

УДК 69.022.326

Исследование сейсмостойкости навесной фасадной системы с облицовкой кассетами из композитного материала

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

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

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

Аннотация. Предложено новое конструктивное решение несущей подконструкции навесной вентилируемой фасадной системы с использованием облицовки в виде кассет из композитного материала. Отмечены преимущества данной фасадной системы по сравнению с существующими конструктивными решениями. Такое конструктивное решение навесной фасадной системы под облицовку кассетами из композитного материала имеет улучшенные эксплуатационные характеристики по сравнению с другими системами. Приведены результаты динамических испытаний разработанной системы на двухкомпонентной виброплатформе, моделирующей сейсмические воздействия при землетрясении как в горизонтальной, так и вертикальной плоскостях. По данным вибрационных испытаний для конкретных 30 уровней динамических нагрузений системы были определены амплитудно-частотные характеристики испытываемой модели. Этапы нагружений опытного образца выбирали с учетом возможности оценки поведения конструкции во всем диапазоне динамических нагрузок, соответствующих сейсмическим воздействиям при 7–9 баллах по шкале MSK-64.

Ключевые слова: навесная фасадная система, облицовка из композитных плит, динамические нагрузки, сейсмическое воздействие, виброплатформа, ускорение.

THE STUDY OF SEISMIC STABILITY OF HINGED FASADE SYSTEM WITH THE FACING WITH THE CASSETTES OF COMPOSITE MATERIAL

Valentina M. TUSNINA, e-mail: valmalaz@mail.ru, **Denis A. EMELYANOV**, e-mail: snegiri_emelianov@mail.ru, Moscow State University of Civil Engineering

Abstract. The proposed new constructive decision supporting substructure ventilated facade systems with the use of cladding in the form of cassettes of composite material. The marked advantages of the proposed facade systems in comparison with the existing design solutions. The proposed design solution of hinged facade system under the facing with the cassettes of composite material has better performance compared to existing systems. The results of dynamic tests of the developed system on two-component of the shake-table, modeling of seismic impact of the earthquake in both the horizontal and vertical planes. According to vibration testing for a specific 30 levels of dynamic loading system were identified amplitude-frequency characteristics of the tested model. Stages of loading test sample was chosen with the possibility to assess the behaviour of structures in the whole range of dynamic loads corresponding seismic activity at 7 to 9 points on the MSK-64 scale.

Key words: hinged facade system, the lining of composite boards, dynamic loads, vibration platform, acceleration, belnote, cassette.

В настоящее время навесные вентилируемые фасады (НВФ) получили широкое распространение в России. За последние 10 лет в нашей стране создано большое количество фасадных систем, отличающихся одна от другой конструктивными решениями несущей подконструкции и видами облицовочного материала. Один из наиболее популярных видов облицовки — кассеты из композитного материала, с помощью которых можно создавать выразительный архитектурный облик фасада в стиле хай-тек (high tech).

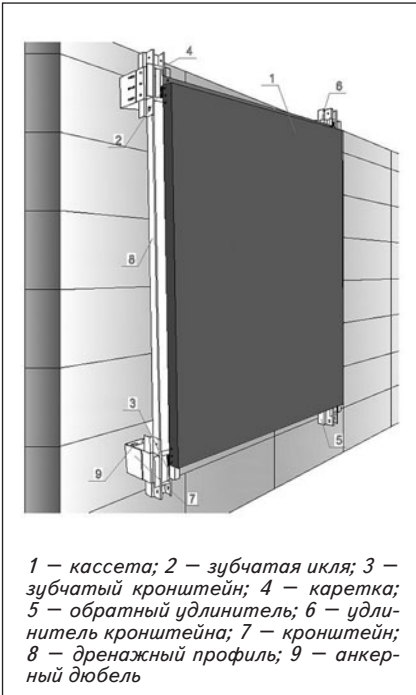
В соответствии с законом «О техническом регулировании» любая разрабатываемая для серийного производства продукция должна

быть подвергнута обязательной оценке и подтверждению на соответствие требованиям безопасности. Большое количество конструктивных вариантов НВФ при отсутствии нормативной базы по проектированию несущих конструкций фасадных систем ставит перед проектировщиками задачи, решить которые можно только на основе проведения экспериментальных исследований. Особенно это актуально для НВФ зданий, возводимых в сейсмоопасных регионах РФ.

Испытания фасадных систем с применением динамического нагружения на специальных стендах и виброплатформах позволяют установить ее динамические показатели,

физико-механические и эксплуатационные характеристики. На основе этих данных определяют области использования исследуемой системы с учетом всех требований, предъявляемых к возводимым в сейсмических районах конструкциям.

В Московском государственном строительном университете разработана навесная фасадная система с зубчатым узловым креплением облицовки в виде кассет из композитного материала (рис. 1). Подробное описание конструктивного решения этой навесной фасадной системы изложено в статьях [1, 2]. Технический результат заявленного конструктивного решения — повышение на-



1 – кассета; 2 – зубчатая икля; 3 – зубчатый кронштейн; 4 – каретка; 5 – обратный удлинитель; 6 – удлинитель кронштейна; 7 – кронштейн; 8 – дренажный профиль; 9 – анкерный дюбель

Рис. 1. Фрагмент фасадной системы

дежности конструкции благодаря увеличению ее жесткости и упрощение монтажа системы за счет снижения ее веса. Все это достигается предложенным конструктивным решением зубчатого узлового крепления кассет к несущим элементам НВФ.

Несущий каркас состоит из кронштейнов, удлинителей кронштейнов, обратных частей удлинителей, соединяемых между собой заклепками, и дренажных профилей. Систему прикрепляют к стене анкерными дюбелями. Все элементы несущего каркаса изготавливают из алюминиевого сплава АМгб. Облицовку оконного проема выполняют с помощью обрамления из оцинкованной стали, примыкающего к раме окна. Боковые и нижний загибы облицовочной кассеты направлены внутрь панели, а верхний загиб ступенчатый. Кассеты крепят к несущему каркасу зубчатыми иклями через зубчатые кронштейны, расположенные в каретке, которая крепится к обратной части удлинителя с помощью саморезов. Облицовочная кассета дополнительно крепится к обратной части удлинителя с помощью заклепок через вертикальную часть ступенчатого верхнего загиба.



Рис. 2. Виброплатформа с установленным на ней стендом

Конструкция каркаса НВФ, усиленная дренажными профилями, соединяющими узловые точки крепления облицовки, обеспечивает пространственную работу всей системы в целом, и исключает деформацию как фасадной поверхности облицовочных панелей, так и угловых ее зон при действии на них произвольных нагрузок. Такая конструкция позволяет монтировать панели по вертикали и горизонтали. Угловую часть панели соединяют с несущими элементами подсистемы через жесткое крепление зубчатой икли в кронштейне каретки, обеспечивая жесткость системы в целом под действием ветровой и других нагрузок. Кроме того, узловое зубчатое соединение облицовки обеспечивает ее жесткую связь с каркасом и плотное крепление, исключающее возникновение громохвоя и шума.

Предложенное техническое решение подконструкции навесной фасадной системы не имеет вертикальных направляющих, что значительно снижает ее массу. Ветровая нагрузка от фасадных панелей передается непосредственно на кронштейн в узловой точке. Дренажные профили работают только на растяжение и из-за малых размеров не оказывают существенного влияния на общую массу системы. Зубчатое узловое крепление облицовочных панелей и дополнительное соединение заклепками через верхние ступенчатые загибы позволяет в случае отклонения от проекта изменить геометрические размеры панелей. Это обеспечивается благодаря возможности крепления обратной части удлинителя к удлинителю со смещением по вертикали и перемещения

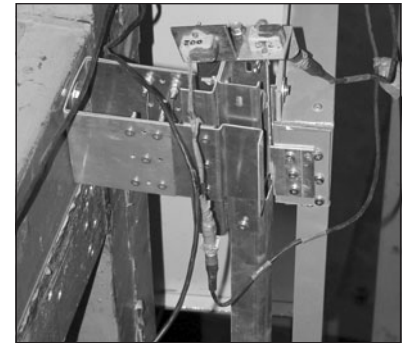


Рис. 3. Узел крепления акселерометров к элементу

зубчатого кронштейна каретки в теле каретки по горизонтали. Также в процессе производства работ можно сместить зубчатую иклю в зубчатом кронштейне каретки по вертикали, расширяя тем самым технологические возможности системы при монтаже панелей. Кроме того, благодаря зубчатому креплению облицовочных панелей их монтаж можно проводить в любой последовательности. Демонтаж панелей при ремонте фасада происходит следующим образом: срезают заклепки верхнего ступенчатого загиба панели; расклинивают зубчатый кронштейн каретки с помощью специального клина; демонтируют облицовочную панель вместе с зубчатыми иклями. Закрепление панели через боковую поверхность делает незаметным место крепления и не нарушает ее целостность.

Для эффективной вентиляции в системе между утеплителем и облицовкой имеются специальные вентилируемые каналы для притока воздуха в нижних загибах панелей, изолированные от попадания влаги в случае косых дождей. Таким образом, достоинство данного конструктивного решения НВФ – возможность модернизации системы без особых затрат, отвечая новым требованиям в части изменения архитектуры сооружения и конструктивным особенностям зданий и сооружений.

Для оценки сейсмостойкости предложенной фасадной системы в МГСУ изготовили опытные образцы элементов НВФ. На фрагменте экспериментальной модели с облицовкой кассетами из композитного материала использовали кронштейны и удлинители с вылетом 100 мм, ко-

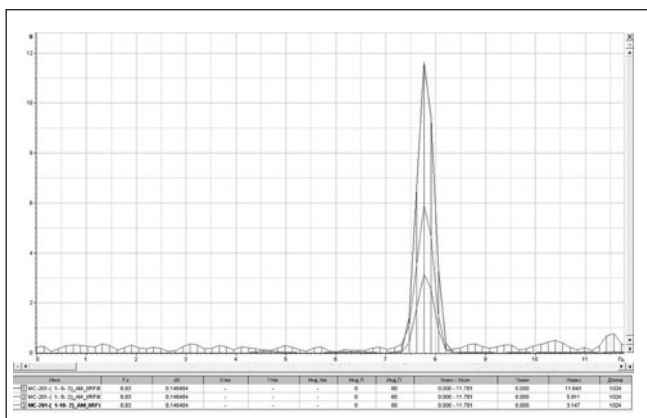


Рис. 4. Спектр пиковых значений ускорений

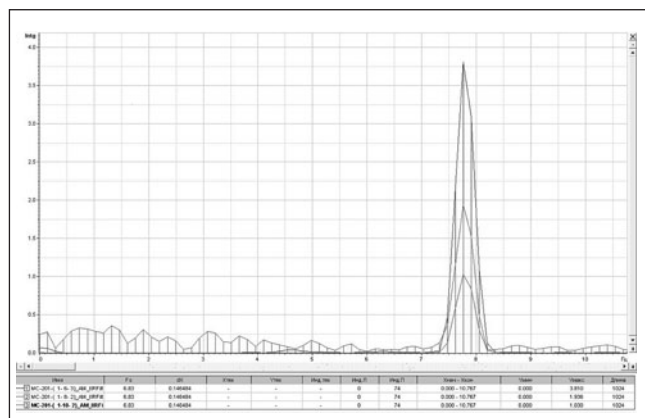


Рис. 5. Спектр пиковых значений амплитуд

торые устанавливали на стенд с шагом 1200×1200 мм. Общий вылет облицовки составил 200 мм.

После монтажа проводили динамические испытания системы на виброплатформе маятникового типа, изготовленной в ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко (рис. 2). Данная виброплатформа с размещенной на ней вибромашинной ВИД-12М обеспечивает необходимые параметры динамических воздействий на исследуемый фрагмент в широком диапазоне частот и инерционных нагрузок путем возбуждения колебаний платформы в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Обработку результатов осуществляли с помощью измерительно-вычислительного комплекса МС-036, дополнительно укомплектованного ноутбуком со специальным пакетом программ и периферийными устройствами. Ускорения, частоты колебаний и динамические перемещения системы измеряли с помощью однокомпонентных датчиков — акселерометров АТ1105-10м (рис. 3). Для контроля заданных динамических параметров и их сравнения с полученными результатами два датчика установили непосредственно на виброплатформу.

По данным вибрационных испытаний для 30 режимов нагружения определяли амплитудно-частотные характеристики фрагментов системы. После обработки результатов на ЭВМ с использованием программного комплекса WinПОС были построены зависимости изменения ускорений во времени в различных точках модели. Спектры пиковых значений ускорений и амплитуд, полученные на восьмом режиме нагружения системы по данным датчиков, установленных на виброплатформе и элементах фасадной системы, приведены на графиках рис. 4, 5.

Анализ результатов динамических испытаний фрагмента НВФ позволяет отметить следующее:

- величина ускорения виброплатформы на заданных 30 режимах динамических нагружений, по данным акселерометров, изменялась от 1,13 до 7,77 м/с², частоты колебаний системы — от 2,1 до 8,2 Гц, амплитуды колебаний системы — от 0,9 до 21,5 мм. При этом ускорение в разных точках фасадной системы менялось в интервале от 0,01 до 24,84 м/с²;
- в момент совпадения собственных частот колебаний системы с вынужденными частотами колебаний виброплатформы (при частоте 4,4 Гц

и амплитуде 1,3 мм) испытываемая конструкция вошла в резонанс;

- при резонансе эксплуатационная надежность фасадной системы не была нарушена;
- длительность динамического воздействия на систему на каждом режиме нагружения составляла 30–40 с.

Вывод

В результате экспериментальных исследований на вибростенде выявлено, что эксплуатационная надежность навесной фасадной системы не была нарушена на всех этапах динамических нагружений. После испытания дефектов и повреждений элементов системы не обнаружено. Предложенное конструктивное решение навесной фасадной системы с облицовкой панелями из композитного материала может быть рекомендовано для применения в зданиях, возводимых в сейсмоопасных регионах России с сейсмичностью 7–9 баллов по шкале MSK-64. Таким образом, благодаря особенностям конструктивного решения обеспечивается сейсмостойкость системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Емельянов Д. А. Предложение по совершенствованию несущей системы навесного вентилируемого фасада из композитного материала // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 12. С. 28–30.
2. Туснина В. М., Емельянов Д. А. Узловые соединения элементов в несущих системах навесных вентилируемых фасадов // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 9. С. 11–13.
3. Киселев Д. А. Прочность и деформативность анкерного крепежа при действии статической и динамической нагрузок : дис. ... канд. техн. наук. М., 2010. 101 с.
4. Гагарин В. Г. Основные аспекты исследования долговечности вентилируемых фасадов // Проблемы долговечности зданий и сооружений в современном строительстве : сб. докл. Междунар. конф. МКД3-07, СПб, 2007. С. 1–6.

5. Протасевич А. М., Крутилин А. Б. Натурные исследования наружных стен зданий, теплоизолированных по системе «вентилируемый фасад» // Современные фасадные системы: эффективность и долговечность : сб. докл. науч.-техн. конф. (Москва, 21 ноября 2008 г.) М. : МГСУ, 2008. С. 212–217.
6. Давыдова А. В. Алюминиевые композитные панели и их свойства // СтройПРОФИЛЬ. 2006. № 1. С. 58–59.
7. Протасевич А. М., Крутилин А. Б. Классификация вентилируемых фасадных систем. Влияние теплопроводных включений на их теплозащитные характеристики // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 8. С. 57–62.

R E F E R E N C E S

1. Emelyanov D. A. Suggestion for improvement of bearing system of a hinged ventilated facade from a composite material. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2012, no. 12, pp. 28–30. (In Russian).
2. Tushina V. M., Emelyanov D. A. Nodal connections of elements in bearing systems of hinged ventilated facades. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2013, no. 9, pp. 11–13. (In Russian).
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. kand. tekhn. nauk, Moscow, 2010. 101 p. (In Russian).
4. Gagarin V. G. Osnovnye aspekty issledovaniya dolgovechnosti ventiliruemyykh fasadov [Basic aspects of research of durability of ventilated facades]. *Problemy dolgovechnosti zdaniy i sooruzheniy v sovremennom stroitel'stve* [The problems of durability of buildings and constructions in modern construction] : sb. dokl. Mezhdunar. konf. MKDZ-07. Sankt Petersburg, 2007, pp. 1–6. (In Russian).
5. Protasevich A. M., Krutilin A. B. Naturnye issledovaniya nuzhnykh 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, 2008, pp. 212–217. (In Russian).
6. Davydova A. V. Aluminum composite panels and their properties. *Stroyprofil*, 2006, no. 1, pp. 58–59. (In Russian).
7. Protasevich A. M., Krutilin A. B. Classification of ventilated facade systems. The influence of heat-conducting inclusions on their heat-shielding characteristics. *Magazine of Civil Engineering*, 2011, no. 8, pp. 57–62. (In Russian).

Для цитирования: Туснина В. М., Емельянов Д. А. Исследование сейсмостойкости навесной фасадной системы с облицовкой кассетами из композитного материала // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 7. С. ??–??.

For citation: TUSHINA V. M., EMELIANOV D. A. THE STUDY OF SEISMIC STABILITY OF HINGED FASADE SYSTEM WITH THE FACNNG WITH THE CASSETTES OF COMPOSITE MATERIAL. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2014, no. 7, pp. ??–??. (In Russian). ■