

Методика
расчётов на прочность и
деформативность навесных
фасадных систем "СИЛМА"

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № д/дл.	Подп. и дата

КУРСК 2015

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Общая часть	4
2.	Конструктивные решения	5
3.	Нагрузки и воздействия	6
4.	Расчётные схемы элементов каркаса	7
5.	Пример расчёта элементов каркаса НФС	8
6.	Библиографический список	27



Справ. №	Перв. примен.
----------	---------------

Взам. инв. №	Инв. № дудл.	Подп. и дата
--------------	--------------	--------------

И-в. № подл.	Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата
--------------	-----------	----------	-------	------

Разраб.				
Пров.				
Н.контр.				
Утв.				

Методика расчётов на прочность и деформативность навесных фасадных систем "СИЛМА" производства ООО "Завод Стройпром"					
Лит.	Лист	Листов			
А	2	26			

1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Методика расчета конструктивных элементов навесных фасадных систем с вентилируемым зазором «СИЛМА» разработана в соответствии с требованиями современной законодательной и нормативной документации и технической документацией ООО «Завод «Стройпром».

Конструкция каркасов фасадных систем «СИЛМА» представляет собой конструктивное решение с вертикальными, или вертикальными и горизонтальными (перекрёстными) направляющими, закреплёнными на кронштейнах. Все кронштейны системы равноценны и должны быть закреплены в несущей стене здания.

Навесная фасадная система с вентилируемым зазором "СИЛМА" предназначена для облицовки фасадов плитами из керамогранита, асбестоцемента, профнастила, сайдинга, вновь строящихся и реконструируемых зданий и сооружений различного назначения и, при необходимости, их наружного утепления. Конструкции могут применяться в зданиях и сооружениях различных уровней ответственности, всех степеней огнестойкости и классов функциональной и конструктивной пожарной опасности

По Техническому регламенту "О требованиях пожарной безопасности" (123-ФЗ от 22.07.2008) и СНиП 21-01-97 в районах и местах строительства, относящихся к различным ветровым районам по СП 20.13330.2011 с учетом расположения и высоты возводимых зданий и сооружений, с обычными геологическими и геофизическими условиями, а также на просадочных грунтах 1-го типа по СП 22.13330.2011 и на вечномерзлых грунтах в соответствии с 1-м принципом по СП 25.13330.2012 с различными температурно-климатическими условиями по СП 131.13330.2012 в сухих, нормальных или влажных зонах влажности, с неагрессивной, слабоагрессивной и среднеагрессивной окружающей средой по СП 28.13330.2012 в районах, не относящихся к сейсмическим в соответствии с СП 14.13330.2011.

Материал несущих стен зданий, предназначенных под облицовку, может быть монолитный и сборный железобетон, лёгкий бетон, кирпич керамический и силикатный, блоки из легкого и пористого бетона и т.п. Непременным

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дфл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Методика расчётов на прочность и деформативность навесных фасадных систем "СИЛМА" производства ООО "Завод Стройпром"

Лист
3

требованием к материалу стены является то, что объёмный вес материала стены не может быть меньше 600 кг/м^3 .

При проектировании фасадной системы на стене из блоков лёгкобетонных блоков, особое внимание следует обратить на несущую способность анкерных элементов, защемляющих кронштейн в стене. В случае недостаточной несущей способности анкеров рекомендуется в зонах крепления кронштейнов системы устраивать железобетонные или бетонные пояса. В отдельных случаях при экономическом обосновании возможно применение стальных конструкций.

Расчет предназначен для специалистов, выполняющих разработку проектов систем с воздушным зазором для облицовки фасадов зданий и сооружений различного назначения.

Фасадные системы предназначены для отделки и утепления зданий и сооружений различного назначения при их возведении, капитальном ремонте и реконструкции.

Системы применяются для облицовки зданий высотой до 150 метров. Конструкция рассчитана на применение утеплителя толщиной от 40 до 240 мм.

Фасадная система может использоваться в I-VII ветровых районах с предельной отрицательной температурой выше минус $50 \text{ }^\circ\text{C}$ и при положительной температуре до плюс $40 \text{ }^\circ\text{C}$ в сочетании с температурой солнечной инсоляции на поверхности облицовки до плюс $80 \text{ }^\circ\text{C}$.

2 КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ

Навесная фасадная система состоит из следующих основных частей.

- основание - несущая или самонесущая стена;
- крепежные кронштейны;
- направляющие профили;
- утеплитель (при необходимости утепления стен);
- ветрогидрозащита утеплителя (при необходимости);
- воздушный зазор;
- облицовочные элементы - плиты из керамогранита;

Методика расчётов на прочность и деформативность навесных фасадных систем "СИЛМА" производства ООО "Завод Стройпром"

Лист

4

Инд. № подл.	Подп. и дата	Изм. № докл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № докл.	Подп. и дата
Изм.	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата		

- крепежные элементы (для соединения элементов навесной фасадной системы друг с другом и крепления их к основанию);

- дополнительные элементы (элементы примыканий к оконным, дверным проемам, цоколю, крыше, балконам, лоджиям и др. узлам).

Основные элементы навесной фасадной системы показаны на схемах, приведенных на листах Альбомов технических решений [12, 13, 14, 15].

3 НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ

3.1 На каркас навесных фасадов действуют следующие нагрузки:

- собственный вес облицовки и каркаса;

- ветровые нагрузки;

- нагрузки от обледенения облицовки;

- температурные воздействия

- снеговые нагрузки учитываются тогда, когда возможно отложение снега на элементах конструкций облицовки.

3.2 Нормативная нагрузка от собственного веса облицовки принимается согласно технической документации на неё, коэффициенты надёжности по нагрузке принимаются согласно п.7 СП 20.13330.2011.

3.3 В расчётах учитывают пиковые положительные от ветрового напора и отрицательные от ветрового отсоса значения ветровой нагрузки согласно п.11.2 СП 20.13330.2011 или Табл. 9 [11].

3.4 Гололёдная нагрузка принимается согласно п. 12 СП 20.13330.2011. Нормативное значение ветровой нагрузки на покрытые гололёдом элементы следует принимать равным согласно п.12.3 СП 20.13330.2011.

4 РАСЧЁТНЫЕ СХЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВ КАРКАСА

4.1 Прочностные расчеты включают проверку прочности и деформаций вертикального и горизонтального несущих профилей, кронштейнов, заклепочного соединения или соединения на саморезах, воспринимающих нагрузки от их собственной массы, массы фасадных панелей, от давления ветра и гололедных нагрузок.

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дубл.
Изм.	Лист
№ докум.	Подп.
Дата	

4.2 При выполнении расчетов и выборе расчетных схем несущего каркаса, определении шага кронштейнов необходимо учитывать результаты испытаний на усилия вырывания дюбелей из стены, проведенные для различных участков фасада конкретного здания.

4.3 Для крепления элементов облицовки используют направляющие. Длина типовой направляющей составляет 3,0 м. Расчетная схема направляющих - однопролетная или многопролетная балка с шарнирными опорами, нагруженная ветровой нагрузкой, гололёдной нагрузкой и нагрузкой от собственного веса облицовки (см. рис. 1,2).

4.4 Шаг направляющих по горизонтали или по вертикали соответствует расчетному пролету облицовочных элементов.

4.5 Расчётные схемы направляющих навесной фасадной системы СИЛ-МА должны соответствовать приведенным в п.4 [11]

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дфл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

5. ПРИМЕР РАСЧЁТА ЭЛЕМЕНТОВ КАРКАСА НФС

Общие данные

1. Район строительства г. Курск
2. Высота здания 30м
3. Ветровой район II, $w_0=30$ кПа (Тип местности В)
4. Гололедный район III (толщина стенки гололеда с двух сторон по 10 мм)
5. Стена строящегося здания - бетон В25.
6. Вылет подконструкции от стены здания - 190мм.

Примем для расчёта вертикальное расположение направляющих по трёхпролётной схеме (п.4.16.5, схема 2 [11]), Рис.1.

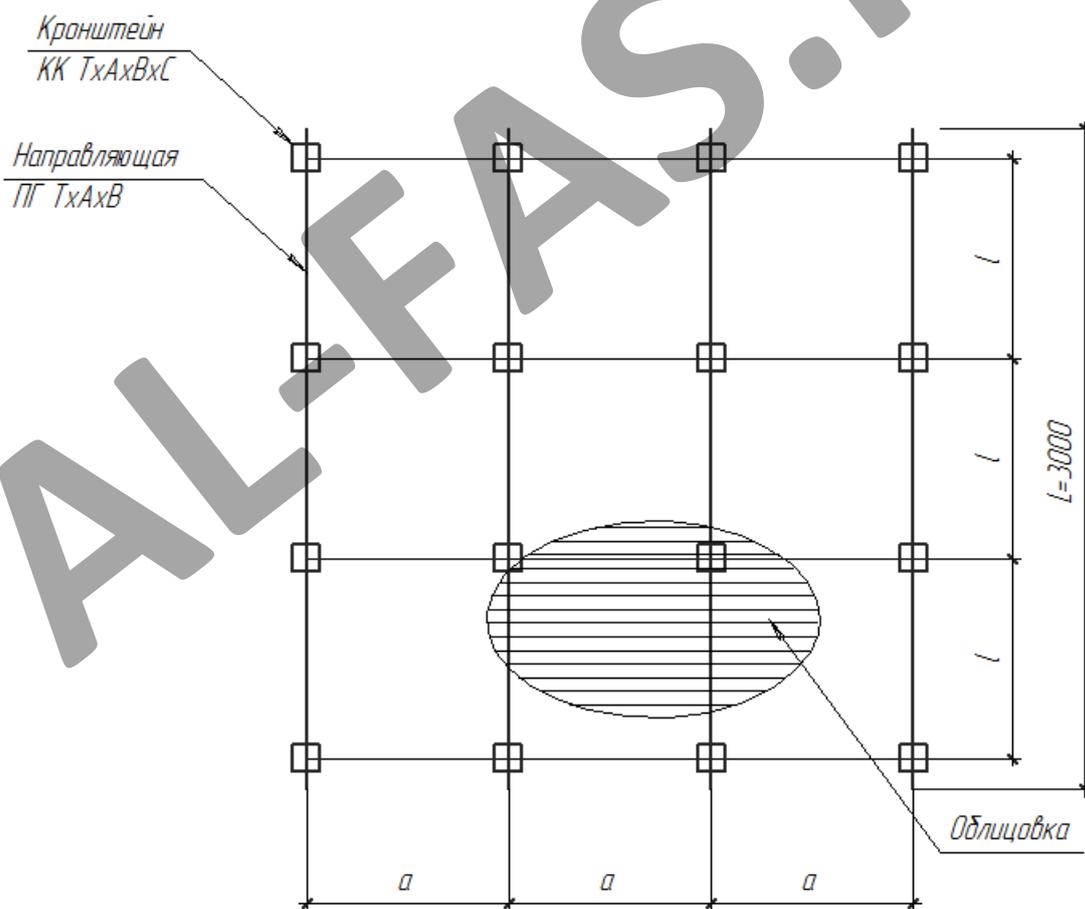


Рис.1. Схема расположения элементов каркаса НФС

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дфл.
Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Составляющие системы:

1. Направляющие ПГ-1,2x40x60. Расположение вертикальное.
2. Кронштейны - ККУ-180 С=1,2мм), расположенные полкой вертикально.
3. Облицовка - профилированный лист типа С-21x1000x0,5.
4. Анкерный дюбель MBR 10мм L=120 мм (MUNGO).

Расчетные нагрузки:

1 Собственный вес 1 м² облицовки:

$$G_n = G_n^H \gamma_n,$$
$$G_n = 0,0542 \cdot 1,05 = 0,057 \text{ кПа}.$$

G_n в настоящем примере нормативное значение собственного веса облицовки $G_n^H=0,542$ кН/м принято по Табл 46 [11] (см. техническую документацию на профилированный настил).

2 Собственный вес 1м направляющей

$$G_{\text{нап}} = G_{\text{нап}}^H \gamma_n = 0,0093 \cdot 1,05 = 0,00977 \text{ кПа}.$$

Собственный вес 1м направляющей $G_{\text{нап}}^H$ принимается по сортаменту профилей из Альбомов технических решений [12, 13, 14,15].

3. Ветровая нагрузка

На высоте 30м по табл. 10 [11] имеем.

Ветровой напор $w_m^+ = 0,914$ кПа.

Ветровой отсос

для центральной части здания $w_m^- = 0,914$ кПа;

для угловой части здания $w_m^- = 1,68$ кПа.

4. Гололёдная нагрузка

$$i = \gamma_f b k \mu_2 \rho g = 1,3 \cdot 0,01 \cdot 1,4 \cdot 0,6 \cdot 900 \cdot 9,81 = 96,4 \text{ Н/м}^2 = 0,0964 \text{ кПа}.$$

Обозначения и значения величин приняты по п. 12 СП 20.13330.2011

Предварительный расчёт

Подбор шага и пролета (расстояние между кронштейнами) направляющей .

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дубл.
Инд. № дубл.	Подп. и дата
Изм.	Лист
№ докум.	Подп.
Дата	Дата

Принимаем шаг направляющих в первом приближении равным 1,5м.

1. Расчетная ветровая нагрузка q_n для облицовки длиной $l=1,5$ м (одно-пролётная схема)

$$q_n = \frac{8R_y \gamma_f W_z}{l^2} = \frac{8 \cdot 235000 \cdot 1,05 \cdot 3,37 \cdot 10^{-6}}{1,5^2} = 2,96 \text{ кПа} < w_m = 1,68 \text{ кПа},$$

где $R_y=235000$ кПа - расчётное сопротивление стали С255 (Табл. В5 СП16.13330.2011),

$\gamma_f=1,05$ - коэффициент надёжности по нагрузке (Табл. 7.1 СП20.13330.2011),

$W_z=3,37$ см³ - момент сопротивления 1м ширины сечения профнастила (Табл. 46 [11]).

2. Определяем требуемый пролет направляющей из условия прочности направляющей.

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M_{оп}}{W_z} \leq R_y,$$

$$M_{оп} = 0,1 \cdot q_w \cdot l^2 = 0,08 \cdot 2,88 \cdot l^2 = 0,22 \cdot l^2,$$

$$q_w = w_m \cdot a \cdot k_{нер} = 1,68 \cdot 1,5 \cdot 1,1 = 2,88 \text{ кНм},$$

$$N = G_n L a + G_{нав} \gamma_f L = 0,057 \cdot 3 \cdot 1,5 + 0,0093 \cdot 1,05 \cdot 3 = 0,286 \text{ кН},$$

где

$M_{оп}$ - опорный момент, принят по п.4.16.5 [11];

q_w - ветровая погонная нагрузка;

a - шаг направляющих;

l - пролёт направляющей;

$R_y=225000$ кПа - расчётное сопротивление стали направляющей;

$k_{нер} = 1,1$ - коэффициент неразрезности примем как для трёхпролётной схемы п.4.16.5 [11];

Сечение направляющей примем ПГ - 1,2х40х60 длиной 3000 мм

$W_{z2}=1,11$ см³, $A=1,19$ см².

$$\frac{0,286}{1,19 \cdot 10^{-4}} + \frac{0,23 \cdot l^2}{1,11 \cdot 10^{-6}} = 225000,$$

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	Инд. № дубл.
Изм.	Лист
№ докум.	Подп.
Дата	Дата

$$l = \sqrt{\frac{(225000 - 2400) \cdot 1,11 \cdot 10^{-6}}{0,23}} = 1,06 \text{ м} \cong 1,0 \text{ м.}$$

3. Определяем требуемый пролёт направляющей из условия прочности кронштейна

$$\sigma_1 = \frac{M_1}{W_1} + \frac{M_2}{W_2} + \frac{Q_{on}}{A} \leq R_y,$$

$$R_y = \frac{P \cdot e_1}{W_1} + \frac{Q_{on} \cdot e_2}{W_2} + \frac{Q_{on}}{A},$$

$R_y = 225000$ кПа;

$$P = G_n l a + G_{кан} \gamma_f = 0,057 l \cdot 1,5 + 0,0093 \cdot 1,05 l = 0,0953 l,$$

$e_1 = 155$ мм; $e_2 = 20,2$ мм (см. Рис. 3).

$$Q_{on} = 1,1 \cdot q_w \cdot l = 1,1 \cdot 2,52 l = 2,77 l,$$

$$q_w = w_m \cdot a \cdot 1,1 = 1,68 \cdot 1,5 \cdot 1 = 2,52 \text{ кН/м,}$$

$W_1 = 1758$ мм³; $W_2 = 96,7$ мм³; $A = 116$ мм² (см. сортамент Альбома технических решений)

$$225000 = \frac{0,0953 l \cdot 0,155}{1758 \cdot 10^{-9}} + \frac{2,77 l \cdot 0,0202}{96,7 \cdot 10^{-9}} + \frac{2,77 l}{116 \cdot 10^{-6}},$$

$$225000 = 8402 l + 578635 l + 23879 l,$$

$$l = \frac{225000}{634843} = 0,356 \text{ м} \cong 0,35 \text{ м.}$$

$$\sigma_2 = \frac{M_3}{W_3} + \frac{P}{A_1} \leq \frac{R_y}{\gamma_n},$$

$$R_y = \frac{M_3}{W_3} + \frac{P}{A_1} = \frac{Q_w \cdot e_3}{W_3} + \frac{P}{A_1},$$

$R_y = 225$ МПа.

$$P = G_n l a + G_{кан} \gamma_f = 0,057 l \cdot 1,5 + 0,0093 \cdot 1,05 l = 0,0953 l,$$

$e_1 = 155$ мм; $e_3 = 19,2$ мм (см. Рис. 3).

$$Q_{on} = 1,1 \cdot q_w \cdot l = 1,1 \cdot 2,77 l = 3,04 l,$$

$$q_w = w_m \cdot a \cdot k_{нер} = 1,68 \cdot 1,5 \cdot 1,1 = 2,52 \text{ кН/м,}$$

$W_3 = 81,0$ мм³; $A_1 = 97,2$ мм².

$$225000 = \frac{3,04 l \cdot 0,0192}{81,0 \cdot 10^{-9}} + \frac{0,0953 l}{97,2 \cdot 10^{-6}},$$

$$225000 = 7205926 l + 980 l,$$

$$l = \frac{225000}{634843} = 0,312 \text{ м} \cong 0,3 \text{ м.}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Методика расчётов на прочность и деформативность навесных фасадных систем "СИЛМА" производства ООО "Завод Стройпрот"	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

3. Определяем требуемый пролет направляющей из условия несущей способности анкера на вырыв

$$N_1 = \frac{P(e_1 + 15\text{мм})}{e_4} - \text{усилие вырыва от вертикальной нагрузки } P.$$

$$P = G_n l a + G_{\text{анк}} \gamma_f = 0,057l \cdot 1,5 + 0,0093 \cdot 1,05l = 0,0953l,$$

$$e_1 + 15\text{мм} = 170\text{мм}; e_4 = 40\text{мм}.$$

$$N_1 = \frac{0,0953l \cdot 0,17}{0,04} = 0,405l,$$

$$N_2 = \frac{Q_w(e_3 + e_5)}{e_5} - \text{усилие вырыва от горизонтальной нагрузки } P.$$

$$Q_w = 1,143 \cdot q_w \cdot l = 1,143 \cdot 2,52l = 2,88l,$$

$$q_w = w_m \cdot a \cdot k_{\text{неп}} = 1,68 \cdot 1,5 \cdot 1 = 2,52 \text{ кН/м},$$

$$e_3 = 19,2\text{мм}; e_5 = 40\text{мм}.$$

$$N_2 = \frac{2,88l(0,0192 + 0,04)}{0,04} = 4,26l,$$

$$N_1 + N_2 \leq N_{\text{отр}},$$

$$0,405l + 4,26l = 4,67l.$$

$N_{\text{отр}} = 2,1 \text{ кН}$ для анкерного дюбеля MBR 10мм, L=210мм (MUNGO)

$$N_1 + N_2 = N_{\text{отр}},$$

$$4,67l = 2,1,$$

$$l = 0,449\text{м}.$$

Вывод: пролет направляющей (шаг кронштейнов) определяется несущей способностью кронштейна и равен 300 мм, при этом грузовая площадь $A = a \cdot l = 1,5 \cdot 0,3 = 0,45 \text{ м}^2$

Окончательный расчёт

Принимаем расчетную схему направляющей - четырёхпролетная схема с пролетами $l = 700 \text{ мм}$, тогда

$$a = \frac{A}{l k_{\text{неп}}} = \frac{0,45}{0,7 \cdot 1,143} = 0,526 \text{ м} - \text{из условия прочности кронштейна для кронштейна.}$$

$$a = \frac{R_y W}{0,077 l^2 w_m k_{\text{неп}}} = \frac{225000 \cdot 1,11 \cdot 10^{-6}}{0,077 \cdot 0,7^2 \cdot 1,68 \cdot 1,143} = 3,45 \text{ м}$$

- из условия прочности направ-

ляющей направляющей.

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дубл.
Инд. № подл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Принимаем шаг направляющих $a=500$ мм, пролёт направляющей $l=0,7$ м

а) Проверка сечения направляющей

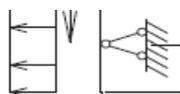


Рис.2. Расчётная схема направляющей

$$M_{пр} = 0,077 q_w l^2 = 0,077 \cdot 0,96 \cdot 0,72 = 0,0362 \text{ кНм.}$$

$$M_{оп} = 0,107 q_w l^2 = 0,107 \cdot 0,96 \cdot 0,72 = 0,0503 \text{ кНм.}$$

$$Q_{оп} = 1,1 q_w l = 1,1 \cdot 0,96 \cdot 0,7 = 0,739 \text{ кН.}$$

$$q_w = w_m a k_{пер} = 1,68 \cdot 0,5 \cdot 1,143 = 0,96 \text{ кН/м.}$$

$$P = G_n \cdot l a + G_{нап} \gamma_f l = 0,057 \cdot 0,7 \cdot 0,5 + 0,0093 \cdot 1,05 \cdot 0,7 = 0,0268 \text{ кН.}$$

Сечение направляющей ПГ 1,2x40x60, длиной 3000 мм.

$$W_{z_{min}} = 1,11 \text{ см}^3, A = 1,19 \text{ см}^2.$$

Проверка прочности направляющей ПГ 1,2x40x60:

а) по прочности при отсое по максимальному изгибающему моменту и минимальному моменту сопротивления

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

$$\sigma = \frac{P}{A} + \frac{M_{on}}{W_z} = \frac{0,0268}{1,19 \cdot 10^{-4}} + \frac{0,0503}{1,11 \cdot 10^{-6}} = 225 + 45315 = 45540 \text{ кПа} < 225000 \text{ кПа.}$$

б) по деформациям

$$f = \frac{0,0063 \cdot q_w^n l^4}{EJ_x} = \frac{0,0063 \cdot 0,369 \cdot 0,7^4}{2,1 \cdot 10^8 \cdot 46046 \cdot 10^{-12}} = 5,77 \cdot 10^{-5} \text{ м} < \frac{l}{200} = \frac{0,7}{200} = 350 \cdot 10^{-5} \text{ м,}$$

$$q_w^n = \frac{q_w}{(1 + \zeta)\gamma_f} = \frac{0,96}{(1 + 0,86) \cdot 1,4} = 0,369 \text{ кН/м.}$$

Вывод: Сечение направляющей удовлетворяет проверке на прочность и деформативность

AL-FAS.RU

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дфл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Методика расчётов на прочность и деформативность навесных фасадных систем "СИЛМА" производства ООО "Завод Стройпром"

Проверка сечения кронштейна

Рис.3. Расчётная схема кронштейна

Без учёта гололёдной нагрузки.

Расчётная ветровая нагрузка.

$$w_m = 1,68 \text{ кПа.}$$

$$Q_{оп} = 1,1 q_w l = 1,1 \cdot 0,96 \cdot 0,7 = 0,739 \text{ кН.}$$

$$q_w = w_m a_{к_{неп}} = 1,68 \cdot 0,5 \cdot 1,143 = 0,96 \text{ кН/м.}$$

$$P = G_n \cdot l a + G_{нап} \gamma f l = 0,057 \cdot 0,7 \cdot 0,5 + 0,0093 \cdot 1,05 \cdot 0,7 = 0,0268 \text{ кН.}$$

$$e_1 = 155 \text{ мм; } e_2 = 20,2 \text{ мм; } e_3 = 19,2 \text{ мм.}$$

И-в. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	И-в. № д-л.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Методика расчётов на прочность и деформативность навесных фасадных систем "СИЛМА" производства ООО "Завод Стройпром"

$$M_1 = P e_1 = 0,0268 \cdot 0,155 = 0,004154 \text{ кНм.}$$

$$M_2 = Q_{on} e_2 = 0,739 \cdot 0,0202 = 0,0149 \text{ кНм.}$$

$$M_3 = Q_{on} e_3 = 0,739 \cdot 0,0192 = 0,0142 \text{ кНм.}$$

$$\sigma_1 = \frac{M_1}{W_1} + \frac{M_2}{W_2} + \frac{Q_{on}}{A} = \frac{0,004154}{1758 \cdot 10^{-9}} + \frac{0,0149}{96,7 \cdot 10^{-9}} + \frac{0,739}{116 \cdot 10^{-6}} =$$

$$= 2363 + 154085 + 6371 = 162819 \text{ кПа} < R_y = 225000 \text{ кПа}$$

$$\sigma_2 = \frac{M_3}{W_3} + \frac{Q_{on}}{A} = \frac{0,0142}{81 \cdot 10^{-9}} + \frac{0,739}{97,1 \cdot 10^{-6}} = 175309 + 7610 =$$

$$= 182919 \text{ кПа} < R_y = 225000 \text{ кПа.}$$

С учётом гололёдной нагрузки

$$i = \gamma_f b k \mu_2 \rho g = 1,3 \cdot 0,01 \cdot 1,4 \cdot 0,6 \cdot 900 \cdot 9,81 = 96,4 \text{ Н/м}^2 = 0,0964 \text{ кПа.}$$

$$P = G_n \cdot l a + G_{нан} \gamma_f l = 0,057 \cdot 0,7 \cdot 0,5 + 0,0093 \cdot 1,05 \cdot 0,7 = 0,0268 \text{ кН.}$$

$$P_{гол} = 2 i l a = 2 \cdot 0,0964 \cdot 0,7 \cdot 0,5 = 0,0675 \text{ кПа.}$$

$$M_1 = (P + P_{гол} \psi_{t1}) e_1 = (0,0268 + 0,0675 \cdot 1,0) \cdot 0,155 = 0,0146 \text{ кНм.}$$

$$M_2 = 0,25 Q_{on} \psi_{t2} e_2 = 0,25 \cdot 0,739 \cdot 0,9 \cdot 0,0202 = 0,00336 \text{ кНм.}$$

$$M_3 = Q_{on} e_3 = 0,25 \cdot 0,739 \cdot 0,9 \cdot 0,0192 = 0,00319 \text{ кНм.}$$

$$\sigma_1 = \frac{M_1}{W_1} + \frac{M_2}{W_2} + \frac{0,25 Q_{on} \cdot \psi_{t2}}{A} = \frac{0,0146}{1758 \cdot 10^{-9}} + \frac{0,00336}{96,7 \cdot 10^{-9}} + \frac{0,25 \cdot 0,739 \cdot 0,9}{116 \cdot 10^{-6}} =$$

$$= 8305 + 34747 + 1434 = 44486 \text{ кПа} < R_y = 225000 \text{ кПа,}$$

$$\sigma_2 = \frac{M_3}{W_3} + \frac{0,25 Q_{on} \cdot \psi_{t2}}{A} = \frac{0,00336}{81 \cdot 10^{-9}} + \frac{0,25 \cdot 0,739 \cdot 0,9}{97,1 \cdot 10^{-6}} = 41481 + 1712 =$$

$$= 43193 \text{ кПа} < R_y = 225000 \text{ кПа.}$$

Вывод: сечение кронштейна удовлетворяет проверке на прочность

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Методика расчётов на прочность и деформативность навесных фасадных систем "СИЛМА" производства ООО "Завод Стройпром"	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Расчёт на прочность крепления дюбеля

e₆

Рис.4. Расчётная схема дюбелей

Без учёта гололёдной нагрузки

$$\sum N = \frac{P(e_1 + 0,015 м)}{e_4} + \frac{Q_{on} e_6}{e_5} = \frac{0,0268(0,155 + 0,015)}{0,0446} + \frac{0,739 \cdot 0,0587}{0,0396} = 0,102 + 1,1 = 1,202 \text{ кН.}$$

Определяем площадь смятия полипропиленовой прокладки

$$A_{см} = \sum N / R_{см} = 1,202 / 20000 = 0,0000601 \text{ м}^2.$$

Высота площадки смятия

$$c = A_{см} / b_{кр} = 0,0000601 / 0,08 = 0,000751 \text{ м,}$$

$$e_4 = 0,5h_{кр} - 0,5c = 0,5 \cdot 0,09 - 0,5 \cdot 0,000751 = 0,0446 \text{ м,}$$

$$e_5 = 0,5h_{кр} - 0,5c = 0,04 - 0,5 \cdot 0,000751 = 0,0396 \text{ м.}$$

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № дробл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дробл.	Инд. № дробл.	Инд. № дробл.
Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № дробл.	Инд. № дробл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

С учётом гололёдной нагрузки

$$\begin{aligned} \sum N &= \frac{(P + P_{\text{гол}} \psi_{t1})(e_1 + 0,015\text{ м})}{e_4} + \frac{0,25 Q_{\text{он}} \psi_{t2} e_6}{e_5} = \\ &= \frac{(0,0268 + 0,0675 \cdot 1,0)(0,155 + 0,015)}{0,045} + \frac{0,25 \cdot 0,739 \cdot 0,9 \cdot 0,0587}{0,04} = \\ &= 0,282 + 0,244 = 0,526 \text{ кН}. \end{aligned}$$

Определяем площадь смятия полипропиленовой прокладки

$$A_{\text{см}} = \sum N / R_{\text{см}} = 0,526 / 20000 = 0,0000263 \text{ м}^2.$$

Высота площадки смятия

$$c = A_{\text{см}} / b_{\text{кр}} = 0,0000263 \text{ м}^2 / 0,08 = 0,00032875 \text{ м},$$

$$e_4 = 0,5 h_{\text{кр}} - 0,5 c = 0,5 \cdot 0,09 - 0,5 \cdot 0,00032875 = 0,045 \text{ м},$$

$$e_5 = 0,5 h_{\text{кр}} - 0,5 c = 0,04 - 0,5 \cdot 0,00032875 = 0,04 \text{ м}.$$

Несущая способность анкерного дюбеля MBR 10мм, L=210мм (MUNGO),

$$N_{\text{отр}} = 2,1 \text{ кН} > \sum N = 1,202 \text{ кН}.$$

В качестве допускаемого осевого усилия $N_{\text{отр}}$ принимается меньшее из двух значений:

- значение, полученное на основе обработки результатов испытаний или приведенное в ТС на основе данных поставщика для дюбеля (анкера) данной марки, вида;
- значение, определённое по прочности стенового материала

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дфл.
Изм.	Лист
№ докум.	Подп.
Дата	Дата

Пример расчёта сечения кляммера



Рис.5. Схема кляммера

$T=1$ мм

1. Район строительства г. Курск
2. Высота здания 30м
3. Ветровой район II, $w_0=30$ кПа (Тип местности В)
4. Материал кляммера -ASIS 321, $R_y=190000$ кПа, кляммер ККР1

Расчётная схема кляммера

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № дробл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дробл.	Изм.	Лист
Подп. и дата	Инд. № дробл.	Изм.	Лист
Инд. № подл.	Подп. и дата	Изм.	Лист

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Рис.6. Расчётная схема лапки кляммера

Момент сопротивления сечения

$$W = \frac{1^2 \cdot 11}{6} = 1,83 \text{ мм}^3.$$

Расчётная ветровая нагрузка

$$N_w = w_m 0,5a 0,5b = 1,68 \cdot 0,5 \cdot 0,6 \cdot 0,5 \cdot 0,6 = 0,151 \text{ кН}.$$

Расчётная нагрузка от собственного веса плитки

$$P = G_{св} 0,5ab = 0,275 \cdot 0,5 \cdot 0,6 \cdot 0,6 = 0,0495 \text{ кН},$$

где

$a=b=0,6$ м - ширина и высота керамогранитной плитки.

Расчётные усилия

$$M_2 = M_1 + P e_1 = 0,0003775 + 0,0495 \cdot 0,002 = 0,000477 \text{ кНм},$$

$$M_1 = N_w e_2 = 0,151 \cdot 0,0025 = 0,0003775 \text{ кНм}.$$

И-в. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	И-в. № д-л.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Проверка прочности сечения лапки кляммера

$$\sigma = \frac{M_2}{W} + \frac{N_w}{A} = \frac{0,000477}{1,83 \cdot 10^{-9}} + \frac{0,151}{11 \cdot 10^{-6}} = 260383 + 13727 = 274110 \text{ кПа} > 190000 \text{ кПа.}$$

Вывод: Требуется увеличить толщину лапки кляммера, либо принять марку стали с большим расчётным сопротивлением

Проверка сечения пластины кляммера

$$N_w = w_m 0,5ab = 1,68 \cdot 0,5 \cdot 0,6 \cdot 0,6 = 0,302 \text{ кН,}$$

$$M_3 = N_w e_3 = 0,302 \cdot 0,012 = 0,003624 \text{ кНм.}$$

С учётом рёбер жёсткости $W_3 = 24,5 \text{ мм}^3$ [44]

$$\sigma = \frac{M_3}{W_3} = \frac{0,003624}{24,5 \cdot 10^{-9}} = 147918 \text{ кПа} < \frac{R_y}{\gamma_n} = 190000 \text{ кПа.}$$

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дфл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Методика расчётов на прочность и деформативность навесных фасадных систем "СИЛМА" производства ООО "Завод Стройпром"

Лист
20

Пример расчёта соединения на самонарезающих винтах (саморезах)

Марка винта самонарезающего (самореза) Naproon HE4-R-Z16, размером 5,5x25 мм

Оценка прочности крепления проводится с использованием следующих показателей, приведенных в [16].

Разрушающее усилие при вырыве резьбовой части из стального листа.

Разрушающее усилие при вырыве головки винта с шайбой EPDM

Разрушающее усилие дополнительно оценивалось также по нагрузке смятия материала профиля телом винта.

Расчёт на вырыв резьбовой части самореза из стального листа

Данный вид разрушения может возникнуть при ветровом отсосе при креплении профилированного листа к направляющим. Грузовая площадь имеет размеры $a \times b$, см. Рис. 1.

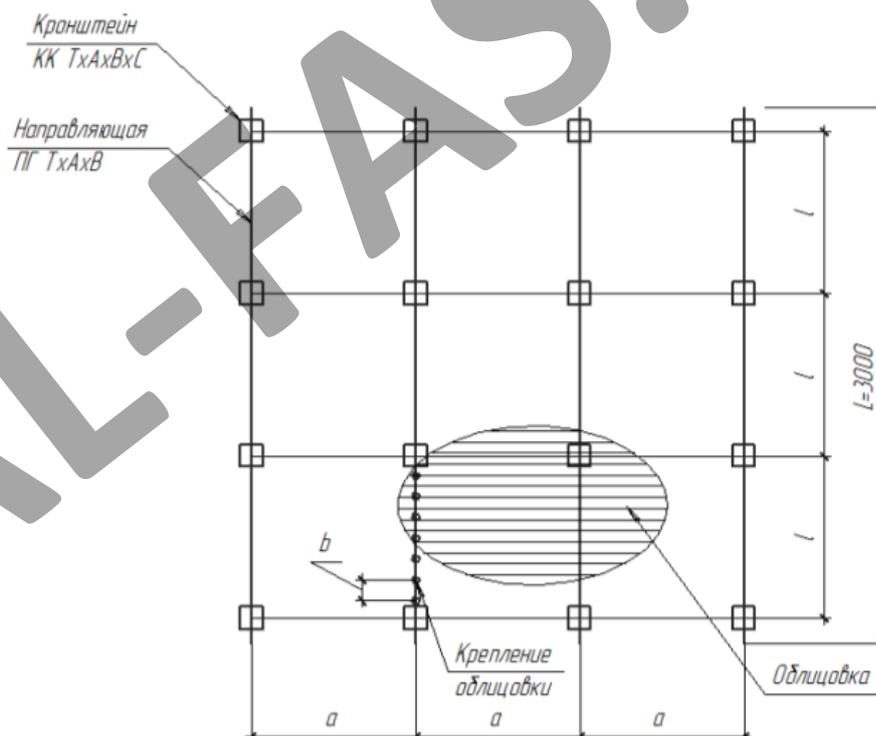


Рис.7. Размеры грузовой площади при ветровом отсосе для расчёта креплений на саморезах

Вырывающее усилие $F_{pч}$ определяется как

$$F_{pч} = q_w ab \quad (1)$$

Методика расчётов на прочность и деформативность навесных фасадных систем "СИЛМА" производства ООО "Завод Стройпром"

Лист
21

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дфл.
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

где q_w - расчётная ветровая нагрузка при ветровом отсосе, получаемая по п.11.2 СП 20.13330.2011 или Табл. 9 [11].

Так, для здания высотой 30м в г. Курске, тип местности В $q_w=1,68$ кПа. При шаге направляющих $a=0,9$ м и шаге винтов вдоль направляющей $b=0,2$ м, усилие вырыва, действующее на самонарезающий винт составит

$$F_{рч} = q_w a l = 1,68 \cdot 0,9 \cdot 0,2 = 0,302 \text{ кН}$$

Нормативное значение разрушающего усилия вырыва резьбовой части винта из стального листа $F_{рчн}$ следует определять по результатам лабораторных испытаний для соответствующей толщины стали направляющей. Ориентировочное среднее значение $F_{рчср}$ получим по результатам интерполяции данных, приведенных в [16] см. Рис.1.

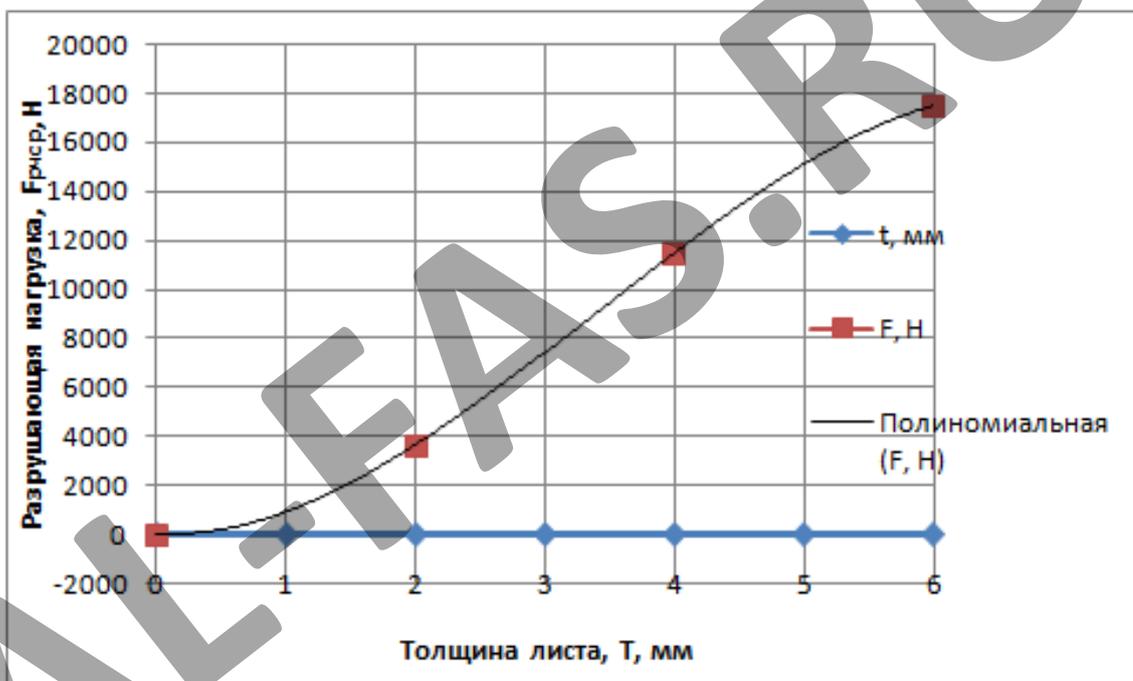


Рис.8. Экстраполяция результатов испытаний на вырыв резьбовой части
Для толщины $T=1,2$ мм, аппроксимируя данные [16] полиномом третьей степени, получаем $F_{рчср}=1312$ Н (результат получен с использованием формулы линии тренда Excel). Для перехода от среднего значения усилия вырыва резьбовой части винта из стального листа $F_{рчср}$ к расчётному значению $F_{рч}$ используем ориентировочный переходной коэффициент $\gamma=0,85$ (более достоверно коэффициент получают статистической обработкой результатов лабораторных испытаний). Таким образом, получаем ориентировочное значение разрушающего усилия вырыва резьбовой части винта из стального листа.

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дробл.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

$$F_{рчр} = F_{рчр} \gamma = 1312 \cdot 0,85 = 1115 \text{ Н}$$

$F_{рч} = 0,302 \text{ кН} < F_{рчр} = 1,115 \text{ кН}$, условие прочности вырыва резьбовой части винта из стального листа выполнено.

Расчёт на вырыв головки винта самореза с шайбой EPDM из стального листа

Данный вид разрушения соответствует вырыву облицовки и может возникнуть при ветровом отсосе при креплении профилированного листа к направляющим. Грузовая площадь имеет размеры $a \times b$,

Усилие отрыва стального листа через шайбу $F_{осл}$ определяется как

$$F_{осл} = q_w \cdot ab \quad (1)$$

где q_w - расчётная ветровая нагрузка при ветровом отсосе, получаемая по п.11.2 СП 20.13330.2011 или Табл. 9 [11].

Так, для здания высотой 30 м в г. Курске, тип местности В $q_w = 1,68 \text{ кПа}$. При шаге направляющих $a = 0,9 \text{ м}$ и шаге винтов вдоль направляющей $b = 0,2 \text{ м}$, усилие вырыва, действующее на самонарезающий винт составит $F_{осл} = q_w \cdot ab = 1,68 \cdot 0,9 \cdot 0,2 = 0,302 \text{ кН}$

Нормативное значение разрушающего усилия отрыва стального листа через шайбу $F_{осл}$ следует определять по результатам лабораторных испытаний для соответствующей толщины стали профилированного листа. Ориентировочное среднее значение $F_{ослр}$ получим по данным, приведенных в [16]. Для размера самореза 5,5x25 мм и толщины стального листа С255, 0,5 мм $F_{ослр} = 3,739 \text{ кН}$

Для перехода от среднего значения отрыва стального листа через шайбу $F_{ослр}$ к расчётному значению $F_{ослр\text{рас}}$ используем ориентировочный переходной коэффициент $\gamma = 0,85$ (более достоверно коэффициент получают статистической обработкой результатов лабораторных испытаний). Таким образом, получаем ориентировочное значение разрушающего усилия отрыва стального листа через шайбу.

$$F_{ослр\text{рас}} = F_{ослр} \gamma = 3,739 \cdot 0,85 = 3,18 \text{ кН.}$$

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Подп. и дата
Инд. № докл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

$F_{осл}=0,302 \text{ кН} < F_{ослрас}=3,18 \text{ кН}$, условие прочности по отрыву стального листа через шайбу выполнено.

Расчёт на срез и смятие соединения на саморезе

Саморез Harpoon HD-R диаметром 4,2мм.

Данный вид разрушения может возникнуть при ветровом напоре и отсосе при креплении направляющей к кронштейну. Грузовая площадь имеет размеры $a \times l$, см. Рис. 7.

Срезающее и сминающее усилие $F_{ссм}$ определяется как

$$F_{ссм} = q_w \cdot a \cdot l, \quad (1)$$

где q_w - расчётная ветровая нагрузка при ветровом отсосе, получаемая по п.11.2 СП 20.13330.2011 или Табл. 9 [44].

Так, для здания высотой 30м в г. Курске, тип местности В $q_w=1,68 \text{ кПа}$. При шаге направляющих $a=0,5 \text{ м}$ и кронштейнов $l=0,7 \text{ м}$, усилие среза и смятия, действующее на самонарезающий винт, составит $F_{ссм} = q_w \cdot a \cdot l = 1,68 \cdot 0,5 \cdot 0,7 = 0,588 \text{ кН}$.

Нормативное значение разрушающего усилия среза винта $F_{срн}$ следует определять по результатам лабораторных испытаний. Ориентировочное среднее значение $F_{срп}$ получим по данным, приведенным в [16]. Для диаметра 4,2 мм среднее усилие среза составляет $F_{срп} = 4,557 \text{ кН}$.

Для перехода от среднего значения усилия среза винта из $F_{срп}$ к расчётному значению $F_{срр}$ используем ориентировочный переходной коэффициент $\gamma=0,85$ (более достоверно коэффициент получают статистической обработкой результатов лабораторных испытаний). Таким образом, получаем ориентировочное значение разрушающего усилия среза винта.

$$F_{срр} = F_{срп} \cdot \gamma = 4,557 \cdot 0,85 = 3,87 \text{ кН},$$

$F_{ссм}=0,588 \text{ кН} < F_{срр}=3,87 \text{ кН}$, условие прочности среза винта (одного) выполнено.

Выполним проверку на смятие телом самореза металла кронштейна и направляющей. Условие прочности на смятие запишем как

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дубл.
Инд. № подл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

$$\frac{F_{ссм}}{dT_{\min}} \leq R_p \gamma_c,$$

d_n - диаметр самореза нетто следует установить по технической документации, для самореза Harpoon HD-R диаметром 4,2мм примем $d_n=3,0$ мм;

T_{\min} - минимальная из толщин кронштейна и направляющей, для толщин кронштейна $T_{кр}=1,2$ мм и направляющей $T_{нап}=1,0$ мм, $T_{\min}=1,0$ мм;

R_p - расчётное сопротивление стали кронштейна и направляющей, для стали с расчётным сопротивлением $R_y=22500$ кПа - $R_p=343000$ кПа (Табл. В5 и В7 СП16.13330.2011);

$\gamma_c=1$ - коэффициент условий работы.

Для указанных параметров

$$\frac{F_{ссм}}{dT_{\min}} = \frac{0,588}{3 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 10^{-3}} = 196000 \text{ кПа} < 343000 \text{ кПа}.$$

Условие прочности по смятию металла кронштейна и направляющей выполнено

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дфл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Методика расчётов на прочность и деформативность навесных фасадных систем "СИЛМА" производства ООО "Завод Стройпром"

Лист
25

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 384-ФЗ Технический регламент о безопасности зданий и сооружений
2. 123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности
3. СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений
4. СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия
5. СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений
6. СП 25.13330.2012 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах
7. СП 131.13330.2012 Строительная климатология
8. СП 28.13330.2012 Защита строительных конструкций от коррозии
9. СП 14.13330.2011 Строительство в сейсмических районах
10. СП 16.13330. 2011 Стальные конструкции
11. Расчёт фасадных систем ООО "Компания Металл Профиль". ЦНИИПСК им. Мельникова, 2012
12. Навесные фасадные системы с вентилируемым зазором "СИЛМА" (для облицовки керамогранитом).
13. Навесные фасадные системы с вентилируемым зазором "СИЛМА-П" (для облицовки фиброцементными или асбестоцементными плитами).
14. Навесные фасадные системы с вентилируемым зазором "СИЛМА-М" (для облицовки сайдингом, профлистом и металлокассетами).
15. Навесные фасадные системы с вентилируемым зазором "СИЛМА-М" (для облицовки кассетами из алюминиевых композитных материалов).
16. <http://harpoon.pro/>

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № докл.	Подп. и дата	Методика расчётов на прочность и деформативность навесных фасадных систем "СИЛМА" производства ООО "Завод Стройпром"	Лист 26
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		