

## ПРОЧНОСТНОЙ РАСЧЕТ

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

Тип крепления: в плоскости фасада

Тип облицовочного материала: Фасадные HPL панели

|                                    |      |
|------------------------------------|------|
| Ветровой район:                    | I    |
| Гололедный район:                  | II   |
| Шаг кронштейнов по вертикали (H)   | 1250 |
| 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 |
| 7. Расчет по прочности элементов фасадной системы   | 12 |
| 7.1. Выдвижная вставка кронштейна.  | 12 |
| 7.2. Кронштейн.   | 13 |
| 7.3. Второстепенные элементы фасадной системы   | 13 |
| 8. Расчет заклепочных соединений  | 14 |
| 8.1. Соединение кронштейна с выносной планкой (направляющим профилем).  | 14 |
| 8.2. Расчет заклепочных соединений направляющих профилей (при необходимости в наращивании-удлинении профилей) | 14 |
| 9. Подбор анкерных болтов фирмы "..."   | 16 |
| 9.1. Подбор анкерного болта для крепления в бетоне  | 16 |
| 9.2. Подбор анкерного болта для крепления в кирпичной кладке  | 17 |
| ПЕРЕЧЬ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ   | 18 |

## 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.

|  |      |    |
|--|------|----|
| Шаг кронштейнов по горизонтали (S)                     | 600  | мм |
| Шаг кронштейнов по вертикали ( $l_1$ )                 | 1250 | мм |
| Длина вертикальных направляющих (L)                    | 3000 | мм |
| Вылет кронштейна от основания (стены) ( $l_x$ )        | 265  | мм |
| Кронштейн  | 180  | мм |
| Выдвижная вставка                                      | 120  | мм |
| Минимальный размер ввода выдвижной вставки в кронштейн | 35   | мм |

## 2. Характеристики материалов

### 2.1. Облицовочный материал

|                               |                        |
|-------------------------------|------------------------|
| Тип облицовочного материала   | Фасадные HPL панели    |
| Плотность материала облицовки | 1625 кг/м <sup>3</sup> |
| Толщина материала облицовки   | 9 мм                   |
| Вес квадратного метра         | 14.6 кг/м <sup>2</sup> |

### 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 |                | $\gamma_m$ | 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 5 мм

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

$$R_{\text{срез}} = 213.9 \text{ МПа} \quad - \text{срез} \quad R_{\text{раст}} = 254.6 \text{ МПа} \quad - \text{растяжение}$$

## 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= | 30.0 | м. | } размеры здания в плане |
| - длина  | L= | 60.0 | м. |                          |
| - ширина | V= | 20.0 | 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]:

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

Нормативно значение ветрового давления  $w_0$  принимается в зависимости от ветрового

$$w_0 = 0.23 \text{ кПа} \quad - \text{для ветрового района I}$$

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 направлении 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  $k_{10}$ ,  $\zeta_{10}$ ,  $\alpha$  для различных типов местностей, согласно табл.11.3 [1]:

| Параметр     | Тип местности |      |      |
|--------------|---------------|------|------|
|              | А             | В    | С    |
| $\alpha$     | 0.15          | 0.2  | 0.25 |
| $k_{10}$     | 1             | 0.65 | 0.4  |
| $\zeta_{10}$ | 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 | $\alpha$     | 0.2  |
| $c_{p,-}$ угл.    | -2.2 | $k_{10}$     | 0.65 |
| $c_{p,+}$         | 1.2  | $\zeta_{10}$ | 1.06 |
| $v_+$             | 1    |              |      |

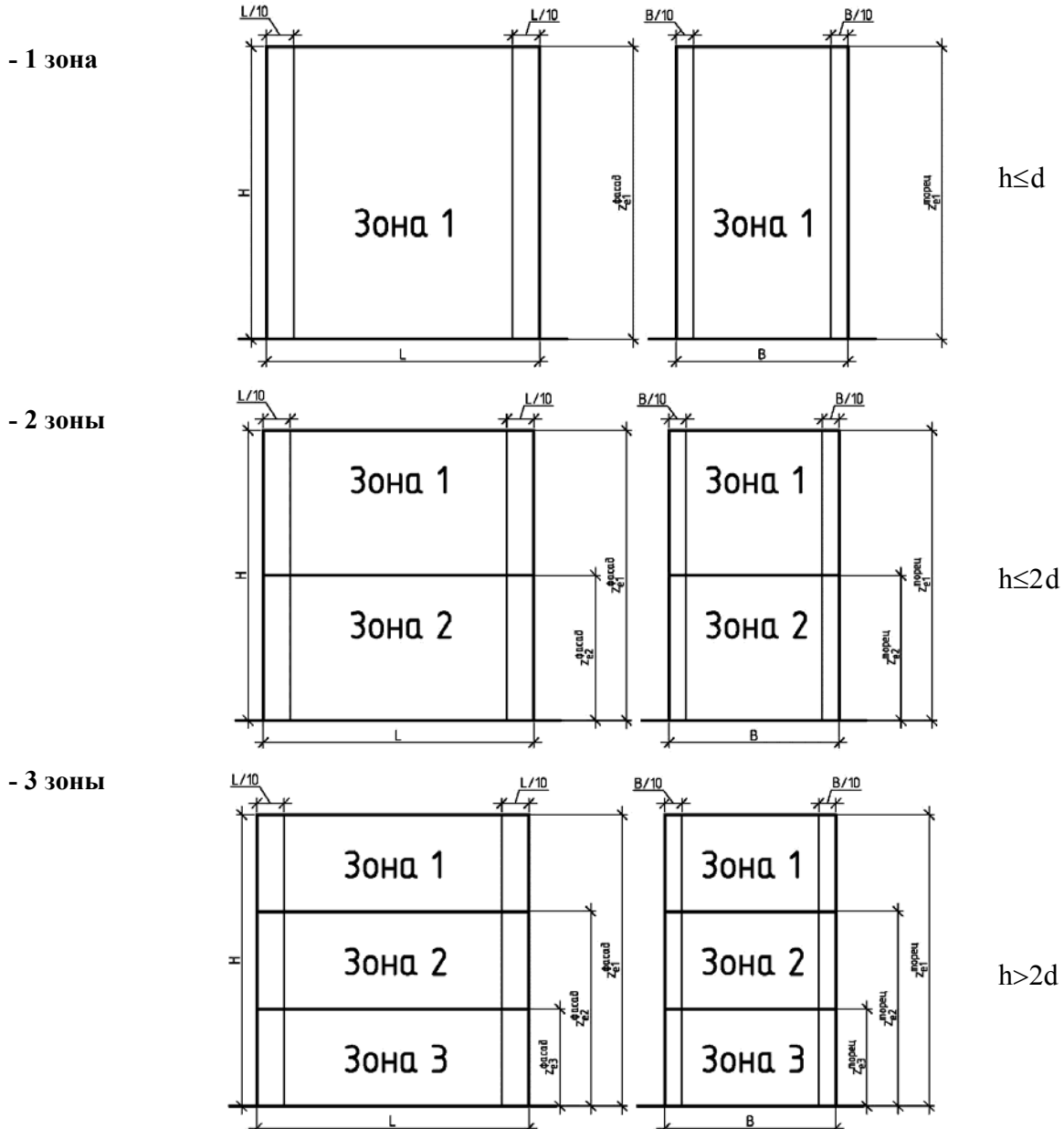
Пиковые положительные и отрицательные воздействия ветровой нагрузки

| Параметры                  | Зоны по высоте здания |        |        | Параметры               | Зоны по высоте здания |        |        |
|----------------------------|-----------------------|--------|--------|-------------------------|-----------------------|--------|--------|
|                            | зона 1                | зона 2 | зона 3 |                         | зона 1                | зона 2 | зона 3 |
| <b>фронтальная сторона</b> |                       |        |        | <b>торцевая сторона</b> |                       |        |        |
| $z_e$ , 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    |
| $w_{+,д}$ кПа              | 0.52                  | нет    | нет    | $w_{+,д}$ 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  $\mu_2$ , учитывающий отношение площади поверхности элемента, подверженной обледенению, к полной площади поверхности элемента.

$$\mu_2 = 0.6$$

Плотность льда  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>

$$\rho = 900 \text{ кг/м}^3$$

Ускорение свободного падения  $g$ , м/с<sup>2</sup>

$$g = 9.83 \text{ м/с}^2$$

| 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

$$q_{obl} = S \cdot \rho \cdot g \cdot \gamma_f = 0.10 \text{ кН/м}$$

- где  $S = 600 \text{ мм}$  - шаг вертикальных профилей;  
 $\rho = 14.625 \text{ кг/м}^2$  - вес квадратного метра облицовочного материала;  
 $g = 9.81 \text{ м/с}^2$  - ускорение свободного падения;  
 $\gamma_f = 1.2$  - коэффициент надежности по нагрузке [1].

### 3.4. Собственный вес направляющего профиля

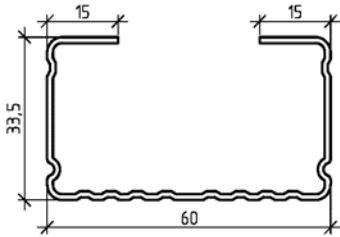
Основным несущим элементом, воспринимающим нагрузки, является С-образный равнополочный стальной гнутый профиль. Профиль имеет следующие геометрические характеристики:

**Тип профиля:** Профиль №1, толщиной 1.2мм.

$A_{п} = 184.2 \text{ мм}^2$  - площадь поперечного сечения профиля

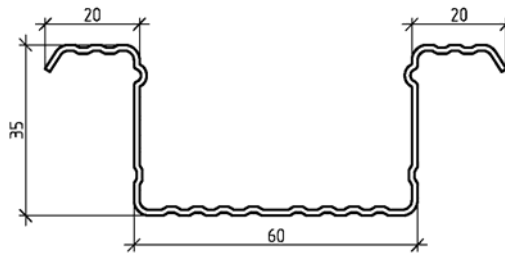
$J_{п} = 31205.7 \text{ мм}^4$  - момент инерции

$W_{п} = 1543.62 \text{ мм}^3$  - момент сопротивления



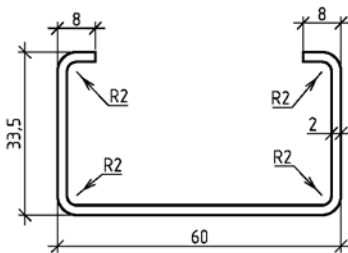
|         |
|---------|
| Ап, мм2 |
| 184.2   |
| Jп, мм4 |
| 31205.7 |
| Wп, мм3 |
| 1543.62 |

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

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 6м** Параметр прогиба  $f_{max} / l = 0.0050 \quad 1/200$



**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

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

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

- 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 ограждающим конструкциям. Расчет профиля производится как для растянуто-изгибаемого стержня. Усилие растяжения вызвано собственным весом конструкций, изгибающий момент активной составляющей ветровой нагрузки.

Длина вертикальных направляющих

$$L = 3 \text{ м}$$

Количество пролетов

$$n = 2$$

Количество кронштейнов на один верт. профиль

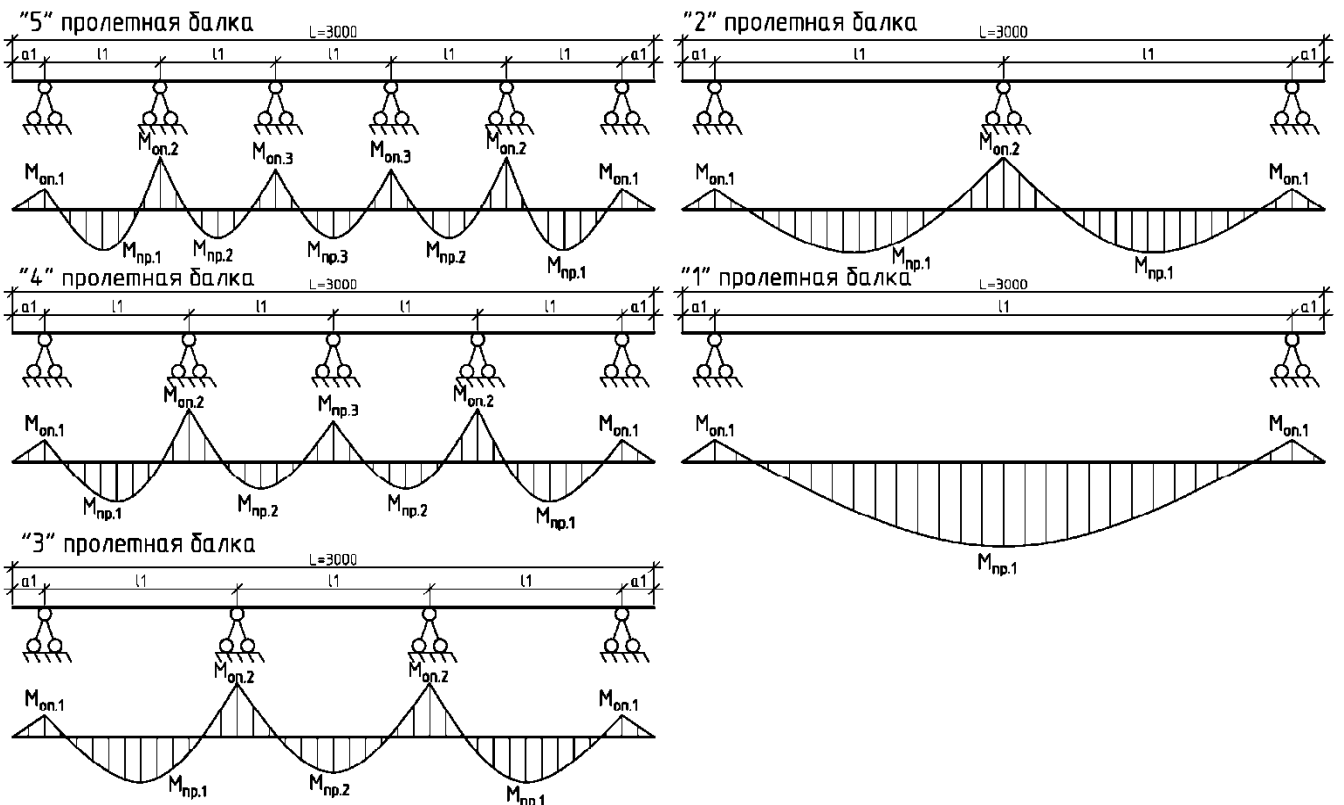
$$n_{\text{крон.}} = 3 \text{ шт.}$$

Вылет консоли

$$a_1 = 0.25 \text{ м}$$

Длина пролета (Шаг кронштейнов по вертикали ( $l_1$ ))

$$l_1 = 1.25 \text{ м}$$



**Рис.1** Расчетная схема направляющего профиля

Ветровое давление по модулю

$$|w_{\max}| = 0.79 \text{ кН/м}$$

Момент возникающий в профиле от действия ветровой нагрузки

$$M_z = K_{cnp} \cdot |w_{\max}| \cdot l_1^2 = 0.14 \text{ кНм} \quad K_{cnp} = 0.115$$

Максимальный момент возникает: **на опоре**

Продольное усилие в профиле:

$$N_{проф.} = (q_{обл} + q_{np} + i) \cdot l_1 = 0.18 \text{ кН}$$

Момент возникающий в профиле от эксцентриситета приложения продольного усилия:

$$M_e = q_{обл} \cdot l_1 \cdot e_x = 0.003 \text{ кНм} \quad e_x = 20 \text{ мм}$$

Проверка прочности направляющего профиля по нормальным напряжениям:

$$\sigma = \left( \frac{N_{проф.}}{A_n} + \frac{M_z + M_e}{W_n} \right) \cdot \gamma_n = 95.3 \text{ МПа} < R_y \cdot \gamma_c = 219.0 \text{ МПа}$$

**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:

$$f = 0,0063 \cdot \frac{q \cdot l_1^4}{E \cdot J_n} = 2.0 \text{ мм} < f_{max} = 6.25 \text{ мм}$$

**Прогиб направляющего профиля в пределах нормы. Жесткость обеспечена.**

Проверка прочности направляющего профиля на сдвиг в горизонтальной плоскости:

Поперечное усилие в профиле:

$$Q_y = 0,5 \cdot q \cdot l_1 = 0.496 \text{ кН}$$

Характеристики сечения:

$$t = 1.2 \text{ мм} \quad J_{xn} = 31205.7 \text{ мм}^4 \quad S_{xn} = 2446.93 \text{ мм}^3$$

$$\tau_y = \left( \frac{Q_y \cdot S_{xn}}{J_{xn} \cdot t} \right) \cdot \gamma_n = 32.4 \text{ МПа} < R_y \cdot \gamma_c = 127.048 \text{ МПа}$$

**Прочность на сдвиг обеспечена.**

## 6. Расчет усилия в анкерных болтах и фасадной системе

Горизонтальная составляющая нагрузки, вызванная ветром, и вертикальная составляющая, связанная с собственным весом элементов и гололедной нагрузкой, воспринимается кронштейном.

Вертикальное усилие в направляющем профиле от расчетных нагрузок:

$$N_{проф.} = (q_{обл} + q_{np} + i) \cdot l_1 = 0.18 \text{ кН}$$

Вылет кронштейна со ставкой от основания (стены):

$$l_x = 265 \text{ мм}$$

Изгибающий момент в кронштейне от вертикальной нагрузки в месте крепления к стене:

$$M_{кр.} = N_{проф.} \cdot l_x + M_{\epsilon} = \mathbf{0.05199} \text{ кНм}$$

Изгибающий момент в выдвигной вставке в месте входа в кронштейн:

$$M_{\epsilon.вст.} = N_{проф.} \cdot l_{x1} + M_{\epsilon} = \mathbf{0.019} \text{ кНм}$$

Продольное усилие в кронштейне и выдвигной вставке:

$$N_{кр.} = |w_a| \cdot l_1 = \mathbf{0.992} \text{ кН}$$

Поперечное усилие в кронштейне (анкерном болте) :

$$Q_{кр.} = Q_{анк.} = N_{проф.} = \mathbf{0.18} \text{ кН}$$

Дополнительное растягивающее усилие в анкерном болте от момента в заделке:

Максимально плечо пары сил  $z = \mathbf{50} \text{ мм}$

$$N_{доп.анк.} = M_{кр.} \cdot z = \mathbf{0.003} \text{ кН}$$

Суммарное растягивающее усилие в анкерном болте:

$$N_{анк.} = N_{кр.} + N_{доп.анк.} = \mathbf{0.995} \text{ кН}$$

Действующие усилия на анкерный болт:

- отрыв

$$N_{анк.} = \mathbf{0.995} \text{ кН}$$

- срез

$$V_{анк.} = Q_{анк.} = \mathbf{0.18} \text{ кН}$$

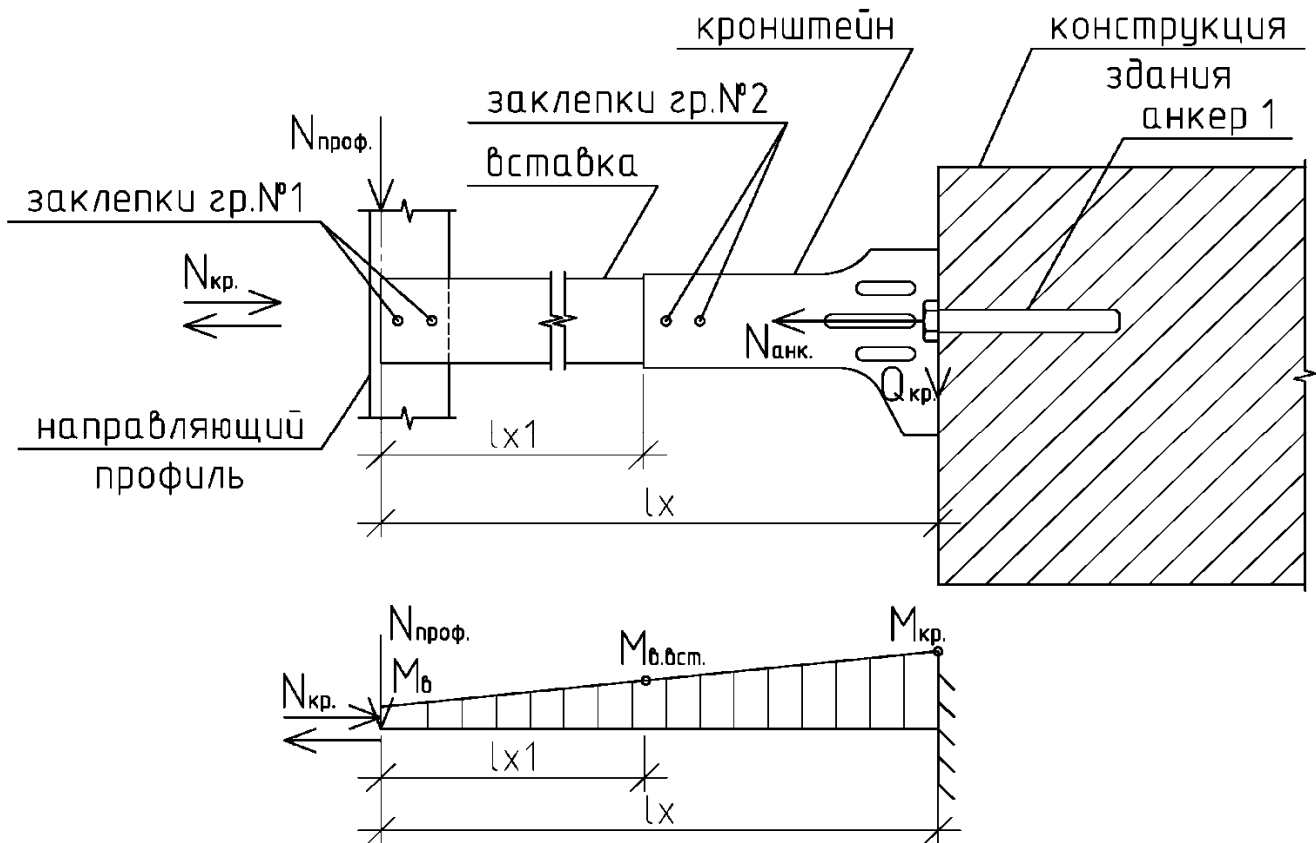
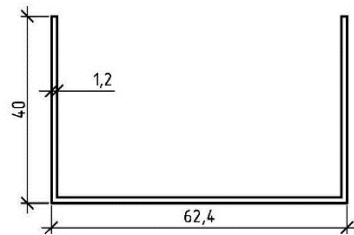


Рис. 2 Схема распределения усилий в системе.

## 7. Расчет по прочности элементов фасадной системы

### 7.1. Выдвижная вставка кронштейна.

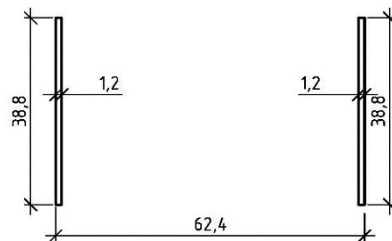
Геометрические характеристики поперечного сечения



|                                  |
|----------------------------------|
| Ап, мм <sup>2</sup>              |
| 168                              |
| J <sub>п</sub> , мм <sup>4</sup> |
| 28293.2                          |
| W <sub>п</sub> , мм <sup>3</sup> |
| 999.4                            |

Выдвижная вставка №1, толщиной 1.2мм

Геометрические характеристики поперечного сечения в месте стыковки с направляющим профилем



|                                  |
|----------------------------------|
| Ап, мм <sup>2</sup>              |
| 93.12                            |
| J <sub>п</sub> , мм <sup>4</sup> |
| 11682.2                          |
| W <sub>п</sub> , мм <sup>3</sup> |
| 602.2                            |

Выдвижная вставка №1, толщиной 1.2мм

Опасное сечение выдвижной вставки является в месте стыковки с направляющим профилем

Усилия в выдвижной вставки:

$$N_{кр.} = 0.99 \text{ кН} \qquad M_{в.вст.} = 0.019 \text{ кНм}$$

Проверка прочности выдвижной вставки по нормальным напряжениям в месте стыковки с направляющим профилем:

$$\sigma = \frac{N_{кр.}}{A_n} \cdot \gamma_n = 10.7 \text{ МПа} < R_y \cdot \gamma_c = 219.0 \text{ МПа}$$

**Напряжения действующие в сечении меньше предельных. Прочность элемента обеспечена.**

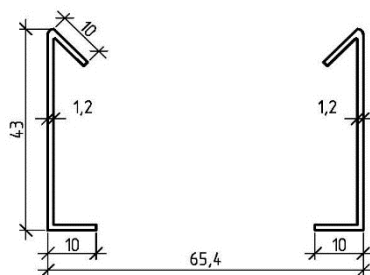
Проверка прочности выдвижной вставки по нормальным напряжениям в месте стыковки с кронштейном:

$$\sigma = \left( \frac{N_{кр.}}{A_n} + \frac{M_{в.вст.}}{W_n} \right) \cdot \gamma_n = 24.6 \text{ МПа} < R_y \cdot \gamma_c = 219.0 \text{ МПа}$$

**Напряжения действующие в сечении меньше предельных. Прочность элемента обеспечена.**

## 7.2. Кронштейн.

Геометрические характеристики поперечного сечения кронштейна в месте стыковки с выдвижной вставкой



| Ап, мм <sup>2</sup>              | Y <sub>0</sub> , мм              |
|----------------------------------|----------------------------------|
| 146.4                            | 21.09                            |
| J <sub>п</sub> , мм <sup>4</sup> | S <sub>x</sub> , мм <sup>3</sup> |
| 31755.8                          | 3087.6                           |
| W <sub>п</sub> , мм <sup>3</sup> | t, мм                            |
| 1449.4                           | 1.2                              |

Кронштейн №1, толщиной 1.2мм

В расчете рассмотрено наименьшее сечение кронштейна, которое в месте стыковки с выдвижной вставкой.

Усилия в выдвижной вставке:

$$N_{кр.} = 0.99 \text{ кН} \quad M_{кр.} = 0.052 \text{ кНм}$$

$$Q_{кр.} = 0.18 \text{ кН}$$

Проверка прочности кронштейна по нормальным напряжениям:

$$\sigma = \left( \frac{N_{кр.}}{A_n} + \frac{M_{кр.}}{W_n} \right) \cdot \gamma_n = 42.6 \text{ МПа} < R_y \cdot \gamma_c = 219.0 \text{ МПа}$$

**Напряжения действующие в сечении меньше предельных. Прочность элемента обеспечена.**

Проверка прочности кронштейна на сдвиг:

$$\tau_y = \left( \frac{Q_{кр.} \cdot S_x}{J_x \cdot t} \right) \cdot \gamma_n = 15.0 \text{ МПа} < R_y \cdot \gamma_c = 127.0 \text{ МПа}$$

**Прочность на сдвиг обеспечена.**

## 7.3. 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 кронштейну) осуществляется посредством заклепочного соединения с использованием стальных заклепок  $\varnothing 4$  мм. Определим прочность заклепочного соединения группы №1 и №2 на действие горизонтальной силы  $Nx$ :

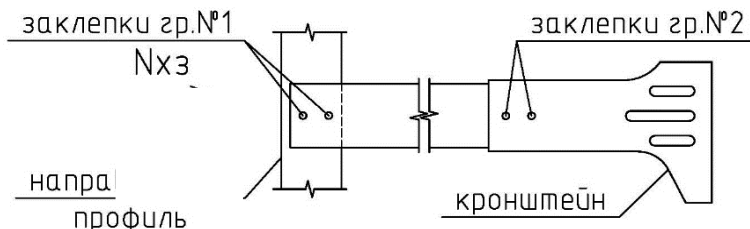


Рис. 3 Схема приложения усилия на кронштейн

$$\tau = \frac{\sqrt{Q_{кр.}^2 + N_{кр.}^2}}{A_3 \cdot n} \cdot \gamma_n = 40.1 \text{ МПа} < R_y \cdot \gamma_c = 213.9 \text{ МПа}$$

где  $A_3 = 12.57$  мм<sup>2</sup> - 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. Расчет заклепочных соединений направляющих профилей (при необходимости в наращивании-удлиннении профилей)

Рассматривается вариант стыковки направляющих профилей жесткий (обеспечивает совместность работы двух профилей). 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 закрытого направляющего профиля (рис. 4а).

Рис. 4 а

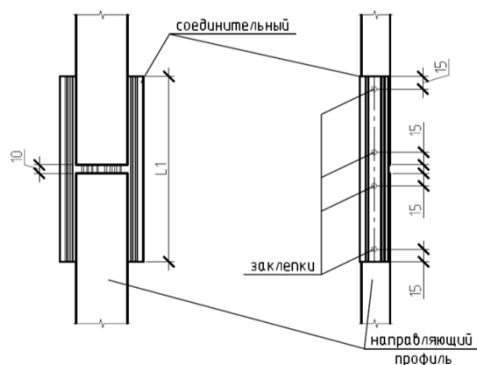


Рис. 4 б

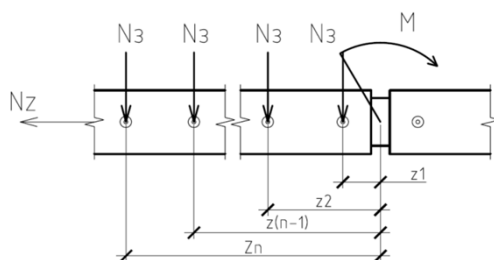
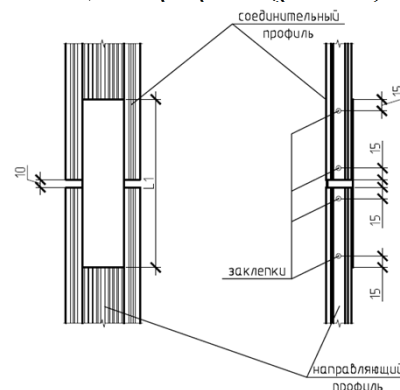


Рис.4 К расчету прочности заклепочного соединения.

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

момента:

$$N = \sqrt{\left(\frac{N_{\text{проф.}}}{n \cdot 2}\right)^2 + N_3^2} = 0.55 \text{ кН}$$

где  $M = 0.14$  кНм - изгибающий момент, действующий в сечении;  
 $z_i = S_3 \cdot (i - 1) + S_k$  - расстояние от рассматриваемой заклепки до центра соединения;  
 $S_3 = 15$  мм - шаг заклепок;  
 $S_k = 10$  мм - расстояние от края элементов до первой заклепки  
 $n = 4$  шт. - количество заклепок на одной стороне стыкуемого профиля

$$N_3 = \frac{M}{(z_1 + z_2 + \dots + z_{n-1} + z_n) \cdot 2} = 0.549 \text{ кН - итоговое усилие в одной заклепке.}$$

Определяем величину касательных напряжений возникающих в заклепках:

$$\tau = \frac{N}{A_3} \cdot \gamma_n = 43.7 \text{ МПа} < R_y \cdot \gamma_c = 213.9 \text{ МПа}$$

где  $A_3 = 12.6$  мм<sup>2</sup> - площадь поперечного сечения заклепок.  
 $\varnothing = 4$  мм - диаметр заклепки.

**Прочность соединения обеспечена.**

Длина соединительно профиля  $L1 = 0.13$  м Но не более 250мм

**Подвижный способ соединения, ввиду невозможности передачи через него вертикальной составляющей нагрузки, не используется в системе в плоскости фасада.**

## 9. Подбор анкерных болтов фирмы "..."

### 9.1. Подбор анкерного болта для крепления в бетоне

Класс прочности бетона в перекрытии: **C12/15**  $f_{ck,cube} =$  **15** МПа  
Толщина монолитной плиты перекрытия: **200** мм  
Подбор: **Анкер-шпилька "..."**

Установочная деталь:

|  |            |
|--|------------|
| <b>Размер анкера</b>                         | <b>M10</b> |
| 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 $h_{ef}$ , мм    | 60         |
| Мин. толщина закр. материала, мм             | 2          |

Механические свойства анкерного болта:

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

### Вырыв

Сопротивление вырыву:

$$N_{Rd,p} = N_{Rd,p}^0 \cdot f_B = 4.65 \text{ кН}$$

Расчетное сопротивление вырыву из бетона с трещинами:

$$N_{Rd,p}^0 = 6 \text{ кН}$$

Сопротивление конуса бетона:

$$N_{Rd,c} = N_{Rd,c}^0 \cdot f_B \cdot f_{AN} \cdot f_{RN} = 8.68 \text{ кН}$$

Расчетное сопротивление конуса бетона с трещинами:

$$N_{Rd,c}^0 = 11.2 \text{ кН}$$

Влияние прочности бетона

$$f_B = \sqrt{f_{ck,cube} / 25} = 0.77$$

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:

$$N_{Rd} = 4.65 \text{ кН}$$

Проверка прочности анкерного соединения на вырыв

$$N_{анк.} \leq N_{Rd} \quad 0.99 < 4.65$$

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



## Срез

Сопротивление кромки бетона:

$$V_{Rd,c} = V_{Rd,c}^0 \cdot f_B \cdot f_{\beta,V} \cdot f_{AR,V} = 4.54 \text{ кН}$$

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:

$$V_{Rd} = 16 \text{ кН}$$

Расчетное сопротивление системы срезу:

$$V_{Rd,s} = 4.54 \text{ кН}$$

Проверка прочности анкерного соединения на срез

$$V_{\text{анк.}} \leq V_{Rd} \quad 0.18 < 4.54$$

**Срезающие усилия действующие на анкер меньше предельного на срез. Прочность соединения обеспечена.**

## 9.2. Подбор анкерного болта для крепления в кирпичной кладке

Действующие усилия на анкерный болт:

- отрыв  $N_{\text{анк.}} = 0.995 \text{ кН}$

- срез  $V_{\text{анк.}} = 0.18 \text{ кН}$

Тип анкера: **Фасадный анкер "..."**

Расчетное сопротивление,  $R_d$  [кН]:

| Размер анкера  |          | HRD-U 10 | HRD-U 14 | HRD-S 10 |
|--|----------|----------|----------|----------|
| <b>Базовый материал</b>                                      |          |          |          |          |
| Бетон без трещин<br>$f_{ck,cube} = 20 \text{ Н/мм}^2$        | $N_{Rd}$ | 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<br>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-<br>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<br>блок (D) KНБ 1-4              | $N_{Rd}$ | 0,35     | 0,4      | 0,35     |
|  | $V_{Rd}$ | 0,35     | 0,4      | 0,35     |
| Монолитный легкий цементный<br>блок (D) V 2                  | $N_{Rd}$ | 0,35     | 0,7      | 0,35     |
|  | $V_{Rd}$ | 0,35     | 0,4      | 0,35     |
| Газобетон <sup>1)</sup> 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.