

УДК 69.022.326

## Экспериментальное исследование узлов крепления отделочных кассет для систем навесных вентилируемых фасадов

**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.** Приведены результаты экспериментального исследования зубчатого соединения системы навесного вентилируемого фасада. Сделаны выводы о прочностных характеристиках данного узлового соединения. Разработанная конструкция по сравнению с существующими системами имеет меньшую трудоемкость монтажа, высокую сейсмостойкость и обеспечивает эффективную вентиляцию воздушной прослойки благодаря особенностям конструктивного решения. Для определения границ области использования системы в зависимости от ветровой нагрузки выполнены испытания зубчатого соединения конструкции на отрыв с имитацией ветровой нагрузки. Испытания показали, что минимальная разрушающая нагрузка на соединение составила 2663,8 Н, а напряжения растяжения – 3,73 кПа. На основании расчетов установлена максимально возможная нагрузка на узловое соединение для рядовой и угловой зон фасада. Анализ результатов расчета и эксперимента позволяет заключить, что разработанную систему навесного фасада можно применять в зданиях высотой до 75 м для I–VII ветровых районов России.

**Ключевые слова:** навесная фасадная система, облицовка из керамогранитных плит, кронштейн, каретка, кассета.

### EXPERIMENTAL STUDY OF KNOTS OF FASTENING OF FINISHING CARTRIDGES FOR SYSTEMS OF HINGED VENTILATED FACADEN

**Valentina M. TUSNINA**, e-mail: valmalaz@mail.ru, **Denis A. EMELIANOV**, e-mail: snegiri\_emelianov@mail.ru, Moscow State University of Civil Engineering, Yaroslavskoe shosse, 26, Moscow 129337, Russian Federation

**Abstract.** A pilot study of the gear pair of systems of hinged ventilated facades. Conclusions are made about the strength characteristics of this nodal connections. The design is developed in comparison with the existing systems, has less complexity of installation, high seismic resistance and provides effective ventilation air spaces due to the special design solutions. To define the boundaries of the possible use of the system depending on wind load experimental study of the gear pair of elaborate design. The connection was tested for lead. Was simulated wind load. Tests have shown that the minimum breaking load on the connection was 2663,8 H and voltage tension – 3,73 kPa. The settlement was determined the estimated maximum possible load on the host connection for the various zones of the facade. The building was divided into ordinary and angular zone, depending on wind load. The analysis of calculated results and experiment, one can conclude that the developed system of a hinged facade can be used in buildings up to 75 m for I – VII wind areas of Russia.

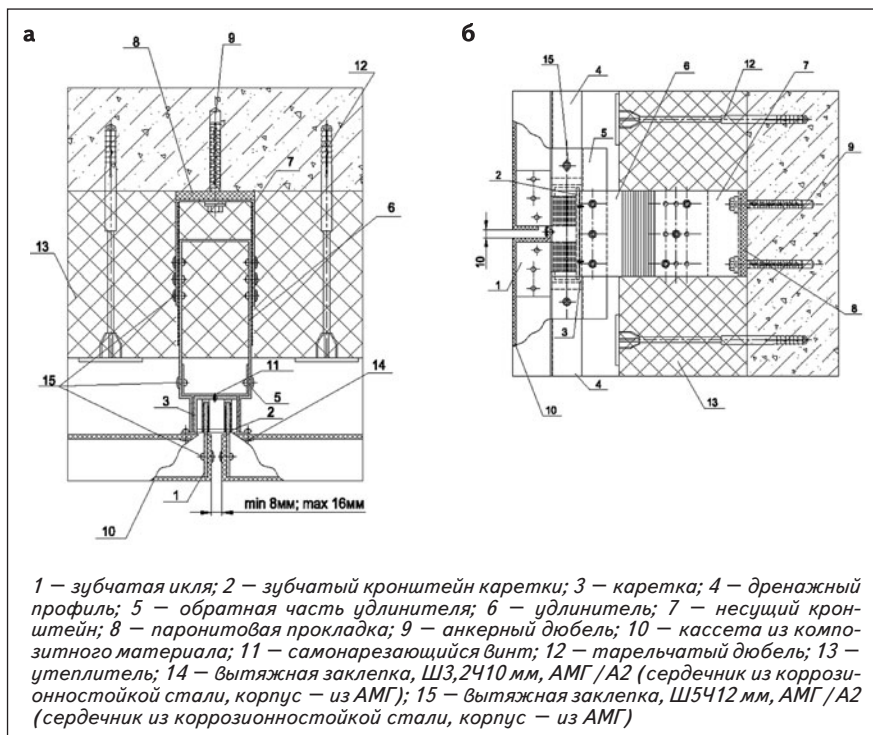
**Key words:** hinged front system, facing from the keramogranitnykh of plates, bracket, carriage, cassette.

Сегодня навесные вентилируемые фасады широко применяются при строительстве и реконструкции зданий и сооружений. Архитектурную выразительность им придают отделочные плиты разнообразных форм, типоразмеров, цветовой гаммы и материалов. Наиболее распространенными являются навесные системы с облицовкой из алюминиевых композитных панелей со скрытым (кассетным) креплением облицовки [1]. Такое конструктивное решение имеет недостатки, связанные с сейсмостойкостью, вентиляцией воздушной прослойки и трудоемкостью монтажа.

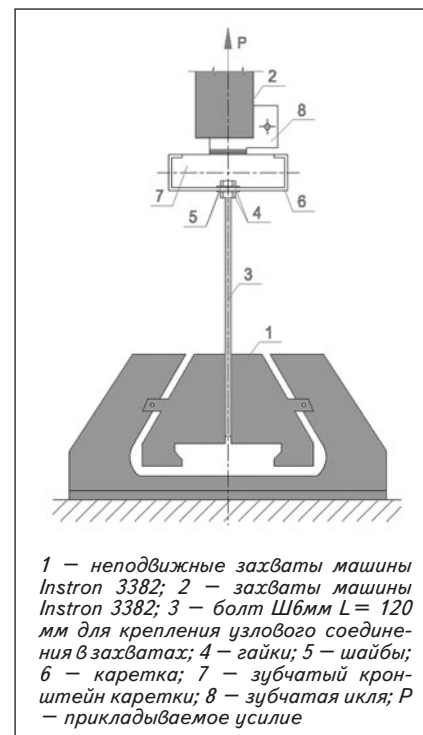
В Московском государственном строительном университете разработали новую систему навесного вентилируемого фасада для облицовки отделочными кассетами, выполненными из композитного

материала, в которой крепление кассет осуществляется с помощью зубчатых соединений. Эта конструкция (рис. 1) по сравнению с аналогичными системами обладает меньшей трудоемкостью монтажа, высокой сейсмостойкостью и обеспечивает эффективную вентиляцию воздушной прослойки благодаря особенностям конструктивного решения [1, 2].

Для определения области возможного использования системы в зависимости от ветровой нагрузки провели экспериментальное исследование зубчатого соединения конструкции. Соединение испытывали на отрыв, а также имитировали ветровую нагрузку «отсоса». Схема испытания соединения приведена на рис. 2. Конструкция узлового соединения состояла из следующих элементов: каретки,



**Рис. 1. Горизонтальный (а) и вертикальный (б) разрезы системы в уровне крепления кассет**



**Рис. 2. Схема испытания зубчатого соединения**

зубчатого кронштейна каретки и зубчатой икли, элементов крепления узлового соединения в захватах испытательной машины (болты, гайки и шайбы).

Испытание пяти образцов на отрыв проводили на испытательной машине Instron 3382, которая предназначена для измерения силы и линейных деформаций. Общий вид установки с образцом показан на рис. 3. Во время эксперимента скорость передвижения траверсы составляла 30 мм/мин. Пределы допускаемой относительной и абсолютной погрешности измерений датчика перемещений составляли соответственно  $\pm 0,05\%$  и  $\pm 0,015$  мм. Системой управляли с помощью специальной программы компании Instron для испытания материалов.

Для моделирования опасного варианта загрузки узлового соединения и создания возможных эксцентриситетов (какие могут быть при эксплуатации) зубчатую иклю в теле зубчатого кронштейна крепили со сдвигом к одной из полок зубчатого кронштейна. В этом случае одну поверхность зубчатой икли прижимали к соосной зубчатой полке кронштейна на величину технологического зазора, т. е. 0,5 мм.

Испытания показали, что минимальная разрушающая нагрузка на соединение составила 2663,8 Н, а напряжения растяжения – 3,73 кПа. Общий вид узлового соединения после испытания показан на рис. 4.

На графиках (рис. 5а) изображены три скачка деформаций при нагрузках 700, 1700 и 1850 Н, которые характеризуются смещением зубчатого кронштейна в теле каретки в результате внецентренного приложения нагрузки на соединение. Суммарное смещение на момент разрушения соеди-



**Рис. 3. Установка с образцом для испытания узлового соединения**

**Рис. 4. Общий вид узлового соединения после испытания**



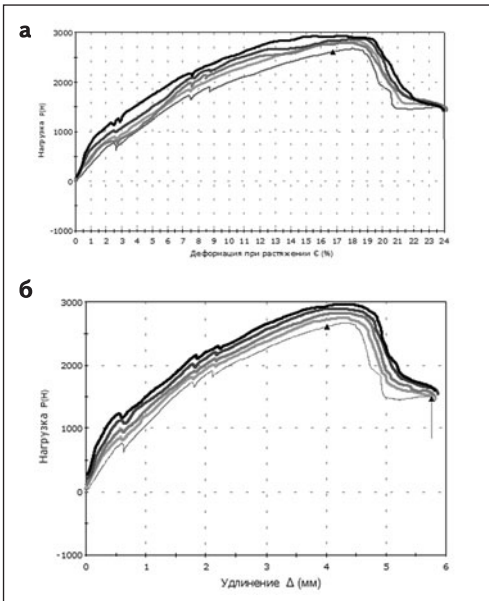
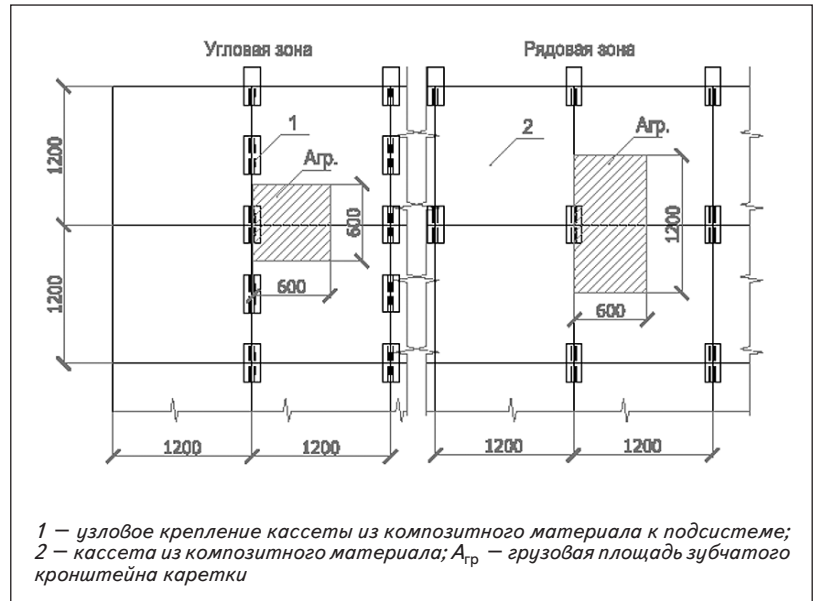


Рис. 5. Графики зависимости деформаций (а) и удлинения (б) от нагрузки



1 — узловое крепление кассеты из композитного материала к подсистеме; 2 — кассета из композитного материала;  $A_{гр}$  — грузовая площадь зубчатого кронштейна каретки

Рис. 6. Схема крепления композитных панелей в угловой и рядовой зонах

нения составило 4,3 мм (рис. 5б). Наиболее нагруженный элемент соединения (зубчатый кронштейн каретки) после эксперимента имел наибольшие деформации по сравнению с другими элементами (раскрытие полок кронштейна на 4,9 мм, смятие углов полок на 3 мм, скручивание полок, поворот зубчатого кронштейна на 3°). При этом зубья кронштейна и зубчатая икля не имели видимых деформаций. Задняя стенка каретки имела прогиб 4,9 мм.

Для установления границ области применения разработанного конструктивного решения в различных ветровых районах в зависимости от высоты зданий была определена максимально возможная расчетная нагрузка на узловое соединение для различных зон фасада. В зависимости от ветровой нагрузки здание «разделили» на рядовую и угловую зоны согласно СП 20.13330.2011 «СНиП 2.01.07-85\* Нагрузки и воздействия».

Расчетную нагрузку на соединение определяли для VII ветрового района при высоте здания 75 м и размере композитных кассет 1,2×1,2 м (проверяли максимально возможную ветровую нагрузку при наиболее часто используемых размерах облицовки). Композитные панели в угловой зоне здания крепили на шести иклях, в рядовой — на четырех иклях. Схемы крепления кассет в рядовой и угловой зонах показаны на рис. 6. В каждой зоне расчет выполняли по верхнему уровню фасада здания (по нижнему уровню зоны был запас по прочности). Нормативное значение ветрового давления для VII ветрового района  $\omega_0$  составило 0,85 кПа. Коэффициент  $K = 2,49$ , учитывающий тип местности и высоту здания (тип местности В, высота зда-

ния 0–75 м) определяли в соответствии с Рекомендациями по составу и содержанию документов и материалов, представляемых для технической оценки пригодности продукции (Госстрой России. Москва, 2004 г.) по табл. 3.1. Аэродинамический коэффициент принимали максимальным для угловых зон здания  $C = 2$ , для средних (рядовых) зон  $C = 1,1$ .

Основные показатели для угловой и рядовой зон здания составили:

- *нормативная ветровая нагрузка «отсоса»:*  
в угловой зоне  $q_{yn} = w_n = 0,85 \cdot 2,49 \cdot 2 = 4,233$  кПа;  
в рядовой зоне  $q_{yn} = w_n = 0,85 \cdot 2,49 \cdot 1,1 = 2,328$  кПа;
- *расчетные нагрузки при коэффициенте надежности по нагрузке  $\gamma_f = 1,4$ :*  
для угловой зоны  $q_y = 1,4 \cdot 4,233 = 5,9262$  кПа;  
для рядовой зоны  $q_y = 1,4 \cdot 2,328 = 3,2592$  кПа;
- *грузовая площадь от композитной панели на зубчатый кронштейн:*  
для рядовой зоны  $A_{гр} = 0,6 \times 1,2$  м = 0,72 м<sup>2</sup>;  
для угловой зоны  $A_{гр} = 0,6 \times 0,6$  м = 0,36 м<sup>2</sup>.
- *ветровая нагрузка «отсоса» на зубчатый кронштейн:*  
для угловой зоны  $P_{отс} = 5926,2 \cdot 0,36 = 2,1334$  кПа, что меньше нагрузки, полученной экспериментально (2,6638 кПа);  
для рядовой зоны  $P_{отс} = 3259,2 \cdot 0,72 = 2,3466$  кПа.

## Вывод

1. Проведенные экспериментальные исследования зубчатых узлов системы позволили определить

границы применения разработанной конструкции в зависимости от ветрового района и высоты здания, а также максимально возможную нагрузку на соединение для различных зон фасада.

2. Поскольку расчетная ветровая нагрузка на соединение меньше предельно допустимой, полученной в результате эксперимента, следовательно,

конструкция выдерживает ветровую нагрузку «отсоса», соответствующую VII ветровому району при высотности здания до 75 м.

3. Анализ результатов расчета и эксперимента позволяет заключить, что разработанная система навесного фасада может применяться в зданиях высотой до 75 м для I – VII ветровых районов России.

#### 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 фасадах // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 9. С. 11–13.
3. Грановский А. В., Киселев Д. А., Александрия М. Г. Анкерные крепления: проблемы их решения // Технологии строительства. 2006. № 6. С. 6–11.
4. Гликин С. М., Кодыш Э. Н. Навесные фасадные си-

стемы с эффективной теплоизоляцией и вентилируемым воздушным зазором // Промышленное и гражданское строительство. 2008. № 9. С. 36–37.

5. Казакевич А. В. Коррозионная стойкость – основа безопасности металлоконструкций // Технологии строительства. 2006. № 7. С. 22–25.
6. Немова Д. В. Навесные вентилируемые фасады: обзор основных проблем // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 5. С. 7–11.
7. Давыдова А. В. Алюминиевые композитные панели и их свойства // СтройПРОФИЛЬ. 2006. № 1. С. 58–59.

#### REFERENCES

1. Emelyanov D. A. Proposals for improving the bearing wall of a suspended ventilated facade made of composite materials. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 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*, 2013, no. 9, pp. 11–13. (In Russian).
3. Granovsky A. V., Kiselev D. A., Alexandria M. G. Anchor fastening: problems and solutions. *Construction technology*, 2006, no. 6, pp. 6–11. (In Russian).
4. Glikin S. M., Kodysh E. N. Hinged facade system with

effective insulation and ventilated air gap. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2008, no. 9, pp. 36–37. (In Russian).

5. Kazakevich A. V. Corrosion resistance – a basis of safety of steel structures. *Tekhnologii stroitel'stva*, 2006, no. 7, pp. 22–25. (In Russian).
6. Nemova D. V. Ventilated facades: an overview of the main problems. *Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal*, 2010, no. 5, pp. 7–11. (In Russian).
7. Davydova A. V. Aluminum composite panels and their properties. *Stroyprofil*, 2006, no. 1, pp. 58–59. (In Russian).

Для цитирования: Туснина В. М., Емельянов Д. А. Экспериментальное исследование узлов крепления отделочных кассет для систем навесных вентилируемых фасадов // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 3. С. ??–??.

For citation: Tushina V. M., Emelyanov D. A. Experimental study of knots of fastening of finishing cartridges for systems of hinger ventilated facaden. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2015, no. 3, pp. ??–??. (In Russian). ■