



ниц строительство
научно-исследовательский центр



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «СТРОИТЕЛЬСТВО»,
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
ИМЕНИ В. А. КУЧЕРЕНКО

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

по теме: «Экспериментальные исследования по оценке сейсмостойкости конструкций навесной вентилируемой фасадной системы «Альт-фасад-10» с использованием облицовки в виде фиброцементных панелей AT-WALL (производство Asahi Tostem Co., Ltd. Kashima Plant, Япония) и фиброцементных панелей KMEW (производство KMEW Co., Ltd., Япония) с рекомендациями по повышению эксплуатационной надежности системы»

(по договору № 653/24-23-15/ск от 03.07.2015 г.)

Москва 2015г.



НИЦ строительство
научно-исследовательский центр



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «СТРОИТЕЛЬСТВО».
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
ИМЕНИ В. А. КУЧЕРЕНКО

УТВЕРЖДАЮ:

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

И.И. Ведяков

2015г.

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

по теме: «Экспериментальные исследования по оценке сейсмостойкости конструкций навесной вентилируемой фасадной системы «Альт-фасад-10» с использованием облицовки в виде фиброцементных панелей AT-WALL (производство Asahi Tostem Co., Ltd. Kashima Plant, Япония) и фиброцементных панелей KMEW (производство KMEW Co., Ltd., Япония) с рекомендациями по повышению эксплуатационной надежности системы»

(по договору № 653/24-23-15/ск от 03.07.2015 г.)

Заведующий лабораторией №24,
к. т. н.

А.В. Грановский

Старший научный сотрудник

С.С. Хактаев

Старший инженер

В.А. Эрдниев

Москва 2015г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
1. Введение	3
2. Задачи проводимых экспериментальных исследований.....	5
3. Конструктивное решение фасадной системы «Альт-фасад-10»	6
4. Программа и методика испытаний фасадной системы «Альт-фасад-10»	50
5. Оборудование для испытаний фасадной системы «Альт-фасад-10» на сейсмические нагрузки. Средства измерения и регистрации динамических характеристик фасадной системы.	52
5.1. Оборудование для создания динамических нагрузок на фасадную систему.	52
5.2. Средства измерения и регистрации динамических характеристик конструкций и воздействий на них.	53
6. Подготовка стенда и измерительного оборудования. Монтаж конструкций фасадной системы.	59
7. Динамические испытания фасадной системы «Альт-фасад-10».	61
8. Результаты динамических испытаний фасадной системы «Альт-фасад-10» и их анализ	64
9. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Выводы и рекомендации.	74
Список литературы	77
Приложение 1. Результаты измерения динамических характеристик фасадной системы с использованием прибора Вибротест-МГ4 (только в 1-м экз. отчета)	78
Приложение 2. Результаты измерения динамических характеристик фасадной системы с использованием вычислительного комплекса MIC-036(только в 1-м экз. отчета)	80
Приложение 3. Видеосъемка испытаний фасадной системы на сейсмическое воздействие (только в 1-м экз. отчета)	93
Приложение 4. Свидетельство (только в 1-м экз. отчета)	94

1. Введение

Настоящий технический отчет составлен по результатам экспериментальных исследований сейсмостойкости конструкций навесной фасадной системы с воздушным зазором (далее НФС) «Альт-фасад-10» с использованием облицовки в виде фиброцементных панелей AT-WALL толщиной 16 мм (пр-во Asahi Tostem Co., Ltd. Kashima Plant, Япония) и фиброцементных панелей KMEW толщиной 14 мм (пр-во KMEW Co., Ltd., Япония).

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

Цели лабораторных испытаний:

- оценка сейсмостойкости элементов НФС «Альт-фасад-10» и системы в целом при использовании облицовки из фиброцементных панелей AT-WALL и KMEW толщиной соответственно 16 и 14 мм;
- оценка влияния расположения кронштейнов по высоте здания (моделирование условий крепления в междуэтажные перекрытия с шагом 2.8-4.2 м и в стены с шагом 0.6-1.2 м) на эксплуатационную надежность НФС при действии динамических нагрузок, моделирующих сейсмические воздействия интенсивностью 7÷9 баллов по шкале MSK-64 [1];
- оценка необходимости крепления облицовочных плит с помощью саморезов к направляющим НФС при различных уровнях динамических воздействий на НФС.

Для проведения испытаний Заказчиком были доставлены в Центр исследований сейсмостойкости сооружений ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко экспериментальные образцы элементов несущих подконструкций НФС «Альт-фасад-10» и фиброцементные панели AT-WALL и KMEW. Монтаж

конструкций и облицовки НФС на экспериментальный стенд был выполнен специалистами Заказчика.

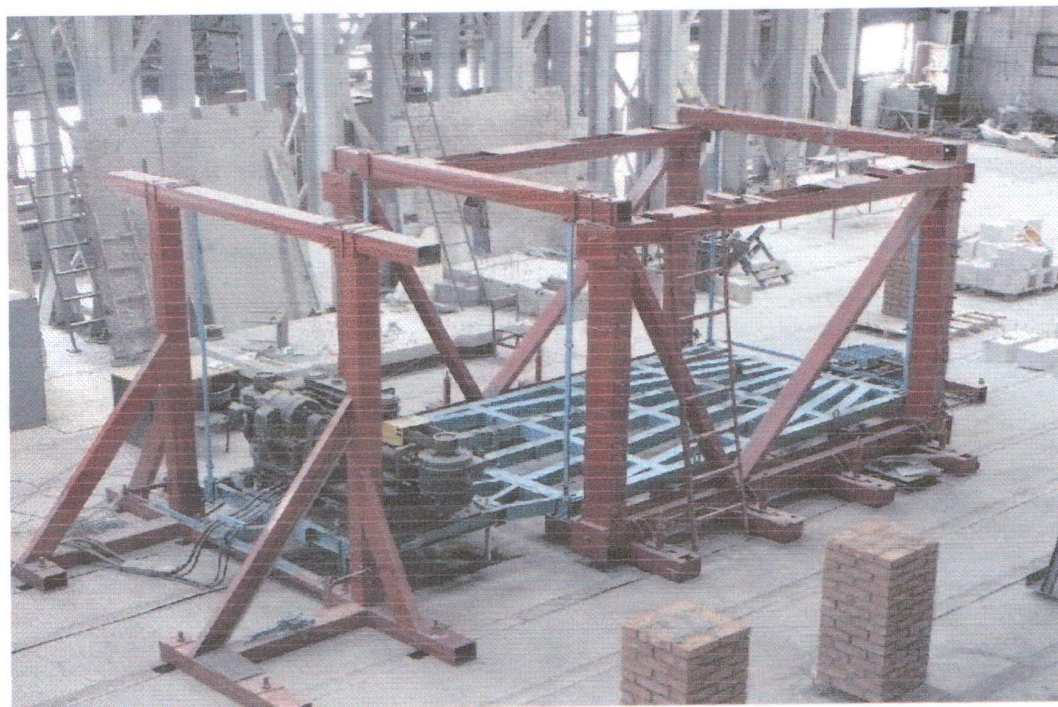


Рис. 1.1

Отчет оформлен в соответствии с требованиями нормативных документов, технических регламентов и стандартов. При описании методики и результатов экспериментально-технических исследований сейсмостойкости НФС «Альт-фасад-10» использовались термины и определения, содержащиеся в действующих стандартах и нормативах [2÷4].

2. Задачи проводимых экспериментальных исследований

В соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» новая строительная продукция, разрабатываемая и передаваемая в массовое (серийное) производство, подлежит обязательной оценке и подтверждению на соответствие требованиям безопасности.

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

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

Оценка возможности применения НФС «Альт-фасад-10» в сейсмических районах России на строительных площадках с балльностью 7÷9 баллов включает в себя следующие этапы:

1. Комплексные экспериментальные исследования работы НФС «Альт-фасад-10» с её вибродиагностикой: испытания фрагментов НФС на виброплатформе.
2. Внесение в Стандарт предприятия или в Альбом технических решений [4] и согласование с ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко ОАО «НИЦ «Строительство» изменений (если это потребуется по результатам испытаний) по конструктивному решению НФС «Альт-фасад-10» при использовании их в сейсмических районах РФ.

3. Конструктивное решение фасадной системы «Альт-фасад-10»

Для проведения динамических испытаний Заказчиком были предоставлены конструктивные варианты НФС «Альт-фасад-10» с использованием облицовки в виде фиброцементных панелей AT-WALL и KMEW толщиной 16 и 14 мм.

Несущие элементы подконструкции НФС «Альт-фасад-10» (кронштейны, профили, удлинители, связевые элементы и скобы) запроектированы из оцинкованной или коррозионностойкой стали. Каркас НФС «Альт-фасад-10» в зависимости от применяемых типов облицовочных плит запроектирован в двух вариантах:

- горизонтально - вертикальная система с использованием в качестве облицовки фиброцементных панелей KMEW (пр-во KMEW Co., Ltd., Япония). В данной системе панели крепятся к вертикальным несущим профилям при помощи короткой и длинной скоб, которые в свою очередь крепятся к вертикальным направляющим с помощью вытяжных заклепок 4x10 A2/A2. вертикальные несущие профили крепятся к горизонтальным несущим профилям, а те в свою очередь, к несущим кронштейнам. Шаг кронштейнов по вертикали составлял 600 мм, а по горизонтали 445 и 615 мм.
- вертикальная система с использованием в качестве облицовки фиброцементных панелей KMEW (пр-во KMEW Co., Ltd., Япония) и AT-WALL (пр-во Asahi Tostem Co., Ltd. Kashima Plant, Япония). При применении панелей KMEW их крепление к вертикальным несущим профилям осуществлялось с помощью короткой и длинной скоб. Вертикальные направляющие профили крепятся к кронштейнам, расположенным с шагом по вертикали 600 мм и с шагом по горизонтали 638 - 677 мм.

В случае применения облицовочных фиброцементных панелей AT-WALL крепление вертикальных направляющих профилей к

кронштейнам осуществляется с шагом по высоте НФС равным 3000 - 3800 мм (вертикальная межэтажная система).

На рис. 3.1 - 3.3 приведены план экспериментального фрагмента, смонтированными на нем системами НФС «Альт-фасад-10» и фасады пространственного фрагмента. На фото рис. 3.4-3.5 показан фрагмент стенда с установленной на нем НФС «Альт-фасад-10» с вертикальной и вертикально-горизонтальной системами подконструкций.

При монтаже подконструкции НФС «Альт-фасад-10» с вертикальной установкой кронштейнов (вертикальная схема крепления) использовались несущие кронштейны марки КР-70 длиной 100 мм в виде неравнополочного уголка, при этом в угловой зоне использовались несущие кронштейны марки КРУ-2р длиной 100 мм в виде неравнополочного уголка (рис 3.6). Крепление кронштейнов к раме стенда производилось через специальные паронитовые прокладки. Установка прокладок предотвращает появление мостика холода в конструкции основания.

Далее к кронштейнам устанавливались и закреплялись неподвижно при помощи двух коррозионностойких (А2/А2) заклепок Ø4 мм несущие вертикальные направляющие Т-образные профили марки ТО (рис. 3.7), при этом между вертикальными профилями разных температурных блоков выполнялся горизонтальный температурный зазор не менее 6 мм (рис. 3.7б).

После монтажа вертикальных направляющих профилей НФС «Альт-фасад-10» с вертикальной установкой кронштейнов (вертикальная схема крепления) производилась установка на вертикальные направляющие профили при помощи одной коррозионностойкой (А2/А2) заклепки Ø4 мм в каждом узле крепления длинной стартовой скобы КМЕW (рис. 3.8). В угловой зоне производилась установка вертикального профиля в виде равнополочного уголка марки ГО (рис. 3.9), который жестко фиксировался к длинным скобам КМЕW, установленным на смежных сторонах стенда при помощи коррозионностойких заклепок Ø4 мм. На установленный угловой вертикальный профиль с помощью заклепок крепился декоративный угловой

профиль КМЕW. Далее на стартовую длинную скобу КМЕW устанавливалась фиброцементная панель КМЕW с заведением угловой торцевой грани панели в декоративный угловой профиль КМЕW и последующей её фиксацией с помощью длинной рядовой скобы КМЕW по верхней её грани (рис. 3.10). Длинные скобы КМЕW крепились к вертикальным направляющим профилям так же с помощью двух заклепок в каждом узле крепления. Последующая установка облицовки производилась по указанной выше схеме, но с использованием только длинной скобы КМЕW. В зоне устройства температурного шва фиксация по верхней грани, подготовленной по высоте фиброцементной панели, производилась с помощью шурупов длиной 50 мм и спейсера толщиной 5 мм (рис. 3.11).

На основной плоскости стенда по вертикали к профилю ТО устанавливалась декоративная разделительная планка (рис. 3.12).

При монтаже подконструкции НФС «Альт-фасад-10» с горизонтальной установкой кронштейнов (горизонтально-вертикальная схема крепления) использовались несущие кронштейны марки КРУ-2р длиной 100 мм в виде неравнополочного уголка (рис. 3.13). Крепление кронштейнов к раме стенда также как и в вышеуказанном случае производилось через специальные паронитовые прокладки.

Далее на кронштейны устанавливались и закреплялись неподвижно с помощью двух коррозионностойких заклепок Ø4 мм несущие горизонтальные направляющие профили в виде равнополочных уголков марки ГО (рис. 3.14), при этом в угловой зоне горизонтальные профили также скрепляются одной вытяжной заклепкой. К уже установленным горизонтальным профилям в свою очередь закреплялись неподвижно с помощью двух коррозионностойких заклепок Ø4 мм несущие вертикальные направляющие П-образные профили марки ПО (рис. 3.15). В угловой зоне производилась установка вертикальных профилей марки ZO (рис. 3.16), которые крепились к горизонтальным профилям при помощи коррозионностойких заклепок Ø4 мм. На установленные вертикальные

профили марки ZO с помощью заклепок крепился угловой декоративный профиль KMEW. Аналогично предыдущей схеме устраивался горизонтальный температурный зазор.

На основной плоскости стенда по вертикали к профилю ПО так же как и в предыдущем варианте устанавливалась декоративная разделительная планка.

После монтажа вертикальных направляющих профилей НФС «Альт-фасад-10» с горизонтальной установкой кронштейнов (горизонтально-вертикальная схема крепления) производилась установка на вертикальные направляющие профили при помощи одной коррозионностойкой заклепки Ø4 мм в каждом узле крепления длинной стартовой скобы KMEW (рис. 3.17). Далее на стартовую длинную скобу KMEW устанавливалась фиброцементная панель KMEW с заведением угловой торцевой грани панели в декоративный угловой профиль KMEW с последующей её фиксацией с помощью коротких скоб KMEW по верхней её (рис. 3.17б). Рядовые короткие скобы KMEW крепились к вертикальным направляющим профилям с помощью двух коррозионностойких заклепок (Ø4 мм) (рис. 3.18а). Последующая установка облицовки производилась по указанной выше схеме, но с использованием только рядовых коротких скоб KMEW. В зоне устройства температурного шва фиксация по верхней грани, подготовленной по высоте фиброцементной панели, производилась с помощью шурупов длиной 50 мм и спейсеров толщиной 5 мм (рис. 3.18б).

При использовании в качестве облицовки фиброцементных панелей AT-WALL монтаж облицовки производился на подконструкцию НФС «Альт-фасад-10» по двум схемам крепления в межэтажные перекрытия: схема с использованием вертикального несущего профиля ПК/1 и схема с использованием вертикального несущего профиля ПО.

В фасадной системе со схемой крепления в межэтажные перекрытия с использованием вертикального несущего профиля ПК/1 кронштейны марки КНс-28/1 на реальных объектах устанавливаются в торцы плит перекрытия.

При проведении лабораторных испытаний система крепилась к раме стенда с шагом по высоте 3800 мм (рис. 3.19). Крепление кронштейнов к раме стенда производилось также как и в предыдущих вариантах через специальные паронитовые прокладки с использованием усиливающей шайбы ШУ.

Далее к каждому несущему кронштейну марки КНс-28/1 (в нижнем и верхнем ряду) с помощью 4 вытяжных заклепок крепились вертикальные несущие профили ПК/1 (рис. 3.20).

В угловой зоне производилась установка вертикального профиля марки ГО в виде равнополочного уголка, который крепился с помощью угловых полок марки ПУ к ближайшим вертикальным направляющим профилям двух смежных плоскостей с помощью двух коррозионностойких заклепок Ø4 мм (рис. 3.21).

В данных натурных испытаниях при установке вертикальных профилей имитировался горизонтальный температурный зазор между отдельными вертикальными профилями (рис. 3.22). Температурный зазор устраивался посредством установки фиксирующей накладки ФН-ПК/1, которая с помощью коррозионностойких заклепок Ø4 мм жестко крепилась к вертикальному профилю вышележащего температурного блока и вставлялась без фиксации в вертикальный профиль нижележащего температурного блока (рис. 3.22б).

После установки вертикальных направляющих профилей, в угловой зоне производилось крепление, с помощью двух коррозионностойких заклепок Ø4 мм, стартовых скобы марки VMS5UN (рис. 3.23а). Далее на стартовые скобы устанавливался декоративный фиброцементный уголок с последующей его фиксацией с помощью рядовых скоб марки VMS5UN по верхней его грани (рис. 3.23б). Последующая установка декоративных фиброцементных уголков производилась по указанной выше схеме, но с использованием только рядовых скоб.

После установки декоративных фиброцементных уголков производилось установка пластиковых шовных разделительных вставок

(рис. 3.24). Указанные вставки обеспечивали равномерный зазор по вертикали между декоративными фиброцементными уголками и установленными позднее фиброцементными панелями. Далее производилось крепление, с помощью двух коррозионностойких заклепок Ø4 мм, стартовых скоб марки VMS5UN (рис. 3.25) на которые устанавливалась фиброцементная панель AT-WALL с последующей её фиксацией с помощью рядовых скоб марки VMS5UN по верхней её грани (рис. 3.26). Рядовые скобы крепились к вертикальным направляющим профилям также с помощью двух коррозионностойких заклепок Ø4 мм. После установки и фиксации панели производилось дополнительное крепление панели с помощью шурупов длиной 50 мм и спейсера толщиной 5 (рис. 26). Шурупы и спейсеры для крепления облицовки устанавливались в один ряд с шагом соответствующим шагу вертикальных направляющих профилей. Последующая установка облицовки производилась по указанной выше схеме, но с использованием только рядовых скоб. В зоне устройства температурного шва, так же как и предыдущем варианте НФС, фиксация по верхней грани, подготовленной по высоте фиброцементной панели, производилась с помощью шурупов длиной 50 мм и спейсера толщиной 5 мм (рис. 3.27а). После того как все панели были установлены вертикальный зазор между декоративными фиброцементными уголками и фиброцементными панелями заполнялся герметиком (рис. 3.27б).

В фасадной системе со схемой крепления в межэтажные перекрытия с использованием вертикального несущего профиля ПО кронштейны марки КРУ-1р устанавливаются на реальных объектах в торцы плит перекрытия. При проведении лабораторных испытаний система крепилась к раме стенда с шагом по высоте 3000 мм (рис. 3.28). Крепление кронштейнов к раме стенда производилось также как и в предыдущем варианте через специальные паронитовые прокладки с использованием усиливающей шайбы ШУ. После установки кронштейнов производилась установка удлинителей УД-КРУ-1р с помощью двух коррозионностойких заклепок.

Далее на кронштейны (удлинители КРУ-1р) устанавливались и закреплялись неподвижно с помощью двух коррозионностойких заклепок Ø4 мм несущие горизонтальные направляющие профили в виде равнополочных уголков марки ГО (рис. 3.29). При этом в угловой зоне горизонтальные профили также скреплялись одной вытяжной заклепкой. К уже установленным горизонтальным профилям, в свою очередь, закреплялись неподвижно с помощью четырех коррозионностойких заклепок Ø4 мм несущие вертикальные направляющие в виде П-образных профилей марки ПО (рис. 3.30).

В угловой зоне производилась установка вертикального профиля марки ГО в виде равнополочного уголка, который крепился с помощью угловых полок марки ПУ к ближайшим вертикальным направляющим профилям двух смежных плоскостей с помощью двух коррозионностойких заклепок Ø4 мм (рис. 3.31).

При монтаже элементов НФС также как и в предыдущем варианте НФС имитировался горизонтальный температурный зазор между отдельными вертикальными профилями. Температурный зазор устраивался посредством установки фиксирующей накладки ФН-ПО, которая с помощью коррозионностойких заклепок Ø4 мм жестко крепилась к вертикальному профилю вышележащего температурного блока и вставлялась без фиксации в вертикальный профиль нижележащего температурного блока (рис. 3.32).

Последующая установка облицовочного материала производилась по двум вариантам крепления:

- аналогично схеме крепления с использованием вертикального несущего профиля ПК/1 (шурупы и спейсеры для крепления облицовки устанавливались в один ряд с шагом соответствующим шагу вертикальных направляющих профилей);
- аналогично схеме крепления с использованием вертикального несущего профиля ПК/1, но без использования дополнительного

крепления в виде шурупов длиной 50 мм и спейсеров толщиной 5 мм.

В процессе установки НФС в соответствии с технологией монтажа исключается распил скоб VMS5UN и коротких скоб KMEW отгибание лапок скоб и установка заклепок в непредусмотренные места.

Допускается распил длинных рядовых и стартовых скоб KMEW.

На рис. 3.33-3.36 показаны смонтированные на стенде и готовые к испытаниям фасадные системы.

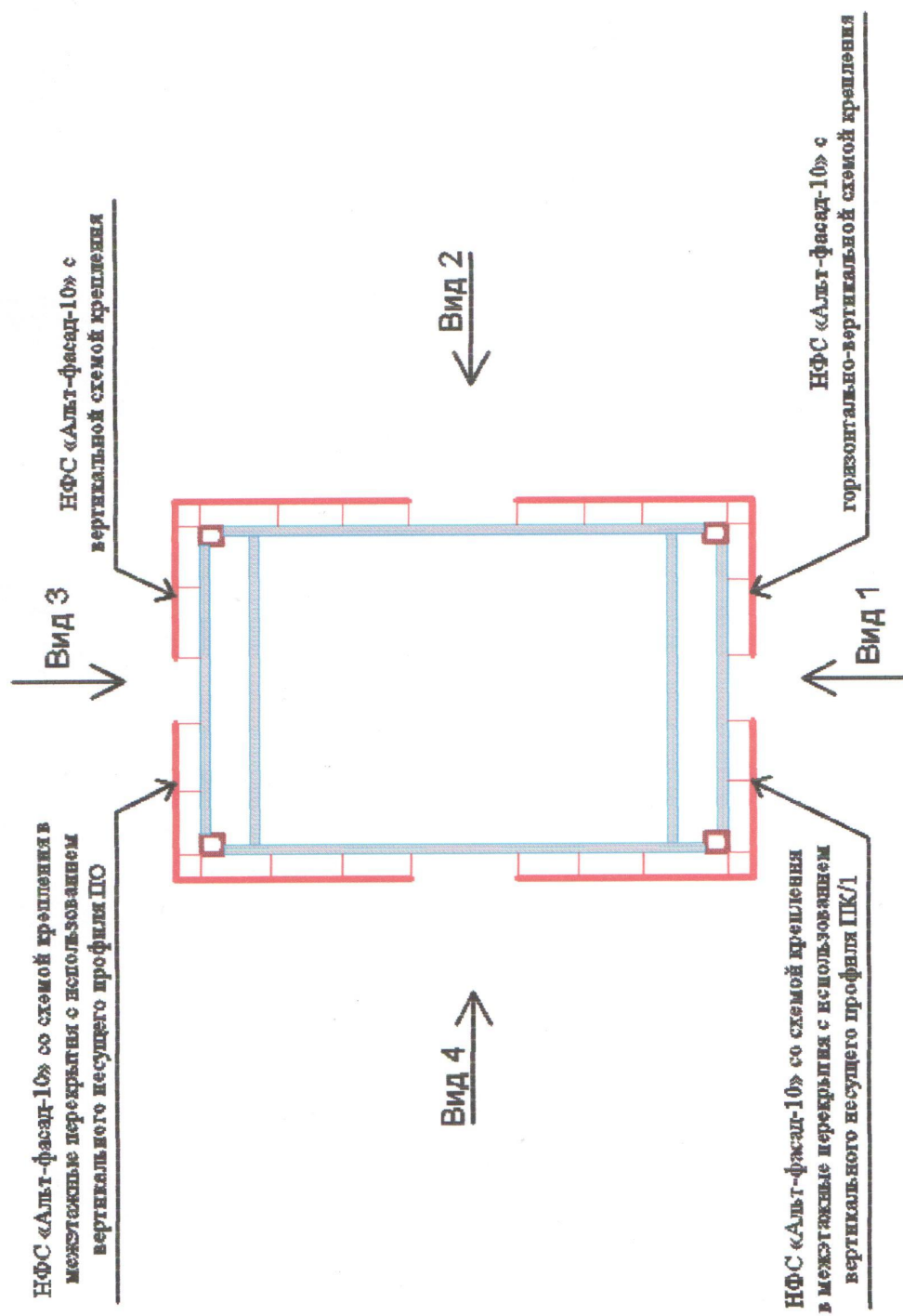


Рис. 3.1

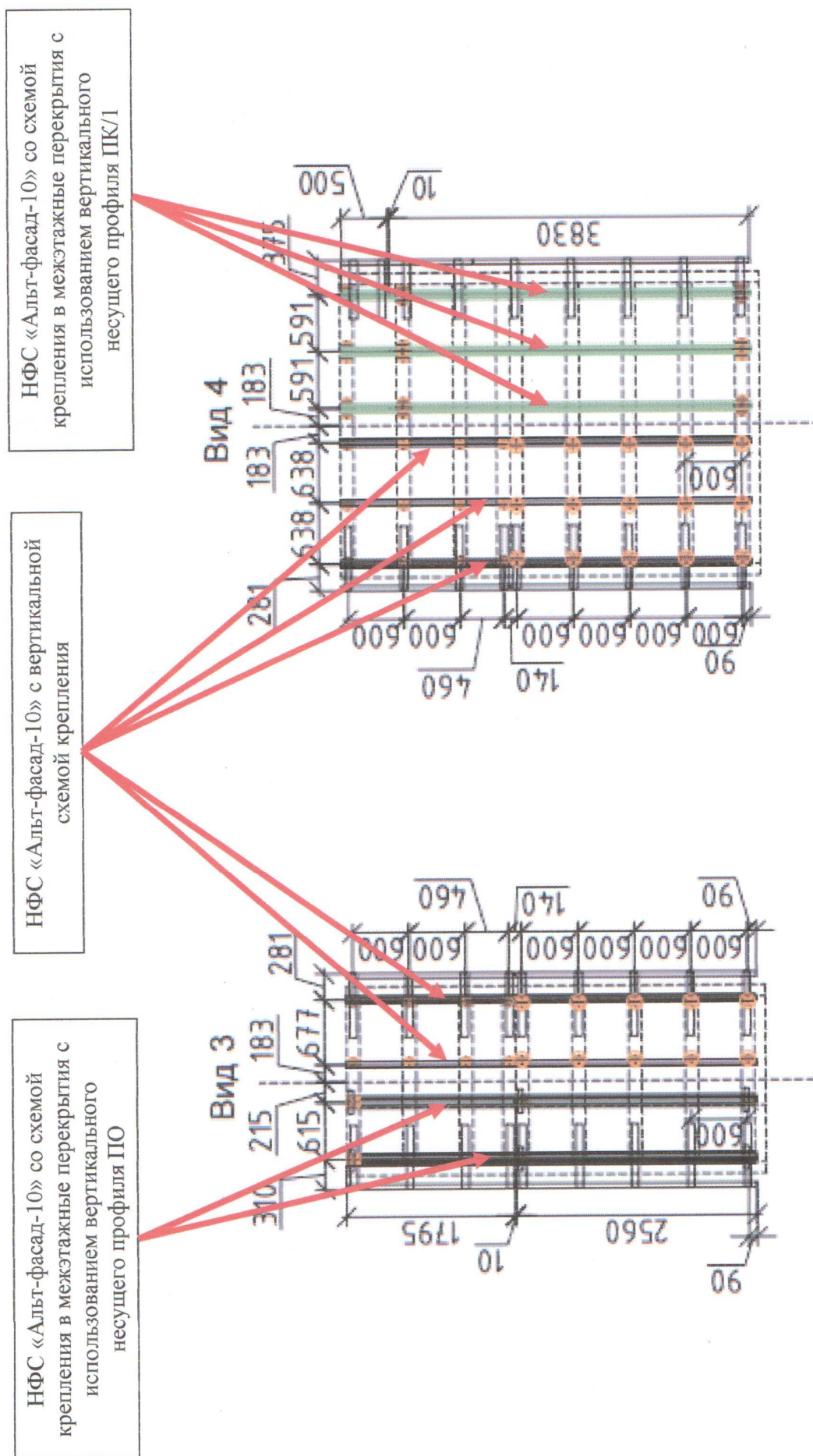
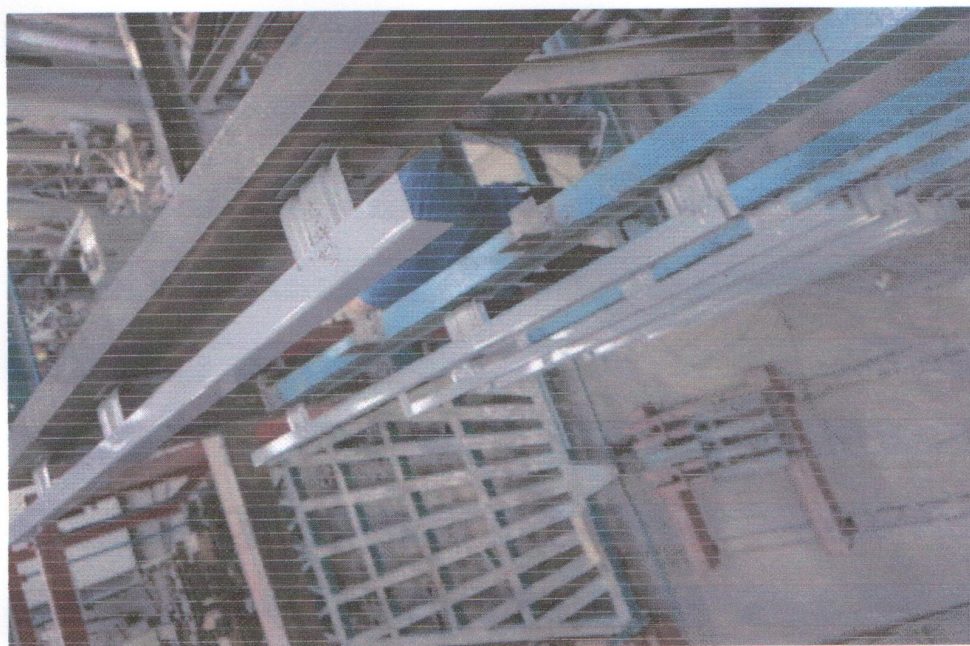


Рис. 3.3



Рис. 3.4



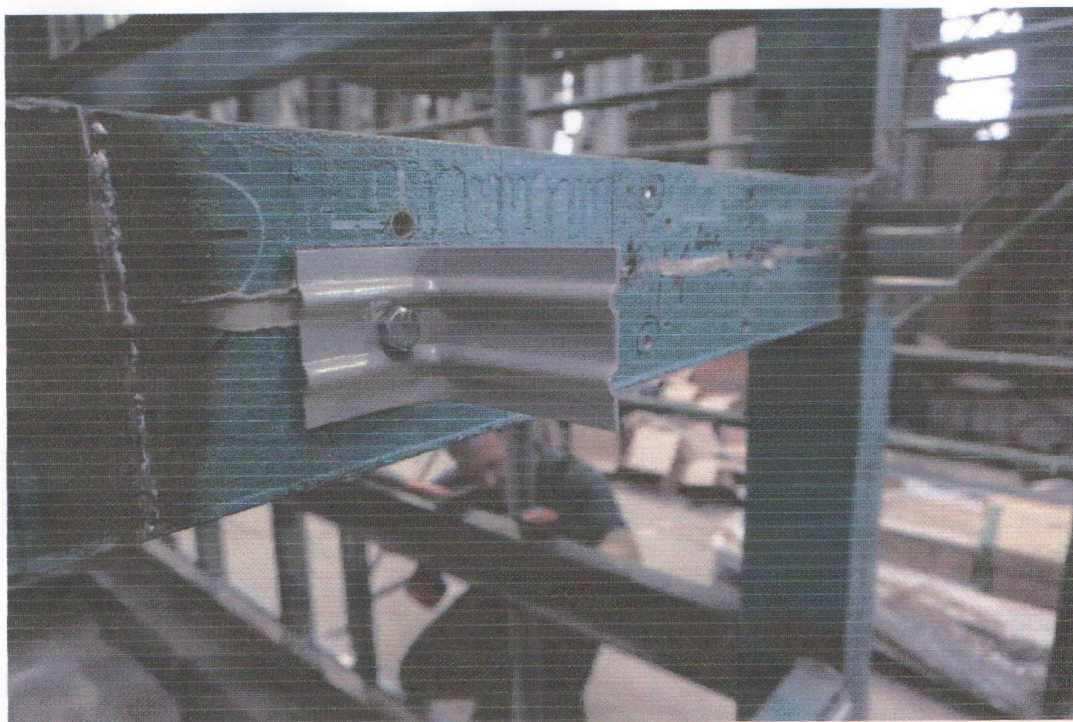
б)



а)

Рис. 3.5

a)



б)

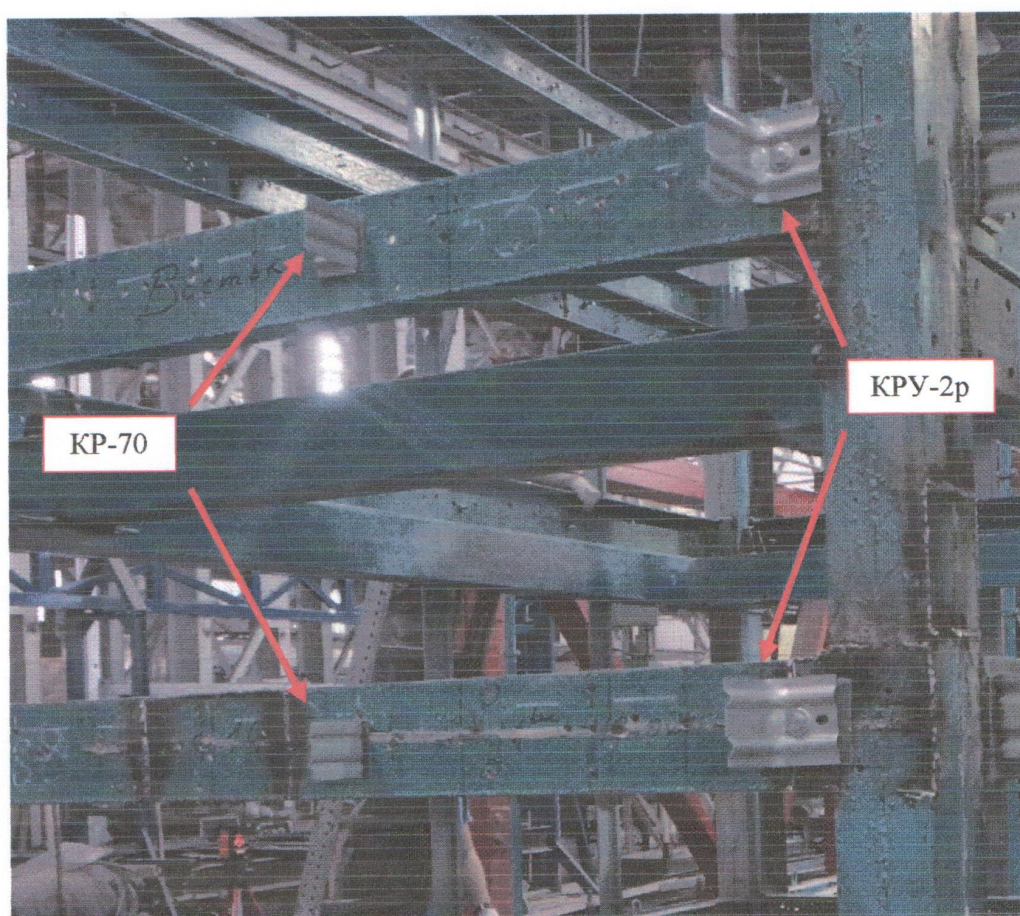


Рис. 3.6

a)

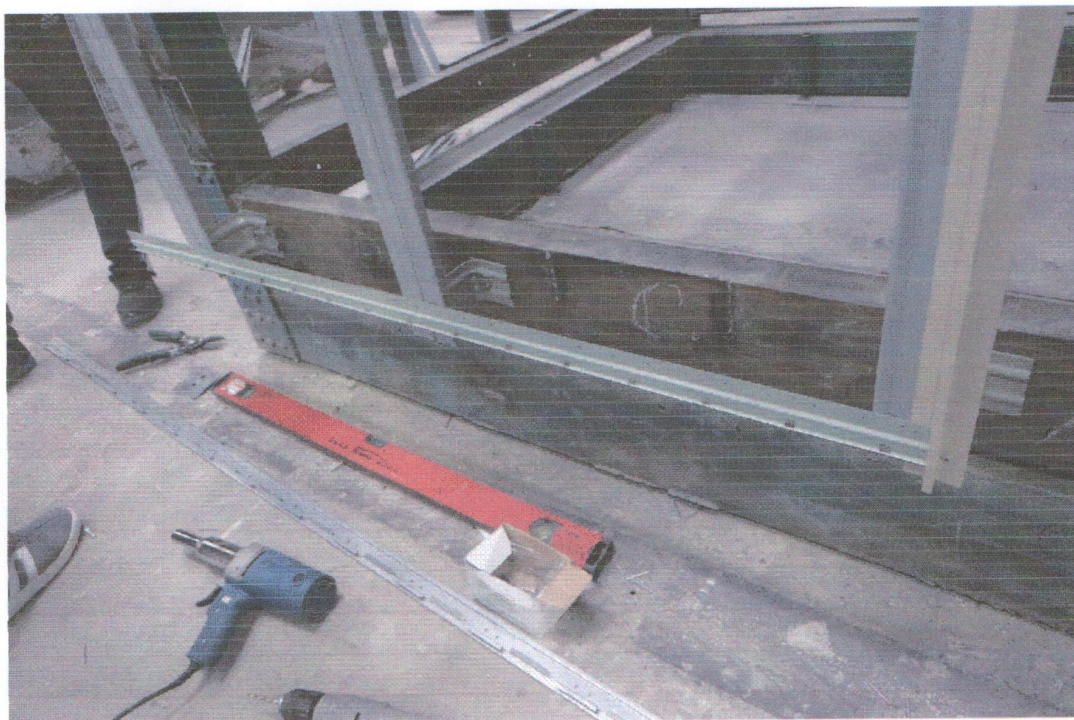


б)



Рис. 3.7

a)

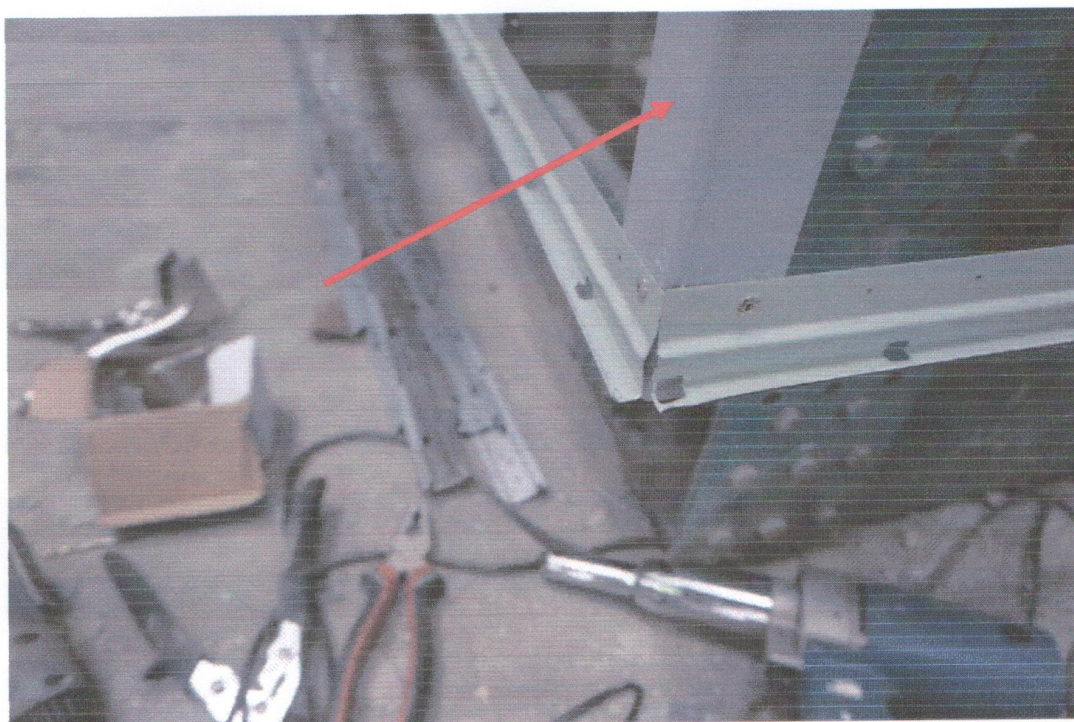


б)



Рис. 3.8

a)



б)

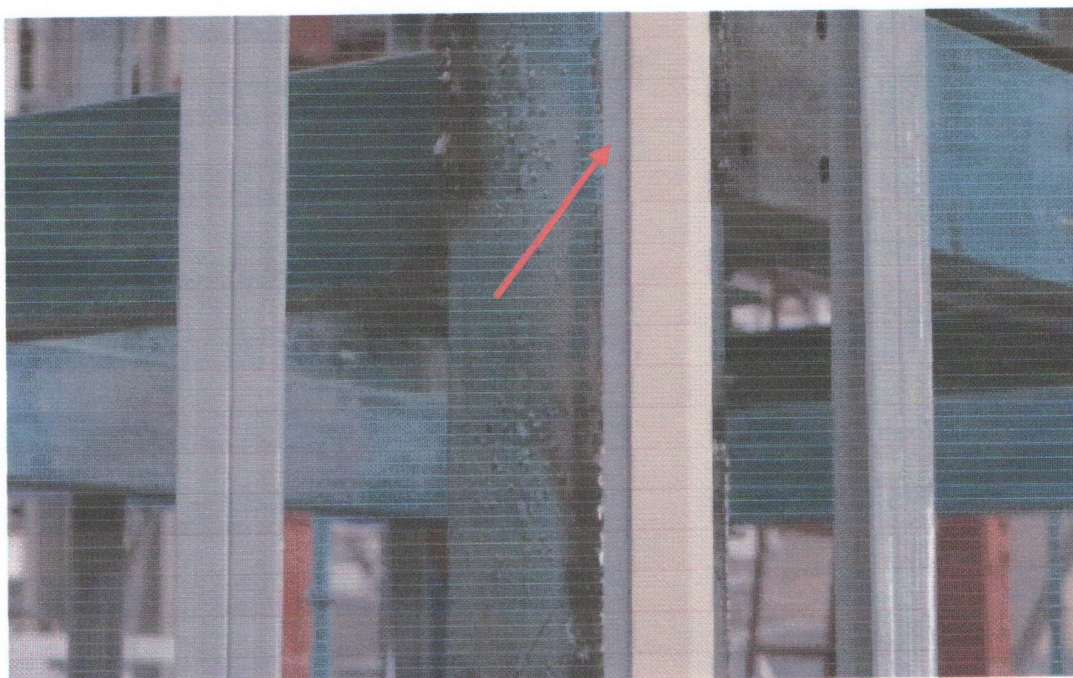
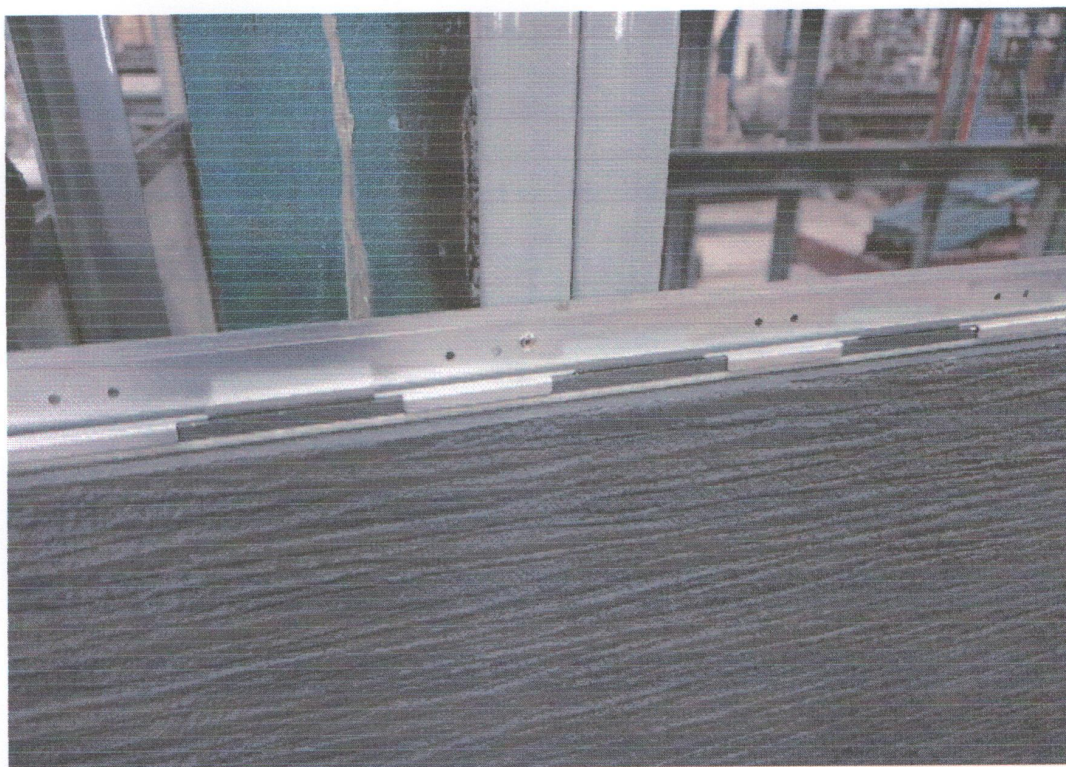


Рис. 3.9

a)



б)

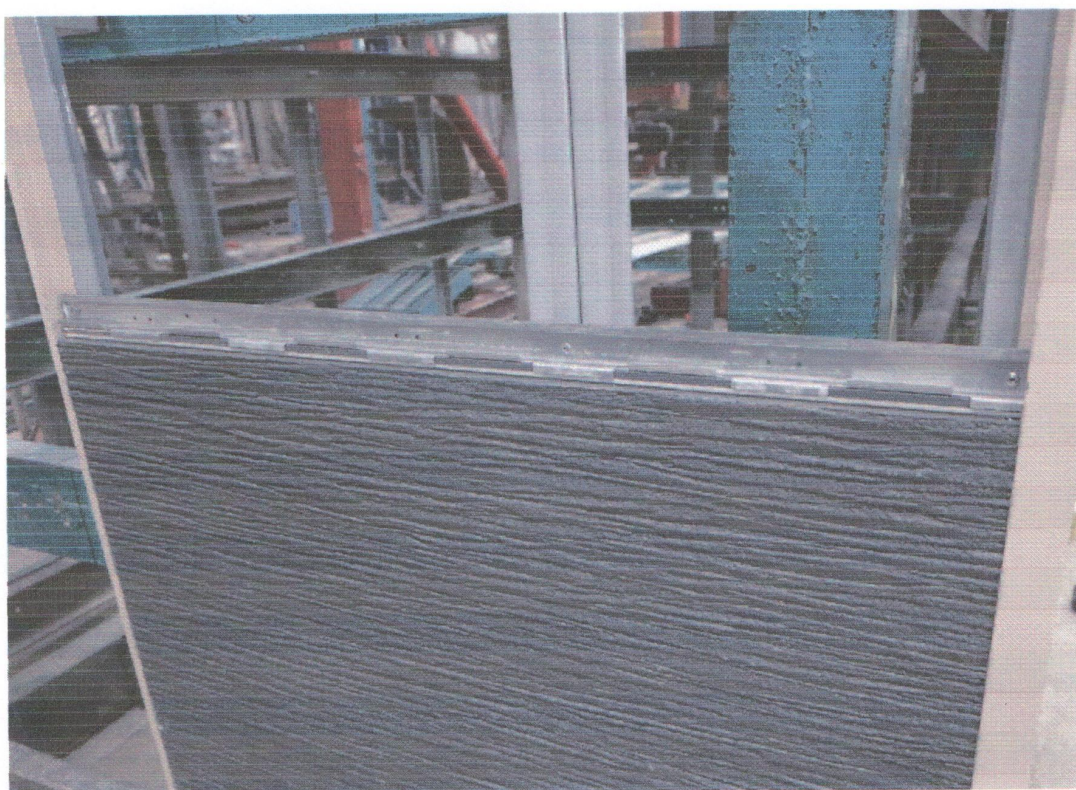
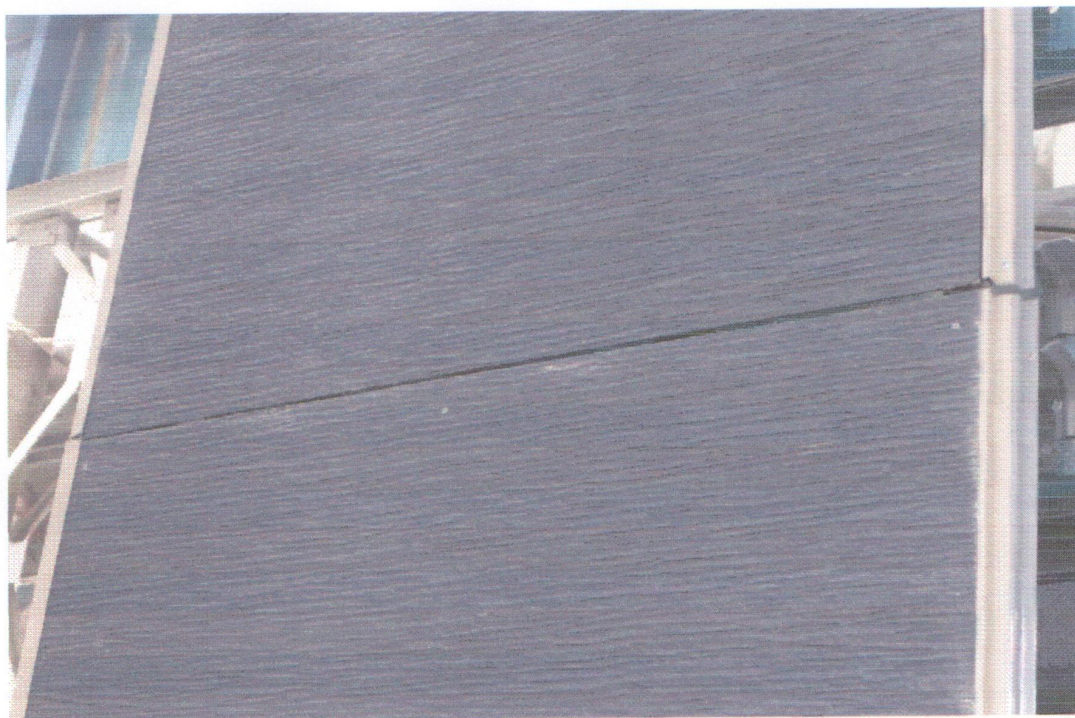


Рис. 3.10

a)

24



б)

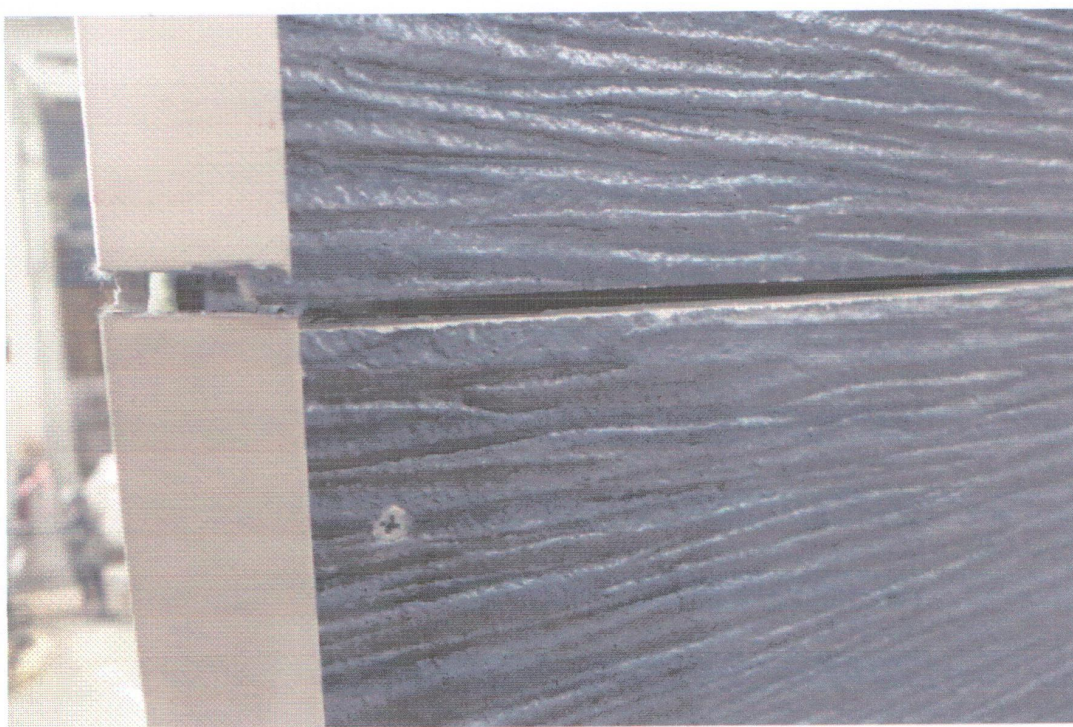
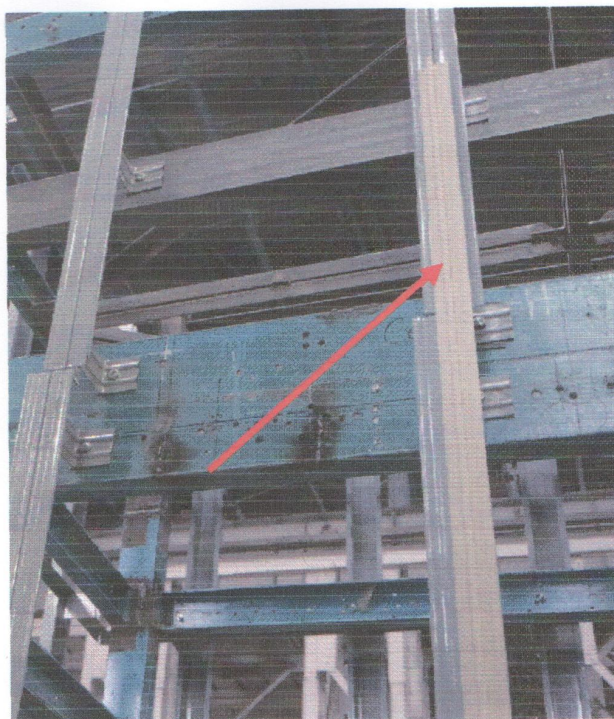


Рис. 3.11

a)



б)

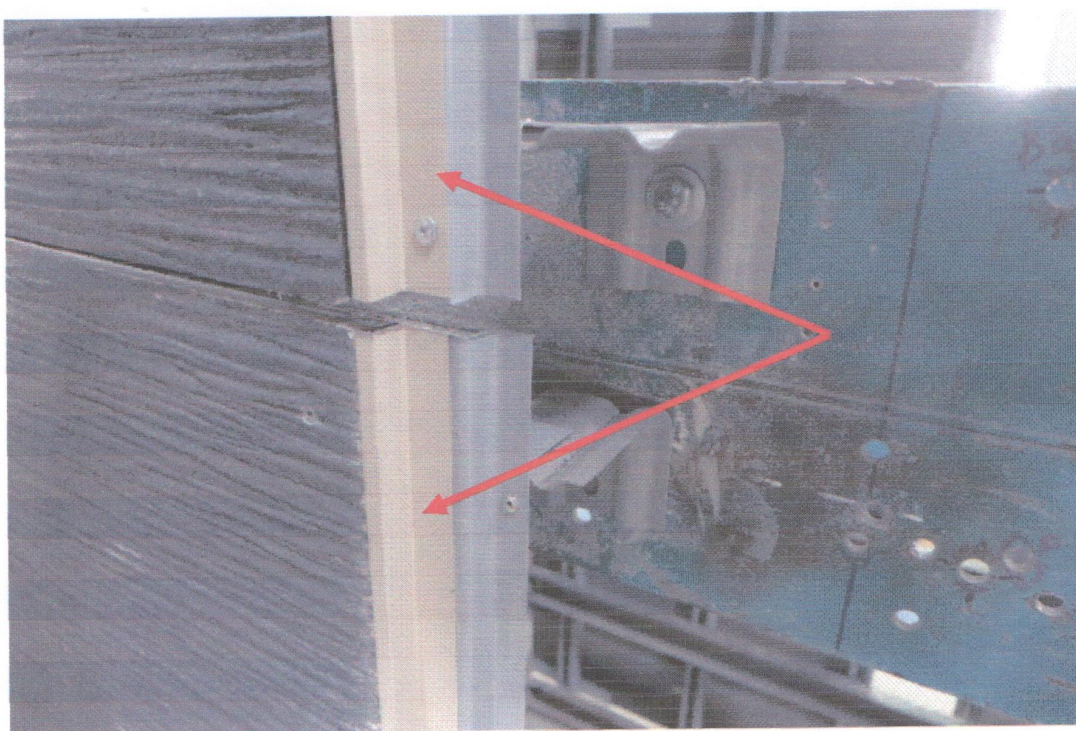


Рис. 3.12

a)



б)

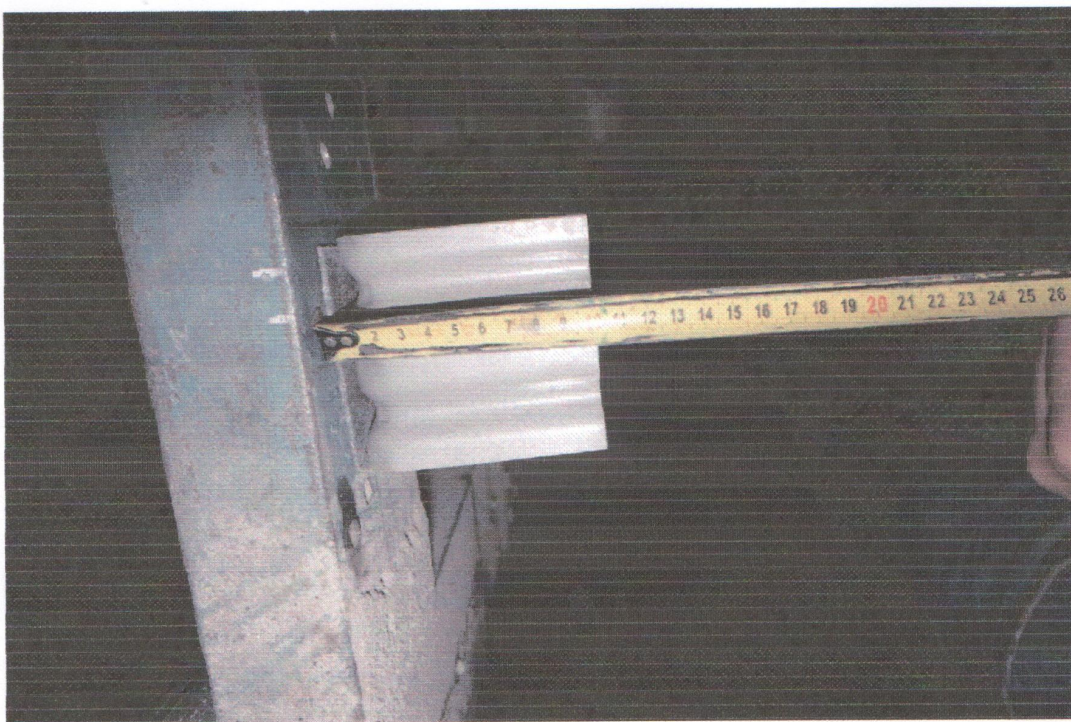
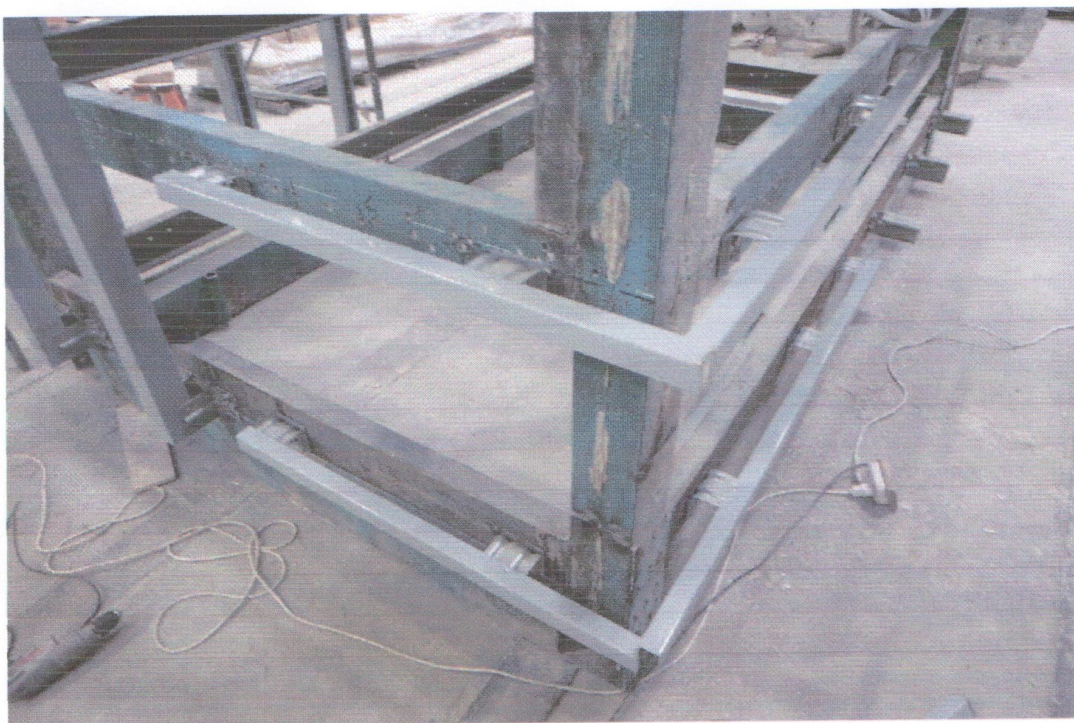


Рис. 3.13

a)



б)

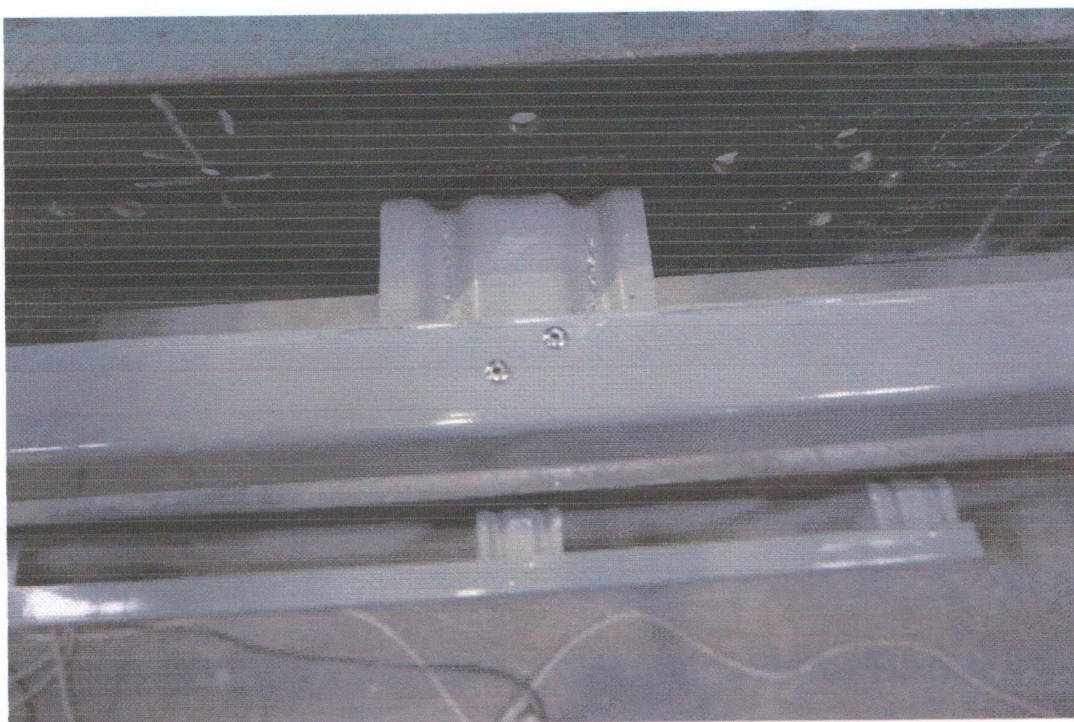


Рис. 3.14

a)

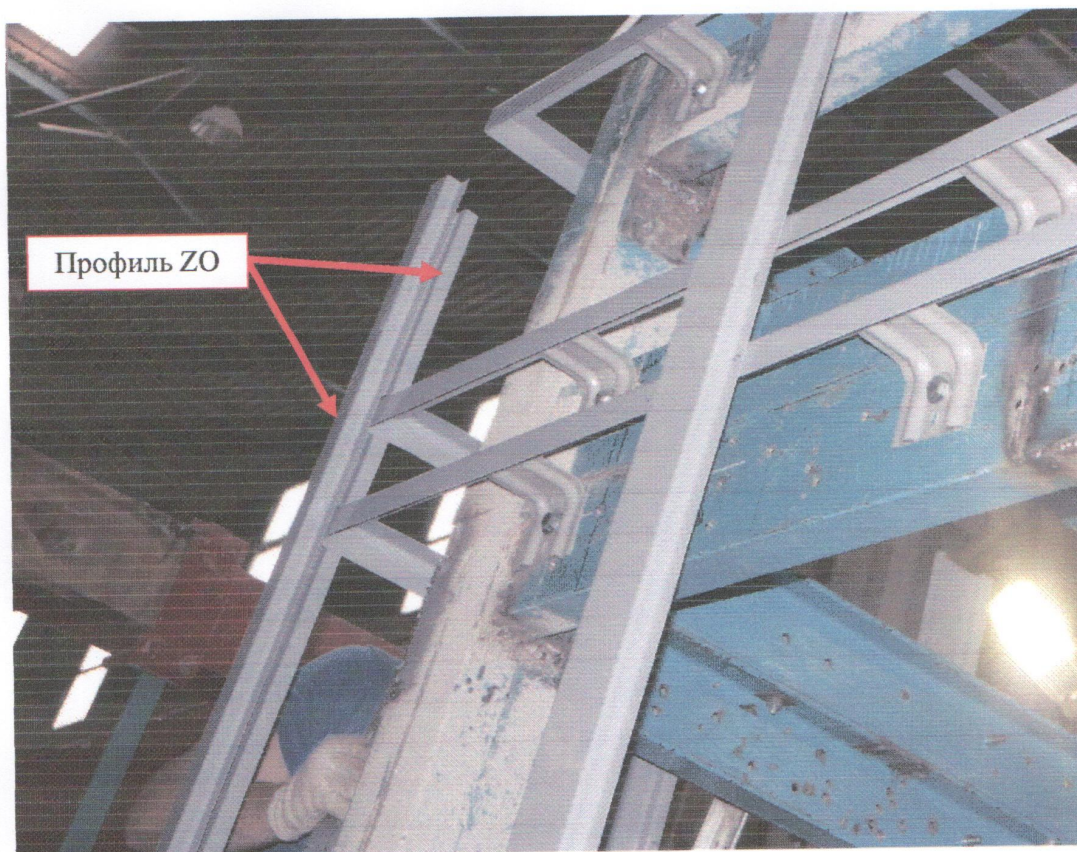


б)



Рис. 3.15

а)



б)



Рис. 3.16

a)



б)



Рис. 3.17

a)



б)

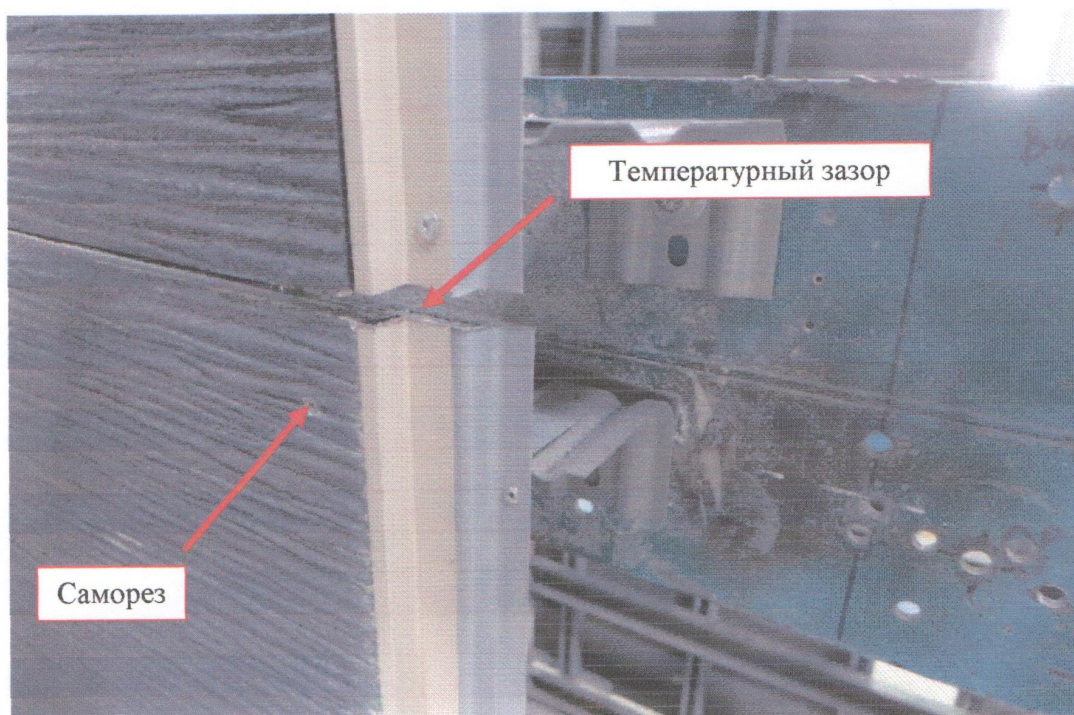


Рис. 3.18

a)



б)

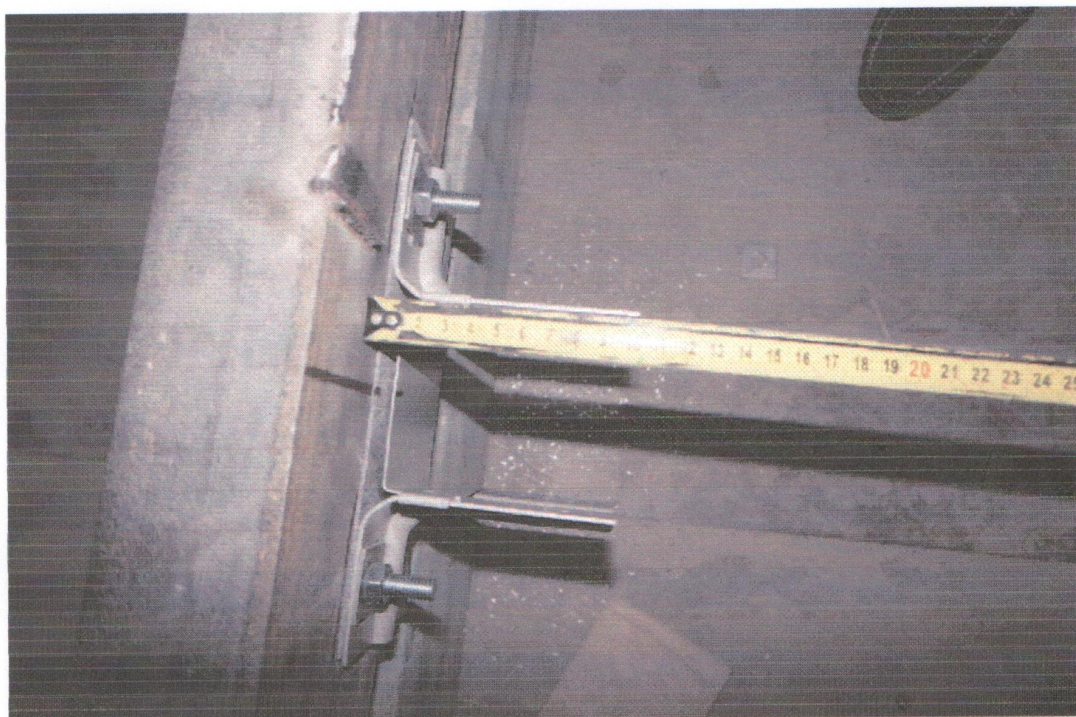


Рис. 3.19

a)



б)



Рис. 3.20

a)



б)



Рис. 3.21

a)

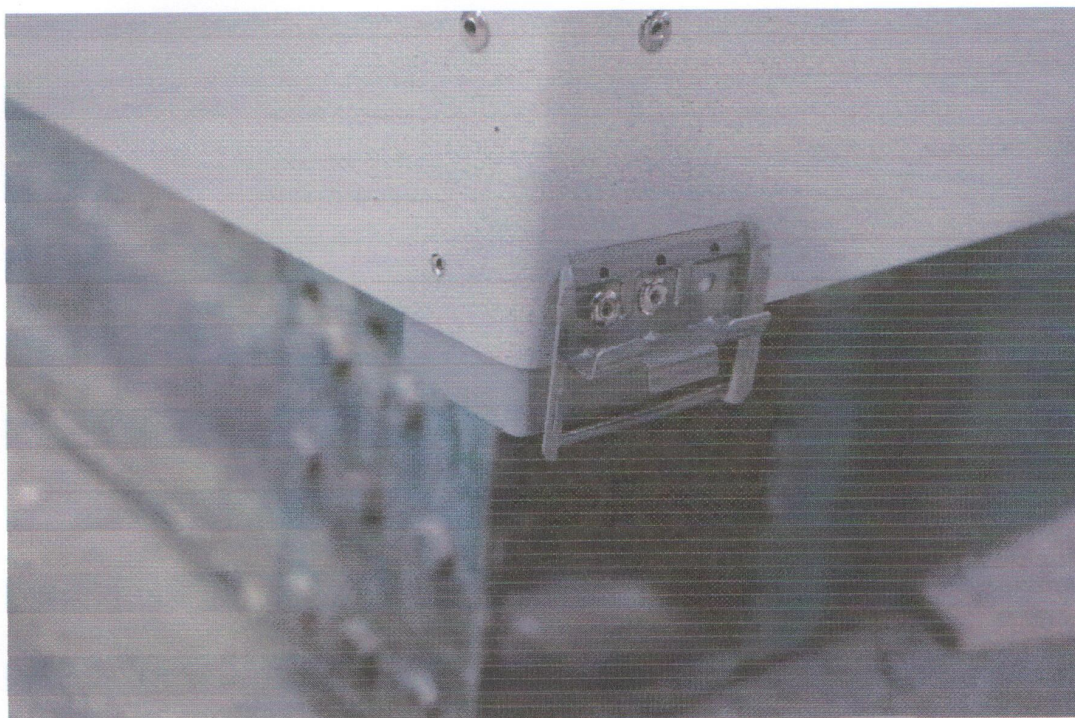


б)



Рис. 3.22

a)



б)

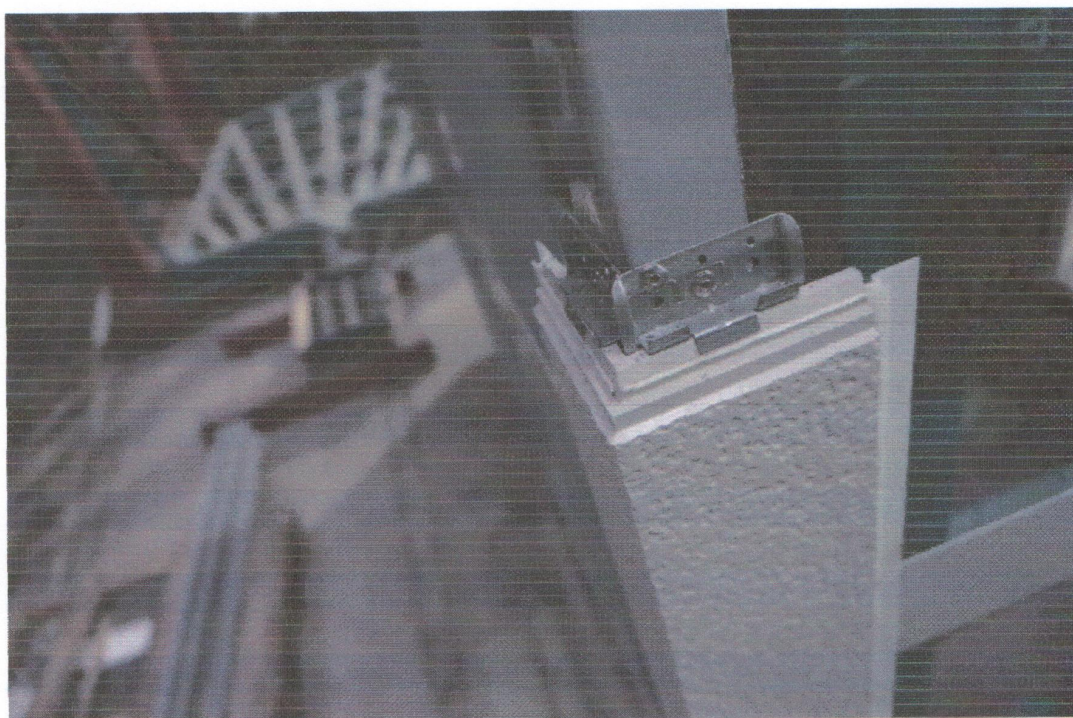


Рис. 3.23

a)

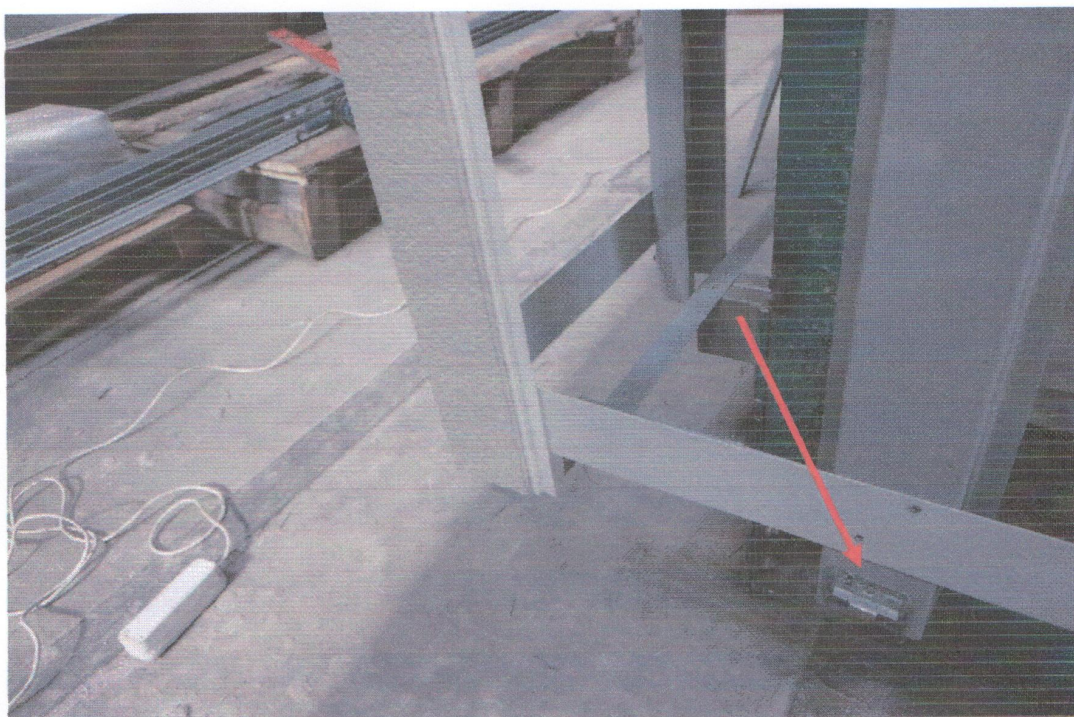


б)



Рис. 3.24

a)



б)

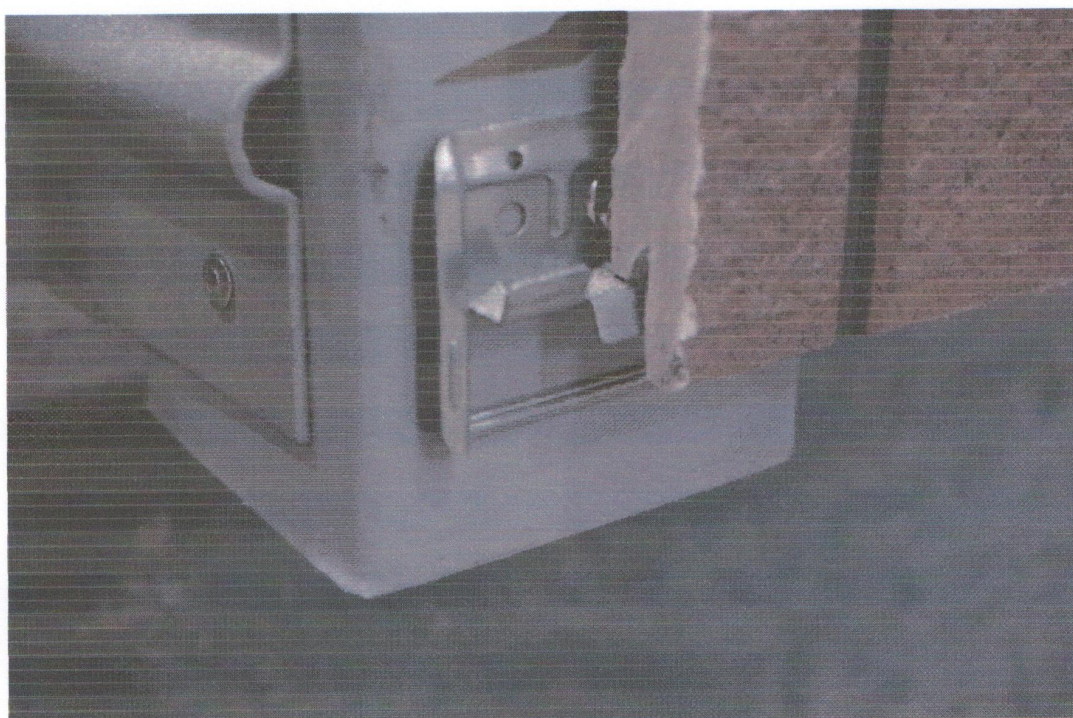


Рис. 3.25

a)



б)

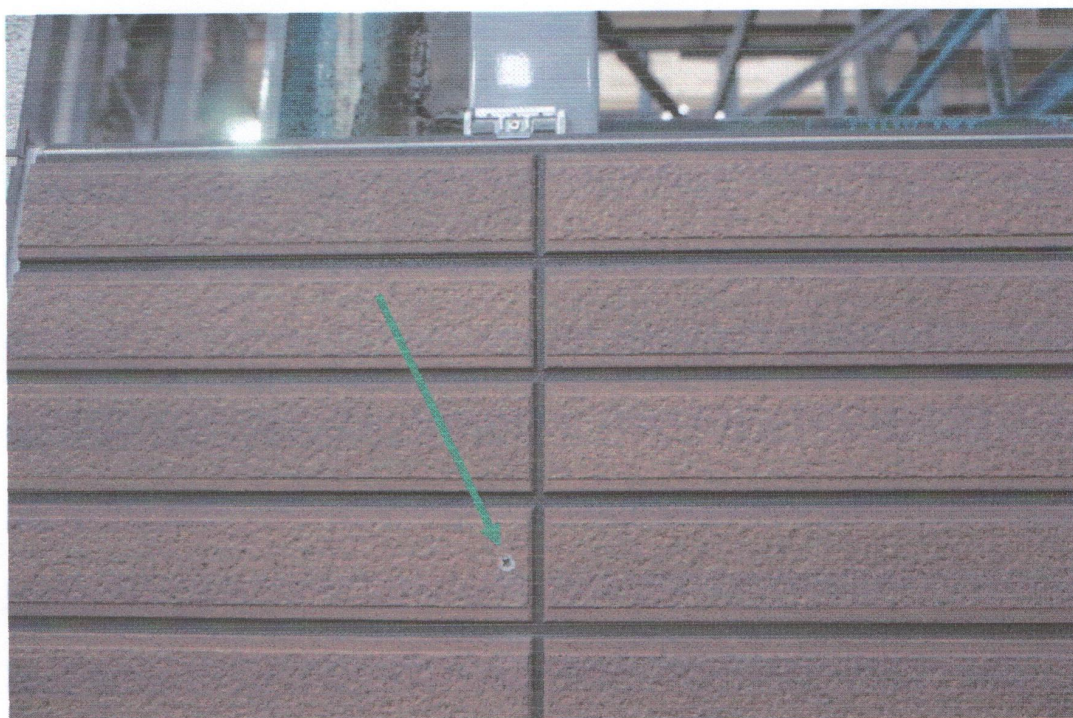


Рис. 3.26

a)



б)



Рис. 3.27

a)



б)



Рис. 3.28

a)



б)



Рис. 3.29

a)



б)



Рис. 3.30



Рис. 3.31

a)



б)

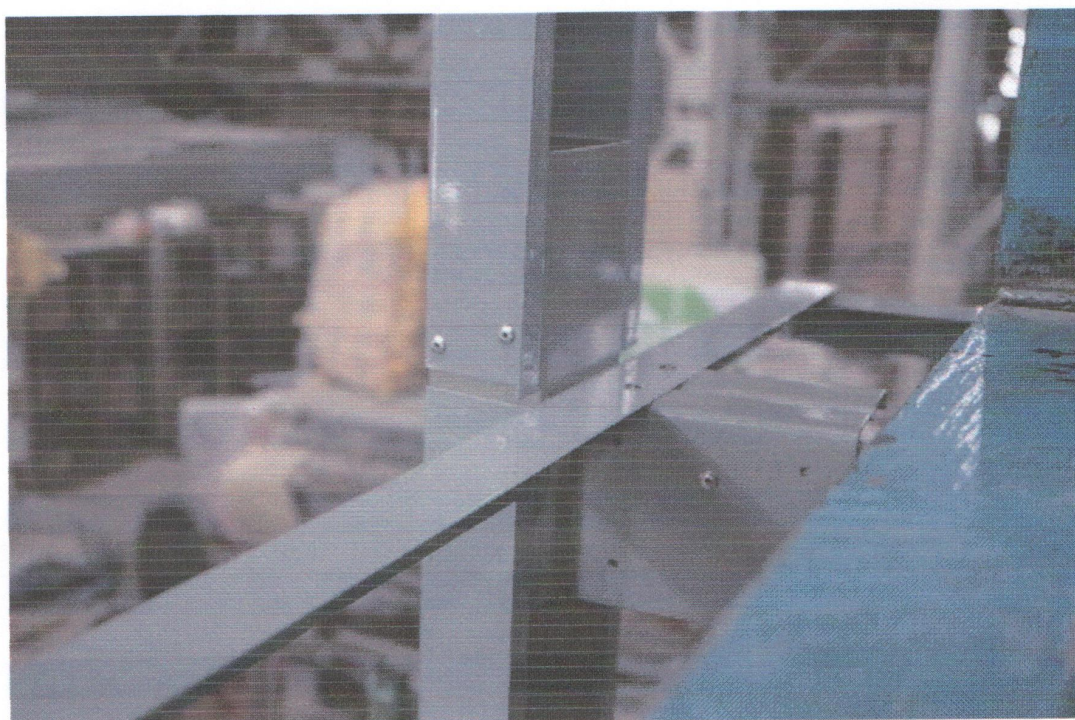


Рис. 3.32



Рис. 3.33



Рис. 3.34



Рис. 3.35



Рис. 3.36

4. Программа и методика испытаний фасадной системы «Альт-фасад-10»

Программа испытаний. Программа экспериментальных исследований по оценке сейсмостойкости НФС «Альт-фасад-10» включала в себя следующие этапы:

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

Методика испытаний. Возбуждение колебаний экспериментальных моделей (сооружений) осуществляется с использованием различных устройств. При проведении динамических испытаний НФС «Альт-фасад-10» возбуждение колебаний осуществлялось с помощью вибромашины ВИД-12М, установленной на специальной виброплатформе маятникового типа (рис. 1.1.).

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

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

5. Оборудование для испытаний фасадной системы «Альт-фасад-10» на сейсмические нагрузки. Средства измерения и регистрации динамических характеристик фасадной системы

5.1. Оборудование для создания динамических нагрузок на фасадную систему

Как уже отмечалось, для создания динамических воздействий на фасадную систему использовалась специальная виброплатформа.

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

Вибромашина ВИД-12М позволяет обеспечить необходимые параметры динамических воздействий на исследуемые образцы в широком диапазоне частот и инерционных нагрузок путем возбуждения механических колебаний платформы в горизонтальной и вертикальной плоскостях. На фото рис. 3.29 и 3.30, показан общий вид виброплатформы с установленным на ней стендом, к которому в свою очередь крепится фрагменты НФС.

Основные технические данные машины ВИД-12М

Таблица 5.1.

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

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

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

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

Регистрация и измерение сигналов проводились при помощи специализированного измерительно-вычислительного комплекса 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.5.1, а).

Для измерения ускорений, частот колебаний, а также динамических перемещений применяются однокомпонентные датчики – акселерометры АТ 1105 – 10м (рис. 5.1, б).

Характеристики датчиков (акселерометров) представлены в таблице 5.2.

Основные технические данные акселерометра АТ 1105 – 10м

Таблица 5.2.

№	Наименование параметра	Значение
1	Электропитание от источника постоянного тока относительно средней точки, В	±12
2	Диапазон измерения, м/с ² (g)	98,1 (10,0)
3	Частотная характеристика - нижняя частота, Гц - верхняя частота, Гц	0 700
4	Диапазон рабочих температур, °С	от +15 до +35

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

Точки расположения акселерометров выбирались из следующих условий:

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

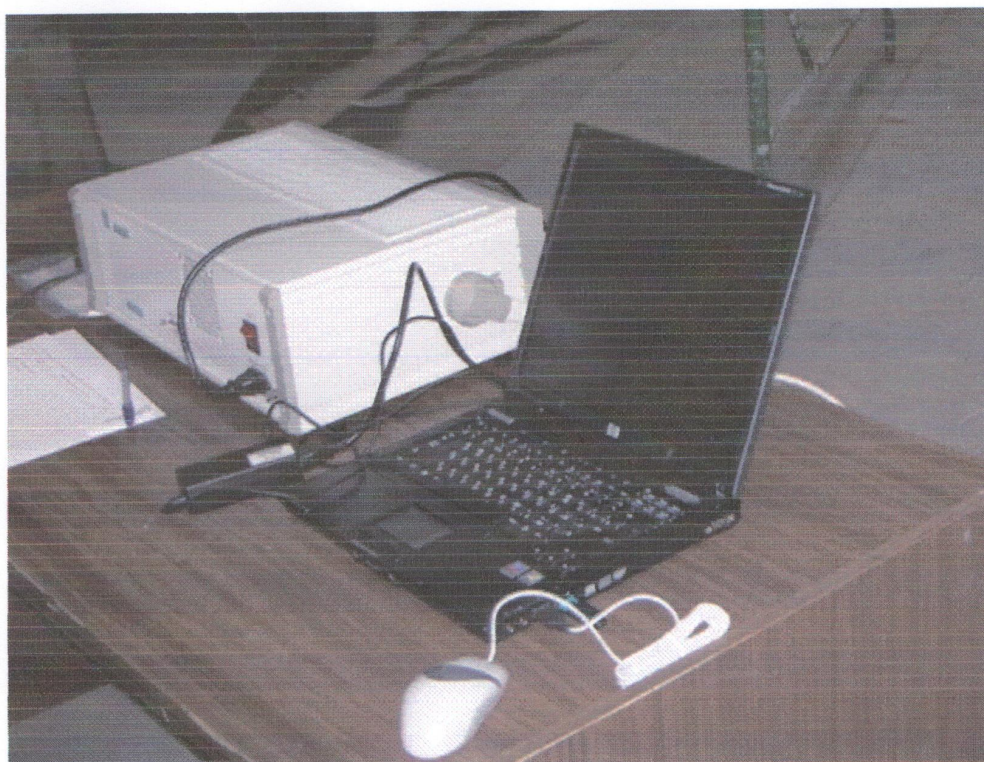
Для контроля задаваемых нагрузок датчики были установлены на платформе, вблизи источника загрузки.

Общее количество контролируемых точек (количество акселерометров) – 5. Схема расстановки датчиков показана на рис. 5.2. при этом:

- датчики №11 и №17 были установлены непосредственно на раме виброплатформы;
- датчики №5 и №16 были установлены на вертикальной направляющей НФС;
- датчики №8 крепился непосредственно к фиброцементной панели.

Кроме этого измерения динамических характеристик виброплатформы в процессе динамических испытаний осуществлялось с помощью специального прибора вибротест-МГ4, который показан на рис. 5.3. В приложение 1 приведены результаты динамических испытаний системы, полученные с помощью прибора вибротест-МГ4.

a)



б)

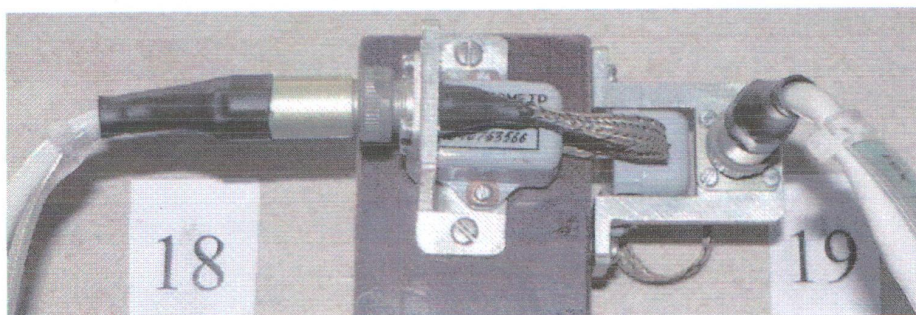


Рис. 5.1

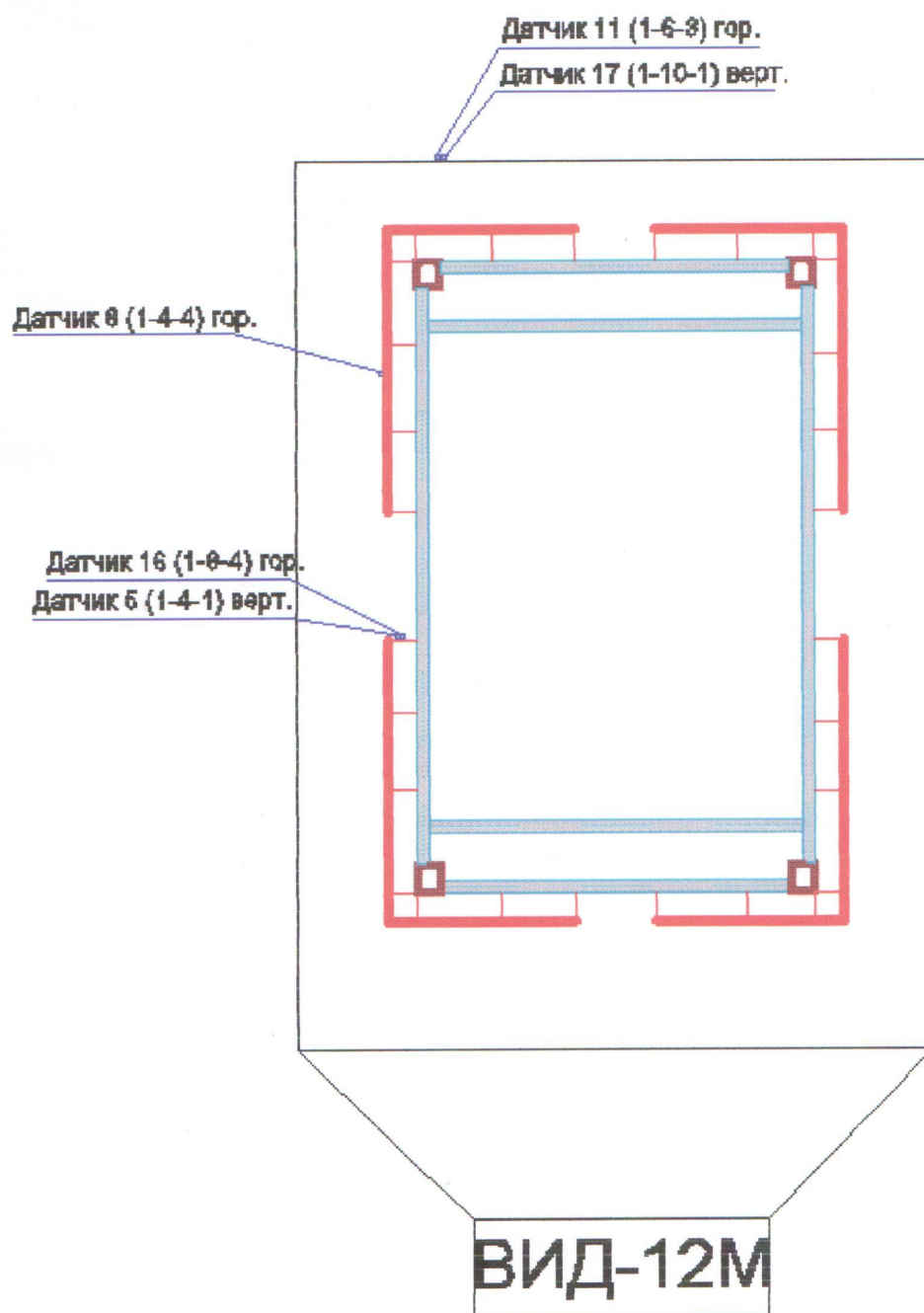


Рис. 5.2. Схема расстановки акселерометров на стенде и НФС

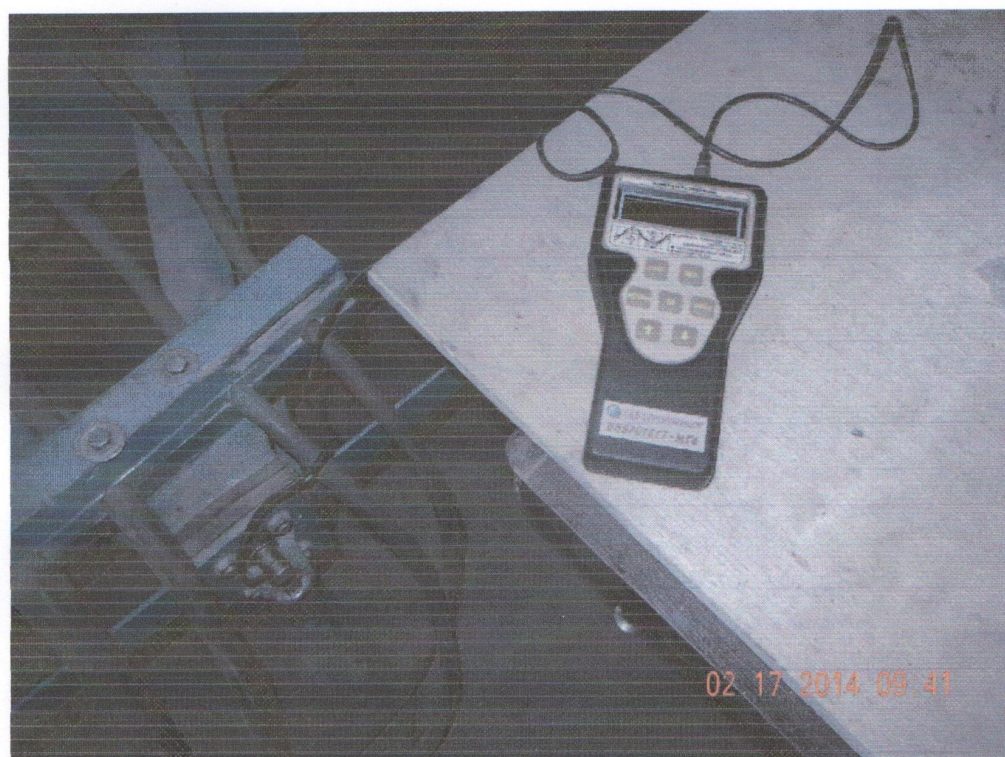


Рис. 5.3. Общий вид прибора Вибротест МГ-4

6. Подготовка стенда и измерительного оборудования. Монтаж конструкций фасадной системы

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

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

Монтаж НФС «Альт-фасад-10» для проведения испытаний осуществлялся силами Заказчика. Приемка образцов для монтажа, оценка их соответствия требованиям, установленным нормативными и техническими документами до и после установки на испытательный стенд, осуществлялась представителями Заказчика совместно со специалистами Центра исследований сейсмостойкости сооружений ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко.

Монтаж конструкций НФС «Альт-фасад-10» на стенд осуществлялся по следующей схеме.

- 1) Системы навешивались на кронштейны, которые крепились к металлическим элементам стенда с помощью болтов.
- 2) К кронштейнам с помощью вытяжных заклепок крепились несущие направляющие профили.
- 2) К направляющим профилям с помощью длинных и коротких скоб крепилась облицовка в виде фиброцементных панелей.
- 3) После монтажа элементов систем и облицовочных плит специалистами ЦНИИСК проводилась проверка всех узлов крепления конструкций НФС.

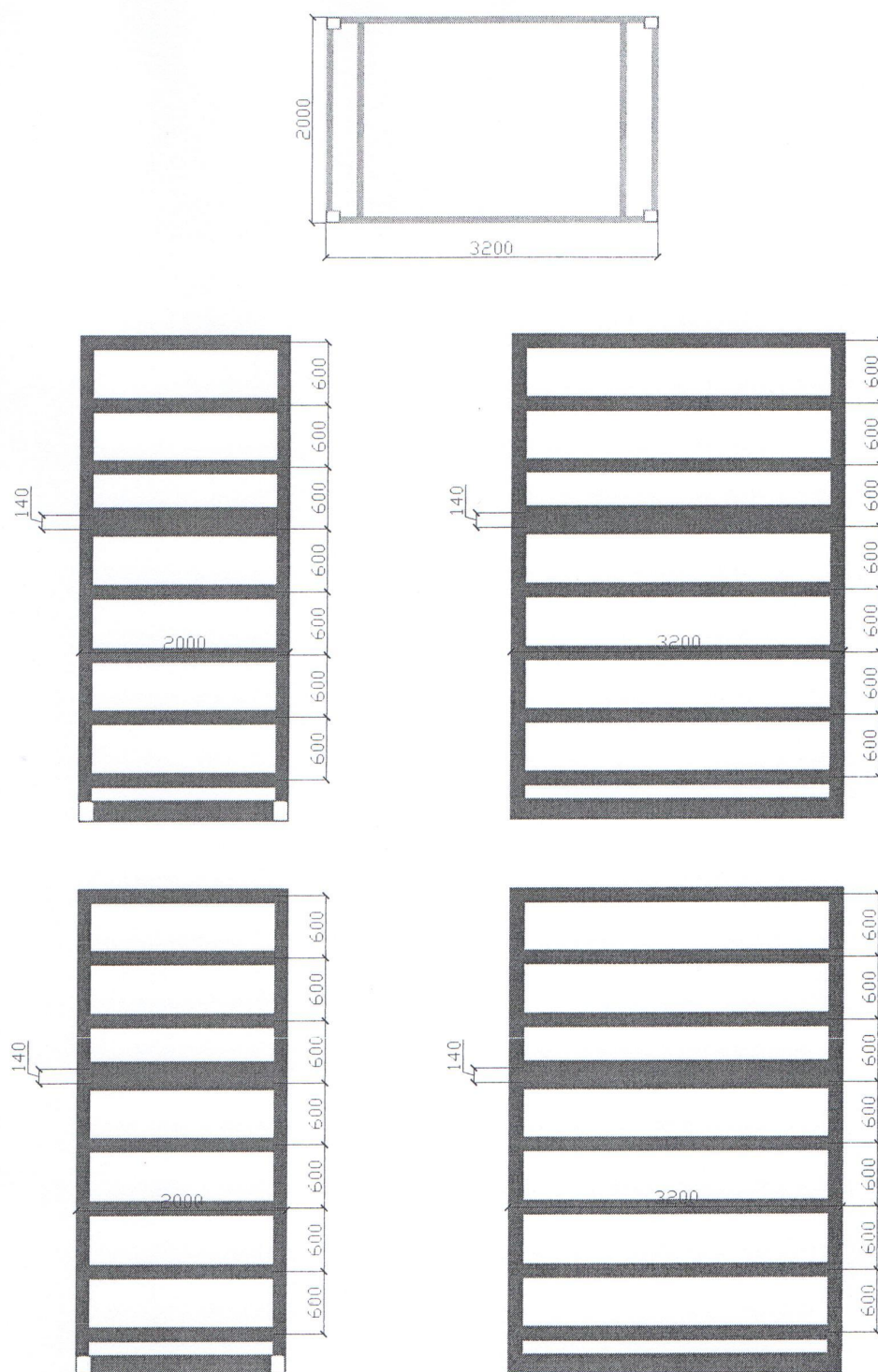


Рис. 6.1 – Схема стенда для испытаний

7. Динамические испытания фасадной системы «Альт-фасад-10»

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

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

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

Вибрационные испытания проводились 30.07.2015 г. в дневное время при температуре воздуха - не ниже $+25^{\circ}\text{C}$. Условия проведения вибрационных испытаний соответствуют нормальным и рабочим условиям применения используемого типа акселерометров АТ1105–10м.

Основным свойством, определяющим надежность НФС при воздействии динамических нагрузок, является ее способность сохранять определенные эксплуатационные свойства, которые оцениваются в соответствии с требованиями ГОСТ 27751-88 «Надежность строительных конструкций и оснований».

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

- первая группа включала предельное состояние, достижение которого ведет к полной непригодности к эксплуатации конструкции НФС или к

полной (частичной) потере несущей способности ее основных элементов и креплений;

- вторая группа включает предельные состояния, затрудняющие нормальную эксплуатацию НФС.

Предельные состояния первой группы характеризуются:

- разрушением креплений и элементов НФС любого характера (пластическим, хрупким, усталостным);
- потерей устойчивости формы составных элементов НФС, приводящей к полной непригодности системы;
- потерей устойчивости положения элементов и узлов соединений НФС;
- переходом НФС или ее части в изменяемую систему;
- качественным изменением конфигурации НФС;
- другими явлениями, при которых возникает необходимость прекращения эксплуатации (например, чрезмерными деформациями в результате сдвига в соединениях, раскрытия швов и пр.).

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

1. Предельный уровень внешнего воздействия определяется по результатам натурных испытаний и принимается в сравнении с данными инструментальной части макросейсмической шкалы MSK-64 по ГОСТ Р 22.0.03-95, которые приведены в таблицах 7.1 и 7.2.
2. За 1-е предельное состояние конструкций НФС принимается такое техническое состояние, при котором происходит разрушение узлов крепления панелей к направляющим, разрушение несущих конструкций или разрушение самих панелей.

3. 2-му предельному состоянию соответствует смещение панелей относительно друг друга на $\Delta \approx 4$ мм. При данном смещении, как показывают испытания, происходит вырыв заклепок в местах соединения подконструкций с разрушением облицовки.

Соответствие уровня воздействия инструментальным значениям ускорения

Таблица 7.1.

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

Соответствие уровня воздействия инструментальным значениям ускорения

Таблица 7.2.

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

8. Результаты динамических испытаний фасадной системы «Альт-фасад-10» и их анализ

Анализ результатов лабораторных динамических испытаний НФС «Альт-фасад-10» с использованием облицовки в виде фиброцементных панелей AT-WALL толщиной 16 мм (пр-во Asahi Tostem Co., Ltd. Kashima Plant, Япония) и фиброцементных панелей KMEW толщиной 14 мм (пр-во KMEW Co., Ltd., Япония) позволяет отметить следующее:

- 1. В таблицах 8.1-8.2 приведены параметры динамического нагружения платформы в горизонтальной и вертикальной плоскостях, установленные по акселерометрам, закрепленным в уровне платформы (рис. 5.2), а в таблицах 8.3-8.5 приведены параметры динамического нагружения элементов НФС в горизонтальной и вертикальной плоскостях, по данным акселерометров установленных на них (см. рис. 5.2). Приведенные в табл. 8.1 и 8.2 значения по цветовой гамме соответствуют зонам сейсмичности, указанным на карте сейсмического районирования территории РФ (рис. 8.1).**
- 2. В процессе испытаний ускорение виброплатформы по данным акселерометров (таб. 8.1-8.2), установленных на ней, изменялось в интервале от 0,2 до 4,6 м/с² - в горизонтальном направлении, и от 0,1 до 3,9 м/с² - в вертикальном направлении. Горизонтальные ускорения по данным акселерометров (таб. 8.3, 8.5), установленных на вертикальной направляющей и на фиброцементной панели, изменялись в интервале от 0,3 до 12,6 м/с², а вертикальные ускорения (таб. 8.4) - в интервале от 0,1 до 3,8 м/с². Полученные значения горизонтальных ускорений виброплатформы превышают значения нормативных ускорений, соответствующих 9 баллам по шкале MSK-64 (4 м/с²). Частота колебания системы изменялась в интервале от 1,2 до 10,2 Гц. Максимальная амплитуда горизонтальных колебаний виброплатформы составила 58,5 мм, а**

вертикальных колебаний 9,5 мм. Максимальная амплитуда горизонтальных колебаний элементов фрагментов фасадной системы составила 85,6 мм, а вертикальных колебаний 17,4 мм.

3. Во время испытаний в момент, когда собственные частоты колебаний НФС совпали с вынужденными частотами колебаний, система «виброплатформы - НФС» вошла в резонанс (режим 42). Это явление наблюдалось при частоте $f=7,1$ Гц ($a=2,9$ м/с² – 8 баллов).
4. В процессе динамических испытаний НФС «Альт-фасад-10» с горизонтально-вертикальной и вертикальной (в том числе при креплении НФС в междуэтажные плиты перекрытия с использованием вертикального несущего профиля ПК/1) прочность и эксплуатационная надежность элементов системы и облицовки не была нарушена.
5. В процессе динамических испытаний НФС «Альт-фасад-10» при использовании схемы крепления кронштейнов в межэтажные перекрытия с использованием вертикального несущего профиля ПО было рассмотрено два варианта крепления облицовки:
 - в первом варианте облицовка в виде фиброцементных панелей в данном подвиде НФС «Альт-фасад-10» помимо крепления с помощью коротких скоб имели дополнительное крепление с помощью самонарезающих шурупов AT-WALL и KMEW длиной 50 мм и спейсера толщиной 5 мм. Самонарезающие шурупы для крепления облицовки устанавливались в один ряд с шагом соответствующим шагу вертикальных направляющих профилей. Прочность и эксплуатационная надежность элементов и облицовки в данном подвиде НФС «Альт-фасад-10» не была нарушена.
 - во втором варианте дополнительное крепление с помощью самонарезающих шурупов AT-WALL и KMEW длиной 50 мм и

спейсеров толщиной 5 мм не использовалось, и панели крепились только с помощью коротких скоб. Прочность и эксплуатационная надежность элементов и облицовки в данном подвиде НФС «Альт-фасад-10» была нарушена при ускорениях соответствующих 8 баллам по шкале MSK-64.

- имели место подвижки фиброцементных панелей в горизонтальной плоскости и их обрушение. Причиной указанного являлось маленькая площадь контакта в местах крепления панелей с помощью скоб. Из-за значительных динамических горизонтальных нагрузок имело место разрушение панели в зоне установки скоб с последующим их обрушением – рис. 8.2);

В Приложении 2 к настоящему отчету приведены акселерограммы, записанные с датчиков. Кроме того, построены амплитудно-частотные характеристики испытываемого образца при колебаниях с заданной частотой.

**Параметры динамического нагружения виброплатформы
в горизонтальной плоскости (датчик 1-6-3)**

Таблица 8.1

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (m/c^2)
1	2,6	5,7	0,2 min
2	3,4	5,3	0,4
3	4,2	4,6	0,5
4	5,2	2,6 min	0,4
5	5,6	7,3	1,4
6	6,5	6,6	1,7
7	7,2	7,8	2,6
8	2,4	8,5	0,3
9	3,4	7,4	0,5
10	4,4	5,9	0,7
11	5,0	4,2	0,7
12	5,3	6,8	1,2
13	5,4	11,0	2,0
14	2,3	13,8	0,5
15	3,1	12,0	0,7
16	4,0	10,4	1,0
17	4,5	9,4	1,2
18	5,1	4,3	0,7
19	1,5	25,4	0,3
20	2,3	24,1	0,8
21	3,1	22,4	1,4
22	3,7	20,1	1,7
23	4,2	17,5	2,0
24	1,5	39,7	0,6
25	2,3	37,8	1,3
26	3,0	35,0	2,0
27	3,6	30,4	2,4
28	3,9	26,7	2,6
29	1,2	42,1	0,5
30	1,3	49,6	0,6
31	2,4	45,8	1,6
32	3,0	43,4	2,5
33	3,2	42,1	2,8
34	1,7	53,2	0,9
35	1,9	58,5 max	1,3
36	2,5	53,4	2,0
37	2,9	55,9	2,8
38	3,2	53,7	3,5
39	7,5	9,0	3,1
40	9,1	13,0	4,2
41	10,2	11,0	4,6 max
42	7,1	9,2	2,9

**Параметры динамического нагружения виброплатформы
в вертикальной плоскости (датчик 1-10-1)**

Таблица 8.2

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (м/с^2)
1	2,6	0,6	0,1 min
2	3,4	0,2	0,1
3	4,2	0,3	0,1
4	5,2	2,6	0,4
5	5,6	8,3	1,6
6	6,5	3,2	0,8
7	7,2	3,0	1,0
8	2,4	0,9	0,1
9	3,4	0,4	0,1
10	4,4	0,7	0,1
11	5,0	3,1	0,5
12	5,3	9,5 max	1,7
13	5,4	9,5	1,7
14	2,3	1,5	0,1
15	3,1	0,9	0,1
16	4,0	0,3	0,1
17	4,5	1,7	0,2
18	5,1	6,3	1,0
19	1,5	3,0	0,1
20	2,3	2,7	0,1
21	3,1	1,5	0,1
22	3,7	0,2 min	0,1
23	4,2	2,3	0,3
24	1,5	5,1	0,1
25	2,3	4,2	0,1
26	3,0	2,7	0,1
27	3,6	0,8	0,1
28	3,9	3,1	0,3
29	1,2	5,7	0,1
30	1,3	6,3	0,1
31	2,4	5,1	0,2
32	3,0	3,2	0,2
33	3,2	2,3	0,1
34	1,7	7,0	0,1
35	1,9	7,4	0,2
36	2,5	5,7	0,2
37	2,9	4,8	0,2
38	3,2	3,0	0,2
39	7,5	4,4	1,5
40	9,1	4,0	2,1
41	10,2	5,9	3,9 max
42	7,1	4,6	1,5

**Параметры динамического нагружения опытного образца
в горизонтальной плоскости (датчик 1-8-4)**

Таблица 8.3

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (m/c^2)
1	2,6	7,0 min	0,3 min
2	3,4	8,0	0,6
3	4,2	9,5	1,1
4	5,2	19,7	3,4
5	5,6	44,7	8,7
6	6,5	12,0	3,2
7	7,2	11,2	3,7
8	2,4	10,4	0,4
9	3,4	11,3	0,8
10	4,4	14,6	1,8
11	5,0	27,5	4,4
12	5,3	47,8	8,6
13	5,4	53,1	9,7
14	2,3	16,8	0,6
15	3,1	17,1	1,0
16	4,0	20,8	2,1
17	4,5	27,5	3,4
18	5,1	51,3	8,3
19	1,5	29,1	0,4
20	2,3	29,0	1,0
21	3,1	33,2	2,1
22	3,7	37,1	3,2
23	4,2	47,4	5,4
24	1,5	44,4	0,7
25	2,3	46,1	1,6
26	3,0	49,8	2,8
27	3,6	53,6	4,2
28	3,9	59,9	5,8
29	1,2	45,1	0,5
30	1,3	54,9	0,7
31	2,4	56,5	2,0
32	3,0	63,5	3,7
33	3,2	66,6	4,4
34	1,7	58,8	1,0
35	1,9	66,1	1,5
36	2,5	67,2	2,6
37	2,9	78,3	4,0
38	3,2	84,8 max	5,5
39	7,5	18,3	6,4
40	9,1	21,3	11,1 max
41	10,2	13,8	9,1
42	7,1	13,2	4,2

**Параметры динамического нагружения опытного образца
в вертикальной плоскости (датчик 1-4-1)**

Таблица 8.4

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (м/с^2)
1	2,6	0,3 min	0,1 min
2	3,4	0,6	0,1
3	4,2	1,1	0,1
4	5,2	4,1	0,7
5	5,6	10,5	2,0
6	6,5	6,2	1,6
7	7,2	5,3	1,8
8	2,4	0,5	0,1
9	3,4	0,7	0,1
10	4,4	1,6	0,2
11	5,0	4,7	0,7
12	5,3	14,0	2,5
13	5,4	17,4 max	3,2
14	2,3	0,7	0,1
15	3,1	0,9	0,1
16	4,0	1,6	0,2
17	4,5	2,9	0,4
18	5,1	15,3	2,5
19	1,5	1,3	0,1
20	2,3	1,1	0,1
21	3,1	1,8	0,1
22	3,7	2,5	0,2
23	4,2	4,5	0,5
24	1,5	1,6	0,1
25	2,3	1,8	0,1
26	3,0	2,4	0,1
27	3,6	3,2	0,2
28	3,9	4,4	0,4
29	1,2	1,5	0,1
30	1,3	2,1	0,1
31	2,4	2,2	0,1
32	3,0	3,1	0,2
33	3,2	3,6	0,2
34	1,7	1,9	0,1
35	1,9	2,2	0,1
36	2,5	2,7	0,1
37	2,9	3,7	0,2
38	3,2	4,5	0,3
39	7,5	4,3	1,5
40	9,1	7,2	3,8 max
41	10,2	3,7	2,4
42	7,1	5,2	1,6

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

Таблица 8.5

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (м/с ²)
1	2,6	7,4	0,3 min
2	3,4	8,7	0,7
3	4,2	10,7	1,2
4	5,2	22,6	3,8
5	5,6	51,9	10,1
6	6,5	15,5	4,1
7	7,2	12,8	4,2
8	2,4	10,8	0,4
9	3,4	11,9	0,8
10	4,4	15,8	1,9
11	5,0	29,5	4,7
12	5,3	58,5	10,5
13	5,4	69,2	12,6 max
14	2,3	17,3	0,6
15	3,1	17,8	1,1
16	4,0	22,0	2,2
17	4,5	29,0	3,6
18	5,1	56,8	9,2
19	1,5	29,6	0,4
20	2,3	29,7	1,0
21	3,1	34,3	2,2
22	3,7	38,1	3,3
23	4,2	48,4	5,5
24	1,5	44,8	0,7
25	2,3	46,9	1,6
26	3,0	50,9	2,9
27	3,6	54,3	4,3
28	3,9	62,7	6,1
29	1,2	45,5	0,5
30	1,3	55,6	0,6
31	2,4	57,4	2,1
32	3,0	64,4	3,7
33	3,2	67,4	4,5
34	1,7	59,4	1,0
35	1,9	67,0	1,5
36	2,5	68,0	2,6
37	2,9	78,9	4,0
38	3,2	85,6 max	5,6
39	7,5	18,9	6,6
40	9,1	6,3 min	3,2
41	10,2	10,2	6,7
42	7,1	13,8	4,4

a)



б)



Рис. 8.2

9. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Выводы и рекомендации

На основе анализа результатов динамических испытаний НФС «Альт-фасад-10» с использованием облицовки в виде фиброцементных панелей AT-WALL толщиной 16 мм (пр-во Asahi Tostem Co., Ltd. Kashima Plant, Япония) и фиброцементных панелей KMEW толщиной 14 мм (пр-во KMEW Co., Ltd., Япония) и креплением кронштейнов с шагом по вертикали от 0,6 до 3,8 м (схема междуэтажного крепления) можно отметить следующее.

1. В соответствии с программой экспериментальных исследований на виброплатформе Центра исследований сейсмостойкости сооружений были проведены динамические испытания НФС «Альт-фасад-10». При динамических испытаниях моделировались нагрузки, соответствующие сейсмическим воздействиям 7-9 баллов по шкале MSK-64.
2. В процессе испытаний ускорение виброплатформы по данным акселерометров, установленных на ней, изменялось в интервале от 0,2 до 4,6 м/с² - в горизонтальном и от 0,1 до 3,9 м/с² - в вертикальном направлениях. Полученные значения горизонтальных ускорений виброплатформы превышают значения нормативных ускорений, соответствующих 9 баллам (по шкале MSK-64 – 4 м/с²).
3. Горизонтальные ускорения фрагмента НФС по данным акселерометров, установленных на вертикальной направляющей фрагмента НФС и фиброцементной панели изменялись в интервале от 0,3 до 12,6 м/с², вертикальные ускорения - в интервале от 0,1 до 3,8 м/с².
4. Частота колебаний системы изменялась в интервале от 1,2 до 10,2 Гц. При этом максимальная амплитуда горизонтальных колебаний виброплатформы составила 58,5 мм, а вертикальных

колебаний – 9,5 мм. Максимальная амплитуда горизонтальных колебаний фрагмента НФС в уровне её верха составила 85,6 мм, а вертикальных – 17,4 мм.

5. Во время испытаний в момент, когда собственные частоты колебаний НФС совпали с вынужденными частотами колебаний, система «виброплатформы - НФС» вошла в резонанс (режим 42). Это явление наблюдалось при частоте $f=7,1$ Гц ($a=2,9$ м/с² – 8 баллов).
6. В процессе динамических испытаний фрагментов НФС «Альт-фасад-10» с горизонтально-вертикальной и вертикальной (в том числе при креплении НФС в междуэтажные плиты перекрытия с использованием вертикального несущего профиля ПК/1) прочность и эксплуатационная надежность элементов и облицовки не была нарушена.

По результатам динамических испытаний допускается применение фиброцементных панелей AT-WALL толщиной 16 мм (пр-во Asahi Tostem Co., Ltd. Kashima Plant, Япония) и фиброцементных панелей KMEW толщиной 14 мм (пр-во KMEW Co., Ltd., Япония) в составе фасадной системы «Альт-Фасад-10» с горизонтально-вертикальной и вертикальной (в том числе при креплении НФС в междуэтажные плиты перекрытия с использованием вертикального несущего профиля ПК/1) на длинных и коротких скобах, без дополнительного крепления шурупами длиной 50 мм и спейсера толщиной 5 мм при проектировании фасадов зданий в сейсмических районах РФ с сейсмичностью строительных площадок 7-9 баллов по шкале MSK-64.

7. НФС «Альт-фасад-10» при использовании схемы крепления в межэтажные перекрытия с использованием вертикального несущего профиля ПО имела два варианта крепления облицовки:

- в первом варианте облицовка в виде фиброцементных панелей в данном подвиде НФС «Альт-фасад-10» помимо крепления с помощью коротких скоб имели дополнительное крепление с помощью самонарезающих шурупов AT-WALL длиной 50 мм и спейсера толщиной 5 мм. В процессе динамических испытаний прочность и эксплуатационная надежность элементов и облицовки данной НФС «Альт-фасад-10» не была нарушена.

Данная система НФС может быть рекомендована для применения в сейсмических районах РФ на строительных площадках с сейсмичностью 7-9 баллов по шкале MSK-64;

- во втором варианте дополнительное крепление с помощью самонарезающих шурупов AT-WALL длиной 50 мм и спейсеров толщиной 5 мм не использовалось, и панели крепились только с помощью коротких скоб. В процессе динамических испытаний при достижении ускорений соответствующих 8 баллов целостность системы была нарушена - имела место подвижка фиброцементных панелей в своей плоскости.

По результатам динамических испытаний допускается применение НФС «Альт-фасад-10» (система со схемой крепления в межэтажные перекрытия с использованием вертикального несущего профиля ПО при отсутствии дополнительного крепления в виде шурупов и спейсеров) для применения в сейсмических районах РФ на строительных площадках с сейсмичностью 7-8 баллов по шкале MSK-64.

8. При использовании исследованной системы НФС «Альт-фасад-10» должны соблюдаться требования, касающиеся долговечности, огнестойкости и коррозионной стойкости элементов фасадной системы и облицовки.
9. В приложении 2 к настоящему отчету приведена видеосъемка испытания НФС на сейсмические воздействия.

Список литературы

1. MSK-64. Шкала сейсмической интенсивности MSK. 1964.
2. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 30546.1-98 «Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям и методы расчета их сложных конструкций в части сейсмостойкости».
3. СП 14.13330.2011 (СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция).
4. Альбом технических решений «Конструкции навесной теплоизоляционной системы «Альт-фасад-10» для облицовки панелями КМЕW» 2014 г..
5. Назаров А.Г., С.С. Дарбинян. Шкала для определения интенсивности сильных землетрясений на количественной основе. // В. кн.: Сейсмическая шкала и методы измерения сейсмической интенсивности. Академия наук СССР. Межведомственный совет по сейсмологии и сейсмостойкому строительству (МСССС) при президиуме АН СССР. М.: Наука, 1975.
6. ГОСТ 27751-88 «Надежность строительных конструкций и оснований».