



Текст: С.Г. Рыков, А.И. Сидоров, ИЛ «Технополис»

Область применения несущих кронштейнов в навесных фасадных конструкциях

Несущую способность каркасов навесных фасадных систем для всех видов облицовки определяют по наиболее слабым звеньям конструкции. Часто такими звеньями оказываются кронштейны, служащие для соединения направляющих каркаса со строительным основанием.

Из всего многообразия применяемых в настоящее время кронштейнов в статье будут рассмотрены два типа наиболее часто употребляемых в строительстве несущих кронштейнов:

- симметричные относительно вертикальной плоскости, перпендикулярной строительному основанию, проходящей через ось симметрии консоли;

- Г-образные, закрепляемые двумя анкерами, с плоскостью консоли, расположенной вертикально.

В общем случае на кронштейны действуют:

- вертикальная нагрузка от веса облицовки, гололеда и собственного веса направляющей, которая может быть приложена на разном удалении от пяты кронштейна (в зависимости от длины консоли кронштейна);

- горизонтальная нагрузка от действия ветрового отсоса.

Равнодействующая этих двух сил представляет собой вектор, который мо-

жет изменяться как по величине, так и по направлению.

Условием обеспечения безаварийной работы кронштейна в составе каркаса будет неравенство:

$$|\vec{R}_F| \geq |\vec{F}|$$

где: $|\vec{F}|$ – абсолютное значение вектора равнодействующей внешних сил;

$|\vec{R}_F|$ – абсолютное значение вектора сопротивления конструкции равнодействующей внешних сил.

Это неравенство распространяется только на сам кронштейн, условно закрепленный на абсолютно жестком основании; узел анкерного крепления, в который входят кронштейн, прокладка, строительное основание и анкер – не рассматривается.

На рис. 1 дана поясняющая схема.

Если для каждого типоразмера кронштейна, для каждого вычисленного расчетного значения равнодействующей нагрузки, приложенной в месте

соединения кронштейна с деталью каркаса, научиться определять значение сопротивления кронштейна этой равнодействующей нагрузке, то задачу определения безопасной области применения кронштейна можно считать решенной.

При расчете кронштейнов напряженное состояние пяты часто остается без внимания. Расчетная схема кронштейна принимается как «балка, защемленная в основании», где в качестве балки выступает консольная часть кронштейна. Консоль рассчитывается по поперечному сечению, вплотную примыкающему к пяте кронштейна.

Такой подход может привести к ошибке, поскольку расчет консоли по указанному сечению почти всегда дает более высокое значение несущей способности, чем результат, полученный после определения несущей способности пяты кронштейна.

При анализе данных, полученных после расчета консолей симметричных

кронштейнов различных форм по указанному поперечному сечению, видно, что от воздействия внешних сил, приложенных в месте соединения консоли кронштейна с деталью каркаса, под разными углами к продольной оси консоли кронштейна в диапазоне от 0° до 90°, соответствующие им сопротивления конструкции образуют прямоугольный треугольник (рис. 2).

Вопрос, на который хотелось получить ответ, можно сформулировать следующим образом: «Распространяется ли характер сопротивления консолей на пяти различных по форме кронштейнов?», т.е. образуют ли сопротивления пяты, соответствующие различным направлениям действия внешних сил, прямоугольный треугольник?

С этой целью в лаборатории были проведены испытания несущих кронштейнов, изготовленных из стали и алюминиевых сплавов, различных типов.

При проведении испытаний использовался метод, приведенный в СТО «ФЦС» 44416204-012-2013 «Элементы облицовочных навесных фасадных систем с воздушным зазором и детали их крепления. Метод определения несущей способности по результатам лабораторных испытаний».

Сущность метода основывается на том, что фиксируются заметные остаточные деформации в деталях из пластичных материалов, которые появляются при напряжениях, равных пределу текучести или условному пределу текучести (σ_T , $\sigma_{0,2}$) при ступенчатом нагружении испытываемой детали с полной разгрузкой на каждой ступени. Примеры графиков роста остаточных деформаций пяты сборного кронштейна ООО «Термомакс» (рис. 5) от действия испытательной нагрузки, приложенной под углом 90° к консоли кронштейна приведены на рис. 3.

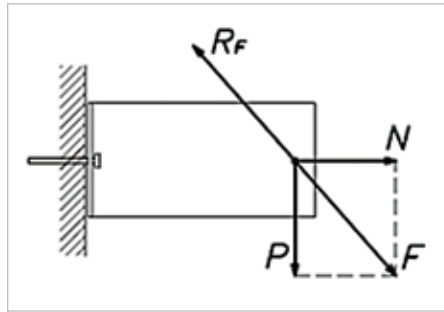


Рис. 1. P – вертикальная нагрузка; N – горизонтальная нагрузка; F – равнодействующая вертикальной и горизонтальной нагрузок; R_F – сопротивление конструкции равнодействующей вертикальной и горизонтальной нагрузок

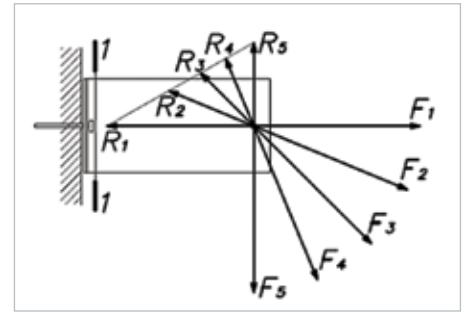


Рис. 2. F₁, F₂, F₃, F₄, F₅ – направления внешних сил, действующих под углами от 0° до 90°; R₁, R₂, R₃, R₄, R₅ – сопротивления конструкции внешним силам, действующим под разными углами; 1–1 – поперечное сечение консоли кронштейна

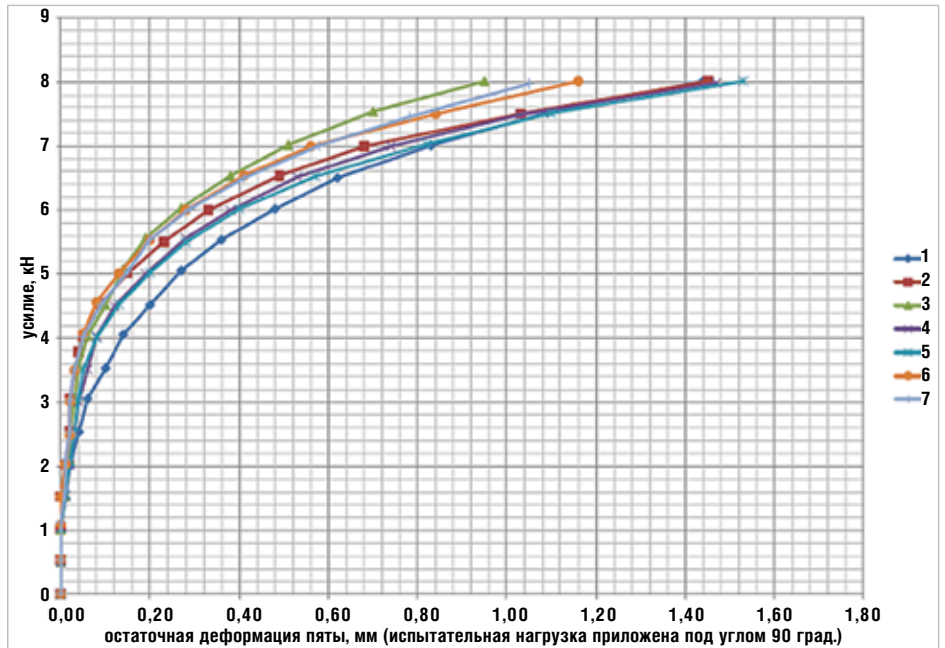
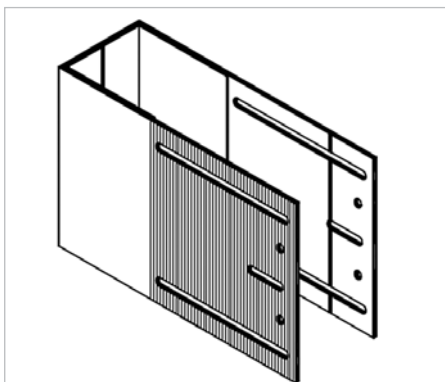
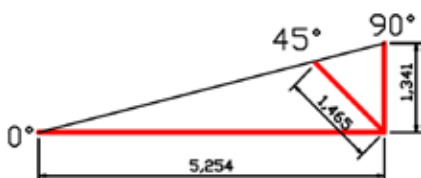


Рис. 3

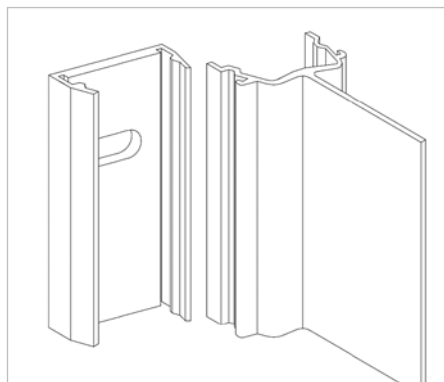


U-образный кронштейн из алюминиевого сплава с усиливающей шайбой. ООО «Юкон Инжиниринг».

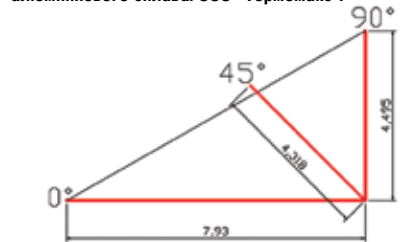


Сопротивления пяты кронштейна и усиливающей шайбы действию внешней силы, приложенной к консоли под углами 0°, 45°, 90° (кН)

Рис. 4



Пята и консоль сборного кронштейна из алюминиевого сплава. ООО «Термомакс».

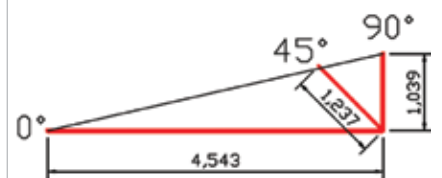


Сопротивления пяты действию внешней силы, приложенной к консоли под углами 0°, 45°, 90° (кН).

Рис. 5



U-образный стальной кронштейн высотой 100 мм с усиливающей шайбой. ЗАО «РИКОМ».



Сопротивления пяты кронштейна и усиливающей шайбы действию внешней силы, приложенной к консоли под углами 0°, 45°, 90° (кН).

Рис. 6

По построенным графикам роста остаточных деформаций выбранной точки на детали, устанавливают значение остаточной деформации, соответствующее началу упруго-пластического состояния в опасном сечении. Затем с каждого графика нагружения снимают значение сопротивления детали испытательной нагрузке для выбранного значения остаточной деформации. Полученную выборку из единичных результатов испытаний статистически обрабатывают с определением выборочного среднего значения,

выборочного коэффициента вариации и нижнего гарантированного предела (нормативного значения) параметра.

Расчетное значение сопротивления получают делением нормативного значения на коэффициент надежности по материалу.

В процессе испытаний нагрузка прикладывалась к кронштейнам под углами (от продольной оси консоли кронштейна): 0°, 45°, 90° или 0°, 30°, 60°, 90°. Для каждого положения производилось 7 испытаний по 12–25 ступеней в каждом

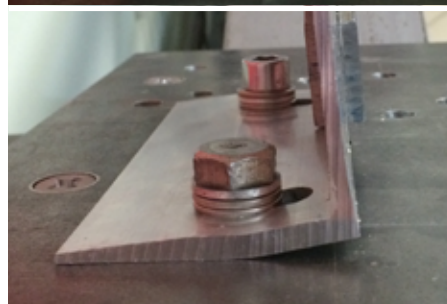
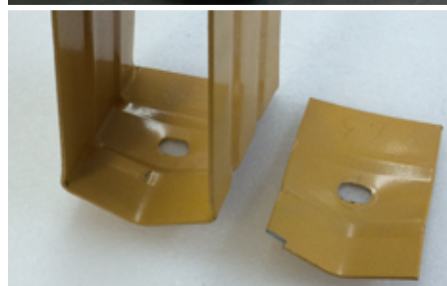
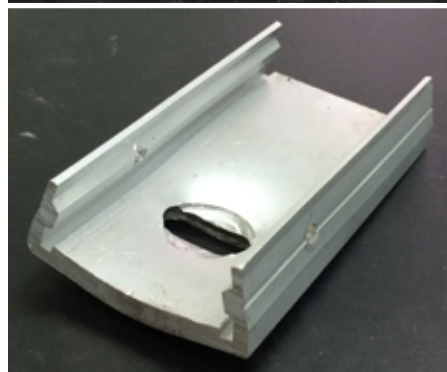
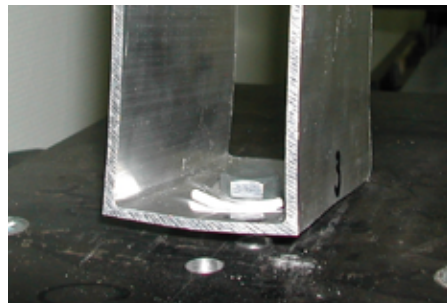


Рис. 7

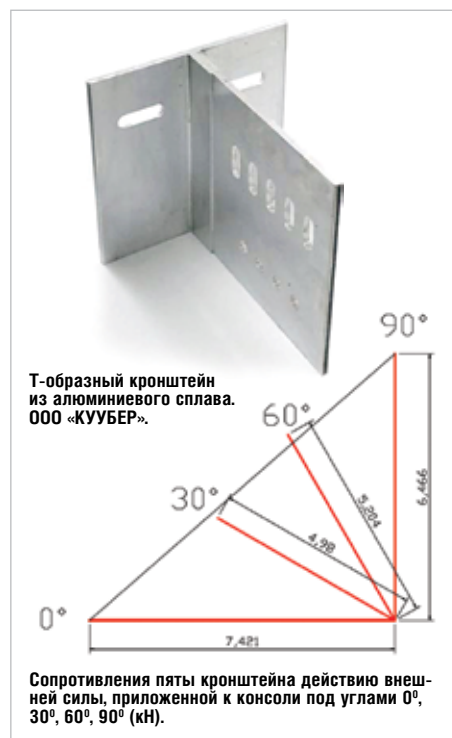


Рис. 8



Рис. 9



Рис. 10

Рис. 11

испытании. Значения векторов сопротивлений вычислялись по среднему значению параметра. В результате эксперимента было отмечено, что у всех испытанных кронштейнов остря векторов сопротивлений под углами 30°, 45° и 60° находились вблизи гипотенузы.

В качестве иллюстрации приводим результаты испытаний 5-ти симметричных и двух Г-образных кронштейнов: U-образного несущего кронштейна из алюминиевого сплава с усиливающей шайбой конструкции ООО «Юкон Инжиниринг», сборного кронштейна из алюминиевого сплава, состоящего из пяти и консольной части, выполняющего функции несущего в каркасе навесной фасадной системы ООО «Термакс», U-образных стальных кронштейнов с усиливающими шайбами конструкции ЗАО «РИКОМ» высотой 100 и 60 мм, T-образного несущего кронштейна из алюминиевого сплава конструкции ООО «КУУБЕР», Г-образных кронштейнов из алюминиевого сплава конструкции ООО «СК МЕХАНИЗАЦИЯ» и ООО «Термакс», (рис. 4, 5, 6, 7, 8, 9 и 10).

Все испытанные кронштейны разрушались вследствие пластической деформации пят. Характер деформаций пят кронштейнов показан на фотографиях рис.11.

На рис. 12 даны фотографии испытательных наладок для приложения нагрузки к T-образному кронштейну ООО «КУУБЕР» под углами 0°, 30°, 60° и 90°. Испытательная нагрузка создавалась при помощи силовозбудителя, в качестве которого использовался прибор ПСО-10МГ4П производства СКБ «Стройприбор», г. Челябинск. Измерение деформаций производилось при помощи индикаторов часового типа ИЧ-10 с ценой деления 0,01 мм.

По результатам испытаний можно сделать вывод о том, что сопротивление внешним силам пяты симметричных кронштейнов различных форм и пяты Г-образных кронштейнов с двойным креплением к основанию можно представить в виде силового прямоугольного треугольника.

Это позволяет более точно определять область применения всех размеров одного типа кронштейна, по результатам испытания поперечной и продольной нагрузками лишь на одном типоразмере кронштейна.

Получив значения и построив треугольник сопротивлений для одного типоразмера, можно построить треугольники для всех оставшихся типоразмеров кронштейнов. Сопротивление продольной силе у всех кронштейнов будет одинаковым. Сопротивление поперечной силе будет изменяться пропорционально длине консоли из условий постоянства разрушающего момента на пяте кронштейна, полученного при испытании первого типоразмера:

$$M_{\text{разр.}} = R_p \times L$$

где: R_p – сопротивление пяты поперечной силе;

L – расстояние от внешней стороны пяты до точки приложения испытательной нагрузки.

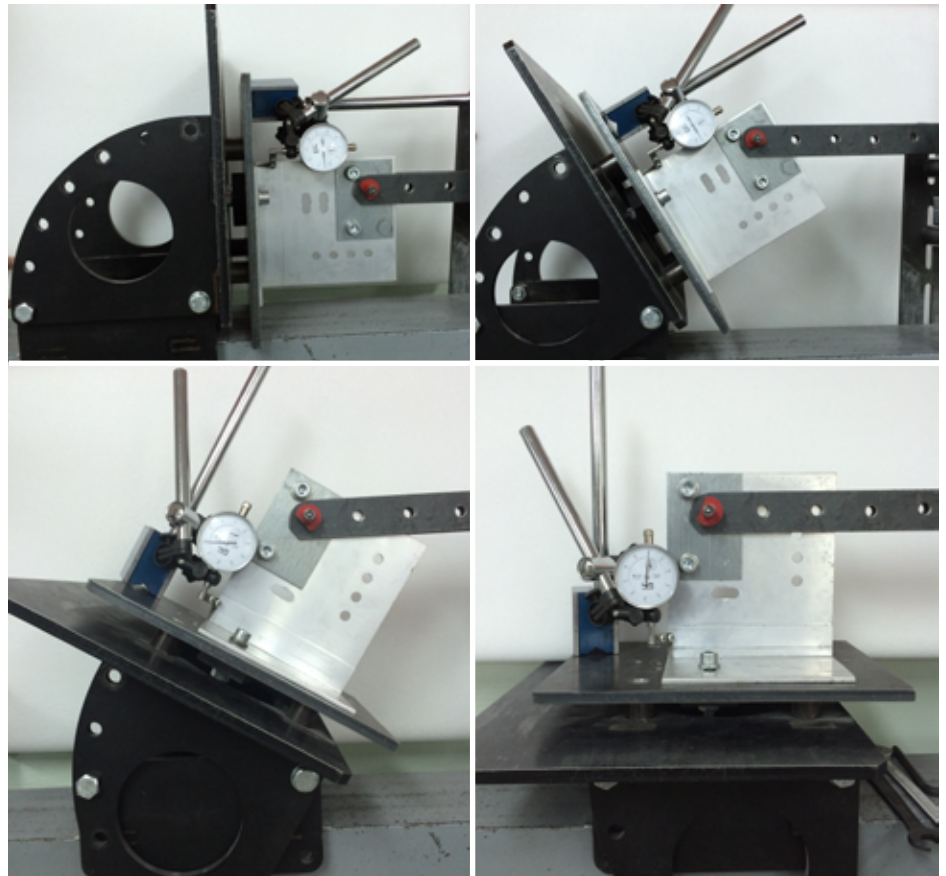


Рис. 12

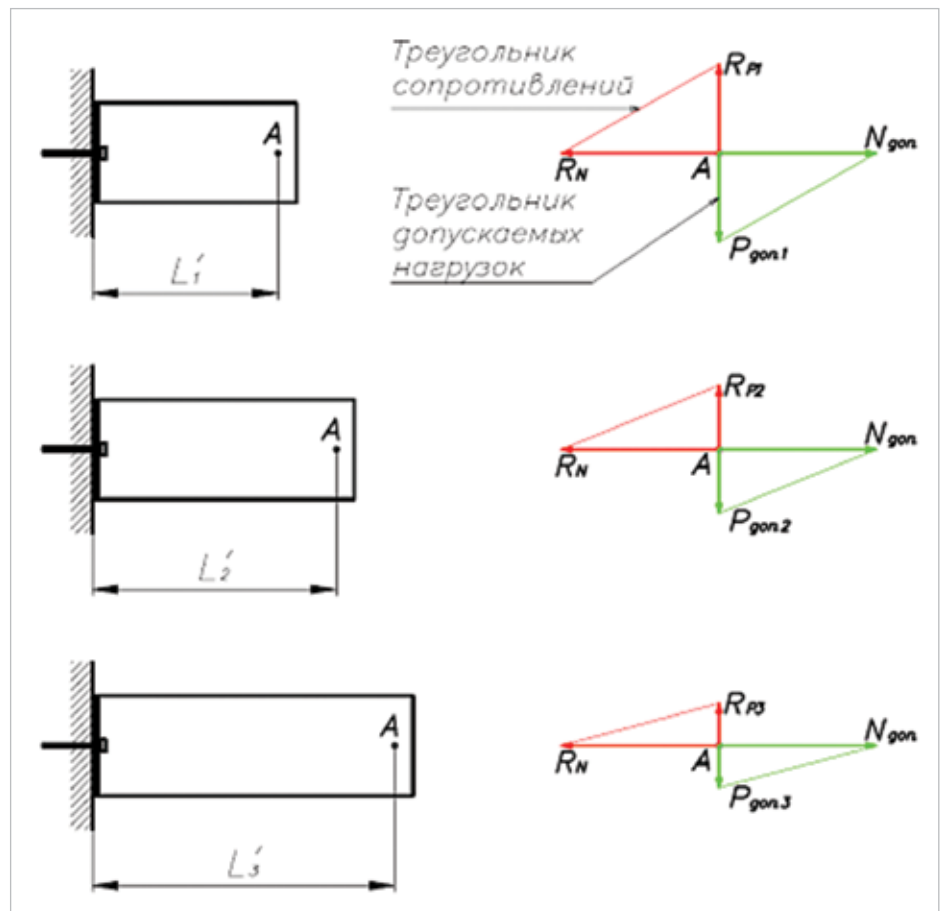


Рис. 13. R_p – сопротивление пяты поперечной силе; R_N – сопротивление пяты продольной силе; $P_{\text{дон}}$ – допускаемая поперечная сила; $N_{\text{дон}}$ – допускаемая продольная сила; А – точка соединения консоли кронштейна с деталью каркаса.

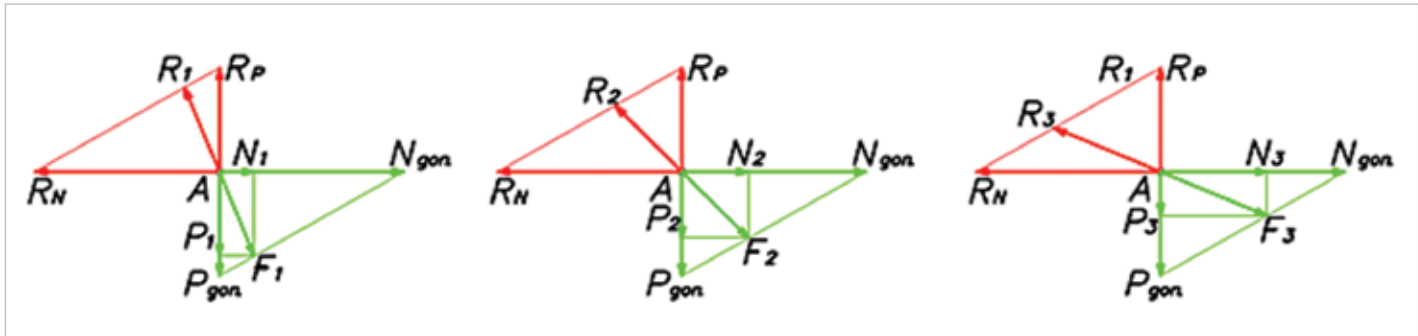


Рис. 14. P_1, P_2, P_3 – поперечные силы; N_1, N_2, N_3 – соответствующие поперечным, продольные силы; F_1, F_2, F_3 – равнодействующие соответствующим продольным и поперечным силам; R_1, R_2, R_3 – сопротивления пяты равнодействующим силам F_1, F_2, F_3

Сопротивления R_p для других типоразмеров кронштейнов можно вычислить по формуле:

$$R_p = \frac{M_{\text{разр.}}}{L'}$$

где: L' – расстояние от внешней стороны пяты до точки передачи на консоль поперечной нагрузки от силового каркаса.

Построив для каждого типоразмера кронштейна треугольники сопротивлений можно построить соответствующие им силовые треугольники допускаемых нагрузок (рис. 13). Треугольники

сопротивлений должны строиться из их расчетных значений.

Как пользоваться силовым треугольником допускаемых нагрузок?

Если на консоль кронштейна действует вертикальная или горизонтальная нагрузка, равная допускаемой, то в том и другом случае несущая способность пяты кронштейна исчерпана, и кронштейн более нельзя загружать ни горизонтальной, ни вертикальной нагрузкой.

Если на консоль кронштейна действует вертикальная или горизонтальная нагрузка, менее допускаемой, то допускаемые нагрузки по

перпендикулярным осям можно определить графически или расчетом.

На рис. 14 показаны сочетания безопасных значений вертикальных и горизонтальных нагрузок на консоль кронштейна одного типоразмера, определенных при помощи силового треугольника допускаемых нагрузок.

В практических расчетах, зная расчетный вес на консоль кронштейна и определив допускаемое значение ветрового усилия, не сложно подсчитать допускаемое значение ветрового отсоса на облицовку навесной фасадной системы из условий прочности кронштейна.

Рецензия на статью «Область применения несущих кронштейнов в навесных фасадных системах»

Текст: **В.Ф. Беляев**, к.т.н., старший науч. сотрудник, зав. лабораторией ЛОК ЗАО «ЦНИИПСК им. Мельникова»

Статья посвящена вопросам определения несущей способности кронштейнов каркасов фасадных систем при закреплении этих каркасов на несущих и самонесущих стенах зданий. Это наиболее распространённое решение для облицовочных материалов, закрепляемых на вертикальных направляющих. В этих системах наиболее нагруженным является несущий кронштейн, который воспринимает как вертикальные нагрузки от веса облицовки, каркаса, обледенения так и ветровые нагрузки.

Несущие кронштейны навесных фасадных систем подвержены воздействиям эксплуатационных нагрузок. Несмотря на малые размеры кронштейнов и внешнюю простоту их конструкции, несущие кронштейны испытывают сложное напряженное состояние, а наиболее напряженным элементом кронштейна является его пята. На пяту кронштейна действует вертикальная нагрузка от собственного веса облицовки и каркаса, которая изгибает пяту относительно точек крепления пластинки пяты анкерными элементами. Одновременно на пяту действует изгибающий момент от горизонтальной ветровой нагрузки. Кроме того, в сечениях пяты возникают касательные напряжения. Расчет такого сложного напряженного состояния пяты кронштейна требует применения компьютерных программ, что не всегда доступно при проектировании облицовки конкретных реальных объектов. Это подтверждается как расчетами, так и экспериментальными исследованиями, проводимыми в нашей стране и за рубежом.

Экспериментальные нагружения являются наиболее эффективным методом определения несущей способности конструктивных элементов. В данном случае испытания проводились на специально разработанном стенде, имитирующем воздействие на кронштейн вертикальной и горизонтальной нагрузок. Изменение соотношения воздействия вертикальных и горизонтальных нагрузок имитируется на стенде углом наклона при приложении испытательной нагрузки.

В статье изложены результаты анализа испытаний различного вида кронштейнов. Всего было испытано 5 разновидностей

кронштейнов разных изготовителей. Кронштейны имели различные конструктивные решения, были изготовлены из различных материалов (алюминий, оцинкованная сталь) с различными геометрическими параметрами. Испытания кронштейнов проводились на партиях из 7-ми образцов одного типоразмера, что позволило в полной мере применить статистическую обработку результатов испытаний.

В статье предлагается на основании экспериментальных значений по испытаниям одного типоразмера кронштейна, определить несущую способность кронштейнов данного типа с другими вылетами консолей. Предварительный анализ результатов испытаний, описанных в данной статье, позволяет сделать заключение, что определяющее значение в несущей способности кронштейнов оказывают нормальные напряжения от моментов и нормальных сил. В неизмеримо меньшей степени на несущую способность кронштейнов оказывают влияние касательные напряжения. Для построения силового треугольника, определяющего несущую способность кронштейна, достаточно определить предельные воздействия на кронштейн раздельно от вертикальной и горизонтальной нагрузок. Сочетания допускаемых максимальных значений горизонтальных и вертикальных сил определяются с помощью силового треугольника.

В статье упоминается о характере разрушения кронштейнов различных типов, что очень интересно для проектировщиков этих систем.

Выводы: материал, изложенный в статье, крайне интересен и важен для специалистов, работающих в области проектирования фасадных систем. Необходимо так же отметить, что материалы испытаний грамотно статистически обработаны, что повышает их качество при использовании их результатов в реальном проектировании.

К сожалению, материалы по испытанию элементов несущих каркасов навесных фасадных систем крайне редко встречаются в публикациях специализированных строительных журналов, тем более будет ценна эта публикация.