

Заказчик – АН ДОО "Алмазик", г.Мирный

Наименование объекта капитального строительства:

"Здание детского сада № 1 «Олененок» Республика Саха (Якутия),
Мирнинский район. г. Мирный "

Расчет несущей подсистемы "АЛЬТФАСАД-04"
для облицовочного материала
металлокассеты

Расчет выполнил _____ /Свешников А.А./

"__" _____ 201__г.

Новосибирск 2019г.

Содержание

| | |
|---|-----------|
| <i>1. Общие данные.....</i> | <i>3</i> |
| <i>2. Нагрузки и воздействия.....</i> | <i>4</i> |
| <i>3. Расчет направляющей.....</i> | <i>5</i> |
| <i>4. Расчет кронштейна.....</i> | <i>7</i> |
| <i>5. Расчет узла крепления кронштейна к стене.....</i> | <i>10</i> |
| <i>6. Выводы.....</i> | <i>11</i> |
| <i>7. Перечень нормативных документов.....</i> | <i>12</i> |
| <i>8. Приложение 1.....</i> | <i>13</i> |

1. Общие данные

Исходные данные:

Место строительства:

г.Мирный

Район по ветровой нагрузке:

II

Тип местности:

B

Высота здания:

до отм. + 14,000 м

Облицовка:

МЕТАЛЛОКАССЕТЫ

Кронштейн:

Кру - 1р, 2р-200

Направляющая:

ГО-60/40/1,2

Шаг направляющих: 1,170 м

Шаг кронштейнов в угловой зоне: 0,9 м

Шаг кронштейнов в рядовой зоне: 0,9 м

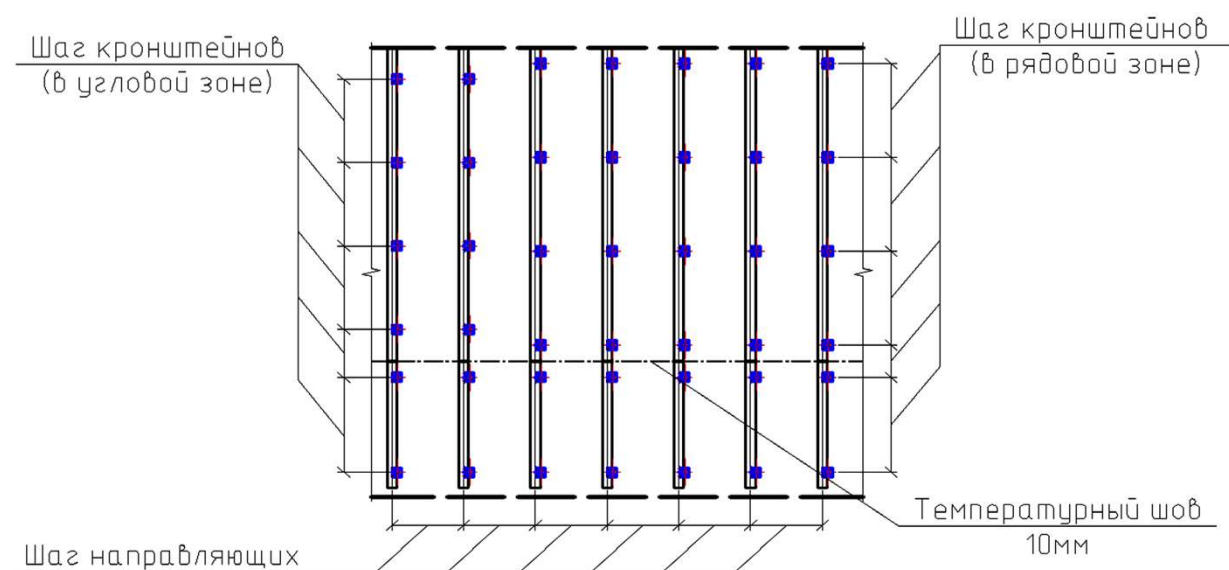


Рис. 1. Схема раскладки кронштейнов и направляющих.

Материалы конструкций:

Направляющие: Материал - оцинкованная сталь 08 пс ХП

| | | |
|------------|---|---------|
| R_y | Расчетное сопротивление на растяжение, сжатие, изгиб, кгс/см ² | 2250 |
| R_{gr} | Расчетное сопротивление на смятие, кгс/см ² | 4800 |
| γ_c | Коэффициент условий работы | 1 |
| E | Модуль упругости, кгс/см ² | 2100000 |

Кронштейны: Материал - оцинкованная сталь 08 пс ХП

| | | |
|------------|---|---------|
| R_y | Расчетное сопротивление на растяжение, сжатие, изгиб, кгс/см ² | 2250 |
| R_{gr} | Расчетное сопротивление на смятие, кгс/см ² | 4800 |
| γ_c | Коэффициент условий работы | 1 |
| E | Модуль упругости, кгс/см ² | 2100000 |

2. Нагрузки и воздействия

Ветровая нагрузка

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

$w_0 = 30 \text{ кгс/м}^2$ -нормативное значение давления ветра, принимается в зависимости от ветрового района (см. Таблица 11.1 [1]);

$k(z_e) = 0,73$ -коэффициент, учитывающий изменение средней составляющей давления ветра для высоты z_e на местности типа А, В или С (см Таблица 11.2 [1]);

$\zeta(z_e) = 0,95$ -коэффициент пульсации давления ветра, принимаемый по таблице 11.4 [1];

$$c_p = 2,2$$

-для угловой зоны, пиковое значение аэродинамических коэффициентов (см. Приложение 1, таб. 1);

$$c_p = 1,2$$

-для рядовой зоны, пиковое значение аэродинамических коэффициентов (см. Приложение 1, таб. 1);

$$v_- = 0,65$$

-для угловой зоны, коэффициент корреляции ветровой нагрузки (см. Приложение 1, таб. 2);

$$v_+ = 0,75$$

-для рядовой зоны, коэффициент корреляции ветровой нагрузки (см. Приложение 1, таб. 2);

$$\gamma_f = 1,4$$

-коэффициент надежности по нагрузке;

Ветровая нагрузка для угловой зоны:

$$\begin{aligned} w_{+(-)} &= 30 * 0,73 * [1 + 0,95] * 2,2 * 0,65 * 1,4 = \\ &= 85,41 \text{ кгс/м}^2 \end{aligned}$$

Ветровая нагрузка для рядовой зоны:

$$\begin{aligned} w_{+(-)} &= 30 * 0,73 * [1 + 0,95] * 1,2 * 0,75 * 1,4 = \\ &= 53,75 \text{ кгс/м}^2 \end{aligned}$$

Вертикальная нагрузка:

$$P = P_{обл} + P_{напр}$$

$$P_{обл} = G_{обл} * \gamma_{обл} * L * B \quad \text{-вес облицовки;}$$

$$P_{напр} = G_{напр} * \gamma_{напр} * L \quad \text{-вес направляющей;}$$

$$G_{обл} = 6,006 \text{ кгс/м}^2 \quad \text{-нагрузка от собственного веса облицовки;}$$

$$\gamma_{обл} = 1,1$$

-коэффициент надежности по нагрузке для облицовки;

$$L = 3 \text{ м} \quad \text{-длина направляющей;}$$

$$B = 1,17 \text{ м} \quad \text{-шаг направляющих по горизонтали;}$$

$$G_{напр} = 0,98 \text{ кгс/м} \quad \text{-нагрузка от собственного веса направляющей;}$$

$$\gamma_{напр} = 1,05 \quad \text{-коэффициент надежности по нагрузке для направляющей;}$$

$$P_{обл} = 6,006 * 1,1 * 3 * 1,17 = 23,19 \text{ кгс}$$

$$P_{напр} = 0,98 * 1,05 * 3 = 3,08 \text{ кгс}$$

$$P = 26,27 \text{ кгс}$$

3. Расчет направляющей

Расчет направляющей на прочность

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{W_x} \leq \frac{R_y}{\gamma_n}$$

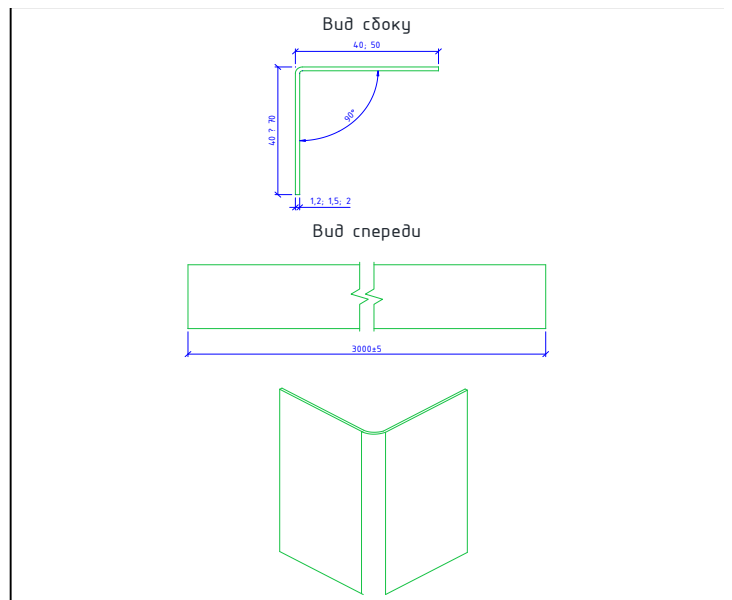


Рис. 2. Схема сечения направляющей.

$N = P$ - нормальная сила в направляющей (см. п. 2);

$A = 1,19 \text{ см}^2$ - площадь рассматриваемого сечения;

$W_x = 1,11 \text{ см}^3$

- момент сопротивления рассматриваемого сечения;

$R_y = 2250 \text{ кгс/см}^2$ - расчетное сопротивление стали;

$\gamma_n = 1$ - коэффициент надежности по ответственности для расчета элементов ограждения;

- момент от ветровой нагрузки в рассматриваемом сечении, кгс*см (см. Приложение 1, Таб. 3);

$$M = 0,100 * q_w * L_1^2$$

$$q_w = w * B * k_{\text{нер}}$$

$w = 85,41 \text{ кгс/м}^2$

- расчетная погонная нагрузка на направляющую, кгс/м;

$w = 53,75 \text{ кгс/м}^2$

- расчетное значение средней составляющей ветровой нагрузки, угловая зона (см. п.2);

$B = 1,17 \text{ м}$

- расчетное значение средней составляющей ветровой нагрузки, рядовая зона (см. п.2);

$k_{\text{нер}} = 1,1$

- шаг направляющих по горизонтали;

- коэффициент неразрезанности, учитывающий передачу ветровой нагрузки с обшивки (в угловой зоне) (см. Приложение 1, таб. 4);

$k_{\text{нер}} = 1,1$

- коэффициент неразрезанности, учитывающий передачу ветровой нагрузки с обшивки (в рядовой зоне) (см. Приложение 1, таб. 4);

$L_1 = 0,9 \text{ м}$

- пролет направляющей (шаг кронштейнов в угловой зоне);

$L_1 = 0,9 \text{ м}$

- пролет направляющей (шаг кронштейнов в рядовой зоне);

$$\begin{aligned}
 q_w &= 85,41 * 1,17 * 1,1 = 109,92 \text{ кгс/м} && \text{-в угловой зоне;} \\
 q_w &= 53,75 * 1,17 * 1,1 = 69,18 \text{ кгс/м} && \text{-в рядовой зоне;} \\
 M &= 0,100 * 109,92 * 0,90^2 = 8,90 \text{ кгс/м} && \text{-в угл. зоне;} \\
 M &= 0,100 * 69,18 * 0,90^2 = 5,60 \text{ кгс/м} && \text{-в ряд. зоне;}
 \end{aligned}$$

Напряжение в угловой зоне:

$$\sigma = \frac{26,27}{1,19} * \frac{8,90 * 100}{1,11} = 824,19 \leq 2250 \text{ кгс/см}^2$$

Напряжение в рядовой зоне:

$$\sigma = \frac{26,27}{1,19} * \frac{5,60 * 100}{1,11} = 526,90 \leq 2250 \text{ кгс/см}^2$$

Условие прочности выполняется.

Расчет направляющей по деформативности

$$f = k \frac{q_{wn} * L_1^4}{E * J_x} \leq \frac{L_1}{200}$$

$$k = 0,00675 \quad \text{-коэффициент, зависящий от расчетной схемы направляющей в угловой зоне (см. Приложение 1, таб. 5);}$$

$$k = 0,00675 \quad \text{-коэффициент, зависящий от расчетной схемы направляющей в рядовой зоне (см. Приложение 1, таб. 5);}$$

$$q_{wn} = q_w / \gamma_f \quad \text{-нормативное значение погонной ветровой нагрузки на направляющую, кгс/см;}$$

$$\gamma_f = 1,4 \quad \text{-коэффициент надежности по ветровой нагрузке;}$$

$$q_{wn} = 109,92 / 1,4 = 78,51 \text{ кгс/м} \quad \text{-в угловой зоне;}$$

$$q_{wn} = 69,18 / 1,4 = 49,41 \text{ кгс/м} \quad \text{-в рядовой зоне;}$$

$$L_1 = 0,9 \text{ м} \quad \text{-пролет направляющей (шаг кронштейнов в угловой зоне);}$$

$$L_1 = 0,9 \text{ м} \quad \text{-пролет направляющей (шаг кронштейнов в рядовой зоне);}$$

$$E = 2,1 * 10^6 \text{ кгс/см}^2 \quad \text{-модуль упругости стали;}$$

$$J_x = 4,6 \text{ см}^4 \quad \text{-момент инерции рассматриваемого сечения;}$$

$$L_1 / 200 \quad \text{-предельный прогиб;}$$

Прогиб направляющей в угловой зоне:

$$f = 0,00675 * \frac{78,51 * 0,90^4}{2,1 * 10^6 * 4,6} = 0,036 \leq 0,450$$

Прогиб направляющей в рядовой зоне:

$$f = 0,00675 * \frac{49,41 * 0,90^4}{2,1 * 10^6 * 4,6} = 0,023 \leq 0,450$$

Условие прогиба выполняется.

4. Расчет кронштейна

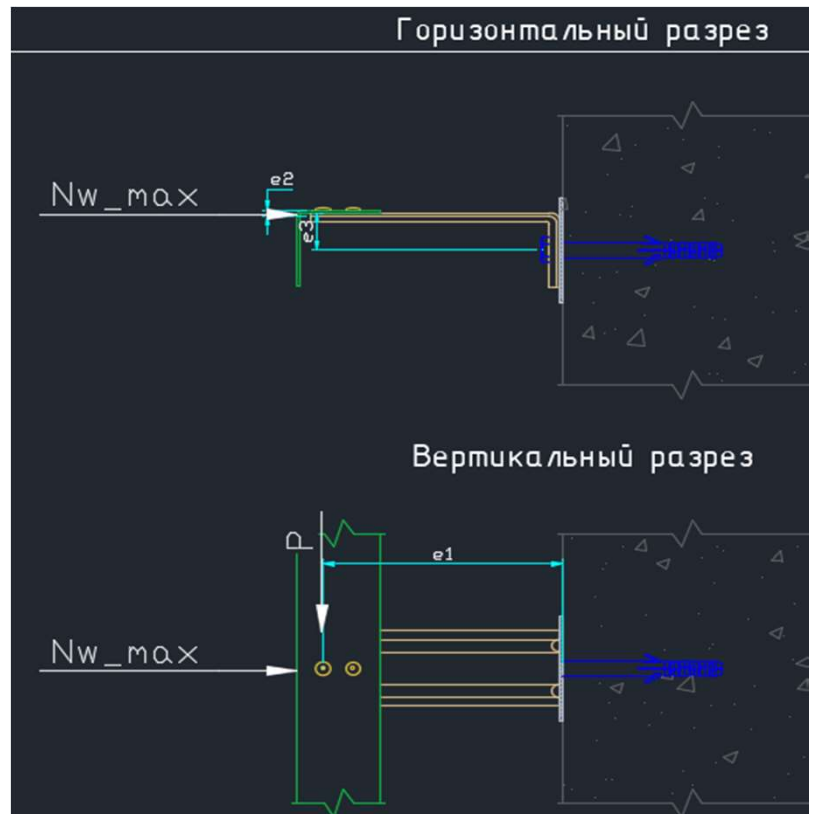


Рис. 3 Расчетная схема кронштейна с вертикально ориентированной плоскостью консоли

Сечение 1-1 консоли кронштейна. Расчет на прочность.

$$\sigma_{1-1} = \frac{N_{1-1}}{A_{1-1}} + \frac{M_{y_{1-1}}}{W_{y_{1-1}}} + \frac{M_{x_{1-1}}}{W_{x_{1-1}}} \leq \frac{R_y}{\gamma_n}$$

$$N_{1-1} = N_{w_{max}}$$

$$N_{w_{max}} = \frac{1,1 \cdot q_w \cdot L_1}{(1,250 \cdot q_w \cdot L_1)} \quad \text{- максимальная опорная реакция от ветровой нагрузки, кгс (см. Приложение 1, таб. 3);}$$

$$N_{w_{max}} = 1,1 \cdot 109,92 \cdot 0,90 = 108,82 \quad \text{кгс} \quad \text{- в угловой зоне;}$$

$$N_{w_{max}} = 1,1 \cdot 69,18 \cdot 0,90 = 68,49 \quad \text{кгс} \quad \text{- в рядовой зоне;}$$

$$M_{y_{1-1}} = P \cdot e_1$$

$$P = (P_{обл} + P_{напр}) / (n + 1) \quad \text{- для многопролетной расчетной схемы направляющих, кгс;}$$

$$e_1 = 20,00 \quad \text{см} \quad \text{- эксцентриситет (см. Рис. 3);}$$

$$M_{x_{1-1}} = N_{w_{max}} \cdot e_2$$

$$e_2 = 0,32 \quad \text{см} \quad \text{- расстояние от оси приложения силы } N_{w_{max}} \text{ до оси центра масс сечения 1-1 (см. Рис. 3);}$$

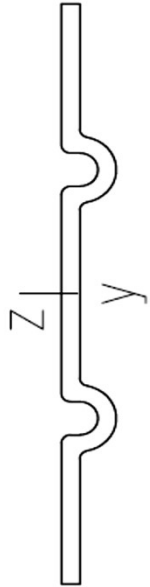
$$M_{x_{1-1}} = 108,82 \cdot 0,32 = 34,82 \quad \text{кгс/см} \quad \text{- в угловой зоне;}$$

$$M_{x_{1-1}} = 68,49 \cdot 0,32 = 21,92 \quad \text{кгс/см} \quad \text{- в рядовой зоне;}$$

$$P = (23,19 + 3,08) / (3 + 1) = 6,57 \quad \text{кгс}$$

$$M_{y_{1-1}} = 6,57 \cdot 20,00 = 131,33 \quad \text{кгс/см} \quad \text{- в угловой зоне;}$$

$$M_{y_{1-1}} = 6,57 \cdot 20,00 = 131,33 \quad \text{кгс/см} \quad \text{- в рядовой зоне;}$$



| Параметр | Значение | Разм. |
|-------------------------|------------------------|-----------------|
| Площадь сечения | 161,5 | мм ² |
| Осево́й момент Jz | 337 | мм ⁴ |
| Осево́й момент Jy | 62170 | мм ⁴ |
| Центробежный момент Jyz | 5,722x10 ⁻⁶ | мм ⁴ |
| Полярный момент Jp | 62510 | мм ⁴ |
| Момент сопротивления Wz | 78,46 | мм ³ |
| Момент сопротивления Wy | 1776 | мм ³ |

Рис. 4 Геометрические характеристики сечения 1-1

$$\begin{aligned}
 A_{1-1} &= 1,62 \text{ см}^2 && \text{-площадь сечения 1-1 (см. рис. 4);} \\
 W_{x_{1-1}} &= 0,078 \text{ см}^3 && \text{-момент сопротивления сечения 1-1 (см. рис. 4);} \\
 W_{y_{1-1}} &= 1,78 \text{ см}^3 && \text{-момент сопротивления сечения 1-1 (см. рис. 4);}
 \end{aligned}$$

Напряжение в угловой зоне:

$$\sigma_{1-1} = \frac{108,82}{1,62} + \frac{131,33}{1,78} + \frac{34,82}{0,078} = 587,39 \leq 2250 \text{ кгс/см}^2$$

Напряжение в рядовой зоне:

$$\sigma_{1-1} = \frac{68,49}{1,62} + \frac{131,33}{1,78} + \frac{21,92}{0,078} = 397,03 \leq 2250 \text{ кгс/см}^2$$

Условие прочности выполняется.

Сечение 2-2 опорной части кронштейна. Расчет на прочность.

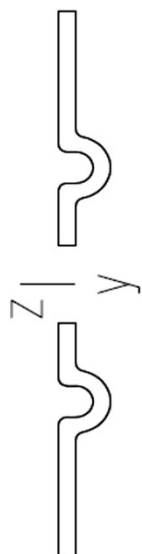
$$\sigma_{2-2} = \frac{M_{y_{2-2}}}{W_{y_{2-2}}} \leq \frac{R_y}{\gamma_n}$$

$$M_{y_{2-2}} = N_{w_max} * e_3$$

$$e_3 = 3,42 \text{ см} \quad \text{-расстояние от оси приложения силы } N_{w_max} \text{ до оси сечения 2-2 (см. Рис. 3);}$$

$$M_{y_{2-2}} = 108,82 * 3,42 = 372,17 \text{ кгс/см} \quad \text{-в угловой зоне;}$$

$$M_{y_{2-2}} = 68,49 * 3,42 = 234,23 \text{ кгс/см} \quad \text{-в рядовой зоне;}$$



| Параметр | Значение | Разм. |
|-------------------------|------------------------|-----------------|
| Площадь сечения | 141,5 | мм ² |
| Осевой момент Jz | 319 | мм ⁴ |
| Осевой момент Jy | 62000 | мм ⁴ |
| Центробежный момент Jyz | 3,815x10 ⁻⁶ | мм ⁴ |
| Полярный момент Jp | 62320 | мм ⁴ |
| Момент сопротивления Wz | 76,04 | мм ³ |
| Момент сопротивления Wy | 1771 | мм ³ |

Рис. 5 Геометрические характеристики сечения 2-2

| | | | | |
|---------------|---|-------|-----------------|---|
| A_{2-2} | = | 1,42 | см ² | -площадь сечения 2-2 (см. рис. 5); |
| $W_{x_{2-2}}$ | = | 0,076 | см ³ | -момент сопротивления сечения 2-2 (см. рис. 5); |
| $W_{y_{2-2}}$ | = | 1,77 | см ³ | -момент сопротивления сечения 2-2 (см. рис. 5); |

Напряжение в угловой зоне:

$$\sigma_{2-2} = \frac{372,17}{1,77} = 210,26 \leq 2250 \text{ кгс/см}^2$$

Напряжение в рядовой зоне:

$$\sigma_{2-2} = \frac{234,23}{1,77} = 132,33 \leq 2250 \text{ кгс/см}^2$$

Условие прочности выполняется.

Сочетание нагрузок собственный вес + гололёдная нагрузка + 25% ветровой

Для кронштейна КРУ ветровая нагрузка определяет несущую способность, поэтому расчёт на сочетание нагрузок собственный вес + гололёдная нагрузка + 25% ветровой нагрузки можно не выполнять.

5. Расчет узла крепления кронштейна к стене

Кронштейн крепится к стене одним анкерным элементом.

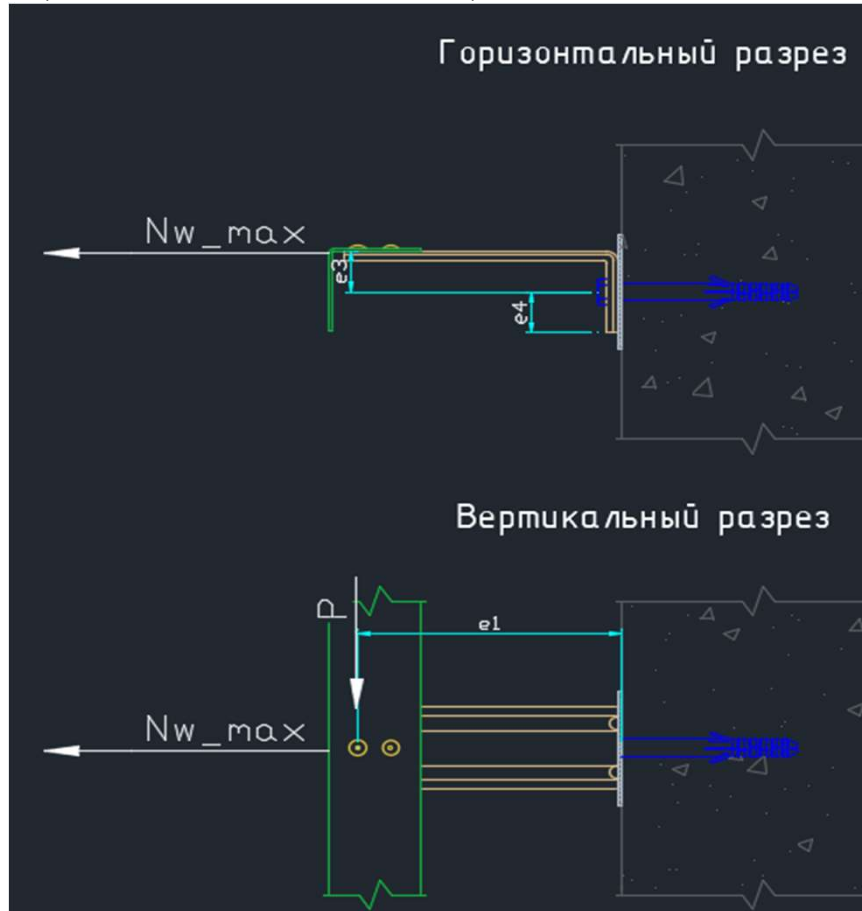


Рис. 6 Расчетная схема проверки анкерного элемента на вырыв

$$N_{\text{в}} = \frac{P \cdot e_1}{e_2} + \frac{N_{w_max} \cdot e_3}{e_4} \leq N_{\text{доп}}$$

$N_{\text{в}}$ -вырывающее усилие действующее на болт, кгс;

$N_{\text{доп}}$ -допустимое усилие вырыва для анкерного элемента, кгс;

$e_1 = 21,00$ см -эксцентриситет (см. Рис. 6);

$e_2 = 3,50$ см -эксцентриситет (см. Рис. 6);

$e_3 = 7,12$ см -эксцентриситет (см. Рис. 6);

$e_4 = 3,50$ см -эксцентриситет (см. Рис. 6);

P, N_{w_max} -см. п. 4;

Вырывающее усилие в угловой зоне:

$$N_{\text{в}} = \frac{6,57 \cdot 21,00}{3,50} + \frac{108,82 \cdot 7,12}{3,50} = 260,7698$$

Вырывающее усилие в рядовой зоне:

$$N_{\text{в}} = \frac{6,57 \cdot 21,00}{3,50} + \frac{68,49 \cdot 7,12}{3,50} = 178,7228$$

Условие выполняется.

6. Выводы

Кронштейны КРУ-200 и Г-образный профиль ГО 60/40/1,2 удовлетворяют всем требованиям и может применяться на данном объекте строительства.

Перечень нормативных документов и литературы

1. СП 20.1333.2011 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция
2. СП 16.1333.2011 Стальные конструкции. Актуализированная редакция.
3. ЦНИИПСК им. Мельникова. Методика расчета прочности конструкций навесных фасадных систем с воздушным зазором «Альт-фасад-01», «Альт-фасад-03», «Альт-фасад-04». Выпуск 11-3256.
4. СТО 44416204-010-2010 Крепление анкерные. Метод определения несущей способности по результатам натурных испытаний. ФГУ "ФЦС", г.Москва

Приложение 1

Таблица 1

Пиковые значения аэродинамических коэффициентов положительного давления (+) или отсоса (-)

Для стен прямоугольных в плане зданий пиковое положительное значение аэродинамического коэффициента $c_{p,+} = 1,2$

Пиковые значения отрицательного аэродинамического коэффициента $c_{p,-}$ для стен :

| | |
|------------------|--------------|
| $c_{p,-} = -2,2$ | угловая зона |
| $c_{p,-} = -1,2$ | рядовая зона |

Таблица 2

Коэффициент корреляции ветровой нагрузки, соответствующие положительному давлению (+) и отсосу (-); значения в таблице приведены в зависимости от площади ограждения A , с которой собирается ветровая нагрузка

| $A, м^2$ | 2 | 5 | 10 | 20 |
|----------|---|------|------|------|
| v_+ | 1 | 0,9 | 0,8 | 0,75 |
| v_- | 1 | 0,85 | 0,75 | 0,65 |

Таблица 3

| Моменты и опорные реакции | Расчетные схемы | | | |
|---------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| | №1 | №2 | №3 | №4 |
| $M_{оп_max}$ | - | $-0,125 * q_w * L_1^2$ | $-0,100 * q_w * L_1^2$ | $0,107 * q_w * L_1^2$ |
| $M_{пр_max}$ | $0,125 * q_w * L_1^2$ | $0,070 * q_w * L_1^2$ | $0,080 * q_w * L_1^2$ | $0,077 * q_w * L_1^2$ |
| N_{w_max} | $0,500 * q_w * L_1$ | $1,250 * q_w * L_1$ | $1,100 * q_w * L_1$ | $1,143 * q_w * L_1$ |

При креплении кронштейнов к перекрытиям здания, опорная реакция, приходящаяся на один кронштейн, равна $N_{w_max} = q_w * L_1$ (сумма реакций от двух соседних направляющих)

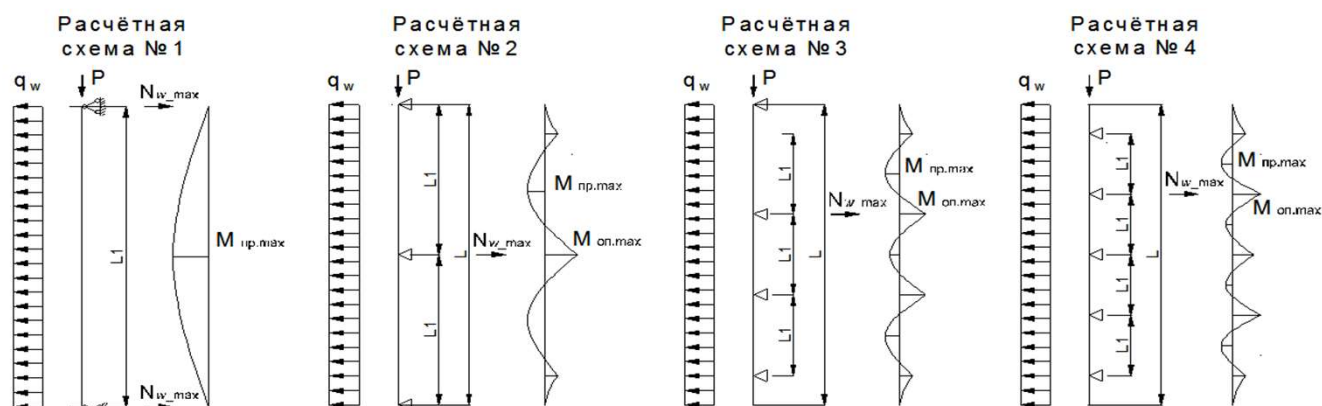


Рис. 7 Расчетные схемы направляющих.

Таблица 4

| | |
|---|-------|
| *- при однопролетной схеме $K_{нер} =$ | 1 |
| *- при двухпролетной схеме $K_{нер} =$ | 1,25 |
| *- при трехпролетной схеме $K_{нер} =$ | 1,1 |
| *- при четырехпролетной схеме $K_{нер} =$ | 1,143 |
| *- при пяти и более пролетной схеме $K_{нер} =$ | 1,132 |

Таблица 5

| Расчетные схемы | №1 | №2 | №3 | №4 |
|-----------------|-------|--------|---------|--------|
| k | 5/384 | 0,0052 | 0,00675 | 0,0063 |