

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

---

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко

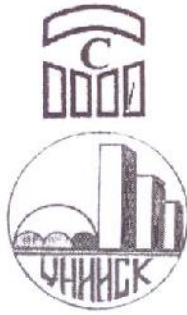
## ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

по теме:

**«Экспериментальные исследования сейсмостойкости стеновых сэндвич-панелей производства ООО «Техно-Изол» с учетом их креплений к конструкциям с помощью анкеров производства Myung Hwa Metal Co. Ltd. Repablik of Korea»**

*(по договору №1676/24-69-12-ск от 17 декабря 2012г)*

Москва 2013г.



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

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко

УТВЕРЖДАЮ:



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

И.И. Ведяков

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2013г.

## ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

по теме:

«Экспериментальные исследования сейсмостойкости стеновых сэндвич-панелей производства ООО «Техно-Изол» с учетом их креплений к конструкциям с помощью анкеров производства Myung Hwa Metal Co. Ltd. Republik of Korea»

(по договору №1676/24-69-12-ск от 17 декабря 2012г)

Руководитель ЦИСС,

К. Т. Н.

В.И.Смирнов

Заведующий Лабораторией,

К. Т. Н.

А.В.Грановский

Заведующий сектором

Т.М. Хасанов

Старший научный сотрудник

А.И. Доттуев

Москва 2013 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
1. Введение. . . . .	3
2. Задачи проводимых экспериментальных исследований. . . . .	4
3. Конструктивное решение испытываемых образцов . . . . .	5
4. Программа и методика испытаний. . . . .	17
5. Оборудование для испытаний на сейсмические нагрузки. Средства измерения и регистрации динамических характеристик. . . . .	20
5.1. Оборудование для создания динамических нагрузок . . . . .	20
5.2. Средства измерения и регистрации динамических характеристик конструкций и воздействий на них. . . . .	21
6. Результаты динамических испытаний сэндвич-панелей. . . . .	27
7. Результаты испытаний самонарезающих винтов DVA-st 5.5x186 на действие статической нагрузки . . . . .	31
8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Выводы и рекомендации. . . . .	42
Список литературы . . . . .	44
Приложение 1. Свидетельство (только в 1-м экз. отчета) . . . . .	45
Приложение 2. Видеосъемка испытания (только в 1-м экз. отчета)	

## 1. Введение

Настоящий технический отчет составлен по результатам экспериментальных исследований сейсмостойкости стеновых сэндвич-панелей производства ООО «Техно-Изол» и анкерных креплений производства Myung Hwa Metal Co. Ltd. Republik of Korea, а также лабораторных испытаний на вырыв крепежных элементов (анкеров).

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

### *Цели лабораторных испытаний:*

- оценка пригодности и эксплуатационной надежности стеновых сэндвич-панелей производства ООО «Техно-Изол» и анкерных креплений производства Myung Hwa Metal Co. Ltd. Republik of Korea при использовании их в сейсмических районах с балльностью 7÷9 баллов по шкале MSK-64 [1];
- экспериментальные исследования прочности крепежных элементов, установленных в металлический каркас, до и после динамических испытаний.

Отчет оформлен в соответствии с требованиями нормативных документов, технических регламентов и стандартов. При описании методики и результатов экспериментальных исследований сейсмостойкости стеновых сэндвич-панелей и анкерных креплений использовались термины и определения, содержащиеся в действующих стандартах и нормативах [2÷5].

## 2. Задачи проводимых экспериментальных исследований

В соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» новая строительная продукция, разрабатываемая и передаваемая в массовое (серийное) производство, а также эксплуатируемая в особых условиях (сейсмические и динамические воздействия и т.д.), подлежит обязательной оценке и подтверждению на соответствие требованиям безопасности.

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

Полученные в результате испытаний данные позволяют определить физико-механические, эксплуатационные и другие характеристики исследуемой конструкции, включая динамические показатели испытываемой системы. Полученные данные являются основанием для оценки возможности расширения области применения исследуемых изделий с учетом требований безопасности, эксплуатационной надежности и долговечности, предъявляемых к конструкциям, эксплуатируемым в условиях динамических воздействий от движущегося транспорта и в сейсмических регионах РФ.

Оценка возможности применения сэндвич-панелей и анкерных креплений в сейсмических районах России на площадках с балльностью 7÷9 баллов включает в себя следующие этапы:

1. Комплексные экспериментальные исследования образцов с их вибродиагностикой: испытания на вибростенде.
2. Внесение в Стандарт организации или в Технические условия ООО «Техно-Изол» и согласование с ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко ОАО НИЦ «Строительство» изменений (если это потребуется по результатам испытаний) по конструктивному решению при эксплуатации в сейсмических районах РФ.

### 3. Конструктивное решение испытываемых образцов

Для проведения динамических испытаний Заказчиком (ООО «Техно-Изол») были предоставлены экспериментальные образцы стеновых сэндвич-панелей (рис. 3.1).

Испытанные изделия имеют трехслойную структуру: для обшивки панелей используется оцинкованный окрашенный стальной лист. Защитно-декоративное покрытие стали – полиэстер. Сердечник – минераловатный утеплитель на базальтовой основе. Для склеивания среднего теплоизоляционного слоя с обшивкой применяется 2-х компонентный полиуретановый клей.

В экспериментальной модели использовались сэндвич-панели вертикальной и горизонтальной раскладки с размерами 2000x1200(h)x150 мм, 3200x1200(h)x150 мм и 1200x4100(h)x150 мм (рис. 3.2÷3.7).

Крепление стеновых сэндвич-панелей к стенду осуществлялось с помощью самонарезающих винтов DVA-st 5.5×186 производства Myung Hwa Metal Co. Ltd. Republik of Korea (рис. 3.8), а также болтов M10 (рис. 3.9) и специальных крепежных элементов (рис. 3.10).

Геометрические и технические параметры экспериментальных образцов приняты в соответствии с существующей технической документацией [4]. Основные размеры стеновых сэндвич-панелей приведены в табл. 3.1, 3.2.

Табл. 3.1

Толщина панели, м	Максимальная длина пролета, м		
	4	6	8
0,050	X		
0,100		X	
0,120		X	
0,150			X
0,200			X
0,250			X

Табл. 3.2

Тип панели	Длина, м	Монтажная ширина (высота), м*	Толщина, м**
ПС	2,0...12,0	1,20	0,05...0,250
ПК	2,0...12,0	1,18	0,05...0,250

a)



б)



Рис. 3.1



Схема крепления панелей для испытаний

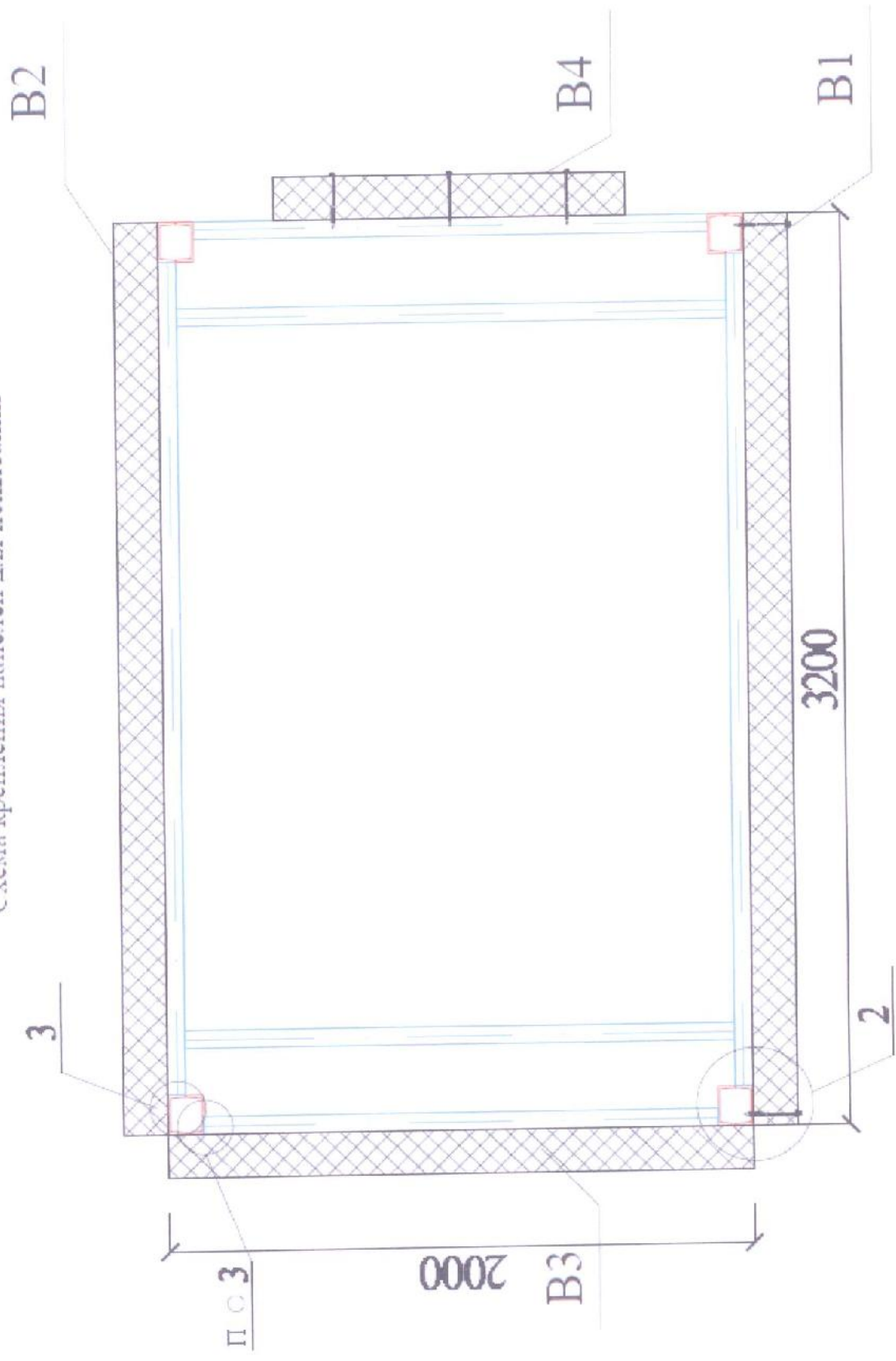
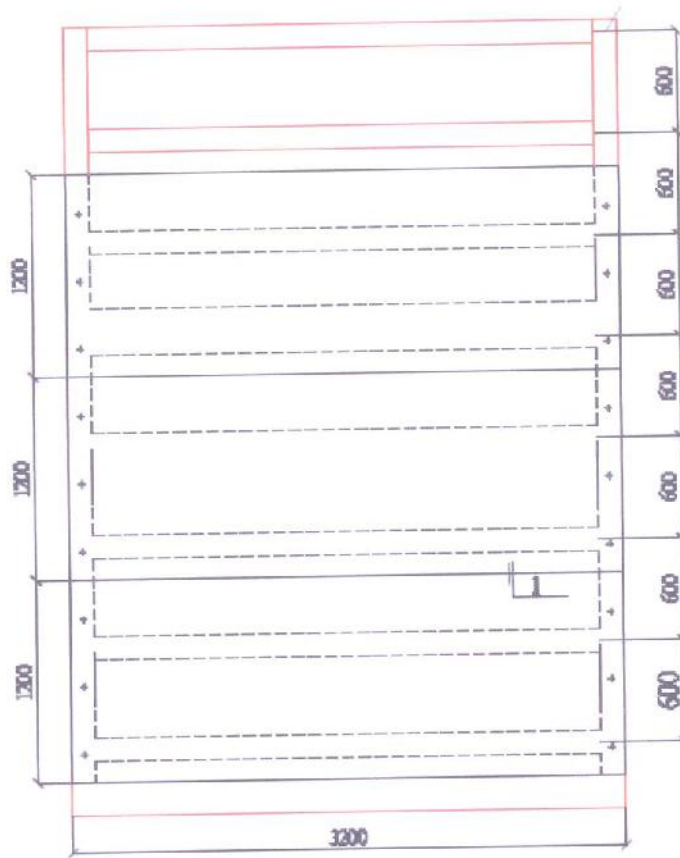


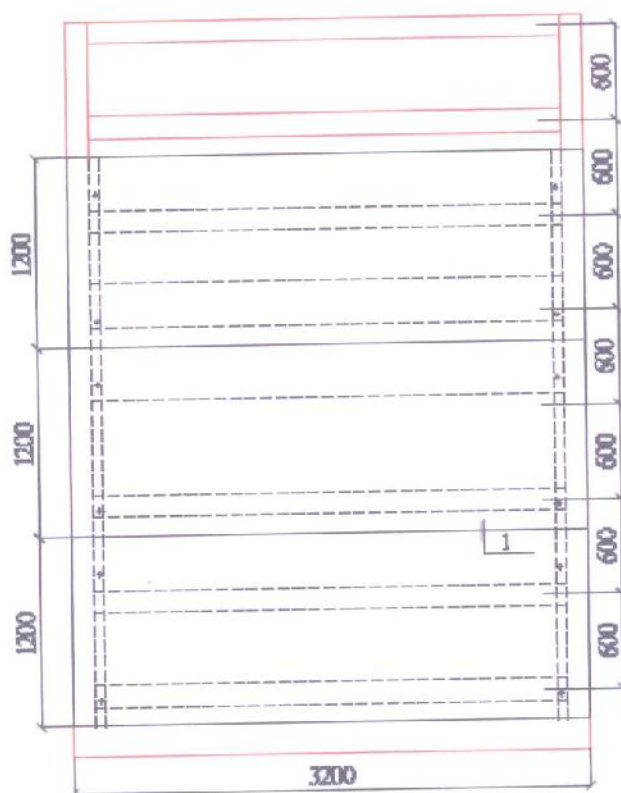
Рис. 3.2



Вариант 1  
 Сэндвич-панель трехслойная клееная с металлическими обшивками  
 и минераловатным утеплителем;  
 длина 3200 мм,  
 ширина 1200 мм,  
 толщина 150 мм,  
 толщина облицовки 0,7/0,7 мм,  
 плотность утеплителя 140 кг/м<sup>3</sup>.  
 Горизонтальный монтаж из трех панелей через замковое соединение  
 с применением полиуретанового герметика  
 Крепление панелей к каркасу производится с помощью  
 самонарезающих винтов.

Рис. 3.3

В2(Вариант 2)

**Вариант 2**

Сэндвич-панель трехслойная клееная с металлическими обшивками и минераловатным утеплителем;

длина 3200 мм;

ширина 1200 мм;

толщина 150 мм;

толщина облицовки 0,7/0,7 мм;

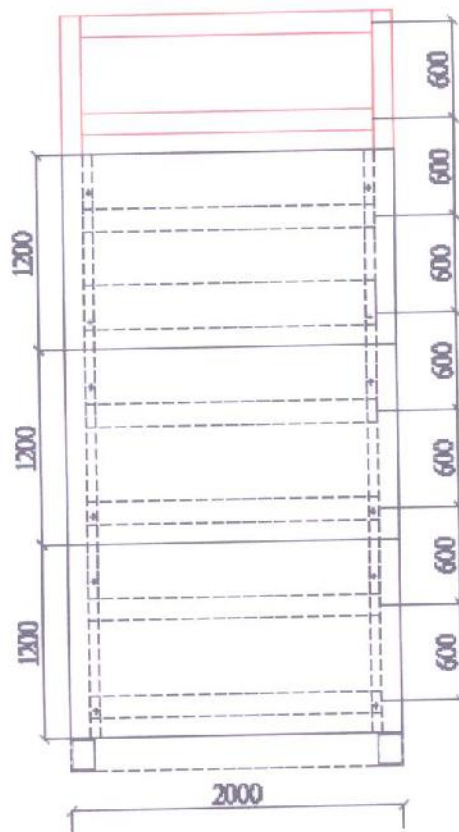
плотность утеплителя 140 кг/м<sup>3</sup>.

Горизонтальный монтаж из трех панелей через замковое соединение с применением полиуретанового герметика

Крепление панелей к каркасу производится с помощью крепежных изделий

(по типу серии 1.432.2-24.1-38.0.3)

Рис. 3.4



### Вариант 3

Сэндвич-панель трехслойная клееная с металлическими обшивками и минераловатным утеплителем;

длина 2000 мм,

ширина 1200 мм,

толщина 150 мм,

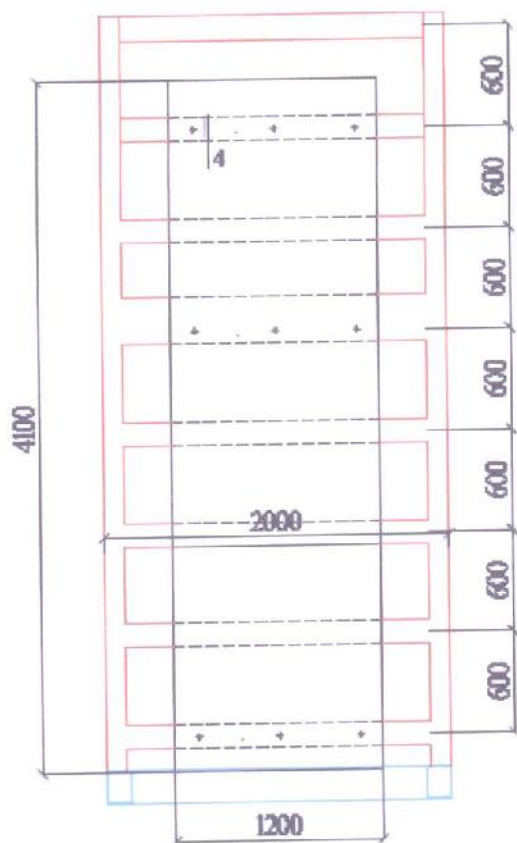
толщина облицовки 0,5/0,5 мм,

плотность утеплителя 115 кг/м<sup>3</sup>.

Горизонтальный монтаж из трех панелей через замковое соединение с применением полиуретанового герметика

Крепление панелей к каркасу производится с помощью крепежных изделий

Рис. 3.5



*Вариант 4*

*Сэндвич-панель трехслойная клееная с металлическими обшивками и минераловатным утеплителем;*

*длина 4200 мм,*

*ширина 1200 мм,*

*толщина 150 мм,*

*толщина облицовки 0,5/0,5 мм,*

*плотность утеплителя 115 кг/м<sup>3</sup>.*

*Монтаж одной панели вертикально*

*Крепление панели к каркасу производится с помощью самонарезающих винтов*

Рис. 3.6

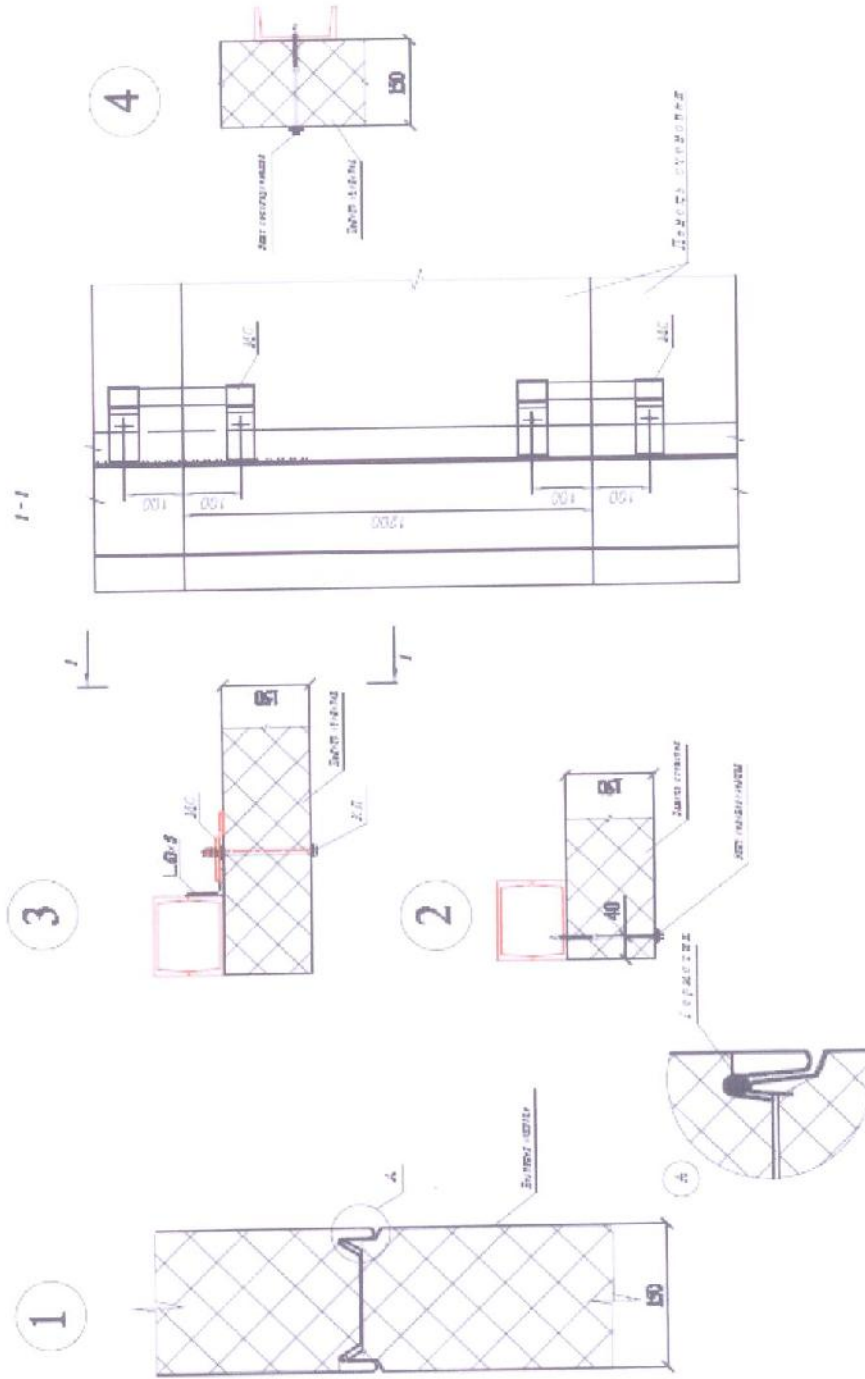
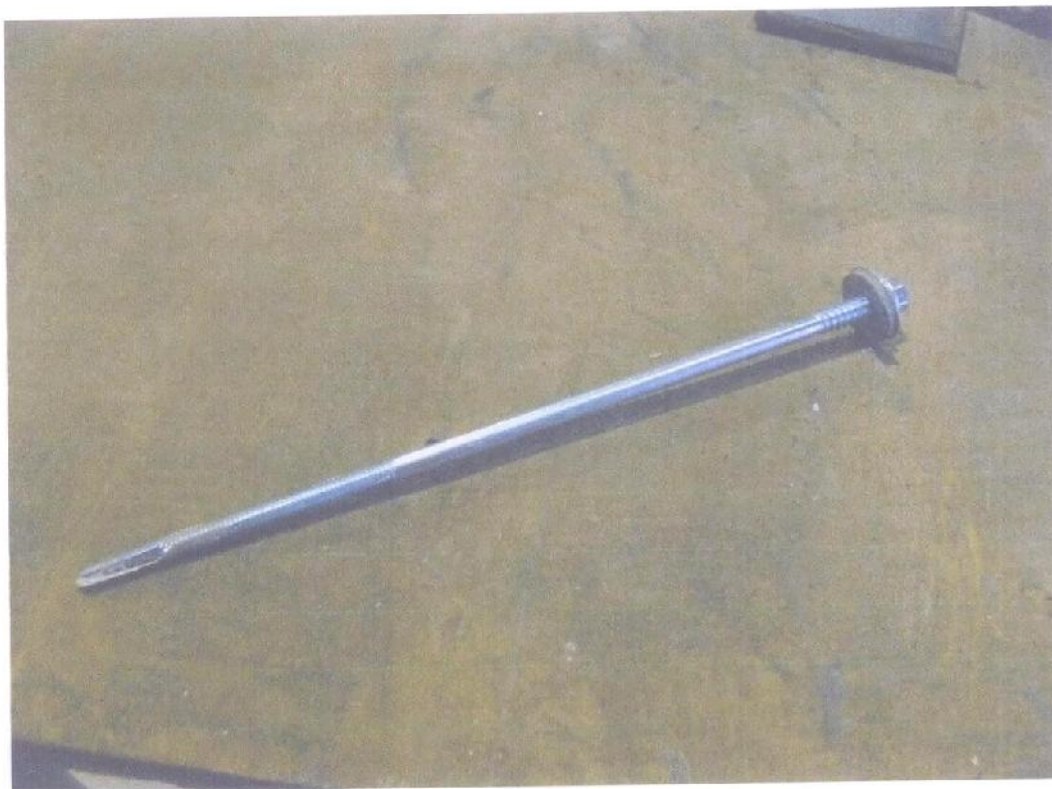


Рис. 3.7

a)



б)



Рис. 3.8

a)



б)

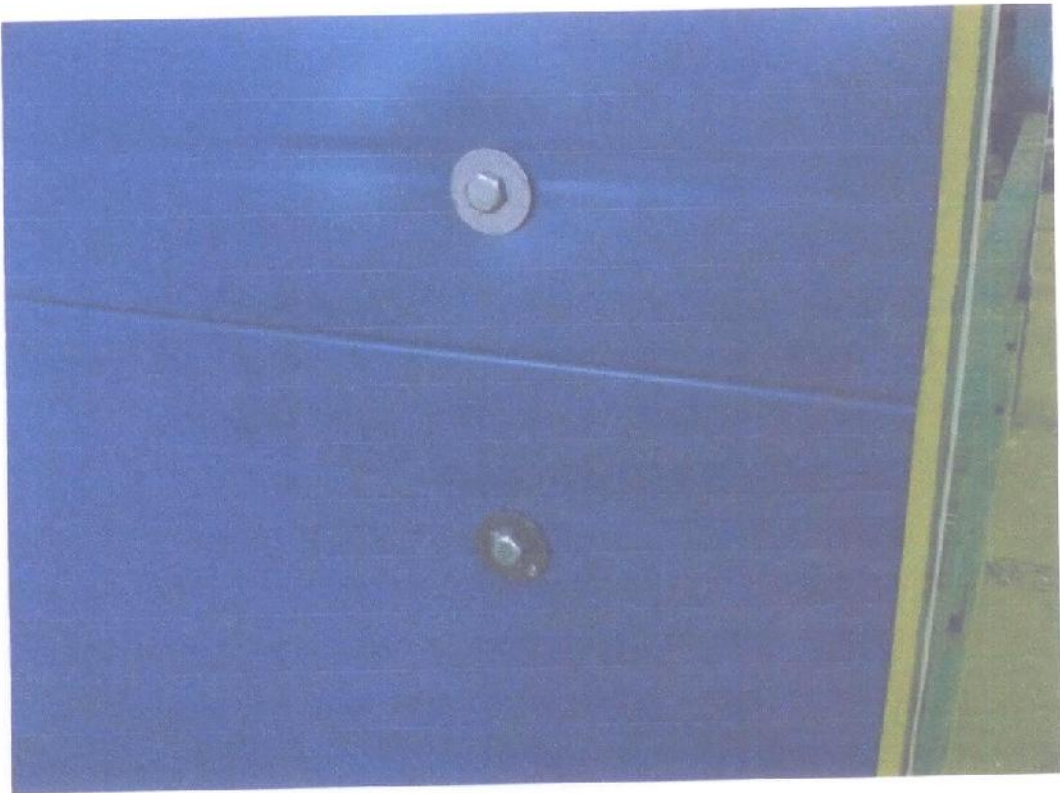
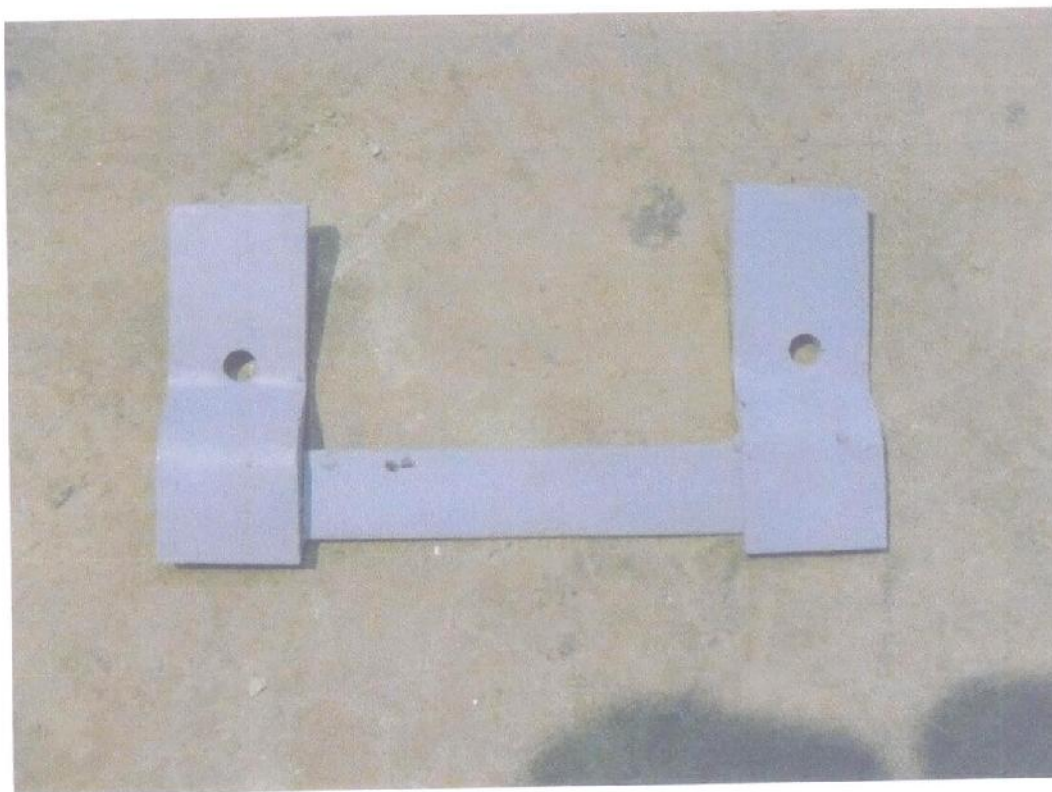


Рис. 3.9



a)



б)



Рис. 3.10

#### 4. Программа и методика испытаний

Программа испытаний стеновых сэндвич-панелей включает в себя следующие этапы:

1. Анализ конструктивных особенностей стеновых сэндвич-панелей и узлов их крепления.
2. Выбор и согласование с Заказчиком конструктивных параметров и самих элементов для назначения экспериментального образца.
3. Подготовка вибростенда и измерительного оборудования для проведения динамических испытаний.
4. Назначение режимов нагружения образцов стеновых сэндвич-панелей, соответствующих силовым воздействиям на сооружения при землетрясениях различной интенсивности.
5. Обработка и анализ результатов экспериментальных исследований.
6. Составление технического отчета по результатам испытаний образцов стеновых сэндвич-панелей с рекомендациями по обеспечению эксплуатационной надежности при сейсмических воздействиях.

В ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко разработана специальная виброплатформа маятникового типа, возбуждение колебаний которой может осуществляться одним из двух способов:

- колебания платформы-маятника, на которую установлены образцы, возбуждаются с помощью вибромашины ВИД-12. За счет инерционной силы, развиваемой ВИД-12 (где 12 – величина инерционной силы в тс), обеспечивается тот или иной частотный спектр воздействий на испытываемый образцы и определенный уровень амплитуды колебаний платформы. Как показали испытания, максимальная величина амплитуды колебаний платформы при использовании ВИД-12 составляет 150 мм;

- в зависимости от поставленной задачи вместо инерционной нагрузки на платформу от вибромашины возможно возбуждение колебаний платформы обеспечить за счет ударного воздействия. При этом в момент ударного воздействия максимальное ускорение на уровне основания стенда, в зависимости от массы испытываемого образца, может колебаться в интервале  $1.2 \div 5.0g$ .

Методика реализации требуемых режимов испытания натуральных образцов (конструкций) на виброплатформе ВИД-12 включает в себя следующие моменты:

- а)* режимы работы ВИД-12 задаются программой конкретного испытания, на основе которой производится предварительный расчет необходимых выходных параметров активатора гармонических колебаний;
- б)* исходя из общей массы колеблющейся системы, включающей в себя *массу образца, массу вибростенда маятникового стола и массу вибромашины*, и требуемой частоты колебаний производится предварительный расчет необходимой амплитуды колебаний и радиуса выноса дебалансов ВИД-12;
- в)* устанавливается требуемый радиус выноса дебаланса, который контролируется по специальному указателю, установленному на пульте управления ВИД-12, а также по линейке на активаторе вибромашины;
- г)* после запуска электродвигателей производится вывод активатора на режим, соответствующий первой самой малой частоте колебаний. Задаваемая частота отражается на указателе тахогенератора, установленного на пульте управления ВИД-12. Значение частоты колебаний системы одновременно контролируется прибором «Вибротест-МГЧ». Этот же прибор определяет ускорение и амплитуду колебания виброплатформы;
- д)* далее осуществляется запись динамических параметров испытаний с помощью специального измерительного комплекса;

е) если следующий режим осуществляется при неизменной амплитуде, то повторяются позиции «г» и «д», если требуется изменить амплитуду колебаний платформы, то - «в», «г» и «д».

С учетом отмеченного выше программа динамических испытаний сэндвич-панелей на виброплатформе включает в себя следующие этапы.

1. Образцы устанавливаются на платформу-маятник.
2. Проводятся испытания с изменением частотного спектра от 0 до 10-15 Гц при фиксированной амплитуде перемещения виброплатформы.

Далее изменяется значение амплитуды и осуществляется задание частот в указанном выше спектре. Длительность каждого из указанных этапов динамического нагружения (при фиксированных амплитуде и частоте) системы составляет приблизительно 30сек.

3. По результатам испытаний (п.2) устанавливаются уровни воздействий, соответствующие резонансным колебаниям системы, и уровни ускорений виброплатформы, соответствующие 7÷9 балльному воздействию по шкале MSK-64.
4. После завершения испытаний в соответствии с заданной программой изменения амплитудно-частотного спектра виброплатформы проводятся повторные испытания при сочетаниях амплитудно-частотных параметров виброплатформы, соответствующих резонансным колебаниям системы 7÷9-ти балльным воздействиям. Длительность повторных динамических испытаний при указанных выше сочетаниях составляет 40-50сек.
5. Если в процессе испытаний имеет место разрушение сэндвич-панелей или элементов их креплений, совместно с Заказчиком разрабатываются способы повышения их надежности, и испытания повторяются согласно п.п.3, 4.

## 5. Оборудование для испытаний на сейсмические нагрузки. Средства измерения и регистрации динамических характеристик

### 5.1 Оборудование для создания динамических нагрузок.

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

Маятниковая платформа подвешена на гибких (из полосовой стали) силовых связях к опорной силовой раме. Рама жестко закреплена в силовой пол лабораторного корпуса. Активация платформы осуществляется вибромашиной ВИД-12М, установленной на консоли маятниковой платформы (см. фото на рис. 5.1).

Вибромашина ВИД-12М позволяет обеспечить необходимые параметры динамических воздействий на исследуемые образцы в широком диапазоне частот и инерционных нагрузок путем возбуждения механических колебаний платформы в горизонтальной и вертикальной плоскостях. На фото рис. 5.2 показан общий вид виброплатформы с установленными на ней образцами.

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

Основные технические данные машины ВИД-12М Таблица 5.1.

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

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

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

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

Комплекс выполняет следующие функции:

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

Измерительно-вычислительный комплекс МПС – 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. 5.3, а).

Для измерения ускорений, частот колебаний, а также динамических перемещений применяются однокомпонентные датчики – акселерометры АТ 1105 – 10м (рис. 5.3, б).

Характеристики датчиков (акселерометров) представлены в таблице 5.2.

Основные технические данные акселерометра АТ 1105 – 10м

Таблица 5.2.

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

Установка акселерометров на испытательном стенде осуществлялась в местах, где по результатам расчетов ожидалось развитие максимальных ускорений и перемещений. При этом для контроля задаваемых динамических нагрузок на экспериментальный образец два датчика были установлены на виброплатформе.

Общее количество контролируемых точек (количество акселерометров) - 4.



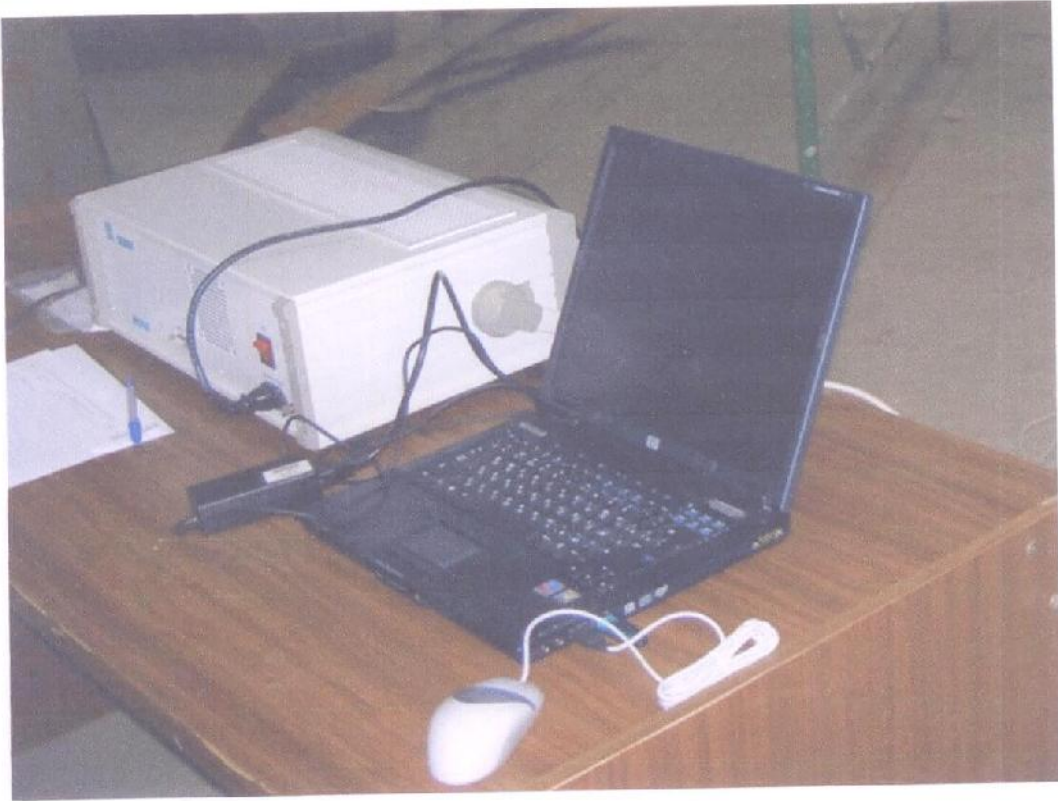


Рис. 5.1



Рис. 5.2

а)



б)

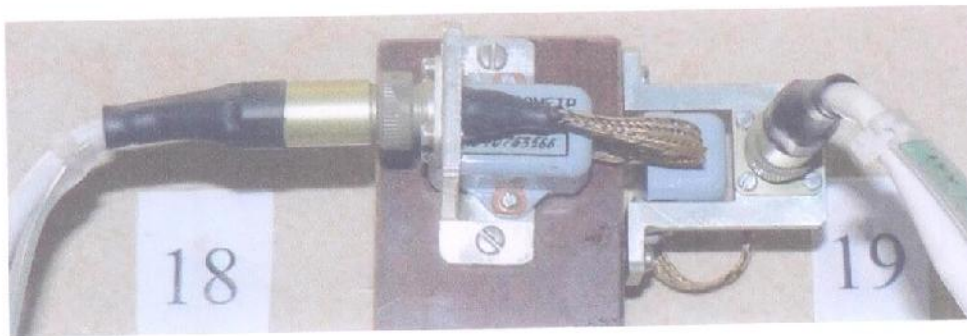


Рис. 5.3

## 6. Результаты динамических испытаний стеновых сэндвич-панелей

Испытания стеновых сэндвич-панелей проводились вибрационным (резонансным) методом, который позволяет измерить количественно силовую нагрузку на опытный образец, имитирующую сейсмическое воздействие в широком диапазоне частот.

По данным вибрационных испытаний для конкретных уровней нагружения были определены амплитудно-частотные характеристики испытуемого образца. Кроме этого, по результатам обработки записей на ЭВМ с использованием специального программного комплекса «WinПОС» были построены зависимости изменения ускорений в различных точках модели от времени. Как уже отмечалось выше, акселерометры крепились к следующим элементам экспериментальной модели:

- к виброплатформе, что позволяло оценивать уровень динамического воздействия на модель и сравнивать их с нормативными значениями ускорения;
- непосредственно к фрагментам испытываемых образцов.

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

Вибрационные испытания проводились в дневное время 23.01.2013г. года при температуре воздуха - не ниже +15 °С. Условия проведения вибрационных испытаний соответствуют нормальным и рабочим условиям применения используемого типа акселерометров АТ1105–10м.

В табл. 6.1 приведены параметры загрузки и достигнутые в ходе испытаний ускорения и амплитуды колебаний испытательной платформы.

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

### Параметры динамического нагружения платформы

Таблица 6.1.

№ режима	Частота $f$ (Гц)	Амплитуда $A$ (мм)	Ускорение $a$ (м/с <sup>2</sup> )
1	3,2	2	0,8
2	4,0	2,31	1,5
3	4,8	1,75	1,6
4	5,6	1,55	1,9
5	6,4	1,35	2,2
6	7,3	1,28	2,7
7	8,0	1,82	4,6
8	2,5	3,24	0,8
9	3,4	2,54	1,2
10	4,2	2,73	1,9
11	5,0	2,34	2,3
12	5,7	2,07	2,7
13	6,2	4,64	7
14	2,4	4,27	1
15	3,3	3,77	1,6
16	4,2	3,7	2,6
17	4,8	3,3	3
18	5,1	3,17	3,3
19	5,5	2,64	3,1
20	5,6	7,48	9,3
21	2,4	6,64	1,5
22	3,3	6,21	2,7
23	4,0	6,13	3,9
24	4,3	5,78	4,2
25	1,7	9,73	1,1
26	2,5	9,36	2,3
27	3,2	9,85	4
28	3,6	9,13	4,7
29	1,4	11,89	0,9
30	2	12,41	2
31	2,7	12,68	3,6
32	3	12,95	4,8
33	1,3	15,74	1
34	2	14,44	2,3
35	2,7	15,6	4,5
36	1,3	17,39	1,2
37	2	17,1	2,7
38	2,6	18,47	4,9
39	2,9	18,1	6
40	3,3	17,33	7,4

Этапы загрузки приведены в таблице 6.1 выбраны так, чтобы иметь возможность оценить поведение конструкций стеновых сэндвич-панелей и узлов их крепления во всем диапазоне нагружения, соответствующего сейсмическим воздействиям 7÷9 баллов по шкале MSK-64. Указанные в таблице 6.1 амплитудно-частотные характеристики и соответствующие им величины ускорений получены по данным акселерометров, установленных на виброплатформе.

Анализ результатов динамических испытаний стеновых сэндвич-панелей производства ООО «Техно-Изол» позволяет отметить следующее:

- в процессе испытаний ускорение виброплатформы в горизонтальном направлении по данным акселерометров, установленных на ней, изменялось в интервале от 0.8 до 9.3 м/с<sup>2</sup>. Частоты колебания системы изменялись в интервале от 1.3 до 8.0 Гц, амплитуды колебаний системы – от 1.28 до 18.47 мм. При этом ускорение в уровне верха образцов достигало 22.73 м/с<sup>2</sup>;
- эксплуатационная надежность стеновых сэндвич-панелей и узлов их крепления на всех этапах испытаний не была нарушена. Подвижек в узлах крепления не наблюдалось;
- по результатам обработки на ЭВМ осциллограмм выделены спектры пиковых значений ускорений и амплитуд колебаний элементов системы.

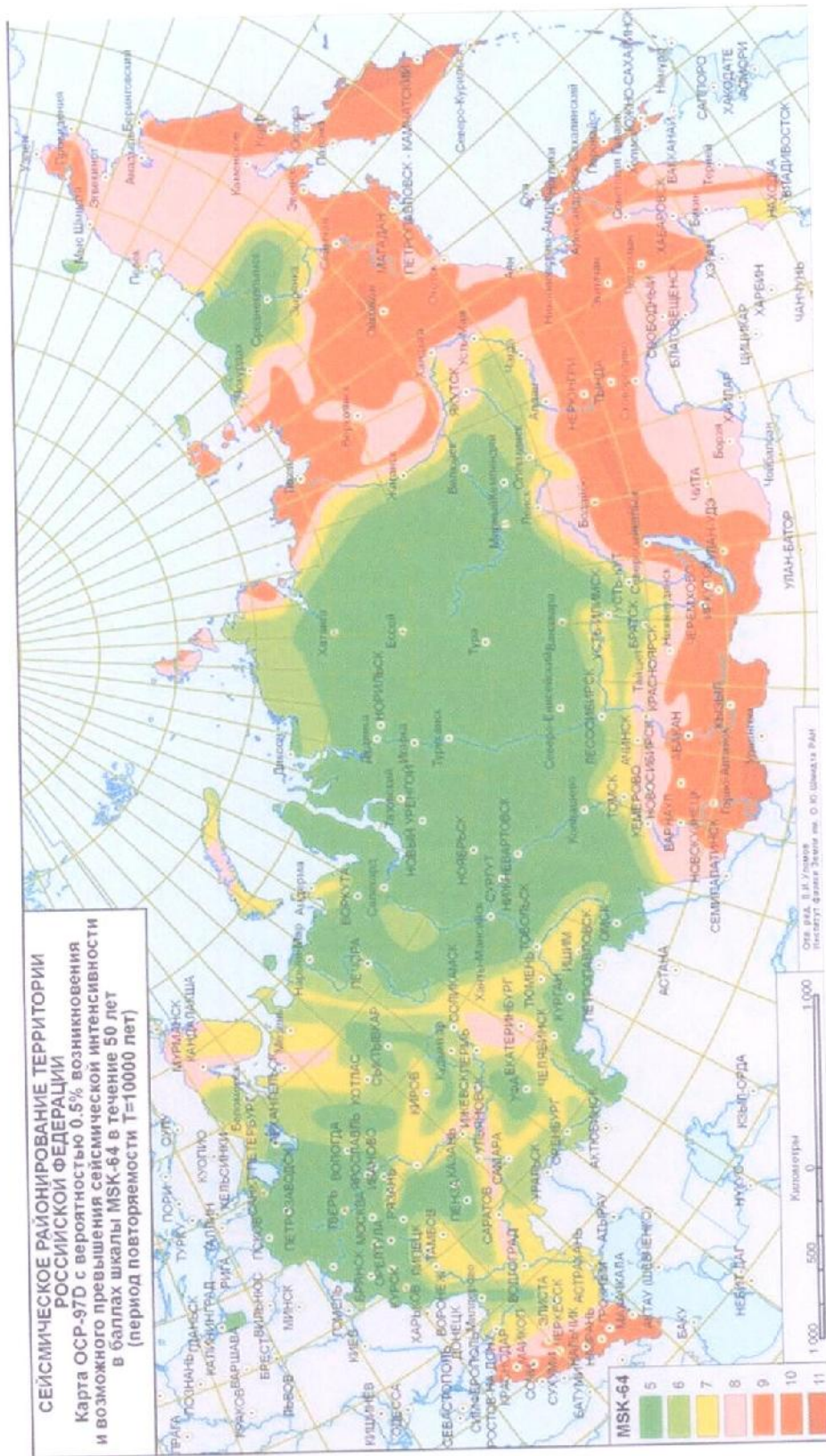


Рис. 6.1

## 7. Результаты испытаний самонарезающих винтов DVA-st 5.5×186 на действие статической нагрузки

Испытания самонарезающих винтов **DVA-st 5.5×186** (рис. 7.1) проводились в соответствии с требованиями действующего стандарта на испытания анкеров, разработанного специалистами ФГУ «ФЦС» с участием ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко [5].

Испытания винтов проводились по двум методикам, приведенным в Стандарте [5]:

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

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

При проведении испытаний самонарезающих винтов на вырыв из стального каркаса, использовался гидравлический домкрат HYDRAJAWS NH237 (сертификат №24-3 от 23.08.2004) мощностью 25кН (рис. 7.2). При испытаниях адаптер (захват головки винта) крепился к ручному гидравлическому домкрату. Нагрузка на головку винтов подавалась ступенями, составляющими  $N \approx 1/10 - 1/15$  от предполагаемой разрушающей нагрузки (нагрузки, при которой происходило вытягивание винта из металла).

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



нагрузка, при которой увеличение деформации винта происходило без роста усилия.

При первой схеме натурных испытаний за расчетное усилие вырыва винтов принимается нагрузка, определяемая в соответствии с рекомендациями [5] по формуле:

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

Для стальных винтов **DVA-st 5.5×186** коэффициент **m=3**, остальные коэффициенты определяются по той же методике.

Суть второй методики испытаний, включенной в Стандарт [5], заключается в следующем:

- осуществляется пошаговое увеличение нагрузки (не более 10 % от предполагаемой величины контрольной нагрузки) с выдержкой на каждом этапе нагружения 3-5 мин и последующим повторным измерением деформаций винта;

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

### **7.1. Испытание самонарезающих винтов до динамических испытаний**

Анализ лабораторных испытаний самонарезающих винтов на действие нагрузки, приложенной вдоль оси винта (по первой методике), позволяет отметить следующее:

1. На рис. 7.3 приведен график зависимости «нагрузка-деформация» для образцов указанных выше типов винтов, построенный по результатам лабораторных испытаний.
2. Величины предельных разрушающих нагрузок для винтов установленных в металлический каркас, составили:

–12.5–12.8–13.0–12.5–12.6 –12.5кН;

3. За расчетное усилие вырыва винтов, установленных в металлический каркас, в соответствии с рекомендациями [5] - по первой методике испытаний следует принимать нагрузку равную:

$$N_{\text{расч.}}=4.0 \text{ кН (400кгс) при } m=3.0, v=0.01 \text{ и } S=0.2;$$

Анализ результатов лабораторных испытаний винтов по второй методике на действие нагрузки, приложенной вдоль оси винта (было испытано по 3 образца винтов **DVA-st 5.5×186**) позволяет отметить следующее:

1. На рис. 7.4 приведен график зависимости «нагрузка-деформация» для образцов указанных выше типов винтов, построенный по результатам лабораторных испытаний.
2. Величины предельных разрушающих нагрузок для винтов установленных в металлический каркас составили:

–12.5–12.3–12.4 кН.

3. За расчетное усилие вырыва винтов **DVA-st 5.5×186** с учетом характера поведения винта в процессе пошагового его нагружения с разгрузкой по второй методике, изложенной в [5], следует принимать нагрузку равную:

$$N_{\text{расч.}}=6.0 \text{ кН};$$

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

## 7.2. Испытание самонарезающих винтов после динамических испытаний

После завершения динамических испытаний сэндвич-панелей, закрепленных к стальному каркасу с помощью самосверлящих винтов **DVA-st 5.5×186**, указанные винты были освобождены от слоя сэндвич-панелей и испытаны на действие статической продольной относительно их оси нагрузки.

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

1. На рис. 7.5 приведен график зависимости «нагрузка-деформация» для образцов указанных выше типов винтов, построенный по результатам лабораторных испытаний.
2. Величины предельных разрушающих нагрузок для винтов установленных в металлический каркас, составили:

–12.2–12.5–12.4–12.2 –12.5 –12.2 кН.

3. За расчетное усилие вырыва винтов, установленных в металлический каркас, в соответствии с рекомендациями [5] - по первой методике испытаний следует принимать нагрузку равную:

$N_{\text{расч.}}=3.95 \text{ кН (395кгс)}$  при  $m=3.0$ ,  $v=0.01$  и  $S=0.15$ .

Анализ результатов лабораторных испытаний винтов по второй методике на действие нагрузки, приложенной вдоль оси винта (было испытано по 3 образца винтов позволяет отметить следующее:

1. На рис. 7.6 приведен график зависимости «нагрузка-деформация» для образцов указанных выше типов винтов, построенный по результатам лабораторных испытаний.
2. Величины предельных разрушающих нагрузок для винтов установленных в металлический каркас составили:

–12.1–12.2–12.2 кН.

3. За расчетное усилие вырыва винтов с учетом характера поведения

винта в процессе пошагового его нагружения с разгрузкой по второй методике, изложенной в [5], следует принимать нагрузку равную:

$$N_{\text{расч.}}=5.0 \text{ кН};$$

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



Рис. 7.1 Общий вид самосверлящего винта **DVA-st 5.5×186**

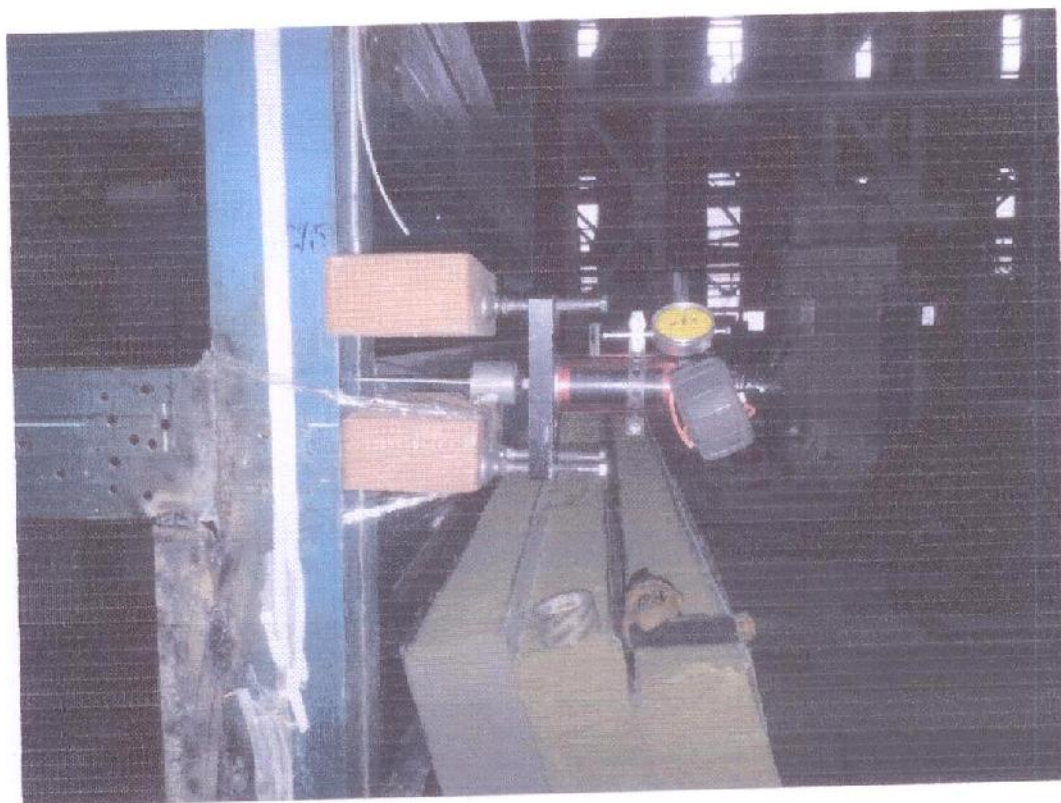


Рис. 7.2 Общий вид домкратной установки для испытания самосверлящих винтов на вырыв



Рис. 7.3 График зависимости "нагрузка-перемещение" для самосверлящих шурупов  
до динамических испытаний.

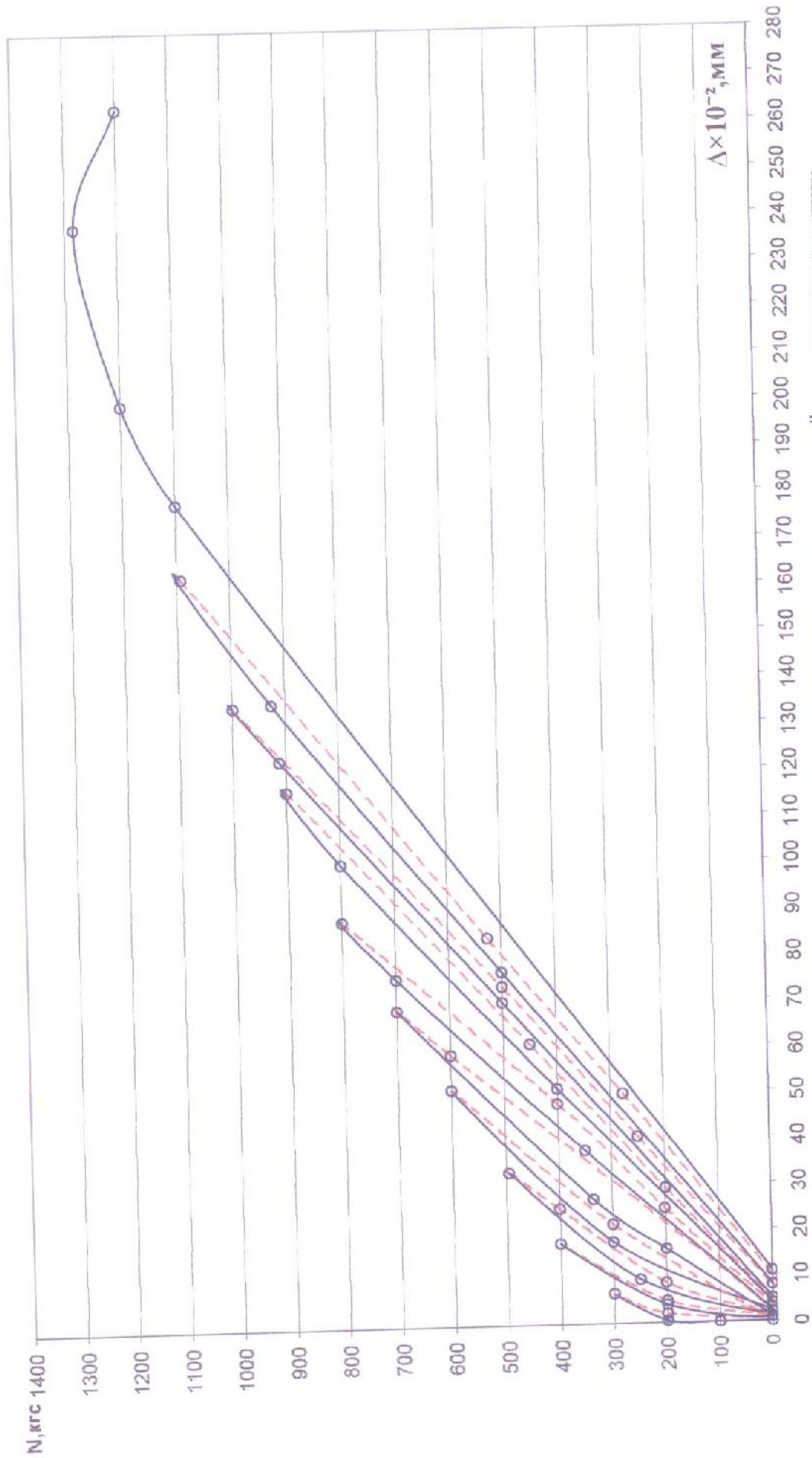


Рис. 7.4 График зависимости "нагрузка-перемещение" для самосверлящих шурупов до динамических испытаний.



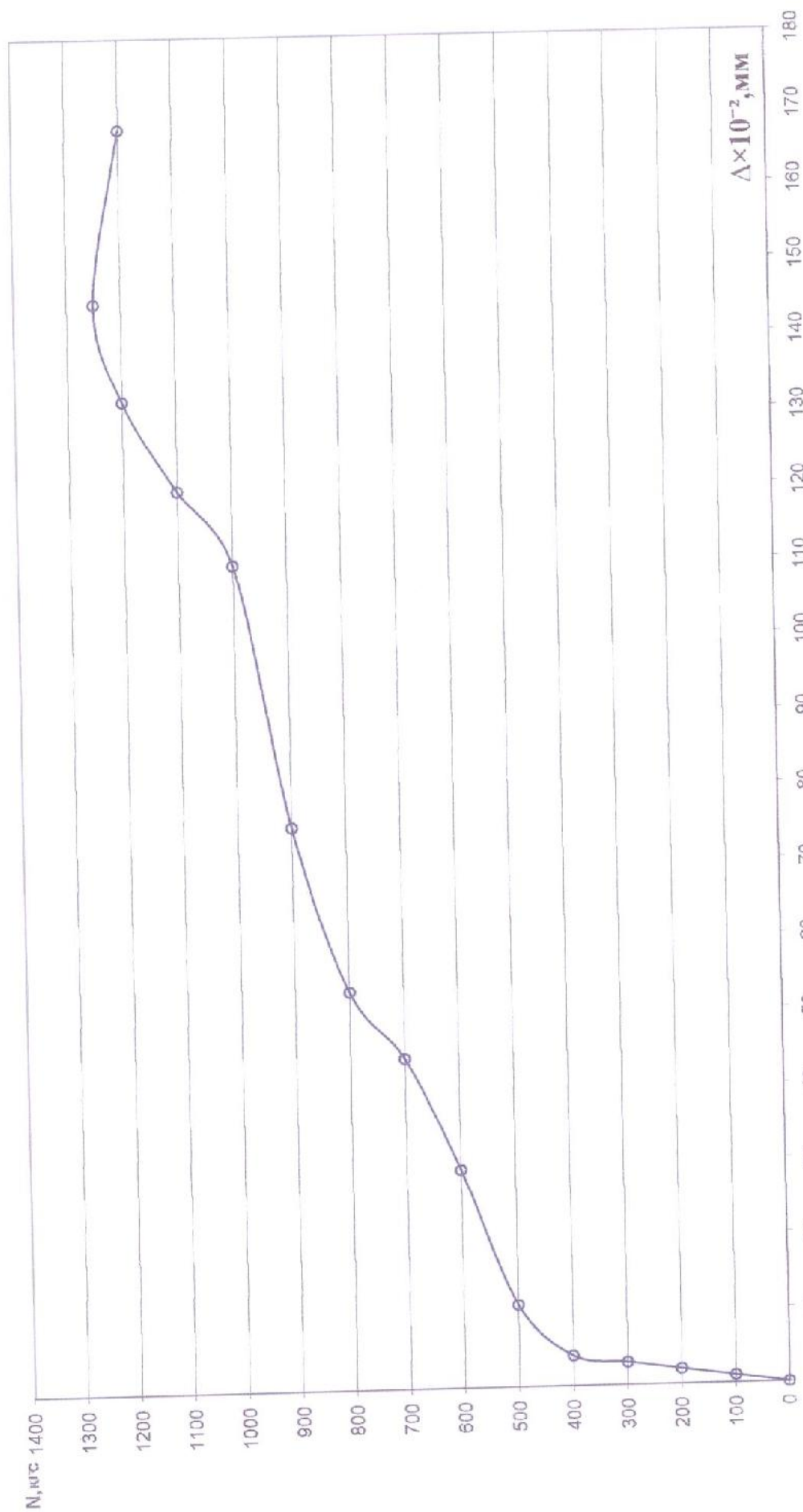


Рис. 7.5 График зависимости "нагрузка-перемещение" для самосверлящих шурупов после динамических испытаний.

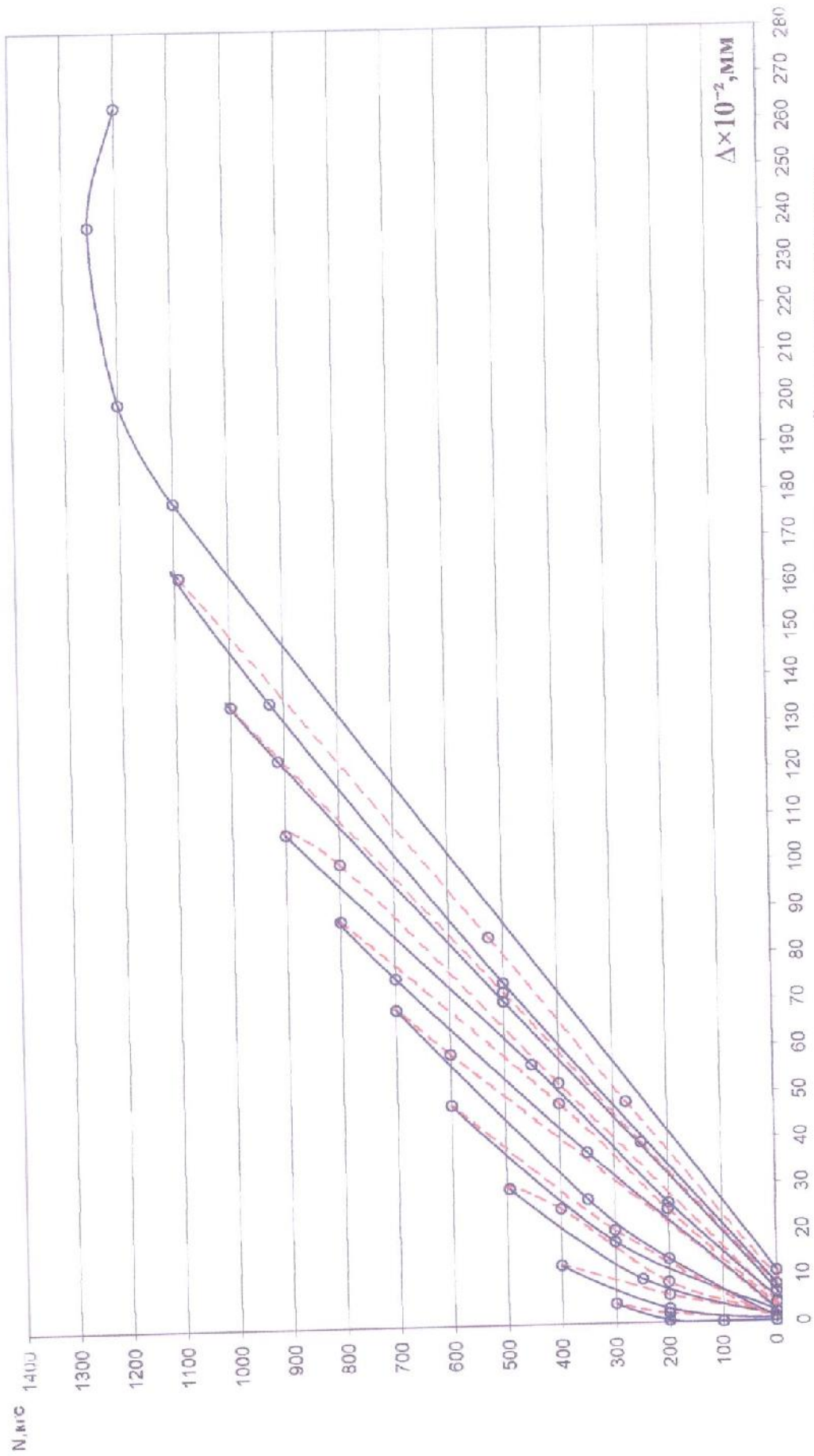


Рис. 7.6 График зависимости "нагрузка-перемещение" для самосверлящих шурупов после динамических испытаний.

## **8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Выводы и рекомендации**

На основе анализа результатов динамических испытаний конструкций стеновых сэндвич-панелей производства ООО «Техно-Изол» и анкерных креплений производства Myung Hwa Metal Co. Ltd. Repablik of Korea можно отметить следующее.

1. В соответствии с программой экспериментальных исследований на виброплатформе Центра исследований сейсмостойкости сооружений были проведены динамические испытания стеновых сэндвич-панелей вертикальной и горизонтальной раскладки, крепление которых к стенду осуществлялось с помощью самонарезающих винтов, а также болтов и специальных крепежных элементов. При испытаниях моделировались динамические нагрузки, соответствующие 7÷9 балльным воздействиям.

2. В процессе испытаний ускорение виброплатформы в горизонтальном направлении по данным акселерометров, установленных на ней, изменялось в интервале от 0.8 до 9.3 м/с<sup>2</sup>. Частоты колебания системы изменялись в интервале от 1.3 до 8.0 Гц, амплитуды колебаний системы – от 1.28 до 18.47 мм. При этом ускорение в уровне верха образцов достигало 22.73 м/с<sup>2</sup>.

3. Эксплуатационная надежность стеновых сэндвич-панелей и узлов их крепления на всех этапах испытаний не была нарушена. Подвижек в узлах крепления не наблюдалось.

4. По результатам испытаний стеновые сэндвич-панели производства ООО «Техно-Изол» вертикальной и горизонтальной раскладки с креплением самонарезающими винтами, а также болтами со специальными крепежными элементами могут быть рекомендованы для использования в районах РФ с сейсмичностью 7÷9 баллов при соблюдении конструктивных решений, приведенных в п.3 настоящего Отчета.

5. При применении стеновых сэндвич-панелей в сейсмических районах при балльности площадки строительства до 9 баллов должны соблюдаться требования, касающиеся долговечности, коррозионной и огнестойкости.

6. В приложении 2 к настоящему отчету приложена видеосъемка испытаний стеновых сэндвич-панелей.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. MSK-64. Шкала сейсмической интенсивности MSK. М., 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. СНиП II-7-81\*. Строительство в сейсмических районах». М., 1991г.
4. ТУ 5284-001-76492690-05. Панели металлические трехслойные «Изол» с минераловатным утеплителем для ограждающих конструкций здания. ООО «Техно-Изол», 2005г.
5. Стандарт организации. Крепления Анкерные. Метод определения несущей способности по результатам натуральных испытаний. СТО 44416204-010-2010. М.2011.
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. Междуведомственный 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 С.В., «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. Карапетян Б.К. «Колебание сооружений, возведенных в Армении», Изд. «Айостан», Ереван, 1967.
11. Корчинский И.Л., Беченева Г.В. «Прочность строительных материалов при динамических нагружениях», Стройиздат, М., 1966г.