

ФГУП «НИЦ «Строительство»
«Центральный научно-исследовательский институт
строительных конструкций имени В.А. Кучеренко»
филиал ФГУП "НИЦ "Строительство"

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко

Центр исследований сейсмостойкости сооружений

УТВЕРЖДАЮ:

Директор

ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко
доктор технических наук, профессор

Ю.П. Назаров

2009г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

по результатам экспериментальных исследований сейсмостойкости
конструкций навесных фасадных систем с воздушным зазором
«ВФ МП КВ» (для облицовки плитами керамогранита)
и «ВФ МП 2005» (для облицовки элементами кассетного типа)

Договор № 1230/24-3875-09/ск от июля 2009г.

Руководитель
Центра исследований
сейсмостойкости сооружений, к.т.н.

А.М. Мелентьев

Зав. Лабораторией СК,
к. т. н.

А.В. Грановский

Зав. Сектором ЛСК

Д.А. Киселев

Ст. научн. сотрудник

З.И. Доттуев

Ст. научн. сотрудник

Т.М. Хасанов

Москва 2009 г.

Настоящее заключение составлено по результатам экспериментальных исследований сейсмостойкости конструкций навесных фасадных систем с воздушным зазором «ВФ МП КВ» с облицовкой керамогранитными плитами и «ВФ МП 2005» с облицовкой элементами кассетного типа в соответствии с договором № 1230/24-3875-09/ск от июля 2009 г. Испытания фасадных систем (далее – ФС) проводились на специально разработанном в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко стенде (авторы: д.т.н. А. М. Курзанов, к.т.н. А.В. Грановский и ведущий научный сотрудник В. К. Бышенко).

Цель лабораторных испытаний – оценка пригодности и эксплуатационной надежности навесных фасадных систем с воздушным зазором «ВФ МП КВ» и «ВФ МП 2005» при использовании их на зданиях, возводимых в сейсмических районах с балльностью 7÷9 баллов по шкале MSK-64.

Оценка возможности применения ФС «ВФ МП КВ» и «ВФ МП 2005» в сейсмических районах России на строительных площадках с балльностью 7÷9 баллов включает в себя следующие этапы:

1. Комплексные расчетно-экспериментальные исследования работы ФС «ВФ МП КВ» и «ВФ МП 2005» с их вибродиагностикой: натурные испытания фрагментов ФС на вибростенде.
2. Внесение в Стандарт предприятия или в Альбом технических решений ООО «Промышленная компания Металл Профиль - Лобня» и согласование с ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко ФГУП НИЦ «Строительство» изменений (если это потребуется по результатам испытаний) по конструктивному решению ФС при строительстве в сейсмических районах РФ.

Для проведения динамических испытаний Заказчиком (ООО «Промышленная компания Металл Профиль - Лобня») были предоставлены конструктивные варианты навесных фасадных систем с воздушным зазором «ВФ МП КВ» с облицовкой керамогранитными плитами и «ВФ МП 2005» с облицовкой стальными элементами кассетного типа.

Система «ВФ МП КВ» включает в себя следующие несущие элементы:

- усиленные кронштейны из оцинкованной стали с полимерным покрытием при толщине листа 2 мм, расположенные с шагом 600х600 мм;
- вертикальные направляющие из оцинкованной стали с полимерным покрытием при толщине листа 1.2 мм;
- крепежные кляммеры, установленные по горизонтальным и вертикальным граням керамогранитных плит.

Особенностью данной системы является конструктивное решение фасадных подконструкций в угловой зоне здания. В плоскости расположения кронштейнов устанавливаются угловые Г-образные элементы, к которым с каждой из боковых сторон крепятся вертикальные направляющие.

Система «ВФ МП 2005» включает в себя следующие несущие элементы:

- кронштейны, аналогичные принятым в системе «ВФ МП КВ», расположенные с шагом 600х1200(h) мм;
- горизонтальные направляющие из оцинкованной стали с полимерным покрытием при толщине листа 1.2 мм, которые крепятся к кронштейнам. В угловой зоне горизонтальные направляющие соединяются между собой с помощью заклепочных элементов;
- вертикальные направляющие из оцинкованной стали с полимерным покрытием при толщине листа 1.2 мм, которые крепятся к горизонтальным направляющим по вертикальным стыкам кассет, а при ширине кассеты более 700 мм в средней части кассеты устанавливаются дополнительные вертикальные направляющие. В угловой зоне здания направляющие устанавливаются с каждой стороны по грани угла.

Соединения всех элементов фасадной системы выполнены на заклепках фирмы «BRALO».

Как уже отмечалось, для создания динамических воздействий на испытываемые образцы использовался специальный стенд, возбуждение колебаний которого может осуществляться одним из двух способов:

- колебания платформы-маятника, на который установлен испытательный стенд, возбуждаются с помощью вибромашины ВИД-12, закрепленной на платформе. За счет инерционной силы, развиваемой ВИД-12, обеспечивается тот или иной частотный спектр воздействий на испытательный стенд 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. Испытания показали, что в момент удара максимальное ускорение на уровне основания стенда составляет 1,2g

Параметры стенда для проведения натурных испытаний назначались исходя из результатов расчетного анализа, состава экспериментальной базы ЛСК ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, а так же конструктивных особенностей принятых опытных образцов.

Монтаж образцов ФС «ВФ МП КВ» и «ВФ МП 2005» 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 ООО «Промышленная компания Металл Профиль - Лобня» с участием специалистов ЛСК ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко.

Монтаж конструкций ФС «ВФ МП КВ» и «ВФ МП 2005» на стенд осуществлялся по следующей технологии.

1) Системы навешивались на металлические элементы стенда с помощью кронштейнов, устанавливаемых с шагом по высоте 600 («ВФ МП КВ») и 1200 мм («ВФ МП 2005»).

2) Кронштейны крепились к элементам стенда с помощью болтов с гайками. Исследование эксплуатационной надежности анкерного крепления элементов фасадной системы выполнены в лаборатории ЛСК ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко. В данном отчете даны рекомендации по назначению марок анкеров различных фирм – производителей крепежа, прошедших проверку в ЦНИИСК.

3) К кронштейнам с помощью заклепок фирмы Bralo крепились направляющие.

4) Крепление стальных фасадных кассет к направляющим в системе типа «ВФ МП 2005» производилось с помощью заклепок фирмы Bralo, а керамогранита в системе типа «ВФ МП КВ» – с помощью кляммеров.

Натурные испытания фрагментов ФС 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 испытуемого фрагмента.

Параметры динамического нагружения назначались с учетом результатов расчетного анализа.

Этапы нагружения приведены в таблице 1 и выбраны так, чтобы иметь возможность оценить поведение ФС при резонансе. Указанные в таблице амплитудно-частотные характеристики и соответствующие им величины ускорений соответствуют значениям, полученным по данным акселерометров, установленных на виброплатформе.

Параметры динамического нагружения платформы

Таблица 1.

№ режима	Частота f (Гц)	Амплитуда A (мм)	Ускорение a (см/с ²)	балльность
1	4.8	0.5	44.1	5.8
2	9.4	1.5	515.3	9.4
3	2.9	2.1	70.0	6.5
4	5.3	4.1	458.2	9.2
5	2.7	2.2	63.4	6.3
6	5.2	5.5	602.5	9.6
7	2.5	4.5	105.3	7.1
8	4.7	2.7	233.3	8.2
9	2.4	6.7	154.8	7.6
10	4	3.1	197.3	8.0
11	1.7	6.1	74.0	6.6
12	2.1	8.6	140.0	7.5
13	3.5	5.5	271.3	8.4
14	1.8	14.1	168.9	7.8
15	3.2	10.4	413.7	9.0
16	1.2	15.8	109.4	7.1
17	2.7	16.1	451.5	9.2
18	4.2	3.6	252.6	8.3
19	4.1	3.1	203.7	8.0
20	4.6	2.7	227.5	8.2
21	9.3	0.9	318.4	8.7
22	4.4	3.8	285.0	8.5

Приведенные в табл. 1 значения по цветовой гамме соответствуют зонам сейсмичности, указанным на карте сейсмического районирования территории РФ (рис. 1).

Анализ результатов динамических испытаний фасадных систем ФС «ВФ МП КВ» и «ВФ МП 2005» на виброплатформе ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко позволяет сделать следующие выводы:

1. В соответствии с программой экспериментальных исследований были испытаны ФС «ВФ МП КВ» с облицовкой керамогранитными плитами и «ВФ МП 2005» с облицовкой фасадными кассетами. Шаг кронштейнов по высоте при этом составлял 600 мм и 1200 мм.
2. В процессе испытаний было исследовано поведение системы в случае совпадения величин собственных частот колебаний ФС с частотами колебаний виброплатформы (т.е. эффект резонанса). Это явление

наблюдалось при колебаниях системы с частотой $f=4,4$ Гц, при амплитуде $A=3,8$ мм. Эксплуатационная надежность ФС «ВФ МП КВ» и «ВФ МП 2005» на всех этапах нагружения не была нарушена.

3. Фасадная система «ВФ МП 2005» может быть рекомендована для применения в районах с сейсмичностью 7÷9 баллов.

Фасадная система «ВФ МП КВ» может быть рекомендована для применения в районах с сейсмичностью 7÷9 баллов при креплении керамогранитных плит по схеме, использованной во время испытаний: кроме проектных кляммеров, устанавливаемых по горизонтальным граням облицовочных плит, необходимо установить дополнительные рядовые (двойные) кляммеры по вертикальным граням.

Указанные выше рекомендации должны быть внесены в Альбом технических решений ФС «ВФ МП КВ».

4. Количество элементов крепления облицовочной плиты к направляющим должно соответствовать техническим условиям на систему.
5. При применении фасадных систем «ВФ МП КВ» и «ВФ МП 2005» в сейсмических районах при балльности площадки строительства 7-9 баллов должны соблюдаться требования, касающиеся долговечности, огнестойкости и коррозионной стойкости элементов фасадной системы.
6. В связи с отсутствием достаточного опыта применения вентилируемых фасадных систем с воздушным зазором в сейсмических районах рекомендуется привлечение специалистов ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко для технического контроля за качеством монтажа несущих подконструкций фасадной системы.
7. Крепление несущих конструкций фасадных систем к стенам зданий следует осуществлять с использованием анкеров, прошедших

экспериментальную проверку на действие динамических нагрузок. В разделе 9 настоящего Отчета приведен список анкеров, прошедших экспериментальную проверку на действие различных видов динамических нагрузок.

8. Подробно результаты экспериментальных исследований сейсмостойкости конструкций навесных фасадных систем с воздушным зазором «ВФ МП КВ» (для облицовки плитами керамогранита) и «ВФ МП 2005» (для облицовки элементами кассетного типа) изложены в Техническом отчете ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко.

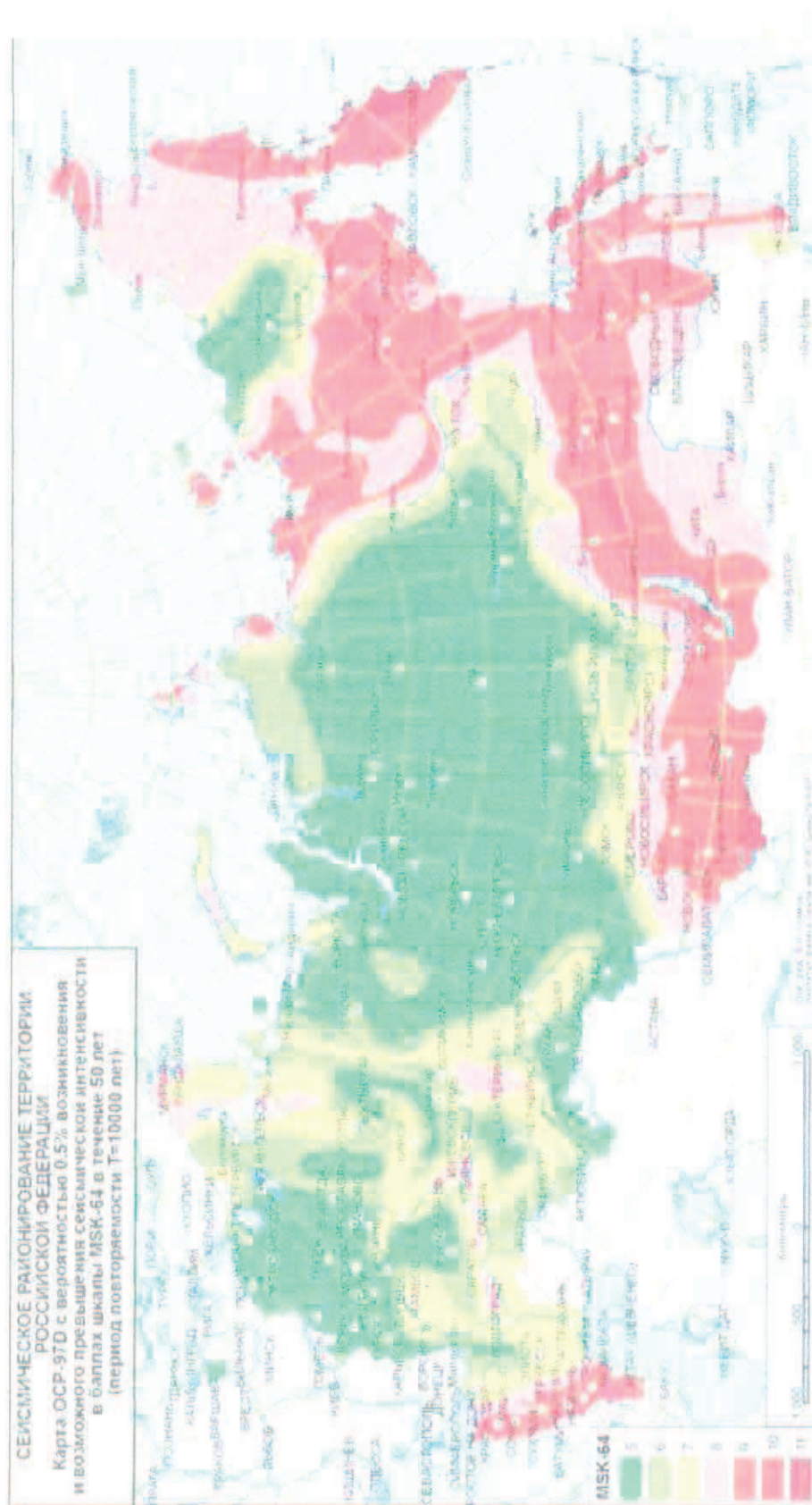


Рис. 1

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. СНиП 2.03.01-84*. «Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования».
4. Я.М. Айзенберг, Р.Т. Акбиев, В.И. Смирнов, М.Ж. Чубаков. «Динамические испытания и сейсмостойкость навесных фасадных систем». Ж. «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений» №1, 2008г. стр. 13-15.
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. Методические рекомендации по инженерному анализу последствий землетрясений. ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко ГОССТРОЯ СССР. – М., 1980, 62 с.
7. Отчет по результатам натурных испытаний фрагментов навесных вентилируемых фасадов «ДИАТ». ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко-М., 2007.
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. «Колесание сооружений, возведенных в Армении», Изд. «Айостан», Ереван, 1967.
11. Корчинский И.Л., Беченева Г.В. «Прочность строительных материалов при динамических нагружениях», Стройиздат, М., 1966г.

12. Назаров А.Г. «Метод инженерного анализа сейсмических сил», Ереван, 1959г.
13. Технический отчет «Выполнить экспериментальные исследования по оценке сейсмостойкости конструкций навесных фасадных систем с воздушным зазором «ВФ МП КВ» (для облицовки плитами керамогранита) и «ВФ МП 2005» (для облицовки элементами кассетного типа), выдать заключение по результатам испытаний, разработать рекомендации по повышению эксплуатационной надежности систем, а также на основании этих испытаний дать заключение по сейсмостойкости аналогичных систем, разработанных ООО «Промышленная компания Металл профиль – Лобня», с элементами облицовки реечного и листового типа: сайдинг, профилированный лист, линейные панели». ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, М., 2009г.

9. НАЗНАЧЕНИЕ АНКЕРНОГО КРЕПЕЖА ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ К СТЕНАМ ЗДАНИЙ

Одновременно с проведением динамических испытаний ФС в Отделе сейсмостойкости и экспериментальных исследований сооружений были проведены динамические испытания анкеров фирм «FISCHER» и «МКТ» на действие продольных и поперечных относительно оси анкера усилий. В процессе испытаний параметры динамической нагрузки на анкер варьировались следующим образом:

- величина динамической нагрузки при действии продольной относительно оси анкера силы изменялась от 2 кН до $0,5xN_{раз}$;
- величина динамической нагрузки при действии поперечной относительно оси анкера силы изменялась от $-0,2xN_{раз}$ до $0,2xN_{раз}$.
- частота приложения нагрузки изменялась от 5 до 15 Гц, количество циклов на каждом испытании – от 500 до 1000 циклов.

По результатам испытания были рекомендованы для крепления фасадных систем к стенам здания анкера следующих марок:

- анкера фирмы «FISCHER»:
 - FHB II-AL M 12x120/10;
 - Zykon FZA 12x50 M 8/15;
 - FAZ II 12/20;
 - FH II 15/10 B.
- анкера фирмы «МКТ»:
 - VMZ-A 50 M8-15/80.

Возможно применение анкеров других фирм-производителей при условии представления ими данных по результатам испытания анкеров на динамические нагрузки.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ОБЛИЦОВКИ РЕЕЧНОГО И ЛИСТОВОГО
ТИПА: САЙДИНГ, ПРОФИЛИРОВАННЫЙ ЛИСТ, ЛИНЕАРНЫЕ ПАНЕЛИ

По результатам проведенных ранее испытаний допускается применение сайдинга марки МП СК-14х226 (при толщине листа 0,5 мм) – рис. П.2.1 с креплением к вертикальным направляющим, установленным с шагом не более 1000 мм для облицовки зданий, возводимых в районах с сейсмичностью 7÷9 баллов.

Допускается применение в качестве облицовки навесных фасадов зданий, возводимых в районах с сейсмичностью 7÷9 баллов, профилированного листа марки МП 35 (рис. П.2.2). Профилированные листы марки МП 40 (рис. П.2.3), МП 20 (рис. П.2.4) и С21 (рис. П.2.5), МП 18 (рис. П.2.6) допускается применять в зданиях высотой не более 10 м.

Облицовку из линейных панелей МП ЛП рабочей шириной от 197 до 404 мм при толщине листа 0,7 мм (рис. П.2.7, П.2.8)) допускается применять в навесных фасадах для зданий при шаге направляющих не более 700 мм.