

УДК 69.022.32

Шмелев Г.Н. – кандидат технических наук, профессор

E-mail: shmelev@kgasu.ru

Сусаров А.В. – аспирант

E-mail: susarovav@mail.ru

Гимранов Л.Р. – кандидат технических наук

E-mail: leenur@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Исследование несущей способности навесных фасадных систем

Аннотация

В статье рассматриваются результаты исследования несущей способности навесной фасадной системы строящегося стадиона на 45 тыс. зрителей в г. Казани. В качестве облицовки на данном фасаде применяются LED-экраны. Сложность фасадной конструкции заключается в обеспечении расстояния в 700 мм от плоскости стены до внутренней поверхности LED-экранов.

С целью определения несущей способности конструкции фасада авторами были проведены численные и экспериментальные исследования прочности и деформативности фрагмента системы. Разработана методика проведения натурных испытаний.

Ключевые слова: навесная фасадная система, прочность и деформативность несущих элементов.

Краткое описание объекта исследования

Для исследования несущей способности был смонтирован фрагмент фасадной системы. В качестве несущего основания использовалась стена из силикатного кирпича.

Фасадная конструкция состоит из двух слоев, разделенных профилированным настилом марки С9-1175.

В первый слой системы входят кронштейны КСУ-30, монтируемые к стене анкерами FUR 10x100 SS A4 с шагом по горизонтали 800 мм, по вертикали 600 мм. На кронштейны КСУ-30 установлены горизонтальные направляющие марки НГ-50x40x1,2, склепанные в тавр. Крепление горизонтальных направляющих к кронштейнам выполнено на болтах М8x25, класса прочности 5.8, класса точности В. К горизонтальным направляющим закреплен вертикальный профиль сечением 60x40x2 мм, крепление выполнено на болтах М8x65, класса прочности 5.8, класса точности В. К вертикальным направляющим закреплен профилированный настил. Крепление осуществляется саморезами HARPOON HW5-R с пресс-шайбой.

Поверх профилированного настила установлены кронштейны КС-30 с шагом в горизонтальном направлении 800 мм, в вертикальном – 400 мм. На кронштейны КС-30 установлены горизонтальные направляющие марки НГ-50x40x1,2, склепанные в тавр. Крепление горизонтальных направляющих к кронштейнам выполнено на болтах М8x25, класса прочности 5.8, класса точности В. К горизонтальным направляющим закреплен вертикальный профиль сечением 40x40x2 мм, крепление выполнено на болтах М8x65, класса прочности 5.8, класса точности В.

Также проводилось исследование несущей способности фрагментов с учетом отклонений от проектного решения при монтаже. Данными отклонениями являются: смещение вертикального профиля относительно кронштейнов КСУ-30, величина смещения составляет 100 мм; дополнительное наращивание кронштейнов внутреннего (пристенного) контура. Данное наращивание выполнено из двух НГ-50x40x1,2, образующих дополнительную консоль длиной 100 мм.

Методика и задачи исследования несущей способности

Целью исследования является расчет и экспериментальное испытание несущей способности и деформативности фрагмента фасадной системы (далее ФС) с учетом неблагоприятно-возможных условий загрузки.

Исследование состоит из двух этапов:

1. Моделирование и расчет как отдельных элементов фасадной системы, так и фрагмента в целом при различных условиях загрузки.

2. Экспериментальное исследование несущей способности фрагмента ФС при равномерном и локальном действии нагрузки.

При испытании предусматривается решение следующих задач:

1) определение максимального прогиба системы, при расчетной вертикальной нагрузке в плоскости (центре тяжести) установки экранов, и сравнение его с допустимым значением;

2) определение максимального прогиба системы, при расчетной вертикальной нагрузке в плоскости (центре тяжести) установки экранов, и сравнение его с допустимым значением;

3) определение напряжений в наиболее нагруженных элементах, в том числе при расчетной нагрузке;

4) определение степени включения в работу соседних элементов при перераспределении усилий в системе от монтажных и других локальных загрузок или выключении из работы отдельных элементов;

5) определение несущей способности ФС при допустимом прогибе конструкций в плоскости установки экранов при вертикальной равномерно-распределенной нагрузке;

6) определение несущей способности, деформации и других параметров и характеристик ФС, при предельной вертикальной равномерно-распределенной нагрузке.



Рис. 1. Блочно-тросовая система нагружения фрагмента



Рис. 2. Прогибомеры, установленные на наружном слое испытываемого фрагмента

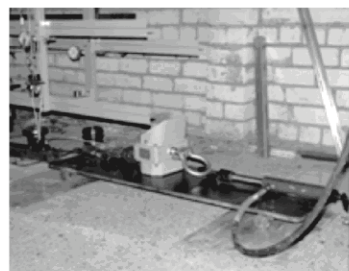


Рис. 3. Система нагружения фрагмента

С целью регистрации деформаций по слоям системы установлены прогибомеры и индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм (рис. 4). При снятии нагрузки на каждом этапе загрузения определяются остаточные деформации и сдвиг по слоям ФС.

Количество этапов загрузения до расчетной нагрузки $0,2P_{расч}$, а вблизи $P_{расч}$ через $0,1P_{расч}$. Расчетная вертикальная нагрузка, действующая на ФС, составляет $59,8 \text{ кг/м}^2$.

Испытание фрагмента проводится под действием вертикальной нагрузки. Нагрузка прикладывается равномерно (в местах крепления LED-экранов) по длине направляющих при помощи блочно-тросовой системы. Нагружение производится гидравлическим домкратом через общий трос, объединяющий нагрузку с направляющих через распределительную траверсу. Значение нагрузки определяется по электронным крановым весам ВСК-200В, показывающим усилие натяжения троса домкратом.

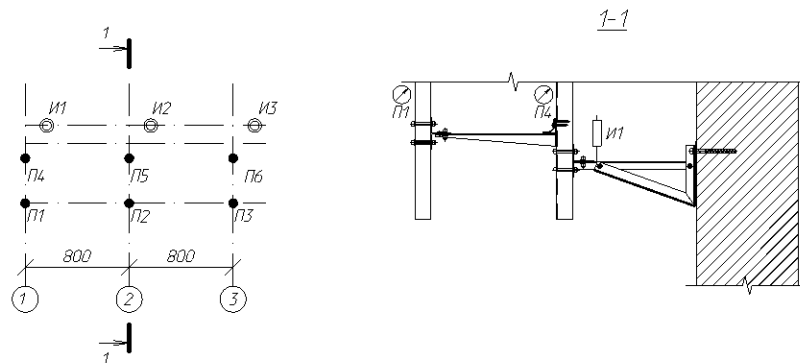


Рис. 4. Схема установки прогибомеров и индикаторов часового типа для испытываемого фрагмента

С целью реализации условий загрузения, близких к проектным (действительным), вертикальная нагрузка прикладывается равномерно-распределенной по центру тяжести LED-экранов с отступлением от несущих конструкций на половину их толщины.

После каждого загрузения нагрузка снимается с определением всех параметров и характеристик.

Для решения второй задачи (определения напряжений), в местах наибольших расчетных напряжений в элементах установлены тензорезисторы с последующей регистрацией показателей.

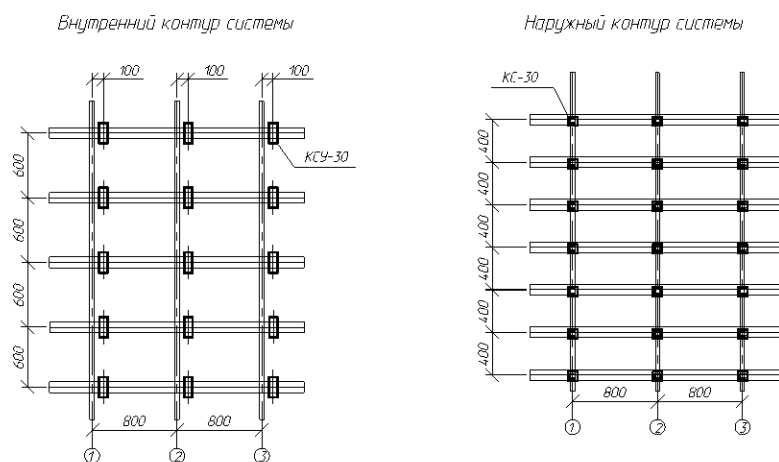


Рис. 5. Схема испытываемого фрагмента

Теоретический интерес в анализе напряженно-деформированного состояния (НДС) системы: определение разрушающей нагрузки и соответствующих параметров позволит прогнозировать поведение системы в критических ситуациях и при дальнейшей эксплуатации.

Результаты испытания фрагмента фасадной системы представлены на рис. 10, 11.

Численное исследование напряженно-деформированного состояния фрагмента фасадной системы

При исследовании НДС фрагмента фасадной системы строящегося стадиона на 45 тыс. зрителей в г. Казани были рассмотрены три расчетные модели: первая модель соответствовала проектному варианту системы, во втором варианте были учтены монтажные отклонения системы в виде смещения вертикальных направляющих относительно кронштейнов пристенного контура, в третьем варианте были учтены монтажные отклонения в виде наращивания кронштейнов пристенного контура спаренными уголками, дополнительная консоль в данном случае составила 100 мм.

В первом варианте максимальные деформации, определенные при расчете конечно-элементной модели в ПК «ANSYS», соответствующие расчетной вертикальной нагрузке, составили 2,79 мм. Максимальные напряжения при действии расчетной вертикальной нагрузки, составили 165 МПа. Данные напряжения возникают в горизонтальных направляющих НГ-50х40х1,2 в узле крепления к ним кронштейна и вертикального профиля.

Во втором варианте максимальные деформации, соответствующие расчетной вертикальной нагрузке, составили 3,95 мм. Максимальные напряжения при действии расчетной вертикальной нагрузки составили 170 МПа. Данные напряжения возникают в горизонтальных направляющих НГ-50х40х1,2 в узле крепления к ним кронштейна и вертикального профиля.



Рис. 6. Эквивалентные напряжения в элементах наружного контура системы при проектном варианте конструкции

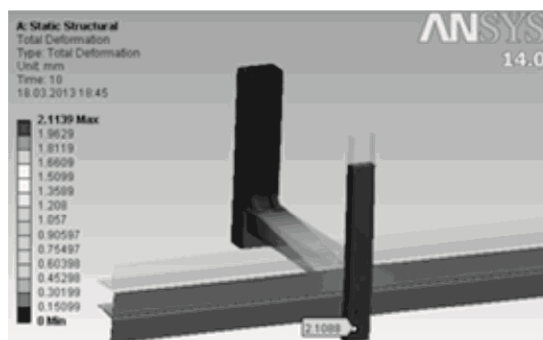


Рис. 7. Деформации элементов наружного контура системы при проектном варианте конструкции

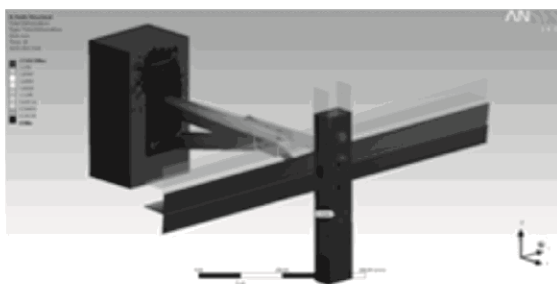


Рис. 8. Общие деформации элементов пристенного контура при наращивании кронштейна двумя спаренными уголками (аксонометрия)

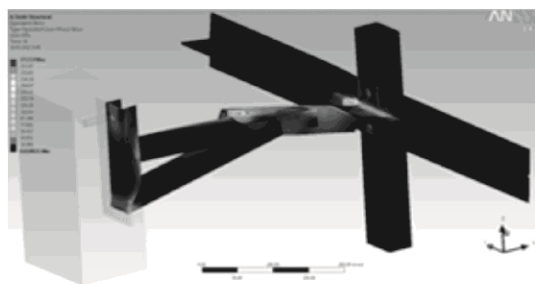


Рис. 9. Эквивалентные напряжения в элементах пристенного контура при наращивании кронштейна двумя спаренными уголками

В третьем варианте максимальные деформации, соответствующие расчетной вертикальной нагрузке, составили 4,35 мм. Максимальные напряжения при действии расчетной вертикальной нагрузки составили 183 МПа. Данные напряжения возникают в горизонтальных направляющих НГ-50х40х1,2 в узле крепления к ним кронштейна и вертикального профиля.

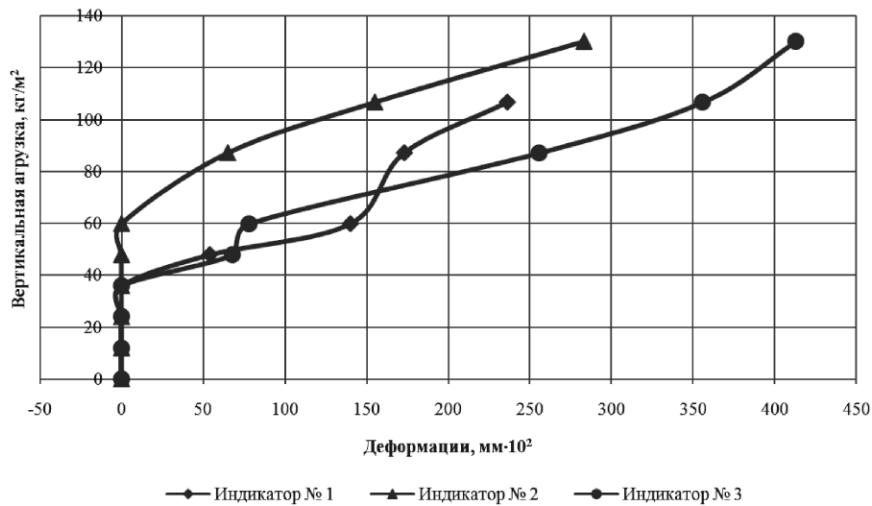


Рис. 10. Графики зависимости деформаций от нагрузки по показаниям индикаторов часового типа

Таким образом, установлено, что отклонения, допущенные при монтаже, снижают несущую способность системы. Дефекты в виде смещения вертикальных направляющих из плоскости кронштейнов пристенного контура снижают несущую способность системы по деформациям на 29,4 %, по напряжениям на 2,9 %. Дефекты в виде наращивания кронштейнов пристенного контура снижают несущую способность системы по деформациям на 35,8 %, по напряжениям на 9,8 %.

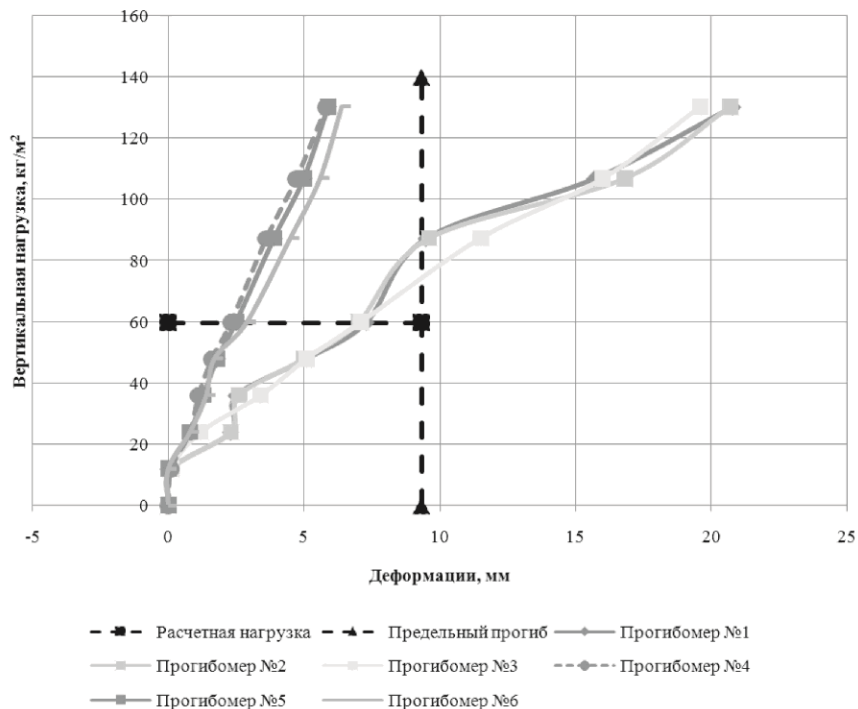


Рис. 11. Графики зависимости деформаций от нагрузки по показаниям прогибомеров

Заключение

В ходе численных и экспериментальных исследований несущей способности различных фасадных систем получены данные по их действительной работе, определены ключевые характеристики для расчета прочности, деформатности систем, выявлена пространственная работа систем с горизонтальными направляющими, суть ее заключается в перераспределении усилий на соседние элементы, что обязательно необходимо учитывать при проектировании систем.

Установлено, что геометрические отклонения несущих элементов в фасадных системах от номинальных значений оказывают существенное влияние на работу конструкции в целом, в тонкостенных элементах могут возникнуть дополнительно действующие моменты. Дальнейшие исследования будут направлены на совершенствование существующих методик расчета конструкций фасадных систем с учетом данных, полученных в результате представленных численных и экспериментальных исследований.

Список литературы

1. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. – М., 2011. – 76 с.
2. Фасадные теплоизоляционные системы с воздушным зазором. Рекомендации по составу и содержанию документов и материалов, представляемых для технической оценки пригодности продукции. – М.: Госстрой России, 2004. – 59 с.
3. Справочник проектировщика. Металлические конструкции. – М., 1998. – 575 с.

Shmelev G.N. – candidate of technical sciences, professor

E-mail: shmelev@kgasu.ru

Susarov A.V. – post-graduate student

E-mail: susarovav@mail.ru

Gimranov L.R. – candidate of technical sciences

E-mail: leenur@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Study of the bearing capacity hinged facade systems

Resume

Nowadays more and more widespread throughout Russia receive facade systems with air gap. The attraction of such systems is connected, first of all, with the seeming simplicity of them employed in technical solutions, materials and products, as well as the seemingly obvious «all-weather» their installation. Unfortunately, the problem of the safe use of facade systems, which is now of paramount importance, not overlooked. It is important to emphasize that the implementation of the security conditions of front systems is necessary not only in the process of construction, but also during the lifetime of the object.

Serious obstacle to the introduction of enhanced facade systems in construction is a lack of regulations governing the requirements for their design (including the calculation and design), installation and operation. As you know, today we have a situation in which building complex issues related to technical regulations, standardization, etc., almost no one has solved, because of federal funds for this purpose are not allocated. Despite the fact that the discussion of these issues have long been crammed on edge and system designers, and builders, and designers, and users of them must address and resolve it and become «creators of their happiness».

Keywords: suspended facade systems, the strength and deformability of bearing elements.

References

1. Code 20.13330.2011. Load and impact. – М., 2011. – 76 p.
2. Facade insulation system with an air gap. Recommendations for the composition and content of documents and materials submitted for technical evaluation of the suitability of products. – М.: Russian State Committee for Construction, 2004. – 59 p.
3. Directory designer. Metal structures. – М., 1998. – 575 p.