



*«Инженерные системы»
197376, Санкт-Петербург
Пр. Энгельса д.132 корп.1
тел./факс (812) 640-26-76
e-mail: fasad@ism ltd.spb.ru
www.ism-fasad.ru*

ВЕНТИЛИРУЕМЫЕ ФАСАДЫ: ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО, МОНТАЖ

ООО «Инженерные системы»

ПРОЧНОСТНОЙ РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ ВЕНТИЛИРУЕМОГО ФАСАДА

Руководитель проектного отдела _____/Красавина Н.И./

Инженер-конструктор _____/Потатосов В.А./

Санкт-Петербург
2014

Исходные данные:

1. Адрес объекта - Великий Новгород, ул. Великая, д.22
2. Ветровой район I, тип местности В.
3. Допустимая нагрузка на анкерный элемент по акту испытаний - 1,04 кН
4. Высота здания 10,1 м
5. Расчетный вынос облицовочного материала от стены 230 мм.
6. Тип облицовочного материала - фиброцемент
7. Материал каркаса - оцинкованная сталь.

Расчет нагрузок и воздействий

Нормативное значение ветрового давления $w_0 := 23 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$

Аэродинамический коэффициент давления, для рядовой и угловой зоны $c_p := \begin{pmatrix} 1.2 \\ 2.2 \end{pmatrix}$

Коэффициент надежности по ветровой нагрузке $\gamma_f := 1.4$

для типа местности В:

$\alpha := 0.2$

$k_{10} := 0.65$

$\zeta_{10} := 1.06$

Коэффициент изменения давления ветра по высоте:

$$k_{z.e}(h) := k_{10} \cdot \left(\frac{h}{10} \right)^{2\alpha}$$

Коэффициент изменения пульсации давления ветра по высоте

$$\zeta_{z.e}(h) := \zeta_{10} \cdot \left(\frac{h}{10} \right)^{-\alpha}$$

Коэффициент корреляции ветровой нагрузки $\nu := 1$

Ветровая нагрузка

$$W_r(h) := w_0 \cdot k_{z.e}(h) \cdot (1 + \zeta_{z.e}(h)) \cdot c_p \cdot \nu \cdot \gamma_f$$

Ветровая нагрузка на максимальной отметке - 10,1 метров

$$W_r(10.1) = \begin{pmatrix} 51.9 \\ 95.1 \end{pmatrix} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Расчет усилий возникающих в анкерных элементах

Горизонтальный шаг между направляющими	$a := 600\text{mm}$
Масса одного квадратного метра облицовочного материала	$G_{pl} := 13.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$
Масса одного погонного метра направляющей	$G_{np} := 7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 118\text{mm}^2 = 0.92 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$
Коэффициент надежности по нагрузке для направляющей	$\gamma_{f_np} := 1.05$
Коэффициент надежности по нагрузке для плит	$\gamma_{f_pl} := 1.2$
Количество кронштейнов на направляющую	n
Длина направляющей	$L := 3000\text{mm}$
Весовая нагрузка на кронштейн	$N_G(n) := G_{pl} \cdot \gamma_{f_pl} \cdot a \cdot \frac{L}{n} + G_{np} \cdot \gamma_{f_np} \cdot \frac{L}{n}$
Вынос облицовочного материала	$e_1 := 230\text{mm}$
Опора несущего кронштейна (для К-С-90.1)	$e_2 := 72\text{mm}$
Вертикальный шаг кронштейнов	L_1
Вырывающее усилие в анкерном элементе	$N_{vir}(h, n, L_1) := N_G(n) \cdot \frac{e_1}{e_2} + W_r(h) \cdot a \cdot L_1$
Рядовая зона	
Высота 10.1 м, вертикальный шаг кронштейнов 1200 мм	
	$N_{vir}(10.1, 3, 1200\text{mm})_0 = 70.8\text{kg}$
Угловая зона	
Высота 10.1 м, вертикальный шаг кронштейнов 1200 мм	
	$N_{vir}(10.1, 3, 1200\text{mm})_1 = 101.9\text{kg}$
Допустимое усилие на вырыв анкерного элемента полученное при испытании	
	$N_{isp} := 1040\text{N}$

Максимально допустимое усилие на вырыв анкерного элемента

$$N_{\max} := \frac{N_{isp}}{g} = 106.1 \text{ kg}$$

Расчетное усилие на вырыв не превышает максимально допустимое - условие прочности выполнено.

Расчет несущих кронштейнов

Параметры ослабленного сечения кронштейна (К-С-90.1).

Момент сопротивления сечения $W_{x_n} := 2.727 \text{ cm}^3 = 2727 \cdot \text{mm}^3$

$$W_{z_n} := 0.277 \text{ cm}^3 = 277 \cdot \text{mm}^3$$

Площадь поперечного сечения $A_n := 1.96 \text{ cm}^2 = 196 \cdot \text{mm}^2$

Вертикальный шаг кронштейнов (максимальный) $L_1 := 1200 \text{ mm}$

Расчетные напряжения в сечении несущего кронштейна, возникающие от ветровой и весовой нагрузки, в наиболее нагруженном сечении.

$$\sigma_{kr_n}(h) := \frac{N_G(3)}{W_{x_n}} \cdot e_1 + \frac{W_r(h) \cdot a \cdot L_1}{A_n} + \frac{W_r(h) \cdot a \cdot L_1 \cdot 16 \text{ mm}}{W_{z_n}}$$

$$\sigma_{kr_n}(10.1) = \begin{pmatrix} 323.2 \\ 518.9 \end{pmatrix} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Предел текучести для системы из оцинкованной стали $\sigma_T := 2350 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

Максимально допустимое напряжение с учетом коэффициента запаса.

$$\sigma_{\max} := \frac{\sigma_T}{1.1} = 2136.4 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Расчетное напряжение не превышает максимально допустимое - условие прочности выполнено.

Расчет вертикального профиля.

Удельная ветровая нагрузка на направляющую $q_w(h) := W_r(h) \cdot a$

Момент в профиле от ветровой нагрузки

$$M_{op.w}(h, L_1) := 0.125 \cdot q_w(h) \cdot L_1^2$$

Расстояние от центра масс профиля направляющей до плоскости центра масс облицовочного материала

$$e_5 := 16.3 \text{ mm}$$

Момент в профиле от весовой нагрузки

$$M_{op.p}(n) := G_{pl} \cdot \gamma \cdot a \cdot \frac{L}{n} \cdot e_5$$

Момент сопротивления, момент инерции и площадь поперечного сечения направляющей НГ-С-86

$$W_{x_np86} := 1137 \text{ mm}^3$$

$$J_{x_np86} := 18760 \text{ mm}^4$$

$$A_{np86} := 193 \text{ mm}^2$$

Напряжение в направляющей.

$$\sigma_{np}(h, L_1, n) := \frac{N_G(n)}{A_{np86}} + \frac{M_{op.w}(h, L_1) + M_{op.p}(n)}{W_{x_np86}}$$

Рядовая зона

$$\sigma_{np}(10.1, 1200 \text{ mm}, 3)_0 = 505 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Угловая зона

$$\sigma_{np}(10.1, 1200 \text{ mm}, 3)_1 = 916 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Расчетное напряжение не превышает максимально допустимое - условие прочности выполнено.

Проверка вертикальной направляющей по деформациям

Модуль упругости $E := 2.1 \cdot 10^{10} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$

Удельная ветровая нагрузка на направляющую, без учета коэффициента надежности по нагрузке.

$$q_{w_f}(h) := \frac{q_w(h)}{\gamma_f}$$

Максимальные деформации

$$f_0 := \frac{0.0052 \cdot q_{w_f}(10.1) \cdot (1200\text{mm})^4}{E \cdot J_{x_np86}} = 0.61 \cdot \text{mm}$$

$$f_1 := \frac{0.0052 \cdot q_{w_f}(10.1) \cdot (1200\text{mm})^4}{E \cdot J_{x_np86}} = 1.12 \cdot \text{mm}$$

Максимально допустимые перемещения в пролет длиной $L_{1w} := \begin{pmatrix} 1200\text{mm} \\ 1200\text{mm} \end{pmatrix}$

$$f_{\max} := \frac{L_1}{200} = \begin{pmatrix} 6 \\ 6 \end{pmatrix} \cdot \text{mm}$$

Расчетные деформации не превышают максимально допустимые - условие работоспособности выполнено.

Расчет прочности крепления доборного кронштейна к несущему.

Количество заклепок $n_{zak} := 2$

Количество плоскостей среза $n_c := 1$

Коэффициент запаса $k_{zap} := 1.2$

Расстояние между заклепками $e_4 := 60\text{mm}$

Весовая нагрузка в опоре $Q_{op.p} := N_G(3) = 10.5 \text{ kg}$

Ветровая нагрузка в опоре $Q_{op.w} := q_w(10.1) \cdot L_{1_1} = 68.5 \text{ kg}$

Плечо весовой нагрузки $e_3 := 100\text{mm}$

Усилие воспринимаемое заклепочным полем

$$N_{zak} := \sqrt{\left(\frac{Q_{op.p} \cdot e_3 \cdot k_{zap}}{e_4 \cdot n_c} + \frac{Q_{op.w} \cdot k_{zap}}{n_c \cdot n_{zak}}\right)^2 + \left(\frac{Q_{op.p} \cdot k_{zap}}{n_c \cdot n_{zak}}\right)^2} = 62 \text{ kg}$$

Крепление выполняется заклепками из коррозионностойкой стали диаметром 4 мм.

Расчет прочности заклепочного соединения по прочности на смятие соединяемых элементов

Коэффициент безопасности по материалу соединений на вытяжных заклепках $\gamma_{mc} := 1.25$

Диаметр заклепки, мм $d := 4$

Минимальная толщина соединяемого материала, мм $t := 1.2$

Коэффициент зависящий от соотношения толщин соединяемых материалов

$$\alpha := 2.1 + \left(2.1 - 3.6 \cdot \sqrt{\frac{t}{d}}\right) \cdot \frac{2}{d} = 2.2$$

Расчетное сопротивление металла соединяемого металла или заклепки $R_{un} := 2600 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

Расчетная прочность заклепочного соединения на смятие.

$$F_{rp} := \frac{1}{\gamma_{mc}} \cdot \alpha \cdot R_{un} \cdot d \cdot t = 216 \text{ kg}$$

Усилие воспринимаемое заклепочным полем, не превышает расчетную прочность заклепочного соединения на смятие - условие прочности выполнено.



*«Инженерные системы»
197376, Санкт-Петербург
Пр. Энгельса д.132 корп.1
тел./факс (812) 640-26-76
e-mail: fasad@ism ltd.spb.ru
www.ism-fasad.ru*

ВЕНТИЛИРУЕМЫЕ ФАСАДЫ: ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО, МОНТАЖ

На основе проведенного расчета, получены следующие схемы:

Рядовая зона:

от 0 м до 10.1 м - 3 кронштейна К-С-90.1 на вертикальную направляющую НГ-С-60-40 длиной 3000 мм
Схема 300-1200-1200-300

Угловая зона:

от 0 м до 10.1 м - 3 кронштейна К-С-90.1 на вертикальную направляющую НГ-С-60-40 длиной 3000 мм
Схема 300-1200-1200-300

Нормативные документы:

1. СНиП 2.01.07-85* СП 20.13330.2011 "НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ". Москва 2011.
2. ФЦС – 44416204-09-2010 Крепления анкерные. Метод определения несущей способности анкеров по результатам натурных испытаний. Москва 2010
3. ООО "Инженерные системы" АЛЬБОМ ТИПОВЫХ УЗЛОВ СИСТЕМЫ ИС-5К(Н) НАВЕСНЫХ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДОВ «ИСМ – ФАСАД
4. Экспертное заключение на несущую способность навесной вентилируемой фасадной системы «ИСМ-ФАСАД» типа ИС-5 с облицовкой плитами из натурального камня и керамогранита. ЦНИИПСК им. Мельникова. Москва 2011.