

ПРОЧНОСТНОЙ РАСЧЕТ

ЭЛЕМЕНТОВ КАРКАСА НАВЕСНОЙ ФАСАДНОЙ СИСТЕМЫ С ВОЗДУШНЫМ ЗАЗОРОМ "VENFAS" ПРОИЗВОДСТВА ООО "ВЕНФАС"

Тип крепления: в междуэтажные перекрытия

Тип облицовочного материала: Панели из нержавеющей стали

| | |
|---|-------------|
| Ветровой район: | I |
| Гололедный район: | II |
| Шаг кронштейнов по вертикали (H) | 3000 |
| Шаг кронштейнов по горизонтали (S) | 600 |

Города I ветрового района:

Москва, Брянск, Смоленск, Великий Новгород, Рязань, Ярославль, Владимир, Вологда,
Сыктывкар, Нижний Новгород, Йошкар-Ола, Ижевск, Пермь, Екатеринбург, Тюмень,
Ханты-Мансийск

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| СОДЕРЖАНИЕ | 2 |
| 1. Исходные данные | 3 |
| 2. Характеристики материалов | 3 |
| 2.1. Облицовочный материал | 3 |
| 2.2. Материал несущих конструкций фасадной системы | 3 |
| 2.3. Заклепки | 4 |
| 3. Расчет внешних воздействий на фасадную систему для прямоугольного в плане здания | 4 |
| 3.1. Определение пиковой ветровой нагрузки | 4 |
| 3.2. Определение гололедной нагрузки | 7 |
| 3.3. Вес облицовочного материала | 7 |
| 3.4. Собственный вес направляющего профиля | 8 |
| 4. Параметры и коэффициенты принимаемые в расчетах | 8 |
| 4.1. Определение расчетной ветровой и гололедной нагрузки на п.м. для указанной зоны: | 9 |
| 5. Расчет прочности и прогиба направляющего профиля | 9 |
| 6. Расчет усилия в анкерных болтах и фасадной системе | 10 |
| 6.1. Крепление основного кронштейна и талрепа с использованием одного анкера | 10 |
| 6.2. Крепление основного кронштейна и талрепа с использованием двух анкеров | 11 |
| 6.3. Усилие на анкер в дополнительном кронштейне | 11 |
| 7. Расчет по прочности элементов фасадной системы | 11 |
| 7.1. Выдвижная вставка кронштейна. | 11 |
| 7.2. Кронштейн. | 12 |
| 7.3. Талреп | 13 |
| 7.4. Второстепенные элементы фасадной системы | 14 |
| 8. Расчет заклепочных соединений | 15 |
| 8.1. Соединение кронштейна с выносной планкой (направляющим профилем). | 15 |
| 8.2. Соединение скобы талрепа с направляющим профилем | 15 |
| 8.3. Расчет заклепочных соединений направляющих профилей (при необходимости) | 17 |
| 9. Подбор анкерных болтов фирмы "..." | 17 |
| 9.1. Подбор анкерного болта для основного крепления в бетоне | 17 |
| 9.2. Подбор анкерного болта для дополнительного крепления в кирпичной кладке | 18 |
| ПЕРЕЧЬ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ | 19 |

1. Исходные данные

VENFAS представляет собой систему навесных вентилируемых фасадов, предназначенную для наружной отделки и утепления зданий. Особенностью применения вентилируемых фасадов является наличие воздушной прослойки между облицовочным материалом и утеплителем, что обеспечивает свободную циркуляцию воздуха и как следствие усиленное испарение влаги и конденсата с элементов конструкции фасада и утеплителя, что обеспечивает их долговечность. Система отличается простотой монтажа и возможностью применения разнообразных облицовочных материалов для достижения необходимого облика и архитектурной эстетичности зданий.

Каркас системы состоит из направляющих вертикальных профилей, обеспечивающих крепление элементов облицовки, стальных кронштейнов, позволяющих при их использовании с выдвижными планками относить каркас на необходимое расстояние от здания. Соединение элементов каркаса производится с применением вытяжных заклепок. Отличительной чертой фасадной системы VENFAS является возможность ее крепления не только к вертикальным несущим и ограждающим конструкциям, но и к конструкциям перекрытий. Это обеспечивается использованием талрепа, который позволяет снять вертикальную нагрузку с кронштейна и передать ее на несущую конструкцию здания.

| | |
|------------------------------------|---------|
| Шаг кронштейнов по горизонтали (S) | 600 мм |
| Высота этажа | 3000 мм |
| Шаг кронштейнов по вертикали (H) | 3000 мм |
| Вылет кронштейна от основания | 180 мм |
| Длина вертикальных направляющих | 3000 мм |

2. Характеристики материалов

2.1. Облицовочный материал

| | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| Тип облицовочного материала | Панели из нержавеющей стали |
| Плотность материала облицовки | 8000 кг/м ³ |
| Толщина материала облицовки | 1.5 мм |
| Вес квадратного метра | 12.0 кг/м ² |

2.2. Материал несущих конструкций фасадной системы

Все элементы каркаса фасадной системы выполнены из:

1. Сталь листовая холоднокат. оцинкованная СТ08пс-ХП-НР-1 с полимерным покрытием

| Марка стали | ГОСТ | Механические характеристики | | γ_m | Расчетные сопротивления | | Модуль упругости |
|----------------|----------|-----------------------------|----------------|------------|-------------------------|-------------|------------------|
| | | R_{yn} , МПа | R_{un} , МПа | | R_y , МПа | R_s , МПа | E_s , МПа |
| СТ08пс-ХП-НР-1 | 14918-80 | 230 | 295 | 1.05 | 219.0 | 127.0 | 200000 |

2.3. Заклепки

Для крепления элементов каркаса используются заклепки, согласно ISO 15983.

Вытяжные нержавеющие заклепки A2/A2 диаметром 4 мм

Расчетное сопротивление срезу и растяжению заклепок определяется согласно гарантированным пределам разрушающей нагрузки на срез и растяжение для указанных диаметров заклепок, составляет:

$R_{\text{срез}} = 198.9$ МПа - срез $R_{\text{раст}} = 278.5$ МПа - растяжение

3. Расчет внешних воздействий на фасадную систему для прямоугольного в плане здания

Элементы конструкции фасадной системы испытывают нагрузки от собственного веса конструкций в пределах установки опорных кронштейнов, а так же воздействия окружающей среды, вызванные ветровой нагрузкой (активной и пассивной составляющей) и возможностью образования ледовой корки.

Данные о размерах здания:

| | | | | |
|----------|----|----|----|--------------------------|
| - высота | H= | 30 | м. | } размеры здания в плане |
| - длина | L= | 60 | м. | |
| - ширина | B= | 20 | м. | |

3.1. Определение пиковой ветровой нагрузки

Для элементов ограждения и узлов их крепления необходимо учитывать пиковые положительные и отрицательные воздействия ветровой нагрузки, согласно п.11.2 [1]:

Город строительства здания []
 Расположение здания в ветровых и гололедных районах:
 Ветровой район: I см. приложение Ж [1]
 Гололедный район: II см. приложение Ж [1]
 Тип местности: B см. п.11.1.6 [1]

B - городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10м.

Пиковые положительные и отрицательные воздействия ветровой нагрузки определяются по формуле 11.10 [1]:

Нормативно значение ветрового давления w_0 принимается в зависимости от ветрового

$$w_{+(-)} = w_0 \cdot k(z_e) \cdot [1 + \zeta(z_e)] \cdot c_{p,+(-)} \cdot v_{+(-)} \text{ : ветрового района I}$$

Эквивалентная высота z_e для зданий определяется согласно п.11.1.5 [1]:

В зависимости от высоты и размера здания в плане (в направлении действия ветра)

| | | | |
|---------------------------------|--------------|-------------|--------|
| Количество зон по высоте здания | | $h \leq d$ | 1 зона |
| фронтальная ст. | торцевая ст. | $h \leq 2d$ | 2 зоны |
| 1 | 2 | $h > 2d$ | 3 зоны |

h - высота здания; d - размер здания в плане в направление ветра

Значения z_e для зон по высоте

| Зона по высоте | Значения z_e и высота зоны, м. | | Правила определения z_e | | |
|----------------|----------------------------------|--------------|---------------------------|------------|--------------|
| | фронтальная ст. | торцевая ст. | 1 зона | 2 зоны | 3 зоны |
| 1 | 30 | 30 | $z_{e1}=h$ | $z_{e1}=h$ | $z_{e1}=h$ |
| 2 | нет | 20 | нет | $z_{e2}=d$ | $z_{e2}=h-d$ |
| 3 | нет | нет | нет | нет | $z_{e3}=d$ |

Коэффициент изменения давления ветра на высоте z_e согласно п.11.1.6 [1]:

$$k(z_e) = k_{10}(z_e / 10)^{2-\alpha}$$

Коэффициент изменения пульсации давления ветра на высоте z_e согласно п.11.1.6 [1]:

$$\zeta(z_e) = \zeta_{10}(z_e / 10)^{-\alpha}$$

Значения параметров k_{10} , ζ_{10} , α для различных типов местностей, согласно табл.11.3 [1]:

| Параметр | Тип местности | | |
|--------------|---------------|------|------|
| | А | В | С |
| α | 0.15 | 0.2 | 0.25 |
| k_{10} | 1 | 0.65 | 0.4 |
| ζ_{10} | 0.76 | 1.06 | 1.78 |

Пиковые значения аэродинамических коэффициентов положительного давления (+) или отсоса (-) определяются согласно приложения Д.1 [1] по схеме Д.1.17:

- для стен прямоугольных в плане зданий пиковое положительное значение аэродинамического коэффициента

$$c_{p,+} = 1.2$$

- для стен прямоугольных в плане зданий пиковое отрицательное значение аэродинамического коэффициента

$$c_{p,-} = -2.2 \quad \text{- для зоны В (угловая)}$$

$$c_{p,-} = -1.2 \quad \text{- для зоны А (центральная)}$$

Коэффициенты корреляции ветровой нагрузки приняты согласно табл. 11.8 [1]:

- для положительного давления (+)

$$v_+ = 1$$

- для отрицательного давления (отсос) (-)

$$v_- = 1$$

| Входные параметры | | | |
|-------------------|------|--------------|------|
| w_0 , кПа | 0.23 | v_- | 1 |
| $c_{p,-}$ центр. | -1.2 | α | 0.2 |
| $c_{p,-}$ угл. | -2.2 | k_{10} | 0.65 |
| $c_{p,+}$ | 1.2 | ζ_{10} | 1.06 |
| v_+ | 1 | | |

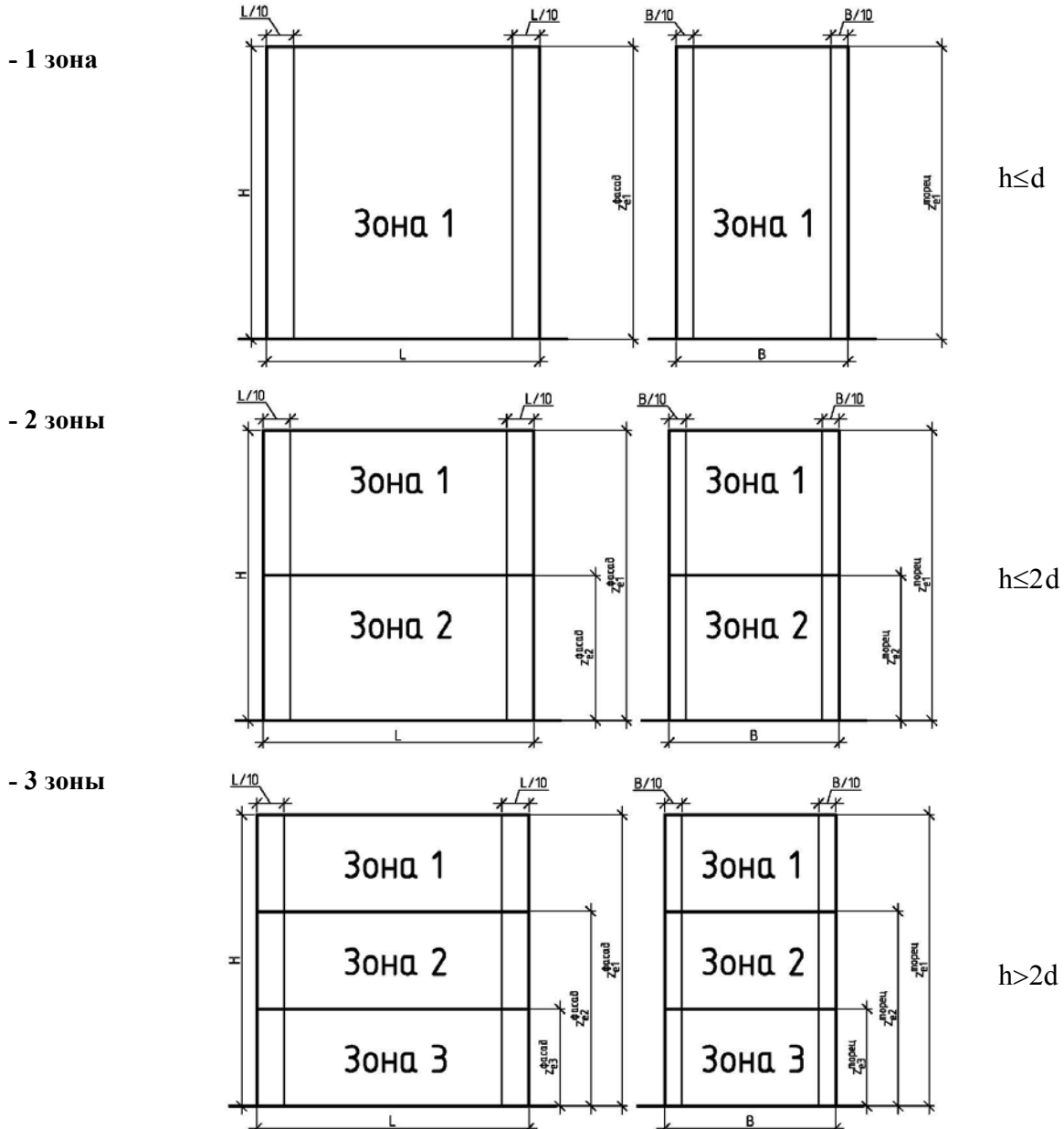
Пиковые положительные и отрицательные воздействия ветровой нагрузки

| Параметры | Зоны по высоте здания | | | Параметры | Зоны по высоте здания | | |
|----------------------------|-----------------------|--------|--------|-------------------------|-----------------------|--------|--------|
| | зона 1 | зона 2 | зона 3 | | зона 1 | зона 2 | зона 3 |
| фронтальная сторона | | | | торцевая сторона | | | |
| z_e , м | 30 | нет | нет | z_e , м | 30 | 20 | нет |
| $k(z_e)$ | 1.01 | нет | нет | $k(z_e)$ | 1.01 | 0.86 | нет |
| $\zeta(z_e)$ | 0.85 | нет | нет | $\zeta(z_e)$ | 0.85 | 0.92 | нет |
| $w_{+,кПа}$ | 0.52 | нет | нет | $w_{+,кПа}$ | 0.52 | 0.46 | нет |
| $w_{(-),д} кПа$ | -0.52 | нет | нет | $w_{(-),д} кПа$ | -0.52 | -0.46 | нет |
| $w_{(-),уг} кПа$ | -0.94 | нет | нет | $w_{(-),уг} кПа$ | -0.94 | -0.83 | нет |

Коэффициент надежности по ветровой нагрузке, согласно п.11.1.12 [1]

$$\gamma_F = 1.4$$

В зависимости от высоты и размера здания в плане (в направлении действия ветра) разбивается на следующее количество зон по высоте:



3.2. Определение гололедной нагрузки

Нормативное значение поверхностной гололедной нагрузки i' для вентилируемых фасадов зданий определяется по ф.12.2 [1]:

$$i' = b \cdot k \cdot \mu_2 \cdot \rho \cdot g$$

Толщина стенки гололеда b , мм принимается по табл.12.1 [1]:

$$b = 5 \text{ мм}$$

Коэффициент k , учитывающий изменение толщины стенки гололеда по высоте и принимаемый по табл. 12.3 [1]:

| Параметры | Зоны по высоте здания | | | | | |
|-----------|-----------------------|--------|--------|------------------|--------|--------|
| | фронтальная сторона | | | торцевая сторона | | |
| | зона 1 | зона 2 | зона 3 | зона 1 | зона 2 | зона 3 |
| z_e , м | 30 | нет | нет | 30 | 20 | нет |
| k | 1.4 | нет | нет | 1.4 | 1.2 | нет |

Коэффициент μ_2 , учитывающий отношение площади поверхности элемента, подверженной обледенению, к полной площади поверхности элемента.

$$\mu_2 = 0.6$$

Плотность льда ρ , кг/м³

$$\rho = 900 \text{ кг/м}^3$$

Ускорение свободного падения g , м/с²

$$g = 9.83 \text{ м/с}^2$$

| Параметры | Зоны по высоте здания | | | | | |
|------------|-----------------------|--------|--------|------------------|--------|--------|
| | фронтальная сторона | | | торцевая сторона | | |
| | зона 1 | зона 2 | зона 3 | зона 1 | зона 2 | зона 3 |
| z_e , м | 30 | нет | нет | 30 | 20 | нет |
| i' , кПа | 0.037 | нет | нет | 0.037 | 0.032 | нет |

Коэффициент надежности по гололедной нагрузке, согласно п.12.5 [1]

$$\gamma_f = 1.3$$

3.3. Вес облицовочного материала

Согласно выбранного типа облицовочного материала и его толщины в п.2.1 определяется расчетная нагрузка от собственного веса

$$q_{обл} = S \cdot \rho \cdot g \cdot \gamma_f = 0.08 \text{ кН/м}$$

- где $S = 600$ мм - шаг вертикальных профилей;
 $\rho = 12$ кг/м² - вес квадратного метра облицовочного материала;
 $g = 9.81$ м/с² - ускорение свободного падения;
 $\gamma_f = 1.2$ - коэффициент надежности по нагрузке [1].

3.4. Собственный вес направляющего профиля

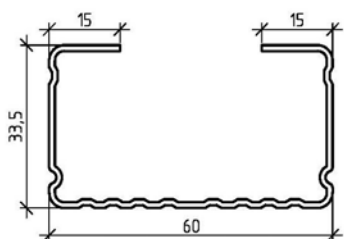
Основным несущим элементом, воспринимающим нагрузки, является С-образный равнополочный стальной гнутый профиль. Профиль имеет следующие геометрические характеристики:

Тип профиля: **Профиль №4, толщиной 1.2мм.**

$A_{п} = 240.88 \text{ мм}^2$ - площадь поперечного сечения профиля

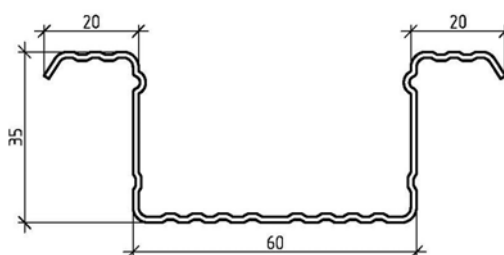
$J_{п} = 122153 \text{ мм}^4$ - момент инерции

$W_{п} = 3551.6 \text{ мм}^3$ - момент сопротивления



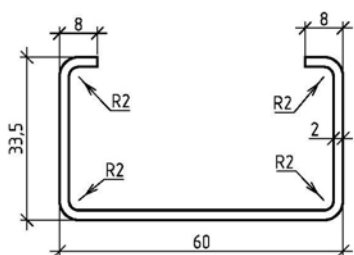
| |
|---------|
| Ап, мм2 |
| 184.2 |
| Jп, мм4 |
| 31205.7 |
| Wп, мм3 |
| 1543.62 |

Профиль №1, толщиной 1.2мм



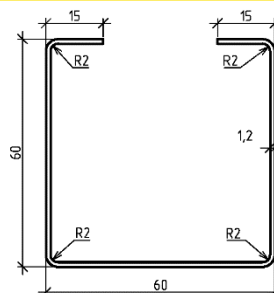
| |
|---------|
| Ап, мм2 |
| 205.6 |
| Jп, мм4 |
| 40189.1 |
| Wп, мм3 |
| 2090.13 |

Профиль №2, толщиной 1.2мм



| |
|---------|
| Ап, мм2 |
| 259.7 |
| Jп, мм4 |
| 36158.6 |
| Wп, мм3 |
| 1637.11 |

Профиль №3, толщиной 2,0мм



| |
|---------|
| Ап, мм2 |
| 240.9 |
| Jп, мм4 |
| 122153 |
| Wп, мм3 |
| 3551.6 |

Профиль №4, толщиной 1.2мм

Определим нагрузку на систему, вызванную собственным весом направляющего профиля:

$$q_{np} = A_n \cdot \rho_{ст} \cdot g \cdot \gamma_f = 0.02 \text{ кН/м,}$$

где $\rho_{ст} = 7850 \text{ кг/м}^3$ - плотность стали;

$g = 9.81 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения;

$\gamma_f = 1.1$ - коэффициент надежности по нагрузке [1].

4. Параметры и коэффициенты принимаемые в расчетах

Коэффициенты условия работы, согласно табл.1 [2]:

$$\gamma_c = 1$$

Коэффициент надежности по ответственности, согласно табл.2 [6]:

Уровень ответственности **2** $\gamma_n = 1$

Коэффициент надежности по материалу

$$\gamma_m = 1.05 \text{ для проката, согласно табл.3 [2]}$$

Предельные прогибы, согласно табл. Е.1 приложения Е [1]:

Пролет элементов **до 3м** Параметр прогиба $f_{max} / l = 0.0067 \quad 1/150$

4.1. Определение расчетной ветровой и гололедной нагрузки на п.м. для указанной зоны:

Зона:

Фронтальная (торцевая) сторона фасада, зона 1, угловая часть. (ОСНОВНОЙ)

- ветровая нагрузка

$$w_a = 0.433 \text{ кН/м} \quad w_+ = w_+ \cdot S \cdot \gamma_f$$

$$w_n = -0.794 \text{ кН/м} \quad w_- = w_- \cdot S \cdot \gamma_f$$

- гололедная нагрузка

$$i = 0.029 \text{ кН/м} \quad i = i' \cdot S \cdot \gamma_f$$

При действии ветровой и гололедной нагрузки совместно в зимний период времени не учитывался понижающий коэффициент 0,25 для ветровой нагрузки согласно п.12.3 [1].

5. Расчет прочности и прогиба направляющего профиля

Расчетная схема направляющего профиля представляет собой многопролетную неразрезную балку, опорами которой служат кронштейны крепления фасадной системы. Кронштейны крепятся к монолитным плитам перекрытия, а также при установке дополнительного кронштейна к ограждающим конструкциям. Расчет профиля производится как для растянуто-изгибаемого стержня. Усилие растяжения вызвано собственным весом конструкций, изгибающий момент активной составляющей ветровой нагрузки.

| | | |
|--|-------------|----|
| Количество дополнительных кронштейнов | 0 | |
| Шаг кронштейнов по вертикали с учетом дополнительных кронштейнов (H ₂) | 3000 | мм |
| Также при определении шага кронштейнов необходимо учитывать смещение | | |
| Смещение принимается равным | 150 | мм |
| Учитывать смещение кронштейнов | нет | |

Ветровое давление по модулю

$$|w_{\max}| = 0.79 \text{ кН/м}$$

Момент возникающий в профиле от действия ветровой нагрузки

$$M = |w_{\max}| \cdot H^2 / 11 = 0.65 \text{ кНм}$$

Продольное усилие в профиле

$$N = (q_{\text{обл}} + q_{\text{нр}} + i) \cdot H = 0.40 \text{ кН}$$

Определение действующих напряжений в профиле:

$$\sigma = \frac{N}{A_n} + \frac{M}{W_n} = 184.5 \text{ МПа} < R_y = 219.0 \text{ МПа}$$

Напряжения действующие в сечении меньше предельных. Прочность элемента обеспечена.

Под действием ветровой нагрузки происходит изгиб направляющего профиля в горизонтальном направлении. Производим расчет прогиба для многопролетной неразрезной балки:

$$f = 0,0063 \cdot \frac{q \cdot H^4}{E \cdot J_n} = 16.6 \text{ мм} < f_{\max} = 20 \text{ мм}$$

Прогиб направляющего профиля в пределах нормы. Жесткость обеспечена.

6. Расчет усилия в анкерных болтах и фасадной системе

Горизонтальная составляющая нагрузки, вызванная ветром, воспринимается кронштейном. Вертикальная составляющая, связанная с собственным весом элементов и гололедной нагрузкой, воспринимается элементами талрепа. Кроме того в связи с расположением талрепа под углом 25° возникает дополнительное горизонтальное усилие, действующее на анкерное крепление талрепа к несущим конструкция здания. На рисунке 1 приведена схема распределения усилий от направляющего профиля к анкеру.

Итоговый шаг кронштейнов по вертикали (H):

Определяется из условия использования междуэтажной системы "с" и "без" дополнительного кронштейна.

$$H = 3000 \text{ мм.}$$

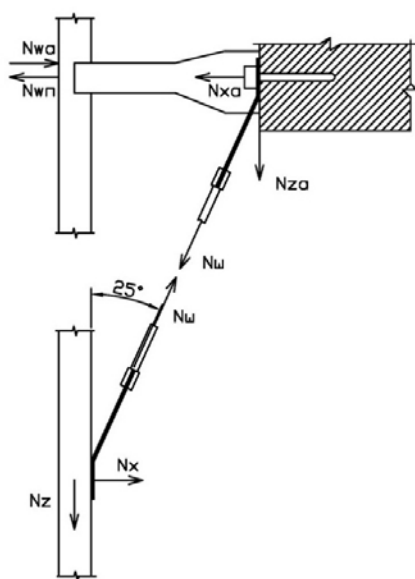
Итоговый момент M, кНм:

$$M = 0.65 \text{ кНм}$$

Итоговое продольное усилие N, кН:

$$N = 0.40 \text{ кН}$$

6.1. Крепление основного кронштейна и талрепа с использованием одного анкера



Величины, определяемые по расчету и обозначенные на рис.1.:

N_z - вертикальная составляющая;

N_x - горизонтальная составляющая, вызванная отпором талрепа;

$N_{ш}$ - усилие в шпильке талрепа;

N_{wa} - усилие от активного ветрового давления;

N_{wn} - усилие от активного ветрового давления:

$$N_z = (q_{обл} + q_{np} + i) \cdot H = 0.40 \text{ кН}$$

$$N_{ш} = N_z / \cos(25^\circ) = 0.44 \text{ кН}$$

$$N_x = N_{ш} \cdot \sin(25^\circ) = 0.19 \text{ кН}$$

$$N_{wa} = w_a \cdot H = 1.30 \text{ кН}$$

$$N_{wn} = -w_n \cdot H = 2.38 \text{ кН}$$

Рис. 1 Схема распределения усилий в системе.

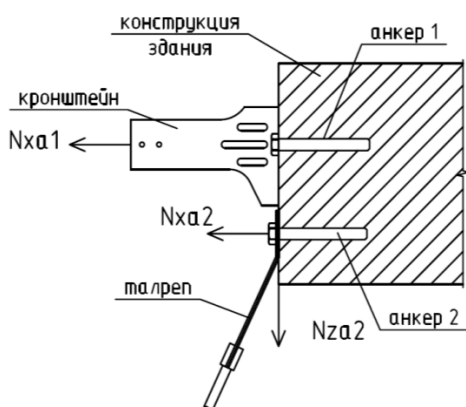
Определяем усилия отрыва N_{xa} и среза N_{za} , действующие на анкер:

$$N_{xa} = N_{wn} + N_x = 2.57 \text{ кН}$$

$$N_{za} = N_z = 0.40 \text{ кН}$$

6.2. Крепление основного кронштейна и талрепа с использованием двух анкеров

В случае, когда прочности анкерного соединения недостаточно или требуемый диаметр анкера превышает допустимый допускается применять схему крепления фасадной системы с использованием двух анкеров. В данном варианте одним анкером осуществляется крепление кронштейна, вторым - талреп (рис.2). Анкер №1 воспринимает усилие отрыва от действия пассивной составляющей ветровой нагрузки, анкер №2 - вертикальную составляющую всей нагрузки (собственный вес конструкций фасадной системы) и силу отрыва вызванную отпором талрепа.



Определяем усилия отрыва N_{xa1} , действующие на анкер №1:

$$N_{xa1} = N_{wn} = 2.38 \text{ кН}$$

Определяем усилия отрыва N_{xa2} и среза N_{za2} , действующие на анкер №2:

$$N_{xa2} = N_x = 0.19 \text{ кН}$$

$$N_{za2} = N_z = 0.40 \text{ кН}$$

Рис.2 Схема анкерования фасадной системы с использованием двух анкеров

6.3. Усилие на анкер в дополнительном кронштейне

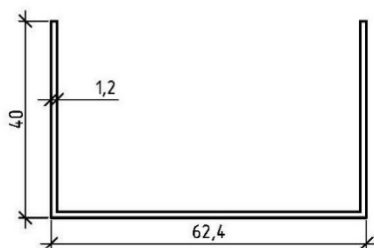
Усилие в анкре N_{xa3} соответствует усилию в анкре №1 N_{xa1} из крепления основного кронштейна и талрепа с использованием двух анкеров.

$$N_{xa3} = N_{xa1} = N_{wn} = 2.38 \text{ кН}$$

7. Расчет по прочности элементов фасадной системы

7.1. Выдвижная вставка кронштейна.

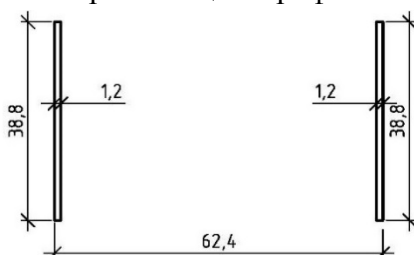
Геометрические характеристики поперечного сечения



| |
|----------------------------------|
| Ап, мм ² |
| 168 |
| J _п , мм ⁴ |
| 28293.2 |
| W _п , мм ³ |
| 999.4 |

Выдвижная вставка №1, толщиной 1.2мм

Геометрические характеристики поперечного сечения в месте стыковки с направляющим профилем



| |
|----------------------------------|
| Ап, мм ² |
| 93.12 |
| J _п , мм ⁴ |
| 11682.2 |
| W _п , мм ³ |
| 602.2 |

Выдвижная вставка №1, толщиной 1.2мм

Опасное сечение выдвигной вставки является в месте стыковки с направляющим профилем

На выдвигную вставку действует только горизонтальные ветровые нагрузки (вертикальные нагрузки воспринимаются талрепом).

Наибольшее горизонтальное усилие на соединение:

$$N_{xa} = 2.57 \text{ кН}$$

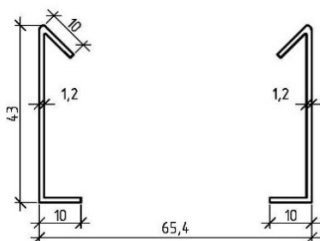
Расчет выдвигной вставки по нормальным напряжениям:

$$\frac{N_{xa}}{A_n} \cdot \gamma_n = 27.6 \text{ МПа} < R_y \cdot \gamma_c = 219.0 \text{ МПа}$$

Напряжения действующие в сечении меньше предельных. Прочность элемента обеспечена.

7.2. Кронштейн.

Геометрические характеристики поперечного сечения кронштейна в месте стыковки с выдвигной вставкой



| | |
|---------------------|---------|
| Ап, мм ² | 146.4 |
| Јп, мм ⁴ | 31755.8 |
| Wп, мм ³ | 1449.4 |

Кронштейн №1, толщиной 1.2мм

Опасное сечение кронштейна является в месте стыковки с выдвигной вставкой.

На кронштейн действует только горизонтальные ветровые нагрузки (вертикальные нагрузки воспринимаются талрепом).

Наибольшее горизонтальное усилие на соединение:

$$N_{xa} = 2.57 \text{ кН}$$

Расчет выдвигной вставки по нормальным напряжениям:

$$\frac{N_{xa}}{A_n} \cdot \gamma_n = 17.5 \text{ МПа} < R_y \cdot \gamma_c = 219.0 \text{ МПа}$$

Напряжения действующие в сечении меньше предельных. Прочность элемента обеспечена.

7.3. Талреп

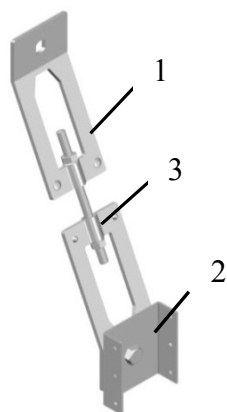


Рис.3 Талреп в сборе со скобой

1 - верхняя пластина тарлепа

2 - нижняя пластина тарлепа

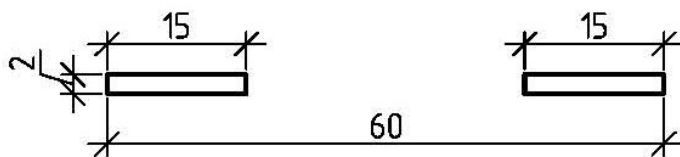
3 - шпилька М8

На талреп действует только растягивающая нагрузка от собственного веса фасадной системы и гололедной нагрузки.

Наибольшее растягивающее усилие на талреп:

$$N_{ш} = 0.44 \text{ кН}$$

Геометрические характеристики поперечного сечения верхней (нижней) пластины тарлепа в месте наименьшего сечения



| |
|----------------------------------|
| Ап, мм ² |
| 60 |
| J _п , мм ⁴ |
| 20 |
| W _п , мм ³ |
| 20.0 |

Талреп №1, толщиной 2.0мм

Расчет верхней (нижней) пластины тарлепа по нормальным напряжениям:

$$\frac{N_{ш}}{A_n} \cdot \gamma_n = 7.4 \text{ МПа} < R_y \cdot \gamma_c = 219.0 \text{ МПа}$$

Напряжения действующие в сечении меньше предельных. Прочность элемента обеспечена.

Расчет шпильки М8 тарлепа по нормальным напряжениям: **Ап= 50.3 мм²**

$$\frac{N_{ш}}{A_n} \cdot \gamma_n = 8.8 \text{ МПа} < R_y \cdot \gamma_c = 219.0 \text{ МПа}$$

Напряжения действующие в сечении меньше предельных. Прочность элемента обеспечена.

7.4. Второстепенные элементы фасадной системы

Прочность нижеуказанных элементов обеспечена натурными испытаниями:

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 1 Распорная салазка со штифтом | 10 Икля правая для салазки со штифтом |
| 2 Распорная салазка с полками | 11 Икля левая для салазки с полками |
| 3 Кляммер угловой концевой | 12 Икля правая для салазки с полками |
| 4 Кляммер угловой | 13 Петля |
| 5 Кляммер рядный концевой | 14 Усилитель угловой |
| 6 Кляммер рядный | 15 Терморазрыв дополнительный |
| 7 Икля левая угловая для салазки со штифтом | 16 Уголок вспомогательный |
| 8 Икля правая угловая для салазки со штифтом | 17 Пластина вспомогательный |
| 9 Икля левая для салазки со штифтом | |

8. Расчет заклепочных соединений

8.1. Соединение кронштейна с выносной планкой (направляющим профилем).

Крепление выносной планки к кронштейну и направляющему профилю (направляющего профиля к ронштейну) осуществляется посредством заклепочного соединения с использованием стальных заклепок Ø4 мм. Определим прочность заклепочного соединения группы №1 и №2 на действие горизонтальной силы N_x :

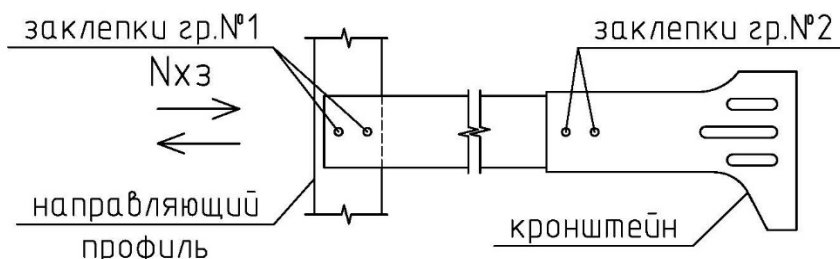


Рис. 4 Схема приложения усилия на кронштейн

$$\tau = \frac{N_x a}{A_z \cdot n} = 102.2 \text{ МПа} < R_s = 198.9 \text{ МПа}$$

где $A_z = 12.57 \text{ мм}^2$ - площадь поперечного сечения заклепок.

$\varnothing = 4$ мм - диаметр заклепки

$n = 2$ шт. - кол. заклепок на обе стороны одного соединения

Напряжения действующие в сечении меньше предельных. Прочность соединения обеспечена.

8.2. Соединение скобы талрепа с направляющим профилем

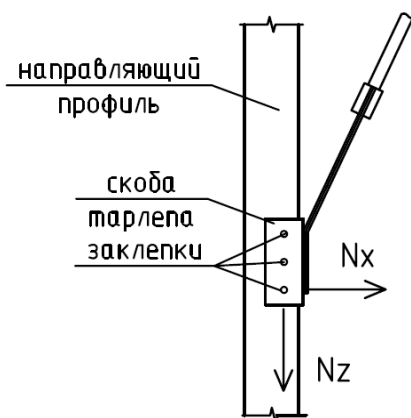


Рис. 5 Схема приложения усилия на соединительную скобу талрепа

Заклепочное соединение скобы талрепа с направляющим профилем воспринимает полную вертикальную составляющую усилий N_z и горизонтальную составляющую, вызванную отпором талрепа.

$$N = \sqrt{N_z^2 + N_x^2} = 0.44 \text{ кН}$$

$$\tau = \frac{N}{A_z \cdot n} = 8.8 \text{ МПа} < R_s = 198.9 \text{ МПа}$$

где $A_z = 12.57 \text{ мм}^2$ - площадь поперечного сечения заклепок.

$\varnothing = 4$ мм - диаметр заклепки

$n = 4$ шт. - количество заклепок на обе стороны

!!!Рекомендовано использование 2 заклепок на одну сторону!!!

Напряжения действующие в сечении меньше предельных. Прочность соединения обеспечена.

8.3. Расчет заклепочных соединений направляющих профилей (при необходимости в наращивании-удлиннении профилей)

Рассматривается два варианта стыковки направляющих профилей: жесткий (обеспечивает совместность работы двух профилей) и подвижный (обеспечивает передачу изгибающего момента, но препятствует передачи вертикального усилия с профиля на профиль). Расчет производится для наиболее неблагоприятных места расположения соединения - по середине между выше и ниже расположенными кронштейнами (в зоне действия максимального изгибающего момента).

Выполняем расчет жесткого соединения открытого направляющего профиля (рис. 6б).

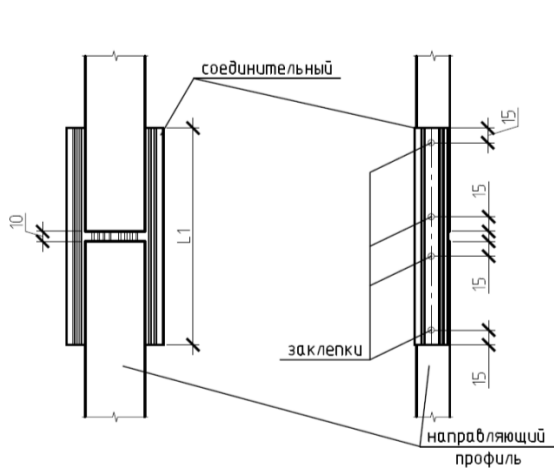


Рис. 6 а

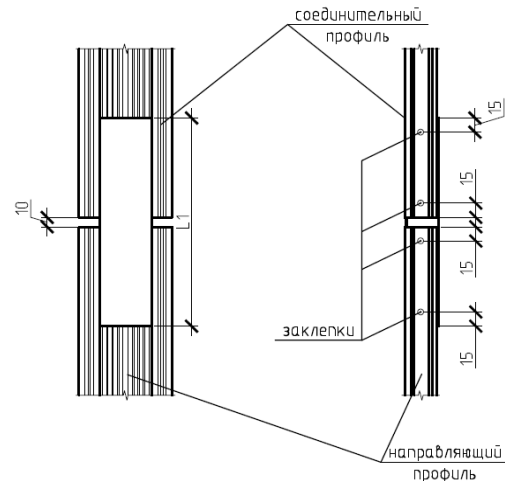


Рис. 6 б

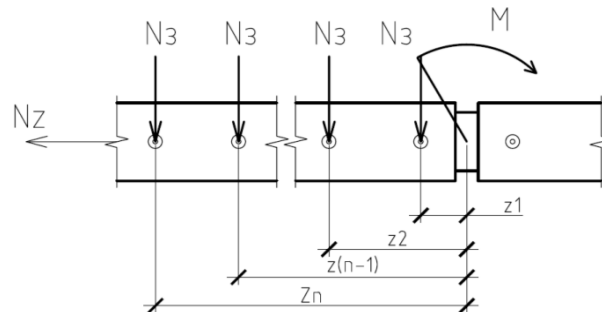


Рис. 6 К расчету прочности заклепочного соединения.

Расчет производится на одновременное действие изгибающего момента и продольной силы. При этом предполагается, что усилия возникающие в соединении равномерно распределяются между всеми заклепками.

момента:

$$N_s = \frac{M}{(z_1 + z_2 + \dots + z_{n-1} + z_n) \cdot 2} = 2.405 \text{ кН}$$

где $M = 0.65$ кНм - изгибающий момент, действующий в сечении;

$z_i = S_3 \cdot (i - 1) + 20_{\text{мм}}$ - расстояние от рассматриваемой заклепки до центра соединения;

$S_3 = 30$ мм - шаг заклепок;

$S_k = 15$ мм - расстояние от края элементов до первой заклепки

$n = 3$ шт. - количество заклепок на одной стороне стыкуемого профиля

$$N = \sqrt{\left(\frac{N_z}{n \cdot 2}\right)^2 + N_3^2} = 2.406 \text{ кН} - \text{итоговое усилие в одной заклепке.}$$

Определяем величину касательных напряжений возникающих в заклепках:

$$\tau = \frac{N}{A_3} = 191.4 \text{ МПа} < R_s = 198.9 \text{ МПа}$$

где $A_3 = 12.6 \text{ мм}^2$ - площадь поперечного сечения заклепок.
 $\varnothing = 4 \text{ мм}$ - диаметр заклепки.

Прочность соединения обеспечена.

Длина соединительно профиля $L1 = 0.18 \text{ м}$ Но не более 220мм

Подвижный способ соединения, ввиду невозможности передачи через него вертикальной составляющей нагрузки, действующей на систему и малой (в сравнении с жестким способом) сопротивляемостью изгибающему моменту рекомендуется располагать не далее чем на 1/6 шага кронштейнов по высоте здания (зона наименьшего влияния изгибающего момента).

9. Подбор анкерных болтов фирмы "..."

9.1. Подбор анкерного болта для основного крепления в бетоне

Класс прочности бетона в перекрытии: **C16/20** $f_{ck,cube} = 20 \text{ МПа}$
Толщина монолитной плиты перекрытия: **200** мм
Подбор: Анкер-шпилька "..."

Установочная деталь:

| Размер анкера | M10 |
|--|------|
| Диаметр бура d_0 , мм | 10 |
| Рекомендуемый момент затяжки T_{inst} , Нм | 45 |
| Размер под ключ, мм | 17 |
| Отверстие в закреп. детали, мм | 10.2 |
| Мин. глубина отверстия, мм | 80 |
| Эффективная глубина посадки hef , мм | 60 |
| Мин. толщина закр. материала, мм | 2 |

Механические свойства анкерного болта:

| | |
|---|------|
| Номинальный предел прочности на разрыв, Н/мм ² | 800 |
| Минимальный предел текучести, Н/мм ² | 640 |
| Критическое поперечное сечение в конусе, мм ² | 41.3 |
| Критическое поперечное сечение в разьбе, мм ² | 58 |
| Момент инерции сопротивления, мм ³ | 62.3 |
| Расчетный изгибающий момент, Нм | 47.8 |

Вырыв

Сопротивление вырыву:

$$N_{Rd,p} = N_{Rd,p}^0 \cdot f_B = 5.37 \text{ кН}$$

Расчетное сопротивление вырыву из бетона с трещинами:

$$N_{Rd,p}^0 = 6 \text{ кН}$$

Сопротивление конуса бетона:

$$N_{Rd,c} = N_{Rd,c}^0 \cdot f_B \cdot f_{AN} \cdot f_{RN} = 10.02 \text{ кН}$$

Расчетное сопротивление конуса бетона с трещинами:

$$N_{Rd,c}^0 = 11.2 \text{ кН}$$

Влияние прочности бетона

$$f_B = \sqrt{f_{ck,cube} / 25} = 0.89$$

Влияние межосевых расстояний анкеров

$$f_{AN} = 1 \text{ - один анкер}$$

Влияние расстояния до кромки

$$f_{RN} = 0.25 + 0.5 \cdot c / h_{ef} = 1$$

$$c = 90 \text{ мм} \quad c_{\min} \leq c \leq c_{cr,N}$$

$$c_{\min} = 55 \text{ мм} \quad \text{- табличные данные}$$

$$c_{cr,N} = 90 \text{ мм} \quad c_{cr,N} = 1,5 \cdot h_{ef}$$

Расчетное сопротивление системы вырыву:

$$N_{Rd} = 5.37 \text{ кН}$$

Проверка прочности анкерного соединения на выров

$$N_{xa} \leq N_{Rd} \quad 2.57 < 5.37$$

Вырывающее усилие действующее на анкер меньше предельного на вырыв. Прочность соединения обеспечена.

Срез

Сопротивление кромки бетона:

$$V_{Rd,c} = V_{Rd,c}^0 \cdot f_B \cdot f_{\beta,V} \cdot f_{AR,V} = 5.24 \text{ кН}$$

Расчетная прочность кромки бетона с трещинами

$$V_{Rd,c}^0 = 2.8 \text{ кН}$$

Минимальное расстояние до кромки c_{\min} 55 мм

Влияние направления срезающего усилия:

$$f_{\beta,V} = 1$$

Влияние межосевых расстояний и расстояния до кромки:

$$f_{AR,V} = c / c_{\min} \cdot \sqrt{c / c_{\min}} = 2.09$$

Сопротивление срезу по металлу:

$$V_{Rd,s} = 16 \text{ кН}$$

Расчетное сопротивление системы срезу:

$$V_{Rd} = 5.24 \text{ кН}$$

Проверка прочности анкерного соединения на срез

$$V_{za} \leq V_{Rd} \quad 0.40 < 5.24$$

Срезающее усилие действующее на анкер меньше предельного на срез. Прочность соединения обеспечена.

9.2. Подбор анкерного болта для дополнительного крепления в кирпичной кладке

Усилие на анкер в дополнительном кронштейне

$$N_{\text{хаз}} = 2.38 \text{ кН}$$

Тип анкера: Фасадный анкер "..."

Расчетное сопротивление, R_d [кН]:

| Размер анкера | | HRD-U 10 | HRD-U 14 | HRD-S 10 |
|--|----------|----------|----------|----------|
| Бетон без трещин $f_{\text{ck,cube}} = 20 \text{ Н/мм}^2$ | N_{Rd} | 2,5 | 3,2 | 2,0 |
| | V_{Rd} | 2,8 | 3,5 | 2,5 |
| Полнотелый кирпич Mz 12 | N_{Rd} | 1,1 | 1,7 | 0,8 |
| | V_{Rd} | 1,4 | 1,75 | 1,1 |
| Полнотелый кирпич Mz 20 | N_{Rd} | 1,7 | 2,2 | 1,1 |
| | V_{Rd} | 1,7 | 1,75 | 1,4 |
| Монолитный силикатный кирпич KS 12 – 1.6 – 2DF | N_{Rd} | 2,1 | 2,4 | 1,7 |
| | V_{Rd} | 1,7 | 2,1 | 1,4 |
| Пустотелый силикатный кир- пич KSL 6 (U 10) KSL 12 (U 14) | N_{Rd} | 1,1 | 1,4 | 0,6 |
| | V_{Rd} | 1,4 | 1,75 | 0,7 |
| Пустотелый легкий цементный блок (D) KНБ 1-4 | N_{Rd} | 0,35 | 0,4 | 0,35 |
| | V_{Rd} | 0,35 | 0,4 | 0,35 |
| Монолитный легкий цементный блок (D) V 2 | N_{Rd} | 0,35 | 0,7 | 0,35 |
| | V_{Rd} | 0,35 | 0,4 | 0,35 |
| Газобетон ¹⁾ PB 2 | N_{Rd} | 0,4 | 0,4 | 0,3 |
| | V_{Rd} | 0,7 | 0,8 | 0,5 |
| Газобетон PB 4 | N_{Rd} | 0,8 | 0,8 | 0,5 |
| | V_{Rd} | 1,1 | 1,4 | 0,7 |
| Газобетон PB 6 | N_{Rd} | 1,1 | 1,1 | 0,7 |
| | V_{Rd} | 1,4 | 1,75 | 0,9 |

Выбор типа анкера по нагрузке и по характеристики основания крепления согласовать с фирмой поставщиком анкеров

ПЕРЕЧЬ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

1. СП 20.13330.2011. Свод правил. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. М.: МПРРФ. 2011 - 85 с.
2. СП 16.13330.2011. Свод правил. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*. М.: МПРРФ. 2011. - 177 с.
3. СП 128.13330.2012. Свод правил. Алюминиевые конструкции. Актуализированная редакция СНиП 2.03.06-85. М.: МПРРФ. 2012 - 90 с.
4. Федеральный закон от 25.12.2009г. № 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений"
5. Градостроительный кодекс Российской Федерации
6. ГОСТ Р 54257-2010. Надежность строительных конструкций и оснований. М.: Стандартиформ. 2011 - 18 с.
7. Госстрой России. ФЦС. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. Фасадные теплоизоляционные системы с воздушным зазором. Рекомендации по составу и содержанию документов и материалов, представляемых для технической оценки пригодности продукции. Москва, 2004 г.
8. Руководство по анкерному крепежу
9. Протокол лабораторных испытаний кронштейнов из коррозионно-стойкой стали ООО "Венфас". № 065 от "21" ноября 2011г. М.: Испытательная лаборатория ООО "Технополис". 2011 - 15 с.
10. Протокол лабораторных испытаний узла (вертикальная направляющая - скоба талрепа - тарлеп) навесной фасадной системы "VENFAS" производства ООО "Венфас". № 036 от "08" июль 2011г. М.: Испытательная лаборатория ООО "Технополис". 2011 - 8 с.