

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ СЕЙСМОСТОЙКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

## ДИНАМИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ И СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ НАВЕСНЫХ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ

**Айзенберг Я.М., д-р техн. наук, проф.,  
Акбиев Р.Т., Смирнов В.И., кандидаты техн. наук,  
Чубаков М.Ж., инженер  
(ЛСС ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко филиал ФГУП НИЦ «Строительство»)**

В соответствии с действующими правилами по техническому регулированию, новая строительная продукция, разработанная и передаваемая в массовое (серийное) производство, а также осваиваемая по зарубежным технологиям и поставляемая на территорию России, подлежит обязательной оценке и подтверждению на соответствие требованиям безопасности.

Навесные вентилируемые фасадные системы (далее — НВФС) для применения в сейсмических районах Российской Федерации, являются одним из видов такой продукции.

С технической точки зрения НВФС является комплексной конструкцией, состоящей из элементов облицовки (плит и листовых материалов) и под облицовочной конструкции, закрепленной к стене таким образом, чтобы между защитно-декоративным покрытием и стеной оставался воздушный зазор. Для дополнительного утепления между стеной и облицовкой устанавливается теплоизоляция. В этом случае вентиляционный зазор оставляется между облицовкой и теплоизоляцией.

Землетрясения могут вызвать повреждения и разрушения НВФС следующих типов:

— сейсмическими нагрузками, направленными из плоскости вентилируемых фасадов (в некоторых конструктивных и нормативно-методических документах их называют «местными» сейсмическими нагрузками);

— усилиями, передающимися на элементы вентилируемых фасадов при их совместном деформировании с несущими и ненесущими конструкциями зданий.

Сейсмостойкость НВФС необходимо изучать комплексно: выполняя динамические испытания на специальных стендах, виброплатформах и/или с помощью мощных вибраторов, проводя теоретический и расчетный анализ, в том числе на натурных объектах.

Протоколом [1], подготовленным с участием производителей НВФС на специальном совещании в рамках работы VII Российской национальной конференции по сейсмостойкому строительству и сейсмическому районированию (г. Сочи, 2007г.), определен порядок проведения экспериментальных исследований:

начальный этап — на моделях и фрагментах;

далее — на объектах в стадии возведения и эксплуатации.

В настоящей статье приведены результаты лабораторных динамических испытаний фрагментов НВФС на основе алюминия — «MAVent» типа К-500, производимых ООО «АМАГрупп».

Конструктивные решения НВФС, использованные для испытаний приведены на рис.1.

Эксперименты проводились на фрагментах высотой 3 м, установленных на специально изготовленном стенде (5,0 x 3,0 x 3,0 м). Динамические нагрузки системы осуществлялись вибромашинной инерционного действия ВИД-12 в широком диапазоне частот от 0,4 до 6,3 с<sup>-1</sup>.

Общий вид модели в процессе испытаний показан на рис.2.

Изучалось влияние различных факторов на работу конструкции при динамических воздействиях высокой интенсивности. Исследуемые фрагменты (4 типа) отличались шагом горизонтальных направляющих, количеством кронштейнов для крепления к несущим конструкциям (стенам), видом кляммеров, т.е. креплений подконструкции к облицовочным плитам из керамогранита. В результате были достигнуты максимальные ускорения до 400 см/с<sup>2</sup> и выше, что соответствует сейсмическим воздействиям 9 баллов по шкале MSK-64.

В результате проведенных испытаний:

— получены данные о принципиальной работе НВФС «MAVent» при динамических нагрузках высокой интенсивности, соответствующих сейсмическим воздействиям 7-9 баллов по шкале MSK-64;

— выявлены наиболее уязвимые, с точки зрения сейсмостойкости, элементы НВФС «MAVent» и узлы их соединений;

— оценено влияние различных факторов на сейсмостойкость системы в целом и ее отдельных элементов;

— оценены динамические характеристики НВФС «MAVent» и признаки их повреждений (деформаций).

Максимальные смещения (перекосы) несущей системы по результатам экспериментов составили 2,7 см. При таких перемещениях и максимальных ускорениях фрагмент НВФС «MAVent» с кляммерами в горизонтальных швах (базовые технические решения) получил повреждения различной степени (в зависимости от типа фрагмента).

После установки дополнительных кляммеров в вертикальных швах, препятствующих взаимным горизонтальным

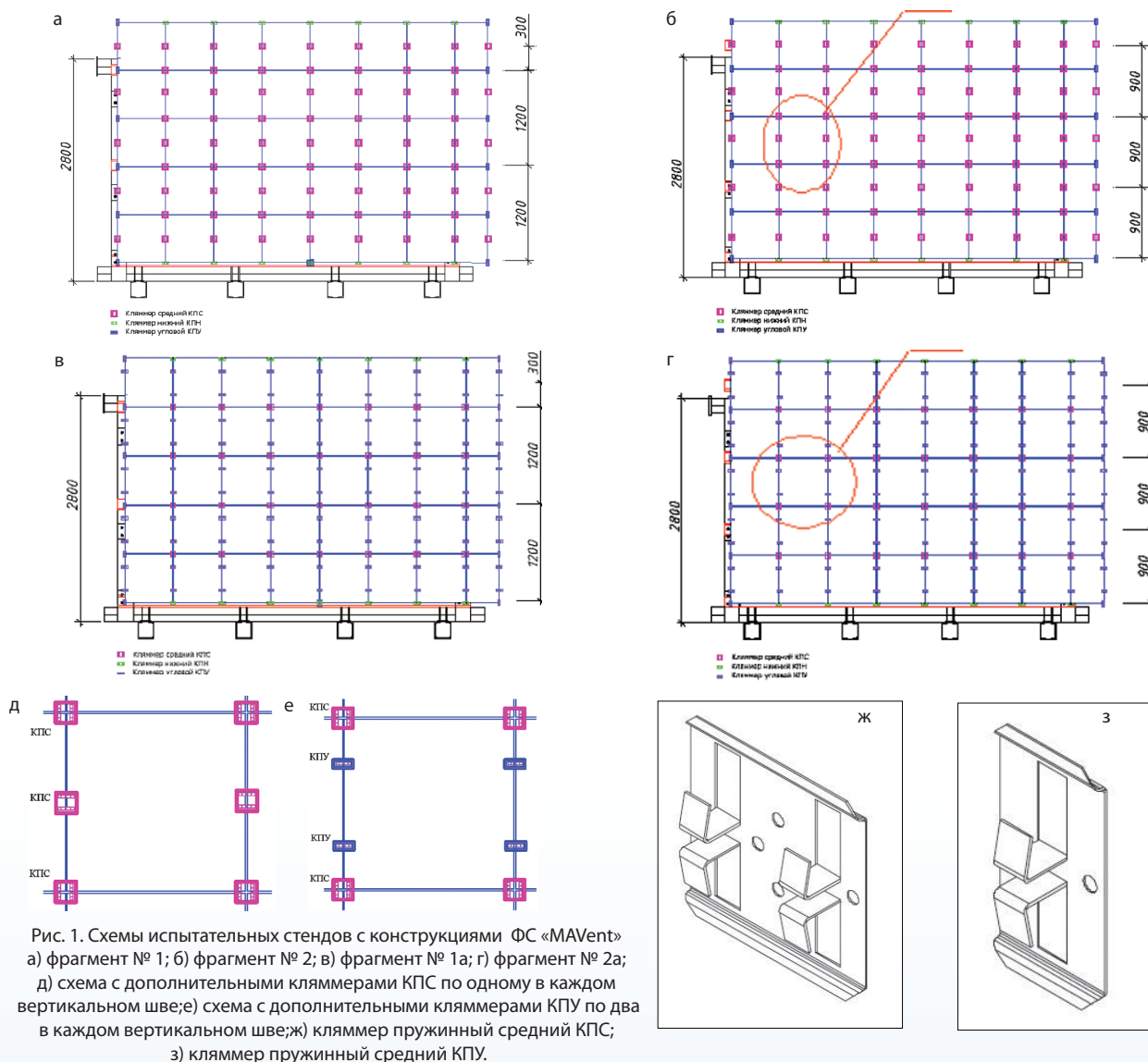


Рис. 1. Схемы испытательных стендов с конструкциями ФС «MAVent» а) фрагмент № 1; б) фрагмент № 2; в) фрагмент № 1а; г) фрагмент № 2а; д) схема с дополнительными кляммерами КПС по одному в каждом вертикальном шве; е) схема с дополнительными кляммерами КПУ по два в каждом вертикальном шве; ж) кляммер пружинный средний КПС; з) кляммер пружинный средний КПУ.

смещениям облицовочных плит (4-й тип фрагмента), повреждения НВФС «MAVent» не были выявлены.

Отметим наиболее важные **выводы**, полученные в результате эксперимента.

1. Конструктивные элементы НВФС «MAVent» типа К-500, а также отдельные фрагменты обеспечили восприятие расчетных сейсмических нагрузок, отвечающих расчетной сейсмической нагрузки от 7 до 9 баллов, включительно.

2. Основными особенностями НВФС «MAVent», выявленными в ходе динамических испытаний являются:

- нерегулярный неравномерный характер развития деформаций, как по горизонтали, так и по высоте фрагментов;
- наличие относительных горизонтальных перемещений элементов фасадной системы, снижение которых достигается путем установки дополнительных кляммеров в вертикальных швах.

3. Узлы примыкания фрагментов НВФС «MAVent» во взаимно перпендикулярных направлениях (углы здания) и их свободные концы (базовые технические решения по устройству проемов) определены как наиболее «уязвимые» с точки зрения восприятия динамических нагрузок.

4. Введение дополнительных креплений (кляммеров)

позволяет ограничить взаимные смещения фасадных плиток, предотвращая тем самым их выпадение при сейсмических нагрузках. Однако характер работы конструкции «несущая система — НВФС «MAVent» принципиально не меняется.

5. Выполненный комплексный анализ показал, что на сейсмостойкость НВФС наибольшее влияние оказывают следующие факторы:

- принципы соединений НВФС «MAVent» с основным каркасом здания (к несущим и/или несущим конструкциям);
- технические решения подконструкций НВФС «MAVent», обеспечивающие пространственный характер ее работы. В их числе:
  - а) шаг расположения направляющих для крепления облицовочных плит к направляющим (рекомендовано принимать не более 600 мм);
  - б) жесткость кронштейнов для крепления НВФС «MAVent» к зданиям (сооружениям) в горизонтальном, так и в вертикальном направлении (вдоль плоскости стены);
  - в) крепление облицовочных плит с подконструкцией НВФС «MAVent» (возможные взаимные относительные смещения должны быть минимизированы).

Определенное влияние на состояние облицовочного покрытия НВФС «MAVent» оказывают характер действующих вибродинамических нагрузок (повторяемость, режим нагружения).

Следует иметь в виду, что особенности относительного поведения НВФС «MAVent» при динамическом нагружении выявлены по результатам испытаний одноэтажного фрагмента. Поэтому перенос полученных результатов на оценку поведения многоэтажных структур следует производить с учетом понимания необходимости дополнительных исследований на натуральных объектах и особенностей проектирования конкретного здания.

#### Заключение

1. По результатам проведенных динамических испытаний подтверждена принципиальная возможность устройства НВФС «MAVent» на зданиях, запроектированных с учетом требований СНиП II-7-81\* «Строительство в сейсмических районах» [2] на площадках сейсмичностью до 9 баллов, включительно.

Однако, по мнению авторов настоящей статьи, применение НВФС всех типов до проведения дополнительных исследований, следует ограничить:

— для каркасных зданий — на объектах высотой не более 30, 23 и 17 м или этажностью 9, 7 и 5 для районов сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов, соответственно;

- в монолитных зданиях на площадках сейсмичностью 8 и 9 баллов - высотой не более 9 этажей.

2. Возможность значительных горизонтальных смещений и, как следствие, обрушений керамогранитных облицовочных плит НВФС «MAVent» при сильных землетрясениях следует ограничивать установкой дополнительных кляммеров по высоте каждой плиты (в середине или сверху (внизу)).

3. Необходимо предусматривать комплекс конструктивных мероприятий, обеспечивающих совместность работы системы «стена – НВФС» (например, разбивка облицовочной поверхности на фрагменты, устройство специальных связей креплений подконструкции фасадной системы со стенами здания, откосов и пр.).

Это позволит, кроме всего прочего, увеличить горизонтальную (вдоль стен) жесткость системы для восприятия взаимных горизонтальных смещений и обеспечит «скоординированность» взаимных колебаний НВФС «MAVent» с основанием ее крепления.

4. При проектировании НВФС для устройства фасадов каркасных зданий целесообразно соблюдать правила, предложенные специалистами КазНИИСА на VII Российской национальной конференции по сейсмостойкому строительству и сейсмическому районированию (г.Сочи, 2007 г.).

В случае, если горизонтальные перекосы этажей здания при расчетных сейсмических нагрузках составляют не

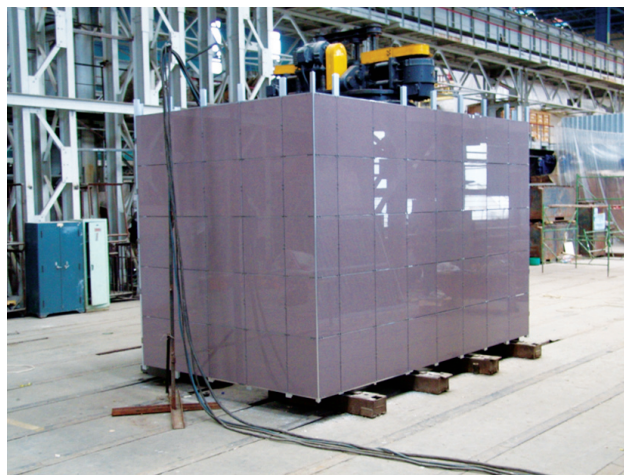


Рис.2. Общий вид испытательного стенда с конструкциями ФС «MAVent»

более  $1/400$  от высоты этажа ( $h_{эт}$ , подоблицовочные конструкции (вертикальные алюминиевые профили) НВФС допускается крепить как к несущим стенам, так и к каркасу здания. Связи между несущими и несущими конструкциями должны выполняться гибкими.

В противном случае, крепление НВФС допускается только к несущим конструкциям каркаса, для чего необходимо предусматривать устройство специальных горизонтальных стальных балок или фахверковых каркасов, связанных с основными несущими конструкциями.

5. Применение НВФС «MAVent» в условиях, отличных от указанных в п.1, должно осуществляться на основании специальных технических условий (СТУ), разрабатываемых при участии организации-производителя, с обязательным привлечением специализированных научно-исследовательских организаций в области сейсмостойкого строительства.

Для оценки фактического поведения НВФС при сейсмических воздействиях запланировано провести дополнительную расчетно-экспериментальную оценку совместной работы «фасад-здание» в процессе возведения многоэтажных и высотных зданиях.

#### Литература

1. *Протокол по результатам совместного технического совещания представителей организаций-производителей фасадных систем и специализированных научно-исследовательских организаций. // Материалы VII Российской национальной конференции по сейсмостойкому строительству и сейсмическому районированию (г.Сочи, 30 августа 2007 года). // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений, № 6, 2007.*
2. *СНиП II-7-81\*. Строительство в сейсмических районах. – М.: 2004.*

Материалы хранятся по адресу:  
109428, Москва, ул.2-я Институтская, 6,  
тел.: (495) 170-06-93, e-mail: akbiev@bk.ru