

УДК 69.022.326

Пути повышения сейсмостойкости вентилируемых фасадных систем

Валентина Матвеевна ТУСНИНА, кандидат технических наук, профессор, e-mail: valmalaz@mail.ru

Алексей Андреевич ЕМЕЛЬЯНОВ, аспирант, e-mail: snegiri_emelianov@mail.ru

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет», 129337 Москва, Ярославское ш., 26

Аркадий Вульфович ГРАНОВСКИЙ, кандидат технических наук, зав. лабораторией, e-mail: 1747787@list.ru

ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко ОАО «НИЦ «Строительство», 109428 Москва, 2-я Институтская ул., 6

Аннотация. Проведены экспериментальные исследования нового конструктивного решения навесного вентилируемого фасада с облицовкой керамогранитными плитами на действующие динамические нагрузки, моделирующих сейсмические воздействия в широком диапазоне частот. Эксперимент выполняли на двухкомпонентной виброплатформе маятникового типа. По результатам изменения частоты и амплитуды колебаний виброплатформы оценивали динамические характеристики (частоты основного тона колебаний, диссипативные свойства), а также значения ускорений элементов модели и самой платформы. По данным испытаний для конкретных уровней нагружения определены амплитудно-частотные характеристики разработанной системы, представляющие зависимость амплитуд колебаний сооружения от частоты гармонического воздействия. Кроме того, построены зависимости изменения ускорений в различных точках системы во времени. По данным экспериментальных исследований надежность фасадной системы в целом и ее элементов не была нарушена. В результате анализа динамических испытаний установлено, что предложенное конструктивное решение навесной фасадной системы может быть рекомендовано для применения в районах с сейсмичностью 7–9 баллов по шкале MSK-64.

Ключевые слова: навесная фасадная система, облицовка из керамогранитных плит, динамические нагрузки, виброплатформа, ускорение, балльность, кляммер.

WAYS OF IMPROVING THE SEISMIC STABILITY OF MODERN VENTILATED FACADE SYSTEMS

Valentina M. TUSNINA, e-mail: valmalaz@mail.ru, **Alexey A. EMELIANOV**, e-mail: snegiri_emelianov@mail.ru,

Moscow State University of Civil Engineering, Yaroslavskoye shosse, 26, Moscow 129337, Russian Federation

Arkady V. GRANOVSKY, e-mail: 1747787@list.ru, TSNIISK named after V. A. Koucherenko,

OJSC SRC «Stroitelstvo», 2-ya Institutskaya ul., 6, Moscow 109428, Russian Federation

Abstract. Experimental studies of a new constructive solution of a suspended ventilated facade with cladding of ceramic granite slabs on the action of dynamic loads, simulating seismic effects in a wide range of frequencies, were conducted. The experiment was conducted on the two-component vibroplatform of pendulum type. According to the results of changing the frequency and amplitude of oscillations of the vibroplatform, the dynamic characteristics (frequencies of the fundamental mode of oscillations, dissipative properties), as well as the values of accelerations of model elements and the platform itself were assessed. According to the data of tests for specific load levels, the amplitude-frequency characteristics of the developed system, representing the dependence of oscillation amplitudes of the structure on the frequency of harmonic impact, were determined. In addition, dependences of the change in accelerations at different points of the system over time were built. According to experimental studies data, the reliability of the facade system as a whole and its elements has not been violated. The analysis of dynamic tests determined that the proposed design solution of the suspended facade system can be recommended for use in regions with seismicity of 7–9 points on the MSK-64 scale.

Key words: suspended facade system, ceramic-granite plate cladding, dynamic loadings, a vibro-platform, acceleration, seismic magnitude, cleat.

По данным Федерального центра технической оценки продукции в строительстве, по состоянию на 2010 г. в России более 50 фирм имеют технические свидетельства на фасадные системы с воздушным зазором (далее – ФСВЗ). Как отмечено в работе [1], проблема безопасности данных систем связана с такими факторами, как надежное проектное конструктивное решение ФСВЗ, обеспечение качественного

крепления к стенам зданий и сооружений и безопасных условий работы ФСВЗ в процессе эксплуатации объекта.

При этом если вопросы обеспечения надежности крепления ФСВЗ к стенам зданий и сооружений благодаря зарубежным [2] и отечественным [3] исследованиям в какой-то мере удалось формализовать путем разработки отдельных нормативных документов [4], то установить четкие

оптимальные критерии безопасности при проектировании и расчете ФСВЗ (в том числе для сейсмоопасных регионов) не удастся из-за отсутствия соответствующей нормативной базы.

В этой связи эксперимент является одним из определяющих критериев надежности любой проектируемой системы, в том числе и ФСВЗ. Эксперимент позволяет не только смоделировать любой вид нагрузки

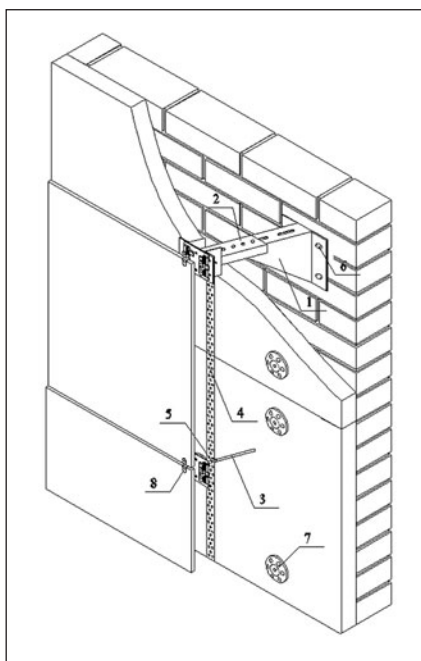


Рис. 1. Узлы крепления ФСВЗ к стенам зданий

на систему и определить предельную несущую способность конструкции, но и рассмотреть поведение системы при различных конструктивных несовершенствах ее элементов. Особенно важен эксперимент для анализа работы фасадных систем для зданий, возводимых в сейсмоопасных регионах.

В Московском государственном строительном университете было разработано конструктивное решение ФСВЗ [5]. Отличительные особенности предложенной фасадной системы, по сравнению с существующими аналогами, – узловое крепление облицовки и отсутствие направляющих в несущей конструкции. Роль направляющих выполняет перфолента, которую натягивают вертикально между кронштейнами, передавая нагрузку от веса облицовки с ветровых кронштейнов на несущие (рис. 1).

Конструктивно ФСВЗ решена следующим образом. По высоте здания монтируют несущие кронштейны 1 с шагом 3 м. Длину шага рассчитывают в зависимости от размера облицовочных плит. Величину выноса (консоли) несущего кронштейна регулируют с помощью специальных удлинителей 2. Между несущими кронштейнами 1 и анкерными шпильками 3 ус-



Рис. 2. Общий вид виброплатформы с установленным на ней стендом

танавливают вертикальные перфоленты 4, образующие жесткий контур из шпилек и кронштейнов. Для крепления перфоленты к шпильке используют шайбу с самоконтрящейся гайкой 5. Кронштейны и плиты утеплителя крепят к основанию с помощью специальных анкеров 6, 7. Облицовочные плиты (керамогранитные) соединяют с кронштейнами и анкерными резьбовыми шпильками с помощью кляммеров 8.

Для оценки поведения ФСВЗ под действием внешних нагрузок, моделирующих сейсмические воздействия на сооружение при землетрясении, были проведены испытания фасадной системы на двухкомпонентной виброплатформе маятникового типа, разработанной в ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко. Экспериментальную партию элементов ФСВЗ изготовляли из оцинкованной стали. Маятниковую платформу подвешивали на гибких силовых связях к опорной силовой раме, которую жестко заземляли в силовой пол лабораторного корпуса. Активацию платформы выполняли с помощью вибромашины ВИД-12М, установленной на консоли маятниковой платформы. Такая конструкция позволяет обеспечить необходимые параметры ди-

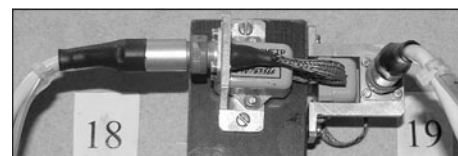


Рис. 3. Акселерометр АТ 1105 – 10м

намических воздействий на исследуемые образцы в широком диапазоне частот и инерционных нагрузок путем возбуждения механических колебаний платформы в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Для испытаний фасадной системы сконструировали специальный стенд из двух стальных рам, связанных между собой металлическими швеллерами для обеспечения общей жесткости конструкции. Для испытаний параметры стенда назначали исходя из результатов расчета, а также конструктивных особенностей опытных образцов. Размер стенда – 2×3,2×4,5 м с шагом профилей 0,6 м по высоте стенда для крепления кронштейнов. Общий вид виброплатформы со стендом, к которому прикрепляли элементы фасадной системы, показан на рис. 2. Для измерения ускорений и частот колебаний, а также динамических перемещений элементов фасадной системы применяли однокомпонентные дат-

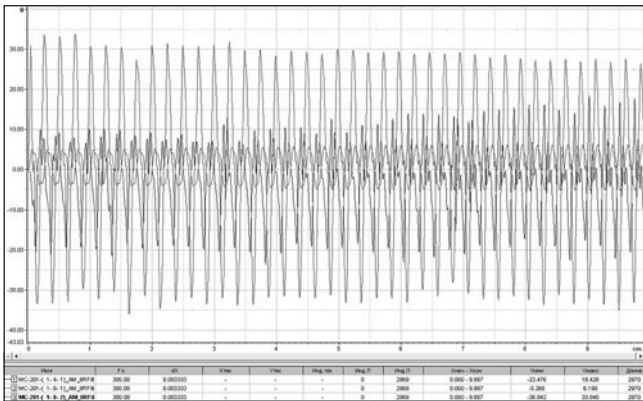


Рис. 4. Акселерограммы при 11-м режиме нагружения ($f = 4,1$ Гц, $A = 7,1$ мм)

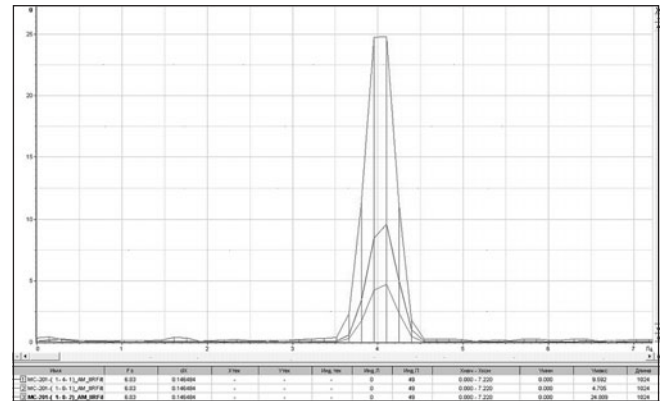


Рис. 5. Спектр пиковых значений ускорений при 11-м режиме нагружения

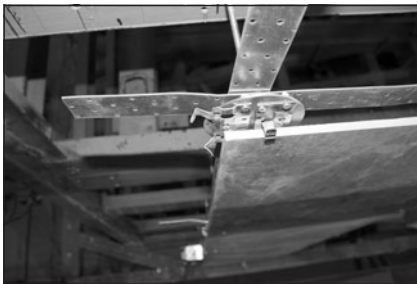


Рис. 6. Деформации кляммера на резьбовой шпильке (разрушение системы)

чики — акселерометры АТ 1105 — 10 м (рис. 3). Сигналы датчиков регистрировали при помощи специализированного измерительно-вычислительного комплекса МИС-036, предназначенного для сбора, преобразования и обработки информации.

По данным вибрационных испытаний для конкретных уровней нагружения были определены амплитудно-частотные характеристики испытываемого фрагмента, представляющие собой зависимость амплитуд колебаний сооружения от частоты гармонического воздействия. Кроме того, после обработки записей на ЭВМ с использованием специально-

го программного комплекса «WinПОС» были построены зависимости изменения ускорений (рис. 4, 5) в различных точках модели во времени. По данным изменения частоты и амплитуды колебаний виброплатформы оценивали динамические характеристики (частоты основного тона колебаний, диссипативные свойства и пр.), а также значения ускорений элементов модели и самой платформы.

Анализ результатов натурных динамических испытаний фасадной системы позволяет отметить следующее. В процессе испытаний (по данным акселерометров) ускорение виброплатформы изменялось в интервале от 0,4 до 5,05 м/с², частоты колебания — от 1,6 до 7,8 Гц, амплитуды колебаний — от 0,6 до 11,7 мм. При этом ускорение в разных точках фасадных систем, в том числе непосредственно на панели, менялось в интервале от 0,01 до 30,82 м/с² (см. рис. 4). При динамическом воздействии с частотой 4,1 Гц и амплитуде $A = 7,1$ мм был зафиксирован резонанс системы. При этом надежность фасадной системы в целом и ее элементов не была нарушена. Повреждений и разрушения конструк-

тивных элементов навесных вентилируемых фасадов не обнаружено.

Для определения наиболее «слабых» участков фасадной системы с точки зрения прочности и деформативности на последнем этапе нагружения повторно смоделировали режим испытаний с длительностью воздействия ≈ 100 с. В результате было установлено, что наиболее слабое место системы — кляммер. При резонансе имели место значительные деформации «пальцев» кляммера и, как следствие этого, разрушение системы (рис. 6).

Вывод

По данным испытаний, для конкретных уровней нагружения были определены амплитудно-частотные характеристики разработанной системы. Кроме того, построены зависимости изменения ускорений в различных точках системы во времени. В результате динамических испытаний установлено, что предложенное конструктивное решение навесной фасадной системы может быть рекомендовано для применения в районах с сейсмичностью 7–9 баллов по шкале MSK-64.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мамедов Т. И., Лаковский Д. М. Актуальные вопросы безопасности применения навесных фасадных систем с воздушным зазором для зданий различного назначения. URL: <http://www.know-house.ru/dsp/d13/d13.php> (дата обращения 11.11.2011).
2. ETAG 001. Guideline for European Technical Approval of Metal Anchors for Use. in Concrete [перевод на русский язык]. Brussels, 1997. Число страниц.
3. Киселев Д. А. Прочность и деформативность анкерного крепежа при действии статической и динамической нагрузок : дис. ... канд. техн. наук. М., 2010. 101 с.
4. СТО 44416204-010-2010. Крепления анкерные. Метод определения несущей способности по результатам натурных испытаний. М., 2011. 30 с.
5. Емельянов А. А., Туснина В. М. Разработка конструктивного решения фасадной системы из керамогранита //

- Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 12. С. 87–88.
6. Протасевич А. М., Крутилин А. Б. Натурные исследования наружных стен зданий, теплоизоляционных по системе «вентилируемый фасад» // Современные фасадные системы: эффективность и долговечность : материалы науч.-техн. конф. (Москва, 21 ноября 2008 г.). М. : МГСУ, 2008. С. 212–217.
 7. Езерский В. А., Монастырев П. В. Влияние вентилируемого фасада на теплозащитные качества утеплителя // Жилищное строительство. 2003. № 3. С. 18–20.
 8. Немова Д. В. Навесные вентилируемые фасады: обзор основных проблем // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 5. С. 7–11.

R E F E R E N C E S

1. Mamedov T. I., Lakovsky D. M. Topical issues of safety of use of hinged front systems with an air gap for buildings of different function. URL: <http://www.know-house.ru/dsp/d13/d13.php> (дата обращения ???.!?!?!). (In Russian).
2. ETAG 001. Guideline for European Technical Approval of Metal Anchors for Use in Concrete. Brussels, 1997.
3. Kiselyov D. A. *Prochnost' i deformativnost' ankernogo krepzha pri deystvii staticheskoy i dinamicheskoy nagruzok* [Durability and a deformativnost of anchor fixture at action of static and dynamic loadings]. Diss. cand. tech. sci. Moscow, 2010. 101 p. (In Russian).
4. STO 44416204-010-2010. *Krepleniya ankernye. Metod opredeleniya nesushchey sposobnosti po rezul'tatam naturnykh ispytaniy* [Fastening anchor. Method of determination of bearing ability by results of natural tests]. Moscow, 2011. 101 p. (In Russian).
5. Emelyanov A. A. Tushnina V. M. Development of Structural Conception of a Ceramic Granite Facade System. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2013, no. 12, pp. 87–88. (In Russian).
6. Protasevich A. M., Krutilin A. B. *Naturnye issledovaniya naruzhnykh sten zdaniy, teploizolyatsionnykh po sisteme «ventiliruemyy fasad»* [Full-scale study of external walls of buildings, thermal insulation system "ventilated facade"]. *Sovremennyye fasadnye sistemy: effektivnost' i dolgovechnost'* [Modern facade systems: efficiency and durability] : materials of the scientific-technical conference. (Moscow, November 21, 2008). Moscow, MGSU Publ., 2008, pp. 212–217. (In Russian).
7. Ezersky V. A., Monastirev P. V. The Impact of ventilated facade on heat-quality insulation. *Zhilishchnoe stroitel'stvo*, 2003, no. 3, pp. 18–20. (In Russian).
8. Nemova D. V. Ventilated facades: overview of the main problems. *Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal*, 2010, no. 5, pp. 7–11. (In Russian).

Для цитирования: Туснина В. М., Емельянов А. А., Грановский А. В. Пути повышения сейсмостойкости вентилируемых фасадных систем // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 11. С. ??–??.

For citation: TUSHNINA V. M., EMEL'YANOV A. A., GRANOVSKY A. V. Ways of Improving the Seismic Stability of Modern Ventilated Facade Systems. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2014, no. 11, pp. ?? (In Russian). ■