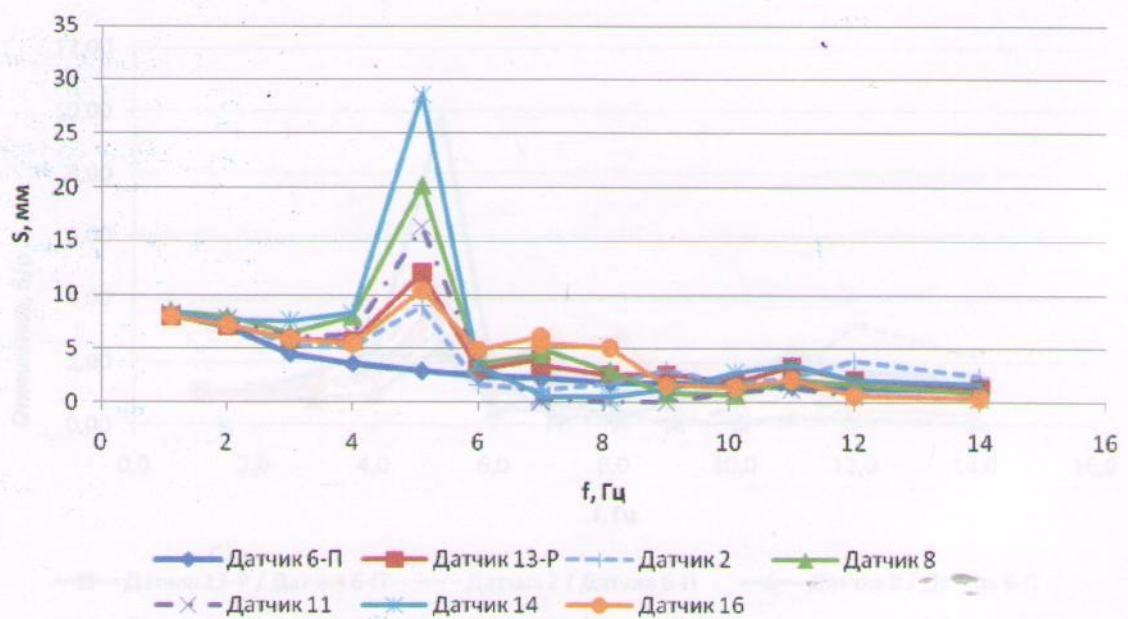


Рис. 12. Сравнение перемещений виброплатформы (датчик 6-П), рамы (датчик 13-Р) и элементов системы (датчики 2, 8, 11, 14, 16) на этапе 1

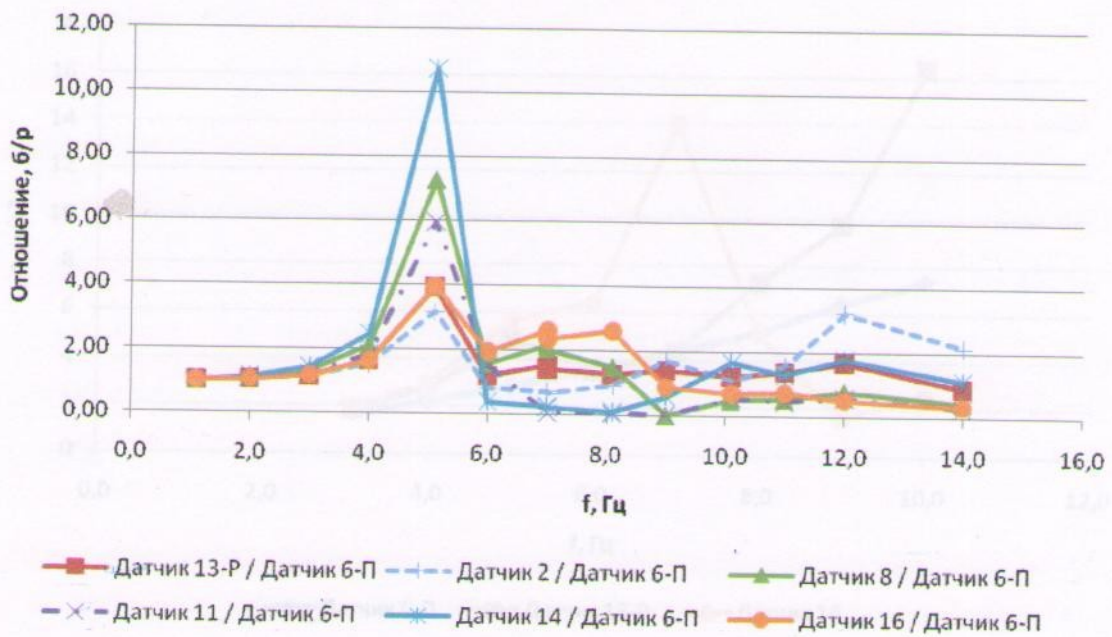


Рис. 13. Сравнение отношений ускорений рамы (датчик 13-Р) и элементов системы (датчики 2, 8, 11, 14, 16) к ускорениям виброплатформы (датчик 6-П) на этапе 1

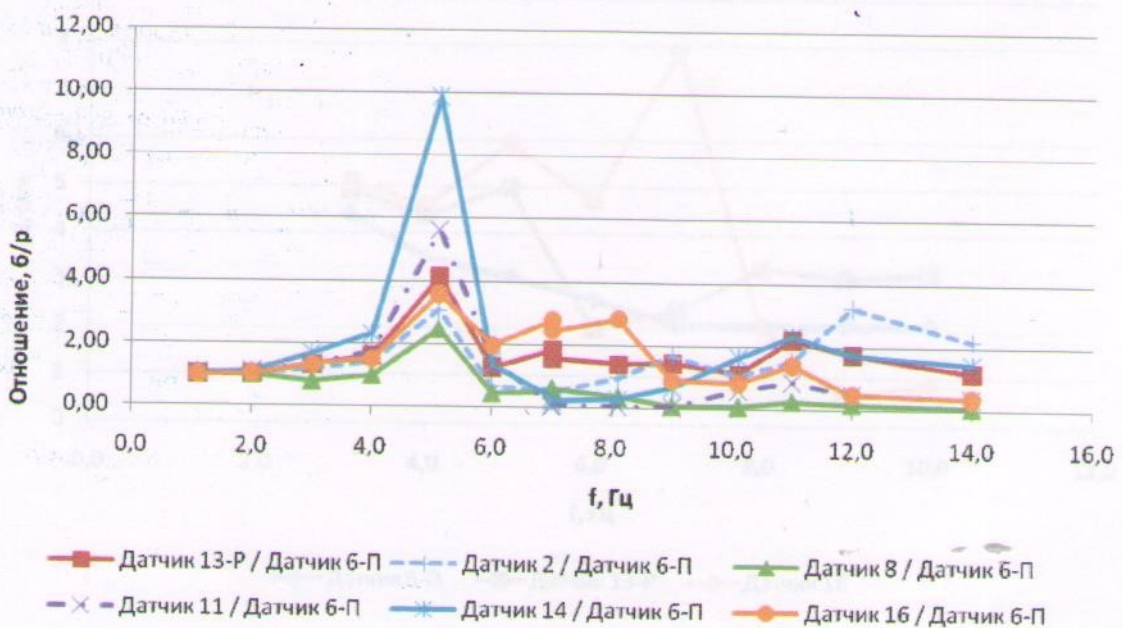


Рис. 14. Сравнение отношений перемещений рамы (датчик 13-Р) и элементов системы (датчики 2, 8, 11, 14, 16) к перемещениям виброплатформы (датчик 6-П) на этапе 1

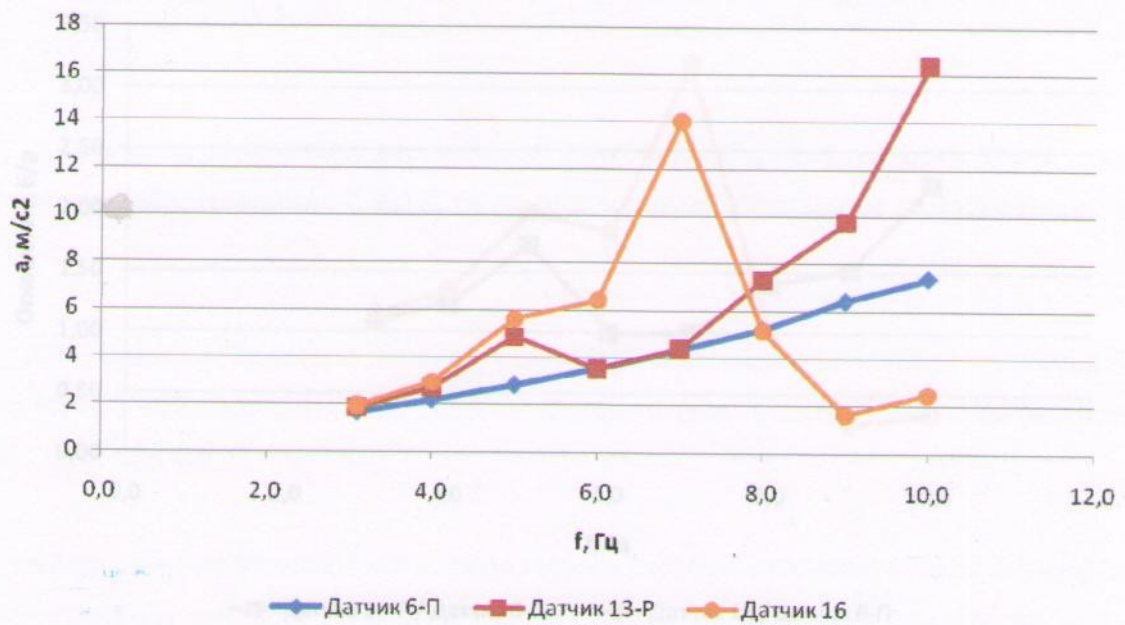


Рис. 15. Сравнение ускорений виброплатформы (датчик 6-П), рамы (датчик 13-Р) и элемента «Ст-3а» (датчики 16) на этапе 2

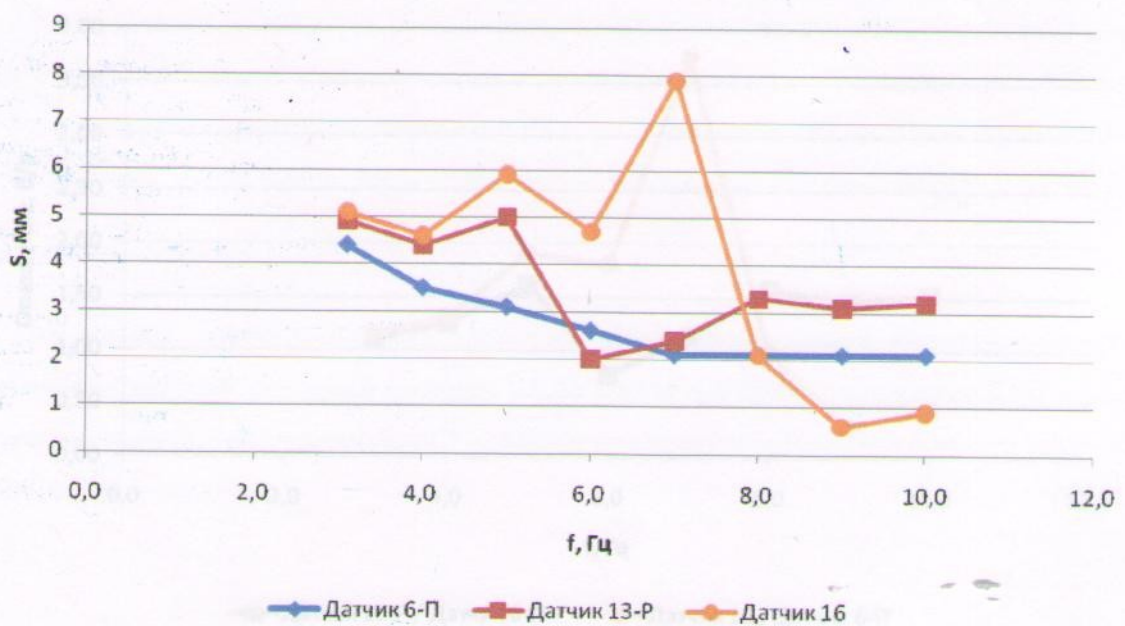


Рис. 16. Сравнение перемещений виброплатформы (датчик 6-П), рамы (датчик 13-Р) и элемента «Ст-3а» (датчики 16) на этапе 2

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1 В процессе испытаний ускорения виброплатформы по данным виброконтроля измерялись в диапазоне от $(0,60-6,05)$ м/с², что по ускорениям эквивалентно 7-9 баллам по шкале М

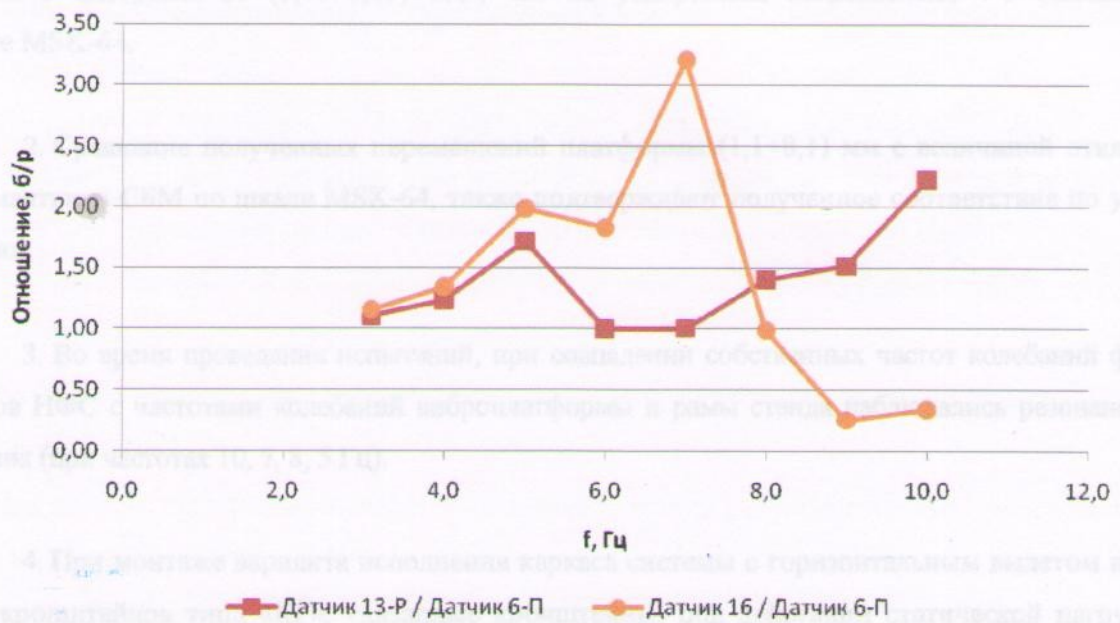


Рис. 17. Сравнение отношений ускорений рамы (датчик 13-Р) и элемента системы «Ст-3а» (датчик 16) к ускорениям виброплатформы (датчик 6-П) на этапе 2

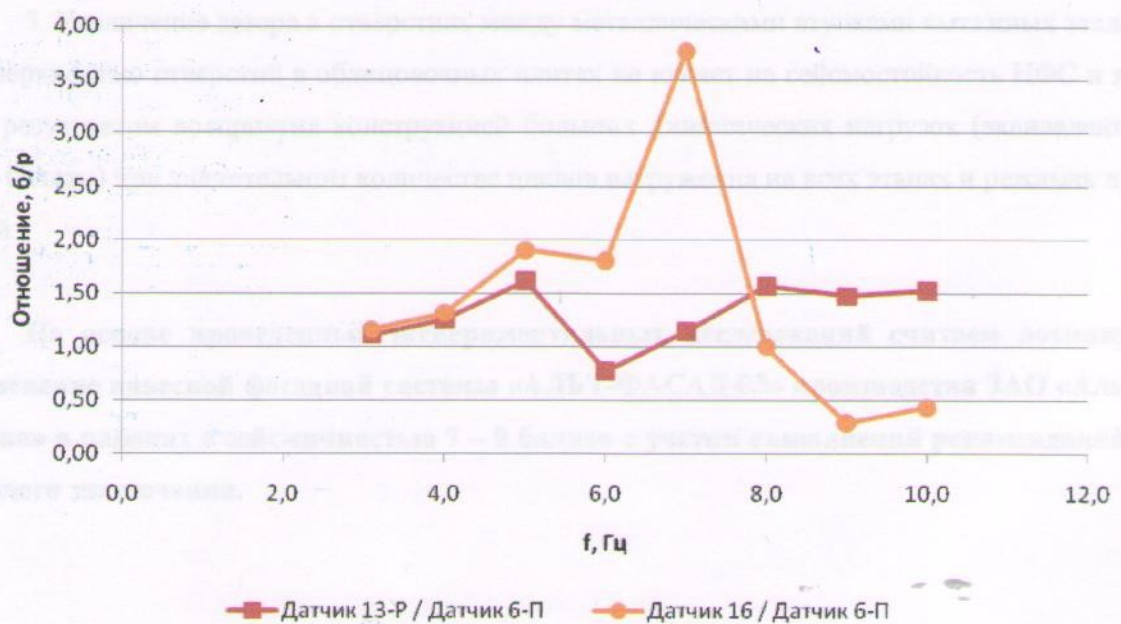


Рис. 18. Сравнение отношений перемещений рамы (датчик 13-Р) и элемента системы «Ст-3а» (датчик 16) к перемещениям виброплатформы (датчик 6-П) на этапе 2

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В процессе испытаний ускорения виброплатформы по данным акселерометров изменялись в интервале от $(0,60 \div 8,05)$ м/с², что по ускорениям эквивалентно 7-9 баллам по шкале MSK-64.

2. Сравнение полученных перемещений платформы $(1,1 \div 8,1)$ мм с величиной отклонения маятника СБМ по шкале MSK-64, также подтверждают полученное соответствие по ускорениям.

3. Во время проведения испытаний, при совпадении собственных частот колебаний фрагментов НФС с частотами колебаний виброплатформы и рамы стенда наблюдались резонансные явления (при частотах 10, 7, 8, 5 Гц).

4. При монтаже варианта исполнения каркаса системы с горизонтальным вылетом несущих кронштейнов типа «КР», указанные кронштейны, под действием статической нагрузки, получили первоначальные деформации, которые в результате испытаний не развивались.

5. Увеличение зазора в отверстиях между металлическими втулками вытяжных заклепок и поверхностью отверстий в облицовочных плитах не влияет на сейсмостойкость НФС и является результатом восприятия конструкцией больших динамических нагрузок (эквивалентным 7 – 9 баллам) при значительном количестве циклов нагружения на всех этапах и режимах испытаний.

На основе проведенных экспериментальных исследований считаем возможным применение навесной фасадной системы «АЛЬТ-ФАСАД-03» производства ЗАО «Альтернатива» в районах с сейсмичностью 7 – 9 баллов с учетом выполнений рекомендаций настоящего заключения.

РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Рекомендуется проведение дополнительных расчетов (испытаний, исследований и т.п.), подтверждающих возможность использования в районах с сейсмичностью 7 -9 баллов в следующих случаях:

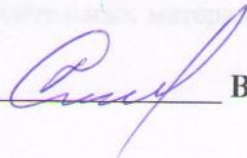
- при использовании несущих кронштейнов (типы «КР», «КРУ», «КРУ 2», «КР-У», «КНс 27», «КНс 28») при устройстве конструкций с воздушным зазором между ограждаемой строительной конструкцией и облицовочными плитами, превышающим 250 мм;

- при использовании в конструкциях НФС удлинителей кронштейнов (типы «УД кр», «УД 2 кр», «УД кру»);

- при необходимости применения самонарезающих винтов для соединения между собой элементов каркаса системы.

2. Для варианта исполнения несущего каркаса системы с горизонтальным вылетом полок несущих кронштейнов типа «КР» с горизонтальными Г-образными и вертикальными П-образными и Z-образными направляющими рекомендуется уточнить значение максимально-го шага несущих кронштейнов по горизонтали, для исключения деформаций указанных кронштейнов от действия статической весовой нагрузки (собственного веса конструкций).


Руководитель ЦИСС
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко
к.т.н.


В.И. Смирнов

Зав. ЛЭИМПСС


И.М. Семенов

Ст. инженер


Р.Р. Ахатов

Ст. инженер

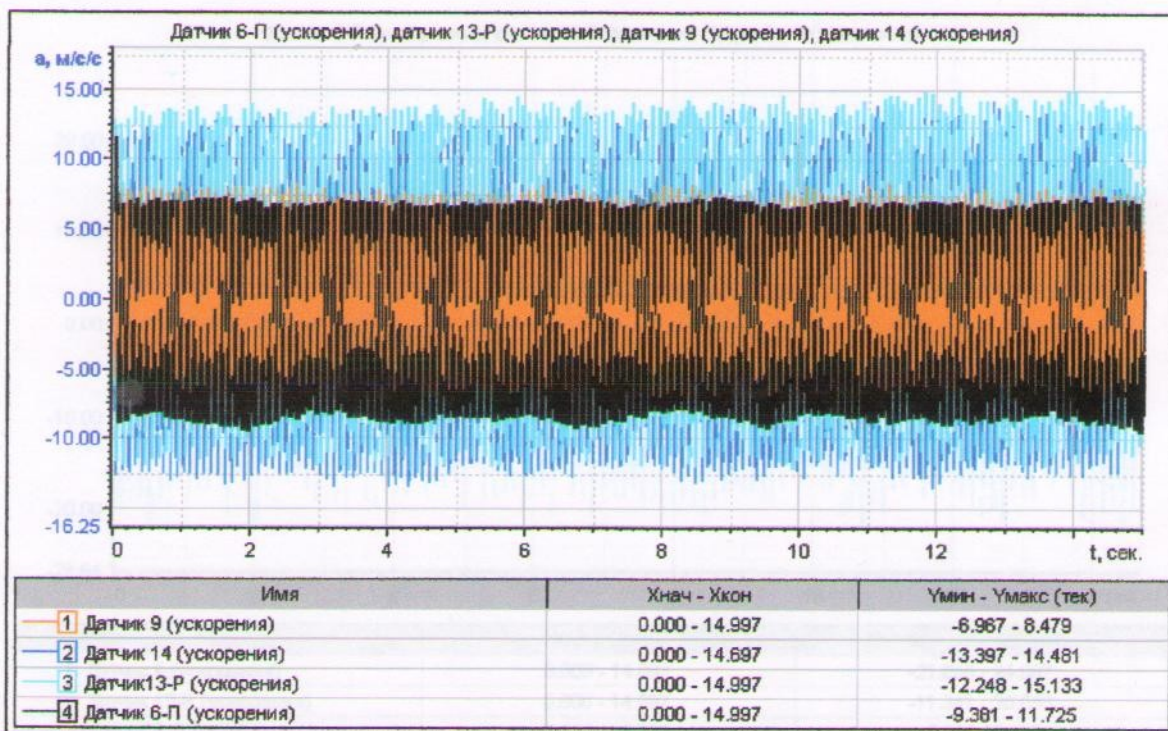

М.В. Осипова

Список литературы

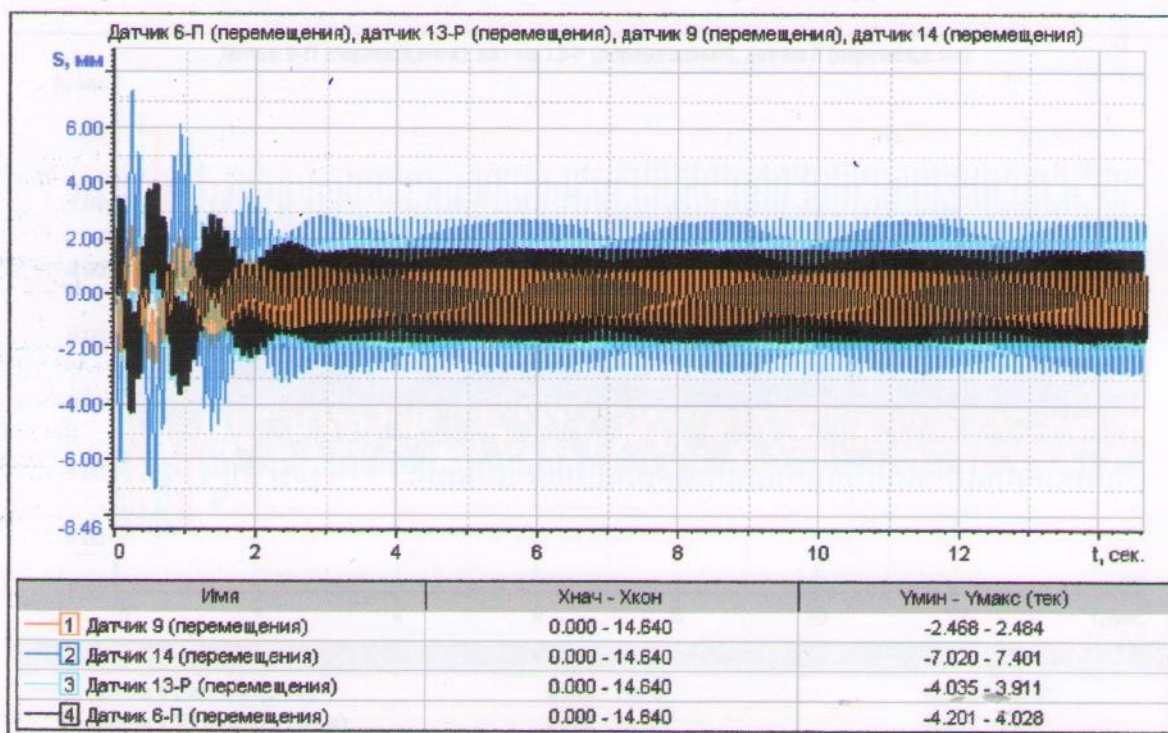
1. Конструкции навесной теплоизоляционной фасадной системы «АЛЬТ_ФАСАД-03» для облицовки листовыми материалами и панелями. Альбом технических решений. Шифр АФ081210., г. Трехгорный: ЗАО «Альтернатива».
2. Техническое свидетельство № 3284-11 о пригодности новой продукции для применения в строительстве на территории Российской Федерации (с Заключением ФГУ «ФЦС»). Москва: Министерство регионального развития РФ.
3. MSK-64. Шкала сейсмической интенсивности MSK. 1964.
4. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 30546.1-98 «Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям и методы расчета их сложных конструкций в части сейсмостойкости».
5. СНиП II-7-81*. «Строительство в сейсмических районах». М., 2004 г.
6. Назаров А.Г., С.С. Дарбинян. Шкала для определения интенсивности сильных землетрясений на количественной основе. // В. кн.: Сейсмическая шкала и методы измерения сейсмической интенсивности. Академия наук СССР. Межведомственный совет по сейсмологии и сейсмостойкому строительству (МСССС) при президиуме АН СССР. М.: Наука, 1975.
7. Методические рекомендации по инженерному анализу последствий землетрясений. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко ГОССТРОЯ СССР. - М., 1980, 62 с.
8. Поляков СВ., «Сейсмостойкие конструкции зданий»; Изд. «Высшая школа», М., 1969г., 335 с.
9. Корчинский И.Л. и др., «Сейсмостойкое строительство зданий», Изд. «Высшая школа», М., 1971г., 319 с.
10. Корчинский ИЛ., Беченева Г.В. «Прочность строительных материалов при динамических нагрузениях», Стройиздат, М., 1966г.

Деталь	Материал	Свойства
Деталь 1.1 (картонный)	С100 - С100	С100 - С100
Деталь 1.2 (картонный)	С100 - С100	С100 - С100
Деталь 1.3 (картонный)	С100 - С100	С100 - С100
Деталь 1.4 (картонный)	С100 - С100	С100 - С100

И-1.1. Сравнение динамических характеристик конструкций (детали 1-4), решая детали 1-3 и фрагменты «С»-1 (детали 1 и 2) для частоты колебаний конструкций -10 Гц и амплитуды 10 мм



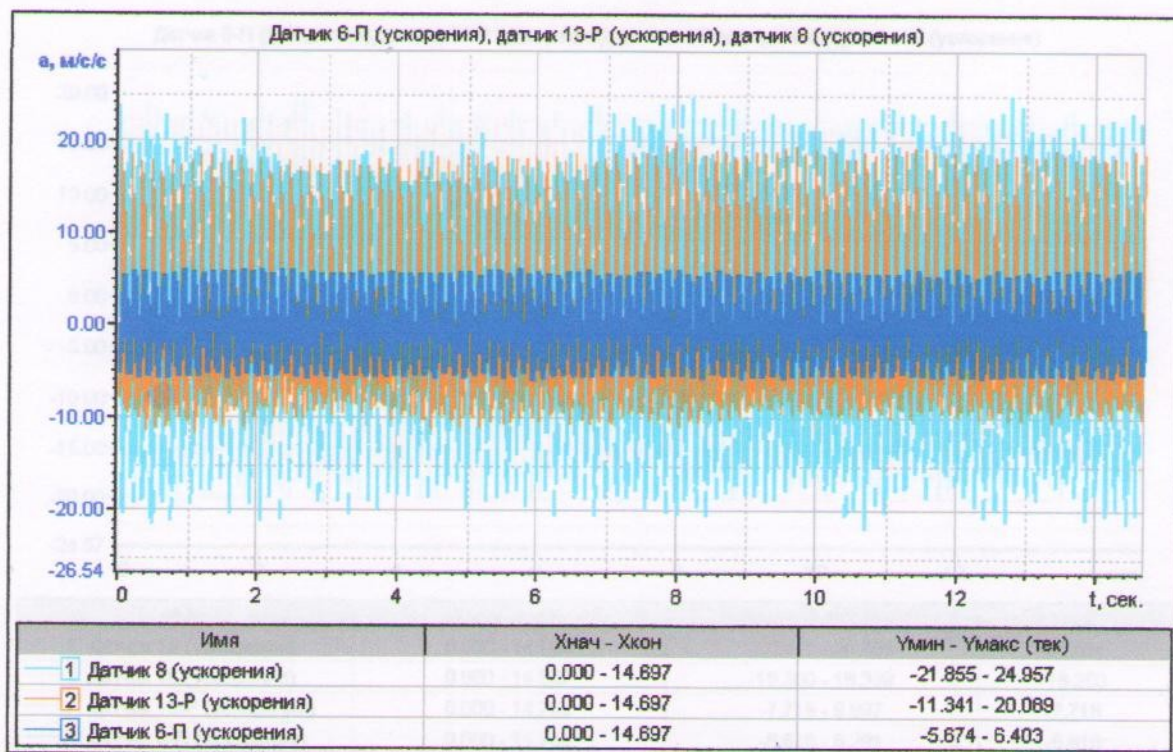
а)



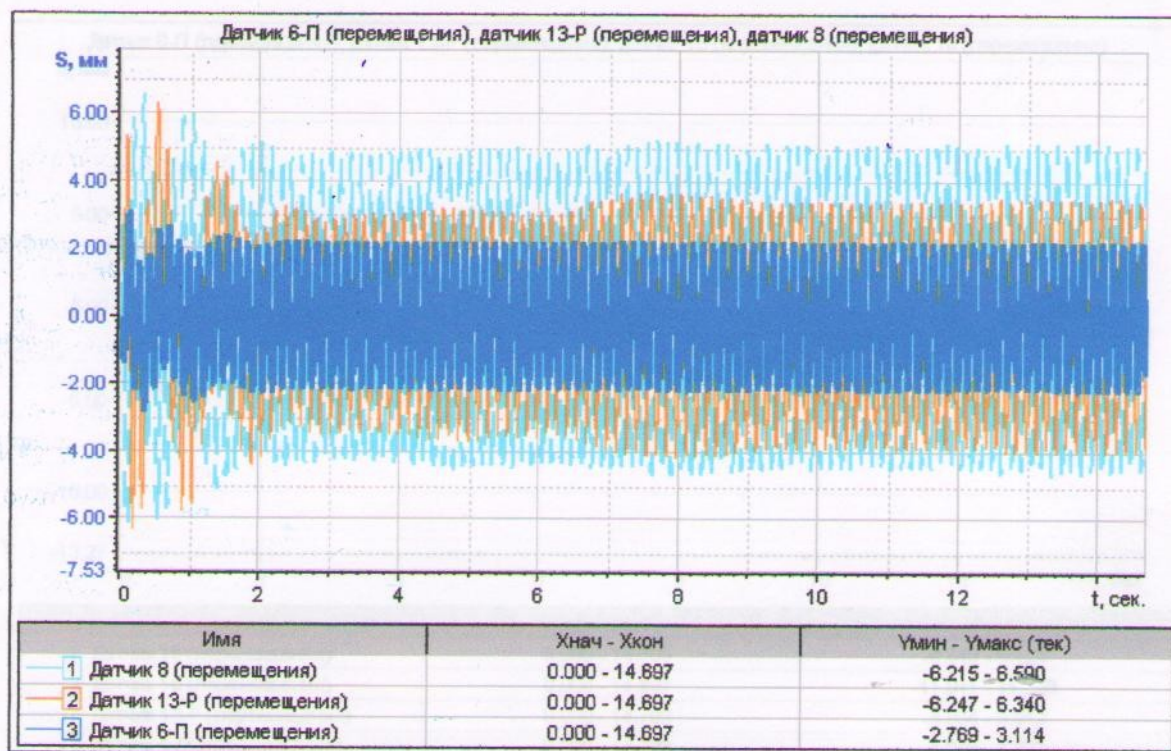
б)

П-1.1. Сравнение динамических показателей виброплатформы (датчик 6-П), рамы (датчик 13-Р) и фрагмента «Ст-1» (датчики 9 и 14) при частоте колебаний виброплатформы ~10 Гц на этапе 1:

а) по ускорениям, б) по перемещениям



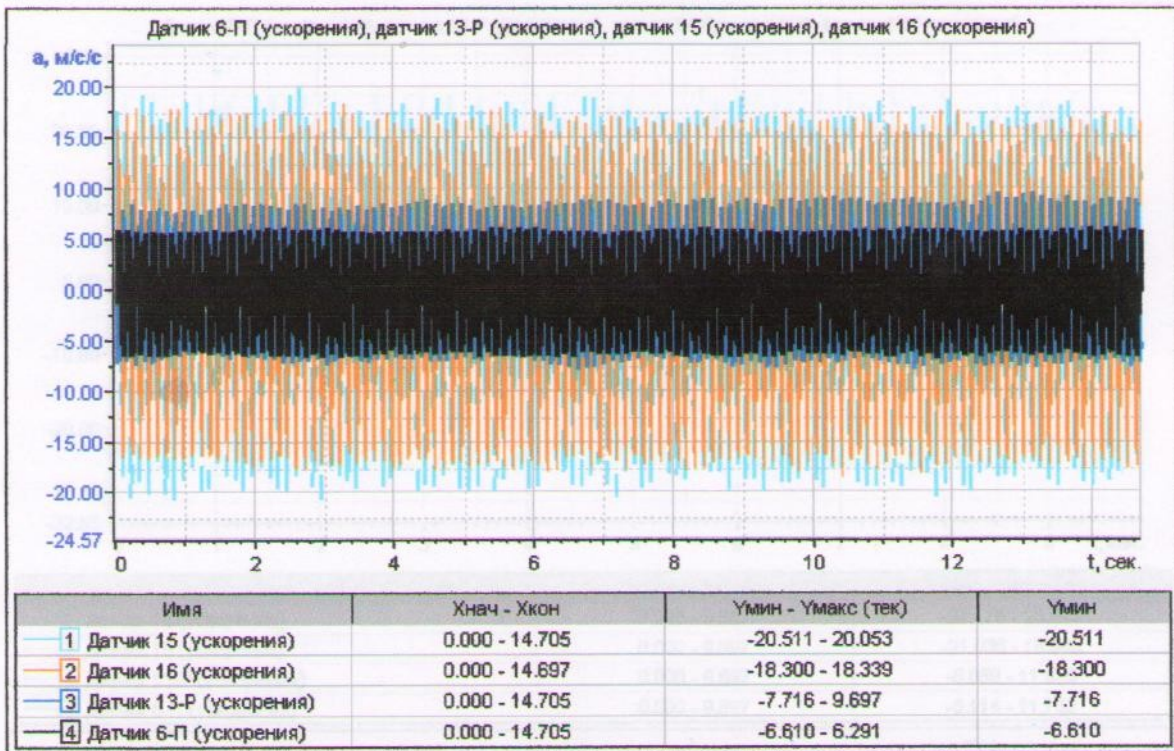
а)



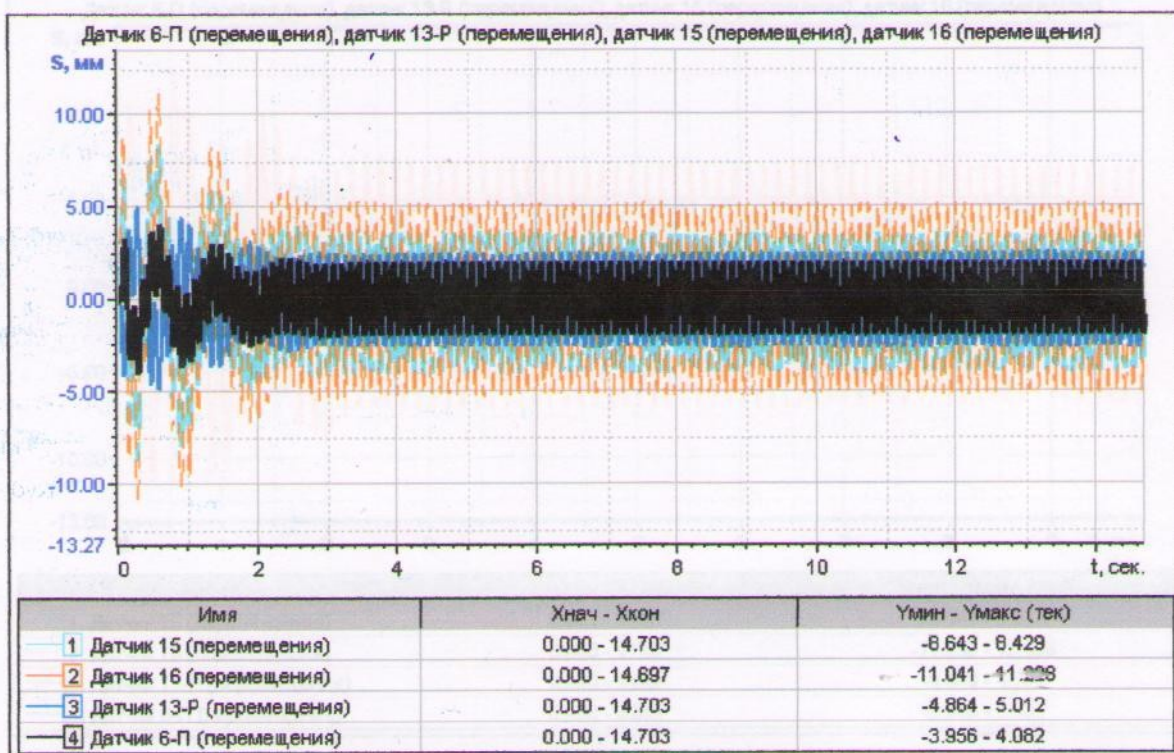
б)

П-1.2. Сравнение динамических показателей виброплатформы (датчик 6-П), рамы (датчик 13-Р) и фрагмента «Ст-2» (датчик 8) при частоте колебаний виброплатформы 7 Гц на этапе 1:

а) по ускорениям, б) по перемещениям



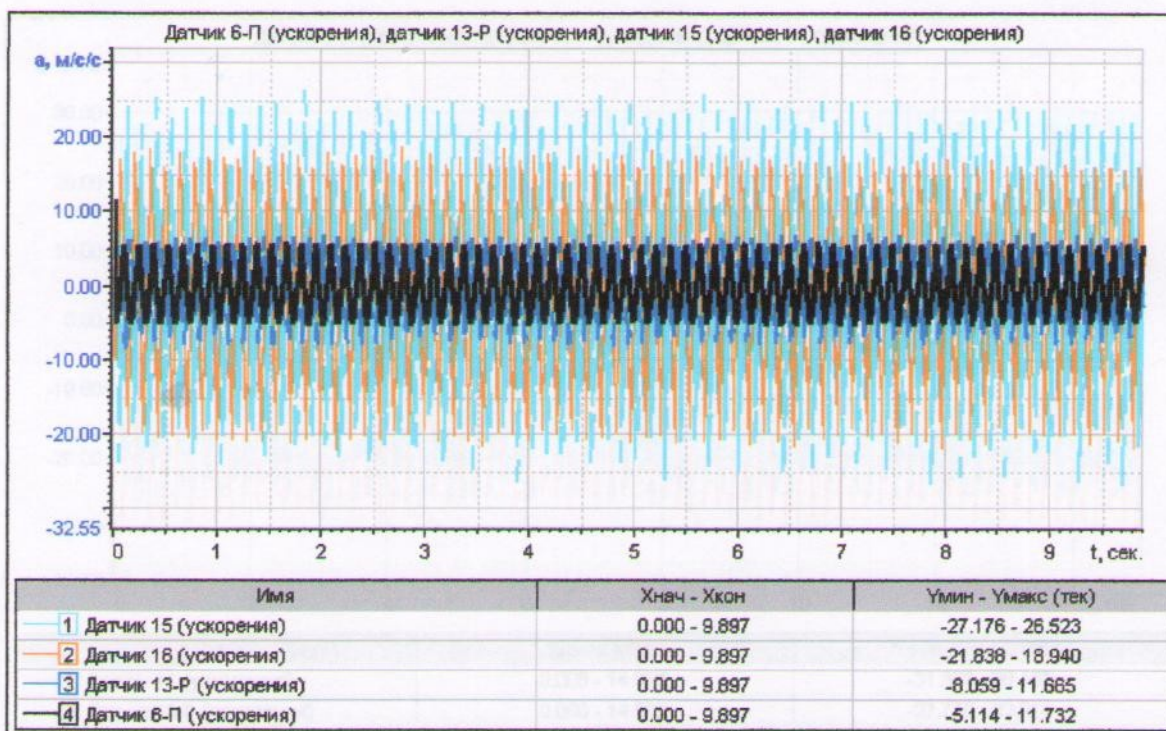
а)



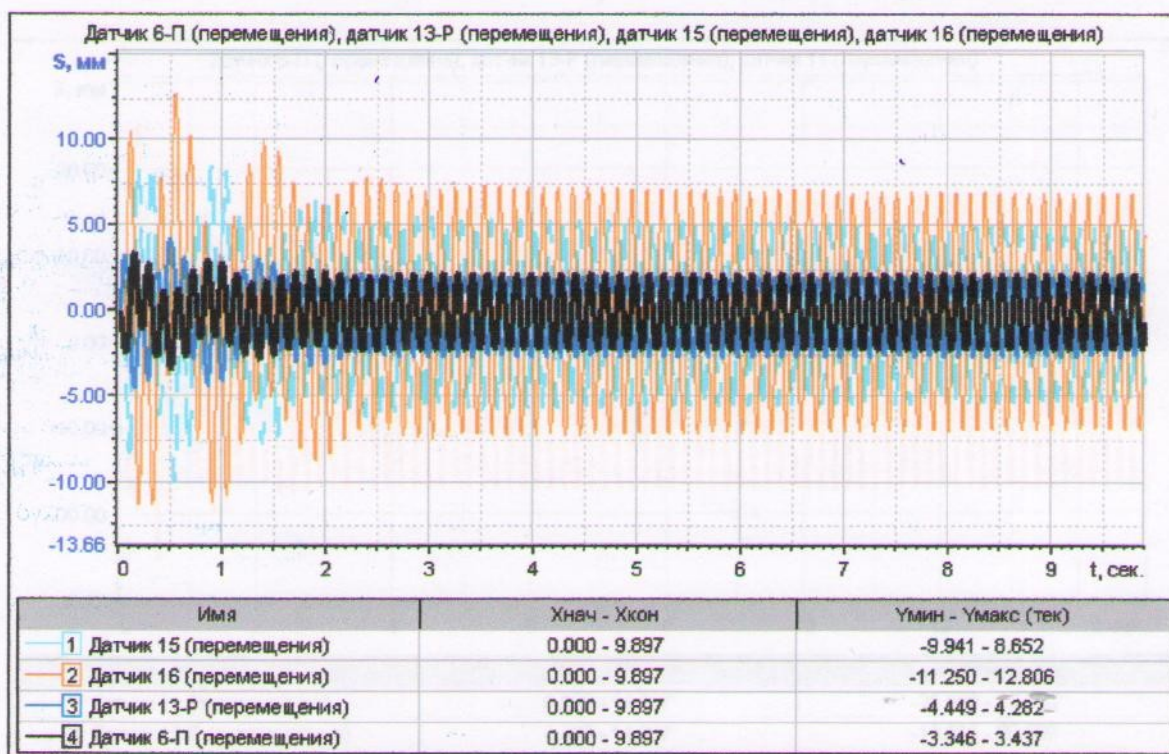
б)

П-1.3. Сравнение динамических показателей виброплатформы (датчик 6-П), рамы (датчик 13-Р) и фрагмента «Ст-3» (датчики 15 и 16) при частоте колебаний виброплатформы 8 Гц на этапе 1:

а) по ускорениям, б) по перемещениям



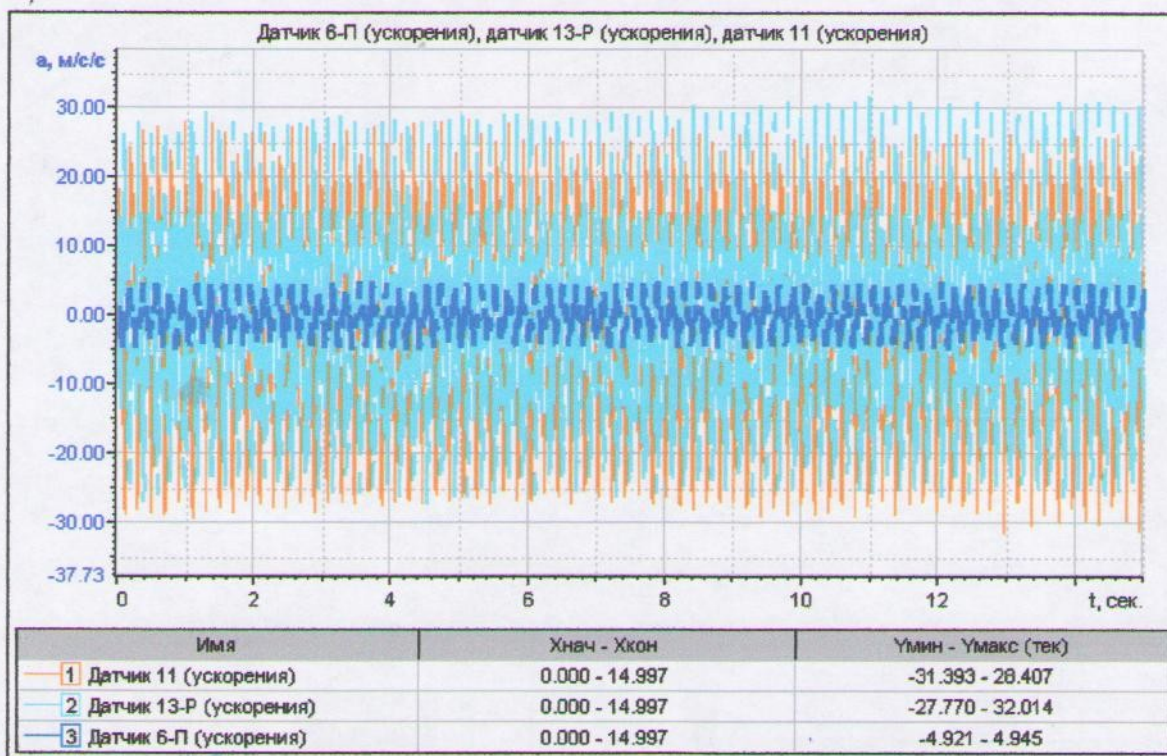
а)



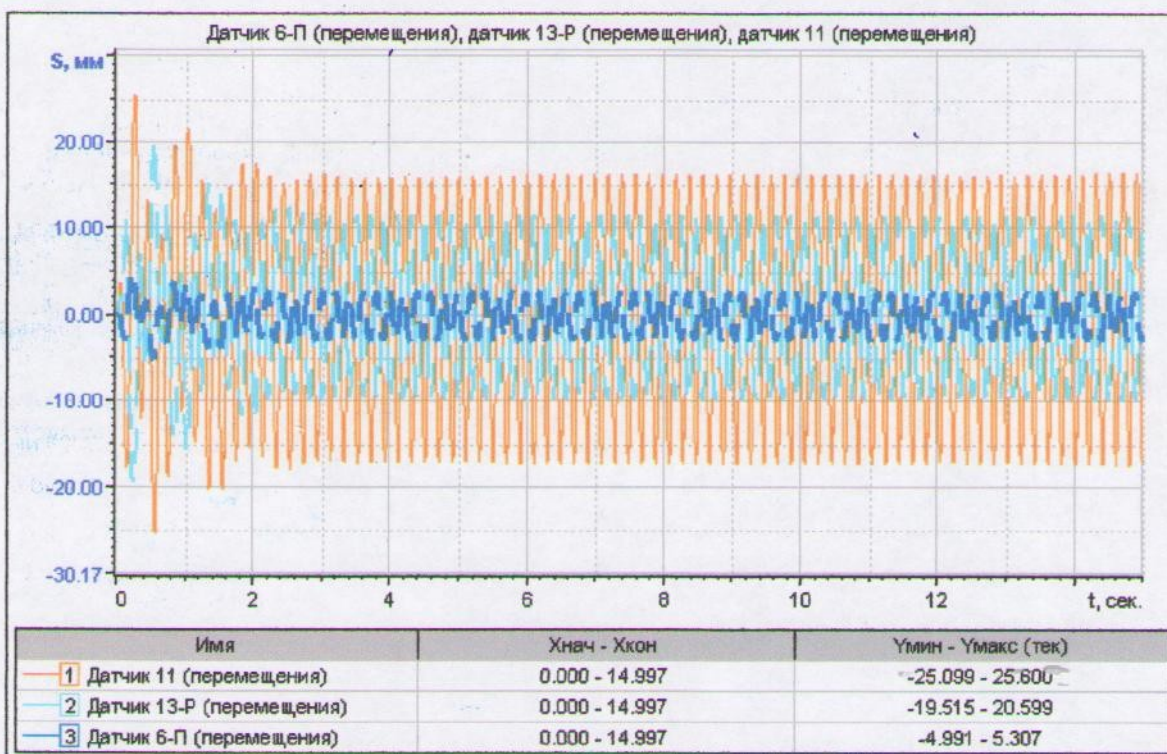
б)

П-1.4. Сравнение динамических показателей виброплатформы (датчик 6-П), рамы (датчик 13-Р) и фрагмента «Ст-3» (датчики 15 и 16) при частоте колебаний виброплатформы 7 Гц на этапе 2:

а) по ускорениям, б) по перемещениям



а)



б)

П-1.5. Сравнение динамических показателей виброплатформы (датчик 6-П), рамы (датчик 13-Р) и фрагмента «Ст-4» (датчик 11) при частоте колебаний виброплатформы ~5 Гц на этапе 1:

а) по ускорениям, б) по перемещениям