

**ПРОЧНОСТНОЙ РАСЧЕТ**

**ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ**

**НАВЕСНОЙ ФАСАДНОЙ СИСТЕМЫ С ВОЗДУШНЫМ  
ЗАЗОРОМ «Thermomax-V»-10**

**(с облицовкой керамогранитными плитами)**

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Исходные данные .....	4
2. Характеристики материалов.....	4
3. Расчет внешних воздействий на фасадную систему для прямоугольного в плане здания высотой 75м.....	4
3.1 Нагрузки, действующие на фасадную систему в 5 ветровом и 3 гололедном районах, тип местности «В», в зимний период (рядовая зона №1) .....	5
3.2 Нагрузки, действующие на фасадную систему в 5 ветровом и 3 гололедном районах, тип местности «В», в летний период (рядовая зона №1) .....	7
3.3 Нагрузки, действующие на фасадную систему в 5 ветровом и 3 гололедном районах, тип местности «В» (краевая зона №2).....	8
4. Расчет несущей конструкции.....	9
4.1 Расчет направляющей.....	9
4.1.1 Для прямоугольного в плане здания высотой 75м, расположенного в 1 ветровом и 2 гололедном районах в рядовой зоне №1. Зимний период. Расчетная схема №1.....	9
4.1.2 Для прямоугольного в плане здания высотой 75м, расположенного в 1 ветровом и 2 гололедном районах в рядовой зоне №1. Летний период. Расчетная схема №1.....	11
4.1.3 Для прямоугольного в плане здания высотой 75м, расположенного в 1 ветровом и 2 гололедном районах в угловой зоне №2. Расчетная схема №1.....	11
4.1.4 Для прямоугольного в плане здания высотой 75м, расположенного в 5 ветровом районе. Рядовая зона №1. Летний период. Расчетная схема №2.....	12
4.1.5 Для прямоугольного в плане здания высотой 75м, расположенного в 5 ветровом районе. Угловая зона №2. Расчетная схема №2 .....	14
4.1.6 Проверка прогиба в пролетах направляющей для условий по п.4.1.5.....	14
4.2 Расчет соединений направляющей с несущим и опорным кронштейнами.....	15
4.2.1 Расчет соединений направляющей с несущим кронштейном для 1 ветрового района.....	15
4.2.2 Расчет соединений направляющей с опорным кронштейном для 1 ветрового района.....	20
4.2.3 Расчет соединений направляющей с несущим кронштейном для 5 ветрового района.....	21
4.2.4 Расчет соединений направляющей с опорным кронштейном для 5 ветрового района.....	23
4.3 Расчет удлинителей несущего кронштейна.....	24
4.4 Проверка на устойчивость выступающей части флажка.....	26
4.5 Расчет на прочность несущего кронштейна.....	26
4.6 Расчет на прочность опорного кронштейна.....	28
4.7 Расчет на прочность вкладыша опорного кронштейна.....	29
5. Расчет несущей конструкции для расчетной схемы №4.....	30

5.1 Расчет соединения удлинителей флажков с направляющей.....	30
5.2 Расчет соединения удлинителей флажков с флажком.....	34
5.3 Расчет удлинителей флажков.....	34
5.4 Расчет флажков.....	35
5.5 Расчет опорного кронштейна в качестве несущего.....	36
6. Выводы.....	38
7. Перечень нормативных документов.....	39
8. Таблицы №1и№2	
9. Характеристики поперечных сечений профилей	

## 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Фасадная облицовка – керамогранитные плиты.

Несущая конструкция – вертикальные тонкостенные направляющие из алюминиевого сплава АД31Т1 (ГОСТ 4784).

Шаг кронштейнов (направляющих) по горизонтали.....600мм.

Шаг кронштейнов по вертикали.....900 - 1200мм.

Длина вертикальных направляющих.....3000 мм.

В краевых зонах с повышенным ветровым воздействием – усиление несущей конструкции горизонтальными тонкостенными профилями из трубы прямоугольного сечения.

Шаг горизонтальных профилей.....600 мм.

Утеплитель – минераловатные плиты толщиной 150 мм.

## 2. ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ

Керамогранитные плиты.

Максимальная толщина плиты – 12мм.

Плотность материала – 2500 кг/м<sup>3</sup>.

Максимальные габаритные размеры плиты – 600 x 1200мм.

Нормативная вертикальная нагрузка от веса 1м<sup>2</sup> плит:

$$\bullet \quad q_z^n = p \times V = 2500 \times 0,012 = 30,0 \text{ кГ} / \text{м}^2 \quad (294,0 \text{ Н} / \text{м}^2)$$

Расчетная вертикальная нагрузка от веса 1м<sup>2</sup> плит:

$$\bullet \quad q_z = \gamma_f \times q_z^n = 1,2 \times 294,0 = 352,8 \text{ Н} / \text{м}^2$$

$\gamma_f = 1,2$  – коэффициент надежности по нагрузкам.

Несущая конструкция.

Элементы несущей конструкции имеют следующие расчетные сопротивления и коэффициенты условий работы:

$$\bullet \quad \text{На растяжение, сжатие и изгиб: } R = 120 \text{ МПа}; \gamma_c = 1;$$

$$\bullet \quad \text{На сдвиг: } R_s = 75 \text{ МПа}; \gamma_c = 1;$$

$$\bullet \quad \text{На смятие: } R_{ip} = 90 \text{ МПа}; \gamma_c = 1;$$

$$R_p = 190 \text{ МПа}; \gamma_c = 1;$$

## 3. РАСЧЕТ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ФАСАДНУЮ СИСТЕМУ ДЛЯ ПРЯМОУГОЛЬНОГО В ПЛАНЕ ЗДАНИЯ ВЫСОТОЙ 75м

Расчет действующих нагрузок производится для зимнего и летнего периодов. Для зимнего периода доминирующими нагрузками будут являться гололедные и нагрузки от веса облицовки и самой несущей конструкции. При учете гололедных нагрузок, ветровые берутся в размере 25% от расчетных значений.

Для летнего периода полностью учитываются ветровые, и нагрузки от веса облицовки и несущей конструкции.

Расчет производится для I и II зон прямоугольного в плане здания высотой 75м. (рис. 1), расположенного:

а) в пятом ветровом и третьем гололедном районах, тип местности «В»;

б) в первом ветровом и втором гололедном районах, тип местности «В» (г. Москва);

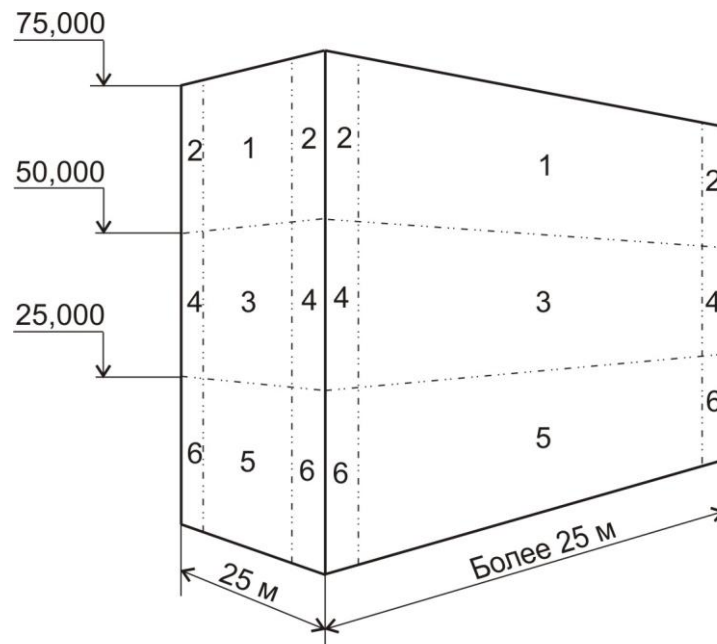


Рис. 1 Схема расположения зон на фасаде здания.

**3.1 Нагрузки, действующие на фасадную систему в пятом ветровом и третьем гололедном районах, тип местности «В» в зимний период.**

**Рядовая зона №1.**

3.1.1 Горизонтальная нагрузка от ветрового давления рассчитывается по формуле 4.7 (1) с учетом средней и пульсационной составляющих ветровой нагрузки. Нормативное значение ветрового давления принимается для пятого ветрового района и равно:

- $W_0 = 0,60 \text{ КПа}$

Коэффициент, учитывающий изменение суммарной (средней и пульсационной составляющих) ветровой нагрузки по эквивалентной высоте  $Z_e$ , принимается для  $Z_e = 75\text{м}$ , типа местности «В» и равен:

- $K_g(Z_e) = 2,49$

Аэродинамический коэффициент принят для рядовой зоны здания и равен:

- $C = -1,1$

Коэффициент корреляции ветровой нагрузки определяется по табл. 4.1. (1) и равен:

- $\nu = 1,0$

Нормативная ветровая нагрузка для рядовой зоны с учетом гололеда:

- $Q_y^n = 0,25 \times W_0 \times K_g(Z_e) \times C \times \nu = 0,25 \times 0,60 \times 2,49 \times 1,1 \times 1,0 = 0,410 \text{ КПа}$

Расчетная ветровая нагрузка при коэффициенте надежности по нагрузке:

- $\gamma_f = 1,4$
- $q_y = Q_y^n \times \gamma_f = 410,0 \times 1,4 = 574,0 \text{ H} / \text{ м}^2 (\text{Па})$

Нормативная горизонтальная нагрузка на вертикальную направляющую:

- $q_{y1}^n = Q_y^n \times H \times K_{\text{нер}} = 410,0 \times 0,6 \times 1,25 = 307,5 \text{ H} / \text{ м}$

$H$  – шаг крепления вертикальных направляющих по горизонтали;  
 $K_{\text{нер}}$  – коэффициент неразрезности для двухпролетной схемы (плита облицовки длиной 1200мм).

Расчетная горизонтальная нагрузка на вертикальную направляющую:

- $q_{y1} = q_y \times H \times K_{\text{нер}} = 574,0 \times 0,6 \times 1,25 = 344,4 \text{ H} / \text{ м}$

### 3.1.2 Вертикальная расчетная нагрузка от двустороннего обледенения плит облицовки для III гололедного района, для высоты 75м:

Вертикальная гололедная нагрузка рассчитывается по формуле 14 (2)

- $i = b \times K \times \mu_2 \times \rho \times g (\text{Па})$

$b = 10 \text{ мм}$  – толщина наледи (таблица 11) (2)

$K$  – коэффициент, учитывающий высоту расположения конструкций (таблица 13) (2)

$\mu_2$  – коэффициент, учитывающий форму обледенения.

$\rho = 900 \text{ кг/м}^3$  – плотность льда.

$g = 9,8 \text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения.

Нормативное значение поверхностной гололедной нагрузки:

- $i_z^n = 0,010 \times 1,84 \times 0,6 \times 900 \times 9,8 = 97,4 (\text{Па})$

Расчетное значение поверхностной гололедной нагрузки:

- $i_z = i_z^n \times \gamma = 97,4 \times 1,3 = 126,6 (\text{Па})$

$\gamma = 1,3$  – коэффициент надежности по гололедной нагрузке.

Нормативное значение поверхностной гололедной нагрузки на вертикальную направляющую:

- $i_{z1}^n = i_z^n \times H = 97,4 \times 0,6 = 58,4 \text{ H} / \text{ м}$

Расчетное значение поверхностной гололедной нагрузки на вертикальную направляющую:

- $i_{z1} = i_z \times H = 126,6 \times 0,6 = 76,0 \text{ H} / \text{ м}$

### 3.1.3 Вертикальная нагрузка от веса плит:

Нормативная вертикальная нагрузка от веса плит на вертикальную направляющую:

- $q_{z1}^n = q_z^n \times H = 294,0 \times 0,6 = 176,4 \text{ H} / \text{ м}$

Расчетная вертикальная нагрузка от веса плит на вертикальную направляющую:

- $q_{z1} = q_z \times H = 352,8 \times 0,6 = 211,7 \text{ H} / \text{ м}$

**3.2 Нагрузки, действующие на фасадную систему в пятом ветровом и третьем гололедном районах, тип местности «В» в летний период.**

**Рядовая зона №1.**

3.2.1 Горизонтальная нагрузка от ветрового давления.  
Нормативное значение ветрового давления принимается для пятого ветрового района и равно:

- $W_0 = 0,60 \text{ КПа}$

Коэффициент, учитывающий изменение суммарной (средней и пульсационной составляющих) ветровой нагрузки по эквивалентной высоте  $Z_e$ , принимается для  $Z_e = 75\text{м}$ , типа местности «В» и равен:

- $K_g(Z_e) = 2,49$

Аэродинамический коэффициент принят для рядовой зоны здания и равен:

- $C = -1,1$

Коэффициент корреляции ветровой нагрузки:

- $\nu = 1,0$

Нормативная ветровая нагрузка для рядовой зоны:

- $Q_y^n = W_0 \times K \times C \times \nu = 0,60 \times 2,49 \times 1,1 \times 1,0 = 1,643 \text{ (КПа)}$

Расчетная ветровая нагрузка при коэффициенте надежности по нагрузке:

- $\gamma_f = 1,4$
- $q_y = Q_y^n \times \gamma_f = 1643,0 \times 1,4 = 2300,0 \text{ Н / м}^2 \text{ (Па)}$

Нормативная горизонтальная нагрузка на вертикальную направляющую:

- $q_{y1}^n = Q_y^n \times H \times K_{нер} = 1643,0 \times 0,6 \times 1,25 = 1232,3 \text{ Н / м}$

$H$  – шаг крепления вертикальных направляющих по горизонтали;  
 $K_{нер}$  – коэффициент неразрезности для двухпролетной схемы (плита облицовки длиной 1200мм).

Расчетная горизонтальная нагрузка на вертикальную направляющую:

- $q_{y1} = q_y \times H \times K_{нер} = 2300,0 \times 0,6 \times 1,25 = 1725,0 \text{ Н / м}$

3.2.2 Вертикальная нагрузка от веса плит:  
Нормативная вертикальная нагрузка от веса плит на вертикальную направляющую:

- $q_{z1}^n = 176,4 \text{ Н / м}$

Расчетная вертикальная нагрузка от веса плит на вертикальную направляющую:

- $q_{z1} = 211,7 \text{ Н / м}$

### 3.3 **Нагрузки, действующие на фасадную систему в пятом ветровом и третьем гололедном районах, тип местности «В», в краевой зоне №2.**

Для этой зоны доминирующими нагрузками будут являться ветровые нагрузки и нагрузки от веса облицовки и самой несущей конструкции. На фрагментах фасада с повышенным ветровым воздействием (краевые зоны) наледь не образуется и гололедной нагрузкой на этих участках можно пренебречь.

Горизонтальная нагрузка от ветрового давления.

Нормативное значение ветрового давления принимается для пятого ветрового района и равно:

- $W_0 = 0,60 \text{ КПа}$

Коэффициент, учитывающий изменение суммарной (средней и пульсационной составляющих) ветровой нагрузки по эквивалентной высоте  $Z_e$ :

- $K_g(Z_e) = 2,49$

Аэродинамический коэффициент принят для краевой зоны здания и равен:

- $C = -2,0$

Коэффициент корреляции ветровой нагрузки:

- $\nu = 1,0$

Нормативная ветровая нагрузка для краевой зоны:

- $Q_y^n = W_0 \times K_g(Z_e) \times C \times \nu = 0,60 \times 2,49 \times 2,0 \times 1,0 = 2,988 \text{ КПа}$

Расчетная ветровая нагрузка при коэффициенте надежности по нагрузке:

- $\gamma_f = 1,4$
- $q_y = Q_y^n \times \gamma_f = 2988,0 \times 1,4 = 4183,2 \text{ Н / м}^2 (\text{Па})$

Нормативная горизонтальная нагрузка на вертикальную направляющую:

- $q_{y1}^n = Q_y^n \times H \times K_{нер} = 2988,0 \times 0,6 \times 1,25 = 2241,0 \text{ Н / м}$

$H$  – шаг крепления вертикальных направляющих по горизонтали;

$K_{нер}$  – коэффициент неразрезности для двухпролетной схемы (плита облицовки длиной 1200мм).

Расчетная горизонтальная нагрузка на вертикальную направляющую:

- $q_{y1} = q_y \times H \times K_{нер} = 4183,2 \times 0,6 \times 1,25 = 3137,4 \text{ Н / м}$

Результаты расчетов по зонам №1, 2 сведены в таблицу №1.

Ввиду полной аналогии расчета нагрузок для первого ветрового и второго гололедного районов, тип местности «В» (г. Москва) сам расчет не приводится, все данные по расчету сведены в таблицу №2.



#### 4. РАСЧЕТ НЕСУЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ

Область применения системы – здания и сооружения высотой 75м, расположенные в ветровых районах до пятого и гололедных районах до третьего включительно при следующих параметрах системы:

- использование максимальных размеров плит (600 × 1200×12мм);
- шаг направляющих в угловых зонах здания – 600мм;
- максимальный откос облицовки от стены – 260мм.

Расчет производится для двух ветровых районов, определяющих область применения фасадной системы – для первого и пятого ветровых районов по СНиП 2.01.07-85\*.

##### 4.1 Расчет направляющей

##### 4.1.1 Для прямоугольного в плане здания высотой 75м, расположенного в первом ветровом и втором гололедном районах (г. Москва). Рядовая зона №1. Зимний период. Расчетная схема №1.

Исходные данные:

Несущий кронштейн высотой 120мм, закреплен на направляющей сверху; к стене крепится двумя КИ.

Шаг кронштейнов (направляющих) по горизонтали – 600мм;

Шаг кронштейнов по вертикали – 1350мм;

Длина направляющей – 3000мм;

Расстояние от основания до плит облицовки – 260мм;

Расчетная схема направляющей – неразрезная балка на трех опорах. Верхняя опора №1 – шарнирно - неподвижная; средняя №2 и нижняя №3 – шарнирно - подвижные опоры (рис.2).

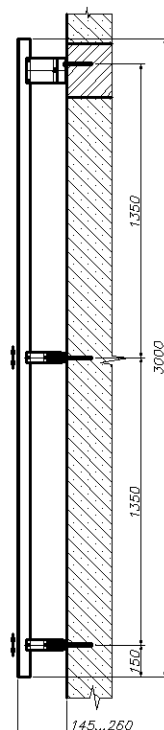


Рис.2. Расчетная схема №1

Геометрические характеристики поперечного сечения направляющей:

- $\delta = 2,0$  мм;
- $t = 3,0$  мм;
- $A = 296$  мм<sup>2</sup>;
- $J_x = 118457,3$  мм<sup>4</sup>;
- $W_x = 2696,4$  мм<sup>3</sup>;

На вертикальную направляющую действуют нагрузки, создаваемые и передаваемые закрепленными на ней фасадными плитами: нагрузки от веса плит, гололедные и ветровые.

Допущение: нагрузки, передаваемые фасадными плитами на вертикальные направляющие считаем распределенными.

Внутренние силовые факторы, действующие в поперечном сечении направляющей:

Изгибающий момент от вертикальной распределенной нагрузки:

$$M_g = 0,5 \times (q_{z1} + i_{z1}) \times L_z \times e_{yc}$$

Где:  $L_z = 1,35$  м – пролет вертикальной направляющей;

$e_{yc} = 23,6$  мм – расстояние между координатами центров масс плитки и направляющей;

$$M_g = 0,5 \times (211,7 + 38,0) \times 1,35 \times 0,024 = 4,1 \text{ Нм}$$

Изгибающий момент от горизонтальной распределенной нагрузки:

$$M_z = 0,125 \times q_{y1} \times L_z^2$$

$$M_z = 0,125 \times 165,9 \times 1,35^2 = 37,8 \text{ Нм}$$

Продольное усилие от вертикальной распределенной нагрузки, создаваемое весом плит и гололедом:

$$N_z = (q_{z1} + i_{z1}) \times L$$

$$N_z = (211,7 + 38,0) \times 3,0 = 749,1 \text{ Н}$$

Расчет вертикальной направляющей по нормальным напряжениям, возникающим от действия изгибающих моментов и продольного усилия, производится по формуле 50 (2):

$$\left( \frac{N_z}{A_n} + \frac{M_g + M_z}{W_n} \right) \times \gamma_n \leq R_y \times \gamma_c$$

$N_z$  - продольное усилие;

$A_n$  - площадь поперечного сечения направляющей;

$M_z$  и  $M_g$  - изгибающие моменты от вертикальных и горизонтальных нагрузок;

$W_n$  - максимальный момент сопротивления сечения;

$\gamma_n$  - коэффициент надежности по назначению;

$\gamma_c$  - коэффициент условий работы;

$$\left( \frac{749,1}{296,0} + \frac{(4,1 + 37,8) \times 10^3}{2696,4} \right) \times 0,95 = 17,2 \text{ МПа} < 120 \times 1,0 = 120 \text{ МПа}$$

Прочность направляющей по нормальным напряжениям обеспечивается.

**4.1.2 Для прямоугольного в плане здания высотой 75м, расположенного в первом ветровом и втором гололедном районах (г. Москва). Рядовая зона №1. Летний период. Расчетная схема №1.**

Исходные данные: те же.

Внутренние силовые факторы, действующие в поперечном сечении направляющей:

Изгибающий момент от вертикальной распределенной нагрузки:

$$\bullet \quad M_g = 0,5 \times q_{z1} \times L_z \times e_{yc}$$

Где:  $L_z = 1,35\text{м}$  – пролет вертикальной направляющей;

$e_{yc} = 23,6\text{мм}$  – расстояние между координатами центров масс плитки и направляющей;

$$\bullet \quad M_g = 0,5 \times 211,7 \times 1,35 \times 0,024 = 3,4\text{Нм}$$

Изгибающий момент от горизонтальной распределенной нагрузки:

$$\bullet \quad M_z = 0,125 \times q_{y1} \times L_z^2$$

$$\bullet \quad M_z = 0,125 \times 661,5 \times 1,35^2 = 150,7\text{Нм}$$

Продольное усилие от вертикальной распределенной нагрузки, создаваемое весом плит:

$$\bullet \quad N_z = q_{z1} \times L$$

$$\bullet \quad N_z = 211,7 \times 3,0 = 635,1\text{Н}$$

Расчет вертикальной направляющей по нормальным напряжениям, возникающим от действия изгибающих моментов и продольного усилия, производится по формуле 50 (2):

$$\bullet \quad \left( \frac{N_z}{A_n} + \frac{M_g + M_z}{W_n} \right) \times \gamma_n \leq R_y \times \gamma_c$$

$N_z$  - продольное усилие;

$A_n$  - площадь поперечного сечения направляющей;

$M_z$  и  $M_g$  - изгибающие моменты от вертикальных и горизонтальных нагрузок;

$W_n$  - максимальный момент сопротивления сечения;

$\gamma_n$  - коэффициент надежности по назначению;

$\gamma_c$  - коэффициент условий работы;

$$\bullet \quad \left( \frac{635,1}{296,0} + \frac{(3,4 + 150,7) \times 10^3}{2696,4} \right) \times 0,95 = 56,28\text{МПа} < 120 \times 1,0 = 120\text{МПа}$$

Прочность направляющей по нормальным напряжениям обеспечивается.

**4.1.3 Для прямоугольного в плане здания высотой 75м, расположенного в первом ветровом и втором гололедном районах (г. Москва). Угловая зона №2. Расчетная схема №1.**

Исходные данные: те же.

Внутренние силовые факторы, действующие в поперечном сечении направляющей:

Изгибающий момент от вертикальной распределенной нагрузки:

$$\bullet \quad M_g = 0,5 \times q_{z1} \times L_z \times e_{yc}$$

Где:  $L_z = 1,35\text{м}$  – пролет вертикальной направляющей;

$e_{yc} = 23,6 \text{ мм}$  – расстояние между координатами центров масс плитки и направляющей;

- $M_g = 0,5 \times 211,7 \times 1,35 \times 0,024 = 3,4 \text{ Нм}$

Изгибающий момент от горизонтальной распределенной нагрузки:

- $M_z = 0,125 \times q_{y1} \times L_z^2$

- $M_z = 0,125 \times 1202,3 \times 1,35^2 = 273,9 \text{ Нм}$

Продольное усилие от вертикальной распределенной нагрузки, создаваемое весом плит:

- $N_z = q_{z1} \times L$

- $N_z = 211,7 \times 3,0 = 635,1 \text{ Н}$

Расчет вертикальной направляющей по нормальным напряжениям, возникающим от действия изгибающих моментов и продольного усилия, производится по формуле 50 (2):

- $$\left( \frac{N_z}{A_n} + \frac{M_g + M_z}{W_n} \right) \times \gamma_n \leq R_y \times \gamma_c$$

$N_z$  - продольное усилие;

$A_n$  - площадь поперечного сечения направляющей;

$M_g$  и  $M_z$  - изгибающие моменты от вертикальных и горизонтальных нагрузок;

$W_n$  - максимальный момент сопротивления сечения;

$\gamma_n$  - коэффициент надежности по назначению;

$\gamma_c$  - коэффициент условий работы;

- $$\left( \frac{635,1}{296,0} + \frac{(3,4 + 273,9) \times 10^3}{2696,4} \right) \times 0,95 = 99,7 \text{ МПа} < 120 \times 1,0 = 120 \text{ МПа}$$

Прочность направляющей по нормальным напряжениям обеспечивается.

**Вывод:** наиболее критическим для направляющей является сочетание нагрузок, характерных для рядовой зоны для летнего периода и угловой зоны.

#### 4.1.4 Для прямоугольного в плане здания высотой 75м, расположенного в пятом ветровом районе. Рядовая зона №1. Летний период. Расчетная схема №2.

Исходные данные: Несущий кронштейн высотой 120мм, закреплен на направляющей сверху; к стене крепится двумя КИ.

Шаг кронштейнов (направляющих) по горизонтали – 600мм;

Шаг кронштейнов по вертикали – 900мм;

Длина направляющей – 3000мм;

Расстояние от основания до плит облицовки – 260мм;

Расчетная схема направляющей – неразрезная балка на четырех опорах. Верхняя опора №1 – шарнирно - неподвижная; опоры №2, №3 и №4 – шарнирно - подвижные опоры (рис.3).

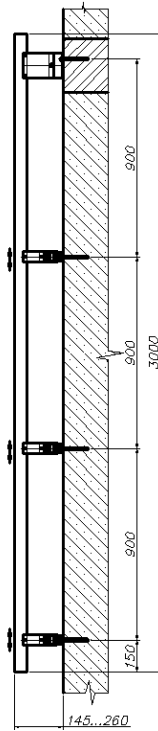


Рис.3. Расчетная схема №2.

Внутренние силовые факторы, действующие в поперечном сечении направляющей:

Изгибающий момент от вертикальной распределенной нагрузки:

- $M_g = 0,5 \times q_{z1} \times L_z \times e_{yc}$

Где:  $L_z = 0,90 м$  – пролет вертикальной направляющей;

$e_{yc} = 23,6 мм$  – расстояние между координатами центров масс плитки и направляющей;

- $M_g = 0,5 \times 211,7 \times 0,90 \times 0,024 = 2,3 Нм$

Изгибающий момент от горизонтальной распределенной нагрузки:

- $M_z = 0,125 \times q_{y1} \times L_z^2$

- $M_z = 0,125 \times 1725,0 \times 0,90^2 = 174,7 Нм$

Продольное усилие от вертикальной распределенной нагрузки, создаваемое весом плит:

- $N_z = q_{z1} \times L$

- $N_z = 211,7 \times 3,0 = 635,1 Н$

Расчет вертикальной направляющей по нормальным напряжениям, возникающим от действия изгибающих моментов и продольного усилия, производится по формуле 50 (2):

- $\left( \frac{N_z}{A_n} + \frac{M_g + M_z}{W_n} \right) \times \gamma_n \leq R_y \times \gamma_c$

$N_z$  - продольное усилие;

$A_n$  - площадь поперечного сечения направляющей;

$M_z$  и  $M_g$  - изгибающие моменты от вертикальных и горизонтальных нагрузок;

$W_n$  - максимальный момент сопротивления сечения;

$\gamma_n$  - коэффициент надежности по назначению;

$\gamma_c$  - коэффициент условий работы;

$$\bullet \left( \frac{635,1}{296,0} + \frac{(2,3+174,7) \times 10^3}{2696,4} \right) \times 0,95 = 64,4 \text{ МПа} < 120 \times 1,0 = 120 \text{ МПа}$$

Прочность направляющей по нормальным напряжениям обеспечивается.

#### 4.1.5 Для прямоугольного в плане здания высотой 75м, расположенного в пятом ветровом районе. Угловая зона №2. Расчетная схема №2.

Исходные данные: те же.

Внутренние силовые факторы, действующие в поперечном сечении направляющей:

Изгибающий момент от вертикальной распределенной нагрузки:

$$\bullet M_g = 2,3 \text{ Нм}$$

Изгибающий момент от горизонтальной распределенной нагрузки:

$$\bullet M_z = 0,125 \times q_{y1} \times L_z^2$$

$$\bullet M_z = 0,125 \times 3137,4 \times 0,90^2 = 317,7 \text{ Нм}$$

Продольное усилие от вертикальной распределенной нагрузки, создаваемое весом плит:

$$\bullet N_z = 635,1 \text{ Н}$$

Расчет вертикальной направляющей по нормальным напряжениям, возникающим от действия изгибающих моментов и продольного усилия, производится по формуле 50 (2):

$$\bullet \left( \frac{N_z}{A_n} + \frac{M_g + M_z}{W_n} \right) \times \gamma_n \leq R_y \times \gamma_c$$

$N_z$  - продольное усилие;

$A_n$  - площадь поперечного сечения направляющей;

$M_z$  и  $M_g$  - изгибающие моменты от вертикальных и горизонтальных нагрузок;

$W_n$  - максимальный момент сопротивления сечения;

$\gamma_n$  - коэффициент надежности по назначению;

$\gamma_c$  - коэффициент условий работы;

$$\bullet \left( \frac{635,1}{296,0} + \frac{(2,3+317,7) \times 10^3}{2696,4} \right) \times 0,95 = 114,7 \text{ МПа} < 120 \times 1,0 = 120 \text{ МПа}$$

Прочность направляющей по нормальным напряжениям обеспечивается.

#### 4.1.6 Проверка прогиба в пролетах направляющей для условий по п. 4.1.5.

Наибольшие значения прогибов будут в крайних пролетах:

$$f = K \times \frac{q_{y1}^n \times L_z^4}{E \times J} = 0,00675 \times \frac{2241,0 \times 0,9^4}{70000,0 \times 118457,3 \times 10^{-6}} = 1,19 \times 10^{-3} \text{ м} (1,19 \text{ мм})$$

Максимально допускаемый прогиб:

$$f_{\max} = \frac{1}{200} \times L_z = \frac{1}{200} \times 900 = 4,5 \text{ мм}$$

#### 4.2 Расчет соединений направляющей с несущим и опорным кронштейнами

##### 4.2.1 Расчет соединения направляющей с несущим кронштейном для первого ветрового района

Расчет производится для расчетной схемы III, где на соединение действуют наибольшие нагрузки, (рис.4), для прямоугольного в плане здания высотой 75м, расположенного в первом ветровом и втором гололедном районах (г. Москва) для зон №1 и №2.

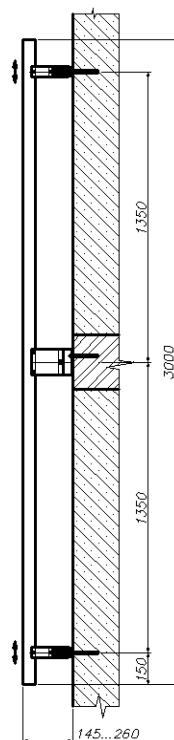


Рис.4. Расчетная схема III.

Такую схему целесообразно использовать при установке несущего кронштейна в плиту перекрытия, опорные кронштейны устанавливаются в материал стенового заполнения с малой прочностью.

#### Исходные данные:

Удлинитель несущего кронштейна высотой 120мм, закреплены на направляющей в центре; крепление к направляющей производится двумя заклепками Ø6,4 из коррозионностойкой стали (A2/A2) с межцентровым расстоянием 90мм.

Шаг кронштейнов (направляющих) по горизонтали – 600мм;

Шаг кронштейнов по вертикали – 1350мм;

Длина направляющей – 3000мм;

Расстояние от шарнира несущего кронштейна до соединения удлинителей с направляющей, при максимальном отnose плит облицовки – 120мм;

Нагрузки, действующие на узел крепления в зоне №1:

- $N = |R_2| = 1,25 \times q_{y1} \times L_z = 1,25 \times 661,5 \times 1,35 = 1116,2H$
- $P = q_{z1} \times L = 211,7 \times 3,0 = 635,1H$

- $M_p = P_z \times e = 635,1 \times 0,12 = 76,2 \text{ Hm}$
- $M_N = 0,125 \times q_{y1} \times L_z^2 = 0,125 \times 661,5 \times 1,35^2 = 150,7 \text{ Hm}$
- $M_\Sigma = M_p + M_N = 76,2 + 150,7 = 226,9 \text{ Hm}$

Нагрузки, действующие на узел крепления в зоне №2:

- $N = |R_2| = 1,25 \times q_{y1} \times L_z = 1,25 \times 1202,3 \times 1,35 = 2028,9 \text{ H}$
- $P = q_{z1} \times L = 211,7 \times 3,0 = 635,1 \text{ H}$
- $M_p = P_z \times e = 635,1 \times 0,12 = 76,2 \text{ Hm}$
- $M_N = 0,125 \times q_{y1} \times L_z^2 = 0,125 \times 1202,3 \times 1,35^2 = 273,9 \text{ Hm}$
- $M_\Sigma = M_p + M_N = 76,2 + 273,9 = 350,1 \text{ Hm}$

Нагрузки, действующие на точку крепления:

Для вычисления результирующего усилия  $N_R$  используется схема, показанная на рис.5.а.

Результирующее усилие, действующее на заклепку в зоне №1:

- $$N_R = \sqrt{(N_y + N_M)^2 + P_z^2}$$

Где:

$$N_y = \frac{N}{n} = \frac{1116,2}{2} = 558,1 \text{ H} \quad \text{- горизонтальное расчетное ветровое усилие на одну}$$

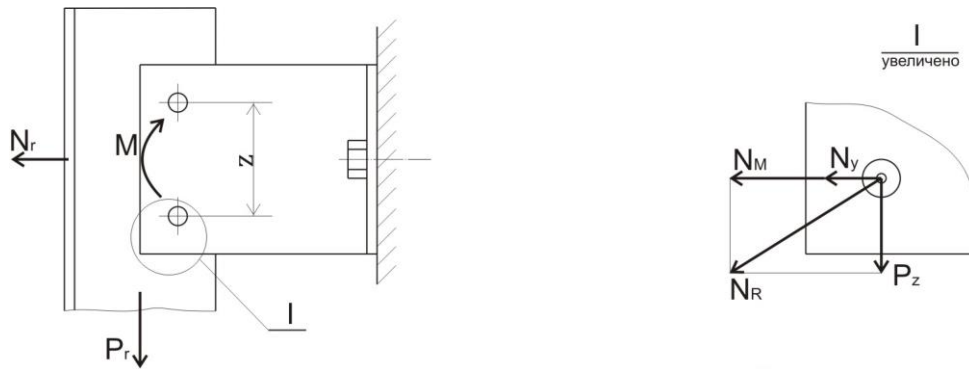
заклепку; n – количество заклепок в соединении;

$$N_M = \frac{M}{z} = \frac{226,9}{0,09} = 2521,1 \text{ H} \quad \text{- горизонтальное расчетное усилие на одну заклепку от}$$

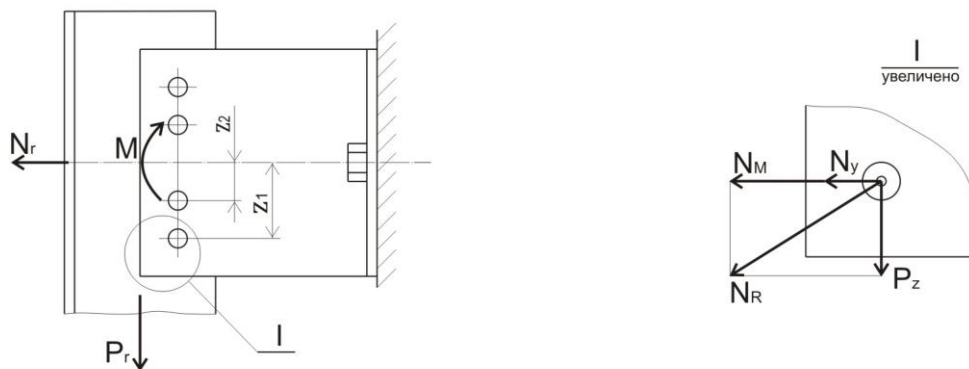
действия суммарного момента в соединении (0,09м – расстояние между заклепками);

$$P_z = \frac{P}{n} = \frac{635,1}{2} = 317,6 \text{ H} \quad \text{- вертикальное расчетное усилие на одну заклепку.}$$





а) соединение выполнено двумя КИ



б) соединение выполнено четырьмя КИ

Рис.5

- $$N_R = \sqrt{(558,1 + 2521,1)^2 + 317,6^2} = 3095,5H$$

Расчет прочности материала вертикальной направляющей, контактирующей с заклепкой на смятие производится по формуле:

- $$\frac{N_R}{d \times \delta} \times \gamma_n \leq R_{lp} \times \gamma_c$$

Где:

$\delta = 3,0\text{мм}$  – толщина направляющей;

$d = 6,4\text{мм}$  – диаметр заклепки;

$R_{lp} = 195\text{МПа}$  – расчетное сопротивление алюминиевого сплава на смятие;

$\gamma_n = 0,95$  – коэффициент надежности по назначению;

$\gamma_c = 0,9$  – коэффициент условий работы.

- $$\frac{3095,5}{6,4 \times 3,0} \times 0,95 = 153,2\text{МПа} < 195,0 \times 0,9 = 175,5\text{МПа}$$

Условие прочности выполняется.

Проверка прочности заклепки на срез:

Допускаемое усилие на срез заклепки  $\varnothing 6,4$  из коррозионностойкой стали (A2/A2) по данным ТС 2490-09 составляет 3360Н.

Условие прочности выполняется.

**Вывод:** Соединение на двух заклепках Ø6,4 из коррозионностойкой стали (A2/A2), полностью удовлетворяет условиям прочности.

Результирующее усилие, действующее на заклепку в зоне №2:

$$\bullet \quad N_R = \sqrt{(N_y + N_M)^2 + P_z^2}$$

Где:

$N_y = \frac{N}{n} = \frac{2028,0}{2} = 1014,0H$  - горизонтальное расчетное ветровое усилие на одну заклепку; n – количество заклепок в соединении;

$N_M = \frac{M}{z} = \frac{350,1}{0,09} = 3890,0H$  - горизонтальное расчетное усилие на одну заклепку от действия суммарного момента в соединении (0,09м – расстояние между заклепками);

$P_z = \frac{P}{n} = \frac{635,1}{2} = 317,6H$  - вертикальное расчетное усилие на одну заклепку.

$$\bullet \quad N_R = \sqrt{(1014,0 + 3890,0)^2 + 317,6^2} = 4914,3H$$

Расчет прочности материала вертикальной направляющей, контактирующей с заклепкой на смятие производится формуле:

$$\bullet \quad \frac{N_R}{d \times \delta} \times \gamma_n \leq R_{ip} \times \gamma_c$$

Где:

$\delta = 3,0\text{мм}$  – толщина направляющей;

$d = 6,4\text{мм}$  – диаметр заклепки;

$R_{ip} = 195\text{МПа}$  – расчетное сопротивление алюминиевого сплава на смятие;

$\gamma_n = 0,95$  – коэффициент надежности по назначению;

$\gamma_c = 0,9$  – коэффициент условий работы.

$$\bullet \quad \frac{4914,3}{6,4 \times 3,0} \times 0,95 = 243,2\text{МПа} > 195,0 \times 0,9 = 175,5\text{МПа}$$

Условие прочности не выполняется.

Проверка прочности заклепки на срез:

Допускаемое усилие на срез заклепки Ø6,4 из коррозионностойкой стали (A2/A2) по данным ТС 2490-09 составляет 3360Н.

Условие прочности не выполняется.

**Вывод:** Соединение направляющей с удлинителями несущего кронштейна двумя заклепками Ø6,4 из коррозионностойкой стали (A2/A2) не удовлетворяет условиям прочности.

Усиливаем соединение, добавляя вторую пару заклепок.

Исходные данные:

Удлинитель несущего кронштейна высотой 120мм, закреплен на направляющей в центре; крепление к направляющей производится двумя парами заклепок Ø6,4 из коррозионностойкой стали (A2/A2) с межцентровыми расстояниями: 100мм и 60мм.

Для вычисления результирующего усилия  $N_R$  используется схема, показанная на рис.4.б.

Результирующее усилие, действующее на заклепку:

$$\bullet \quad N_R = \sqrt{(N_y + N_M)^2 + P_z^2}$$

Где:

$N_y = \frac{N}{n} = \frac{2028,0}{4} = 507,0H$  - горизонтальное расчетное ветровое усилие на одну заклепку;  $n$  – количество заклепок в соединении;

$N_M = \frac{M \times z_1}{2 \times (z_1^2 + z_2^2)} = \frac{350,1 \times 0,050}{2 \times (0,050^2 + 0,030^2)} = 2573,5H$  - горизонтальное расчетное усилие на одну заклепку от действия суммарного момента в соединении;

$z_1 = 50мм$  - расстояние от внешней точки крепления до нейтрального слоя соединения;

$z_2 = 30мм$  - расстояние от внутренней точки крепления до нейтрального слоя соединения;

$P_z = \frac{P}{n} = \frac{635,1}{4} = 158,8H$  - вертикальное расчетное усилие на одну заклепку.

$$\bullet \quad N_R = \sqrt{(507,0 + 2573,5)^2 + 158,8^2} = 3084,6H$$

Расчет прочности материала вертикальной направляющей, контактирующей с заклепкой на смятие производится формуле:

$$\bullet \quad \frac{N_R}{d \times \delta} \times \gamma_n \leq R_{lp} \times \gamma_c$$

Где:

$\delta = 3,0мм$  – толщина направляющей;

$d = 6,4мм$  – диаметр заклепки;

$R_{lp} = 195МПа$  – расчетное сопротивление алюминиевого сплава на смятие;

$\gamma_n = 0,95$  – коэффициент надежности по назначению;

$\gamma_c = 0,9$  – коэффициент условий работы.

$$\bullet \quad \frac{3084,6}{6,4 \times 3,0} \times 0,95 = 152,6МПа < 195,0 \times 0,9 = 175,5МПа$$

Условие прочности выполняется.

Проверка прочности заклепки на срез:

Допускаемое усилие на срез заклепки Ø6,4 из коррозионностойкой стали (A2/A2) по данным ТС 2490-09 составляет 3360Н.

Заклепка по прочности проходит.

**Вывод:** Соединение направляющей с удлинителями несущего кронштейна двумя парами заклепок  $\varnothing 6,4$  с межцентровыми расстояниями 60мм и 100мм из коррозионностойкой стали (A2/A2) удовлетворяет условиям прочности.

Для применения такой схемы в других ветровых районах требуется увеличение межцентровых расстояний и, как следствие - высоты удлинителей, что должно подтверждаться расчетом.

#### 4.2.2 Расчет соединения направляющей с опорным кронштейном для первого ветрового района

Расчет производится для расчетной схемы I, где на соединение среднего кронштейна с направляющей действуют наибольшие нагрузки (рис. 2), для прямоугольного в плане здания высотой 75м, расположенного в первом ветровом и втором гололедном районах (г. Москва) для зоны №2.

Нагрузки, действующие на узел крепления в зоне №2:

- $$N = |R_2| = 1,25 \times q_{y1} \times L_z = 1,25 \times 1202,3 \times 1,35 = 2029,9H$$

Наибольшая нагрузка, действующая на точку крепления:

- $$N = 2029,9H$$

Расчет прочности материала вертикальной направляющей, контактирующей с заклепкой на смятие производится формуле:

- $$\frac{N}{d \times \delta} \times \gamma_n \leq R_p \times \gamma_c$$

Где:

$\delta = 3,0\text{мм}$  – толщина направляющей;

$d = 6,4\text{мм}$  – диаметр заклепки;

$R_p = 195\text{МПа}$  – расчетное сопротивление алюминиевого сплава на смятие;

$\gamma_n = 0,95$  – коэффициент надежности по назначению;

$\gamma_c = 0,9$  – коэффициент условий работы.

- $$\frac{2029,9}{6,4 \times 3,0} \times 0,95 = 100,4\text{МПа} < 195,0 \times 0,9 = 175,5\text{МПа}$$

Условие прочности выполняется.

Проверка прочности заклепки на срез:

Допускаемое усилие на срез заклепки  $\varnothing 6,4$  из коррозионностойкой стали (A2/A2) по данным ТС 2490-09 составляет 3360Н.

Условие прочности выполняется.

**Вывод:** Соединение направляющей с удлинителями опорного кронштейна одной заклепкой  $\varnothing 6,4$  из коррозионностойкой стали (A2/A2) удовлетворяет условиям прочности.

#### 4.2.3 Расчет соединения направляющей с несущим кронштейном для пятого ветрового района

Расчет производится для расчетной схемы II, (рис.3), для прямоугольного в плане здания высотой 75м, расположенного в пятом ветровом районе для зон №1 и №2.

##### Исходные данные:

Удлинитель несущего кронштейна высотой 120мм, закреплены на направляющей в верхней части; крепление к направляющей производится двумя заклепками Ø6,4 из коррозионностойкой стали (A2/A2) с межцентровым расстоянием 90мм.

Шаг кронштейнов (направляющих) по горизонтали – 600мм;

Шаг кронштейнов по вертикали – 900мм;

Длина направляющей – 3000мм;

Расстояние от шарнира несущего кронштейна до соединения удлинителей с направляющей, при максимальном отnose плит облицовки – 120мм;

Нагрузки, действующие на узел крепления в зоне №1:

- $N = |R_1| = 0,4 \times q_{y1} \times L_z = 0,4 \times 1725,0 \times 0,90 = 621,0H$
- $P = q_{z1} \times L = 211,7 \times 3,0 = 635,1H$
- $M_p = P_z \times e = 635,1 \times 0,12 = 76,2Hm$
- $M_N = 0$

Нагрузки, действующие на узел крепления в зоне №2:

- $N = |R_1| = 0,4 \times q_{y1} \times L_z = 0,4 \times 3137,4 \times 0,9 = 1129,5H$
- $P = q_{z1} \times L = 211,7 \times 3,0 = 635,1H$
- $M_p = P_z \times e = 635,1 \times 0,12 = 76,2Hm$
- $M_N = 0$

Нагрузки, действующие на точку крепления:

Для вычисления результирующего усилия  $N_R$  используется схема, показанная на рис.5.а.

Результирующее усилие, действующее на заклепку в зоне №1:

- $$N_R = \sqrt{(N_y + N_M)^2 + P_z^2}$$

Где:

$N_y = \frac{N}{n} = \frac{621,2}{2} = 310,6H$  - горизонтальное расчетное ветровое усилие на одну заклепку; n – количество заклепок в соединении;

$N_M = \frac{M_p}{z} = \frac{76,2}{0,09} = 846,7H$  - горизонтальное расчетное усилие на одну заклепку от действия момента в соединении (0,09м – расстояние между заклепками);

$$P_z = \frac{P}{n} = \frac{635,1}{2} = 317,6H - \text{вертикальное расчетное усилие на одну заклепку.}$$

- $N_R = \sqrt{(310,6 + 846,7)^2 + 317,6^2} = 1200,1H$

Расчет прочности материала вертикальной направляющей, контактирующей с заклепкой на смятие производится по формуле:

- $\frac{N_R}{d \times \delta} \times \gamma_n \leq R_{lp} \times \gamma_c$

Где:

$\delta = 3,0\text{мм}$  – толщина направляющей;

$d = 6,4\text{мм}$  – диаметр заклепки;

$R_{lp} = 195\text{МПа}$  – расчетное сопротивление алюминиевого сплава на смятие;

$\gamma_n = 0,95$  – коэффициент надежности по назначению;

$\gamma_c = 0,9$  – коэффициент условий работы.

- $\frac{1200,1}{6,4 \times 3,0} \times 0,95 = 59,4\text{МПа} < 195,0 \times 0,9 = 175,5\text{МПа}$

Условие прочности выполняется.

Проверка прочности заклепки на срез:

Допускаемое усилие на срез заклепки  $\varnothing 6,4$  из коррозионностойкой стали (А2/А2) по данным ТС 2490-09 составляет 3360Н.

Условие прочности выполняется.

**Вывод:** Соединение на заклепках  $\varnothing 6,4$  из коррозионностойкой стали (А2/А2) полностью удовлетворяет условиям прочности.

Результирующее усилие, действующее на заклепку в зоне №2:

- $N_R = \sqrt{(N_y + N_M)^2 + P_z^2}$

Где:

$N_y = \frac{N}{n} = \frac{1129,5}{2} = 564,8H$  – горизонтальное расчетное ветровое усилие на одну заклепку;  $n$  – количество заклепок в соединении;

$N_M = \frac{M_p}{z} = \frac{76,2}{0,09} = 846,7H$  – горизонтальное расчетное усилие на одну заклепку от действия момента в соединении (0,09м – расстояние между заклепками);

$P_z = \frac{P}{n} = \frac{635,1}{2} = 317,6H$  – вертикальное расчетное усилие на одну заклепку.

- $N_R = \sqrt{(564,8 + 846,7)^2 + 317,6^2} = 1446,7H$

Расчет прочности материала вертикальной направляющей, контактирующей с заклепкой на смятие производится формуле:

$$\bullet \quad \frac{N_R}{d \times \delta} \times \gamma_n \leq R_{lp} \times \gamma_c$$

Где:

$\delta = 3,0 \text{ мм}$  – толщина направляющей;

$d = 6,4 \text{ мм}$  – диаметр заклепки;

$R_{lp} = 195 \text{ МПа}$  – расчетное сопротивление алюминиевого сплава на смятие;

$\gamma_n = 0,95$  – коэффициент надежности по назначению;

$\gamma_c = 0,9$  – коэффициент условий работы.

$$\bullet \quad \frac{1446,7}{6,4 \times 3,0} \times 0,95 = 71,6 \text{ МПа} < 195,0 \times 0,9 = 175,5 \text{ МПа}$$

Условие прочности выполняется.

Проверка прочности заклепки на срез:

Допускаемое усилие на срез заклепки  $\varnothing 6,4$  из коррозионностойкой стали (A2/A2) по данным ТС 2490-09 составляет 3360Н.

Условие прочности выполняется.

**Вывод:** Соединение направляющей с удлинителями несущего кронштейна двумя заклепки  $\varnothing 6,4$  из коррозионностойкой стали (A2/A2) полностью удовлетворяет условиям прочности.

#### 4.2.4 Расчет соединения направляющей с опорным кронштейном для пятого ветрового района

Расчет производится для Схемы III, (рис.4), для прямоугольного в плане здания высотой 75м, расположенного в пятом ветровом районе для зоны №2.

Нагрузки, действующие на узел крепления в зоне №2:

$$\bullet \quad N = |R_{2,3}| = 1,1 \times q_{y1} \times L_z = 1,1 \times 3137,4 \times 0,9 = 3106,0 \text{ Н}$$

Нагрузки, действующие на точку крепления:

$$\bullet \quad N = 3106,0 \text{ Н}$$

Расчет прочности материала вертикальной направляющей, контактирующей с заклепкой на смятие производится формуле:

$$\bullet \quad \frac{N}{d \times \delta} \times \gamma_n \leq R_{lp} \times \gamma_c$$

Где:

$\delta = 3,0 \text{ мм}$  – толщина направляющей;

$d = 6,4 \text{ мм}$  – диаметр заклепки;

$R_{lp} = 195 \text{ МПа}$  – расчетное сопротивление алюминиевого сплава на смятие;

$\gamma_n = 0,95$  – коэффициент надежности по назначению;

$\gamma_c = 0,9$  – коэффициент условий работы.

- $$\frac{3106,0}{6,4 \times 3,0} \times 0,95 = 153,7 \text{ МПа} < 195,0 \times 0,9 = 175,5 \text{ МПа}$$

Условие прочности выполняется.

Проверка прочности заклепки на срез:

Допускаемое усилие на срез заклепки  $\varnothing 6,4$  из коррозионностойкой стали (A2/A2) по данным ТС 2490-09 составляет 3360Н.

Условие прочности выполняется.

**Вывод:** Соединение направляющей с удлинителями опорного кронштейна одной заклепкой  $\varnothing 6,4$  из коррозионностойкой стали (A2/A2) удовлетворяет условиям прочности.

#### 4.3 Расчет удлинителей несущего кронштейна

Удлинители несущего кронштейна с одной стороны соединены шарнирно с несущим кронштейном, а с другой стороны – жестко с направляющей, образуя в месте соединения вилку.

Опасное сечение удлинителей несущего кронштейна – ослабленное отверстиями сечение в месте соединения с направляющими.

Геометрические характеристики поперечного, ослабленного четырьмя отверстиями, общего сечения удлинителей несущего кронштейна:

- $\delta = 120,0 \text{ мм};$
- $t = 3,0 \text{ мм};$
- $A = 648 \text{ мм}^2;$
- $J_x = 717984,0 \text{ мм}^4;$
- $W_x = 11966,4 \text{ мм}^3;$

Наибольшие определенные усилия на соединение – в первом ветровом районе, в рядовой зоне №1, для расчетной схемы III.

Внутренние силовые факторы, действующие в ослабленном, наиболее нагруженном сечении удлинителей:

Изгибающий момент:

- $$M_{\Sigma} = 226,9 \text{ Нм}$$

Продольное усилие:

- $$N = 1116,2 \text{ Н}$$

Поперечное усилие:

- $$P = 635,1 \text{ Н}$$

Расчет удлинителей по нормальным напряжениям, возникающим от действия суммарного изгибающего момента и продольного усилия, производится по формуле 50 (2):



- $$\left( \frac{N}{A_n} + \frac{M_\Sigma}{W_n} \right) \times \gamma_n \leq R_y \times \gamma_c$$

$N$  - продольное усилие;

$A_n$  - площадь поперечного сечения удлинителей;

$M_\Sigma$  - суммарный изгибающий момент от действия вертикальных и горизонтальных нагрузок;

$W_n$  - момент сопротивления сечения;

$\gamma_n$  - коэффициент надежности по назначению;

$\gamma_c$  - коэффициент условий работы;

- $$\left( \frac{1116,2}{648,0} + \frac{226,9 \times 10^3}{11966,4} \right) \times 0,95 = 19,6 \text{ МПа} < 120 \times 1,0 = 120 \text{ МПа}$$

Прочность удлинителей по нормальным напряжениям обеспечивается.

Геометрические характеристики поперечного, ослабленного восемью отверстиями, общего сечения удлинителей несущего кронштейна:

- $\delta = 120,0 \text{ мм};$
- $t = 3,0 \text{ мм};$
- $A = 576 \text{ мм}^2;$
- $J_x = 622350,0 \text{ мм}^4;$
- $W_x = 10372,5 \text{ мм}^3;$

Наибольшие определенные усилия на соединение – в первом ветровом районе, в угловой зоне №2, для расчетной схемы III.

Внутренние силовые факторы, действующие в ослабленном, наиболее нагруженном сечении удлинителей:

Изгибающий момент:

- $M_\Sigma = 350,1 \text{ Нм}$

Продольное усилие:

- $N = 2028,9 \text{ Н}$

поперечное усилие:

- $P = 635,1 \text{ Н}$

Расчет удлинителей по нормальным напряжениям, возникающим от действия суммарного изгибающего момента и продольного усилия, производится по формуле 50 (2):

- $$\left( \frac{N}{A_n} + \frac{M_\Sigma}{W_n} \right) \times \gamma_n \leq R_y \times \gamma_c$$

$N$  - продольное усилие;

$A_n$  - площадь поперечного сечения удлинителей;

$M_\Sigma$  - суммарный изгибающий момент от действия вертикальных и горизонтальных нагрузок;

$W_n$  - момент сопротивления сечения;

$\gamma_n$  - коэффициент надежности по назначению;

$\gamma_c$  - коэффициент условий работы;

$$\bullet \left( \frac{2028,9}{576,0} + \frac{350,1 \times 10^3}{10372,5} \right) \times 0,95 = 35,4 \text{ МПа} < 120 \times 1,0 = 120 \text{ МПа}$$

Прочность удлинителей по нормальным напряжениям обеспечивается.

#### 4.4 Проверка на устойчивость выступающей части фляжка:

Геометрические характеристики:

Длина свободной части фляжка  $l = 80 \text{ мм}$ ;

Радиус инерции сечения  $i = 0,866 \text{ мм}$ ;

Площадь поперечного сечения  $A = 150,0 \text{ мм}^2$ .

Принимаем коэффициент длины  $\mu = 1$ .

Определяем гибкость свободной части фляжка:

$$\lambda = \frac{\mu l}{i} = \frac{1 \times 80}{0,866} = 92$$

Находим по таблице 2 (3) для сплава АД31Т1 коэффициент  $\varphi$ :

$$\varphi = 0,450$$

Допускаемые напряжения на устойчивость:

$$\bullet [\sigma_y] = \varphi \times R_y \times \gamma_c = 0,450 \times 120 \times 1 = 54,0 \text{ МПа}$$

Наибольшие сжимающие напряжения в поперечном сечении фляжка:

$$\bullet \sigma = \frac{N}{A} = \frac{3106,0}{150,0} = 20,7 \text{ МПа}$$

Условие устойчивости  $[\sigma_y] \geq \sigma$  выполняется.

#### 4.5 Расчет на прочность несущего кронштейна

Расчетная схема III, для прямоугольного в плане здания высотой 75м, расположенного в первом ветровом и втором гололедном районах (г. Москва) в зоне №2.

Наибольшие определенные нагрузки, действующие на кронштейн:

$$\bullet N = 2028,9 \text{ Н}$$

$$\bullet P = 635,1 \text{ Н}$$

Геометрические характеристики поперечного сечения выступающей полки несущего кронштейна:

$$\bullet h = 120,0 \text{ мм};$$

$$\bullet b = 3,0 \text{ мм};$$

- $A = 360,0 \text{ мм}^2$ ;
- $W_x = 7200,0 \text{ мм}^3$ ;

Изгибающий момент в опасном сечении выступающей полки:

- $M = P \times l = 635,1 \times 89,0 = 56523,9 \text{ Нмм}$

Где  $l$  - плечо действия силы.

Расчет опасного сечения выступающей полки несущего кронштейна по нормальным напряжениям, возникающим от действия изгибающего момента и продольного усилия, производится по формуле 50 (2):

- $$\left( \frac{N}{A_n} + \frac{M}{W_n} \right) \times \gamma_n \leq R_y \times \gamma_c$$

$N$  - продольное усилие на полку;

$A_n$  - площадь поперечного сечения полки кронштейна;

$M$  - изгибающий момент от действия вертикальной силы;

$W_n$  - момент сопротивления сечения;

$\gamma_n$  - коэффициент надежности по назначению;

$\gamma_c$  - коэффициент условий работы;

- $$\left( \frac{2028,9}{360,0} + \frac{56523,9}{7200,0} \right) \times 0,95 = 12,8 \text{ МПа} < 120 \times 1,0 = 120,0 \text{ МПа}$$

Прочность опасного сечения по нормальным напряжениям обеспечивается.

**Проверка материала, контактирующего с болтом на смятие:**

Результирующее усилие, действующее на болт в шарнирном соединении:

- $$N_R = \sqrt{N^2 + P^2}$$

- $$N_R = \sqrt{2028,9^2 + 635,1^2} = 2126,0 \text{ Н}$$

Расчет прочности материала несущего кронштейна, контактирующего с болтом на смятие производится по формуле:

- $$\frac{N_R}{d \times \delta} \times \gamma_n \leq R_{lp} \times \gamma_c$$

Где:

$\delta = 3,0 \text{ мм}$  – толщина полки кронштейна;

$d = 8,0 \text{ мм}$  – диаметр болта;

$R_{lp} = 190 \text{ МПа}$  – расчетное сопротивление алюминиевого сплава на смятие;

$\gamma_n = 0,95$  – коэффициент надежности по назначению;

$\gamma_c = 0,9$  – коэффициент условий работы.

- $$\frac{2126,0}{8,0 \times 3,0} \times 0,95 = 84,2 \text{ МПа} < 190,0 \times 0,9 = 171,0 \text{ МПа}$$

Условие прочности выполняется.

#### 4.6 Расчет на прочность опорного кронштейна

Расчет производится для расчетной схемы II, (рис.3), для прямоугольного в плане здания высотой 75м, расположенного в пятом ветровом районе для зоны №2.

Усилия, действующие на кронштейн (см. п.4.2.4):

- $N = 3106,0H$

Усилие, передаваемое флажком на каждое из двух мест крепления в кронштейне:

- $N_y = \frac{N}{2} = \frac{3106,0}{2} = 1553,0H$

Опасные сечения в опорном кронштейне (рис.6):

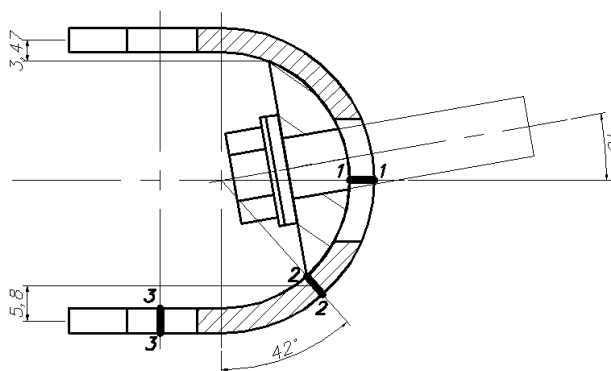


Рис.6.

а) горизонтальное сечение 1-1, проходящее через точку крепления кронштейна к стене, разгружено вкладышем и опорой кронштейна, которые плотно притянуты к основанию общим крепежным изделием, не может считаться опасным;

б) сечение 2-2, проходящее через центр окружности кронштейна и линию пересечения плоскости вкладыша с внутренней поверхностью кронштейна, с учетом максимальной неровности стены в  $10^\circ$ ;

в) вертикальное сечение 3-3, проходящее через центры отверстий кронштейна.

Поскольку опорный кронштейн представляет собой кривой стержень постоянного сечения, для которого  $R_0 > 5h$ , то напряжения в поперечном сечении «2-2» определяем по формулам для прямых стержней.

Геометрические характеристики опасного сечения «2-2»:

- $v = 40,0$  мм;
- $h = 4,0$  мм;
- $A = 160$  мм<sup>2</sup>;
- $W_x = 106,7$  мм<sup>3</sup>;

Изгибающий момент в сечении:

- $M = N_y \times l_2 = 1553,0 \times 5,8 = 9007,4H\text{мм}$

Где  $l_2$  - плечо действия силы.

Расчет сечения «2-2» по нормальным напряжениям, возникающим от действия изгибающего момента и продольного усилия, производится по формуле 50 (2):

- $$\left( \frac{N_y}{A_n} + \frac{M}{W_n} \right) \times \gamma_n \leq R_y \times \gamma_c$$

$N_y$  - продольное усилие на полку;

$A_n$  - площадь поперечного сечения полки кронштейна;

$M$  - изгибающий момент от действия горизонтальной силы;

$W_n$  - момент сопротивления сечения;

$\gamma_n$  - коэффициент надежности по назначению;

$\gamma_c$  - коэффициент условий работы;

- $$\left( \frac{1553,0}{160,0} + \frac{9007,4}{106,7} \right) \times 0,95 = 89,4 \text{ МПа} < 120 \times 1,0 = 120 \text{ МПа}$$

Прочность опасного сечения «2-2» по нормальным напряжениям обеспечивается.

Геометрические характеристики опасного сечения «3-3»:

- $b = 4,0$  мм;
- $h = 14,0$  мм;
- $A = 56$  мм<sup>2</sup>;
- $W_x = 130,6$  мм<sup>3</sup>;

Изгибающий момент в сечении:

- $$M = \frac{N_y}{2} \times l_3 = \frac{1553,0}{2} \times 11,5 = 8929,8 \text{ Нмм}$$

Где  $l_3$  - плечо действия силы.

Расчет сечения «3-3» по нормальным напряжениям, возникающим от действия изгибающего момента и продольного усилия, производится по формуле 50 (2):

- $$\left( \frac{N_{y1}}{A_n} + \frac{M}{W_n} \right) \times \gamma_n \leq R_y \times \gamma_c$$

$N_{y1}$  - продольное усилие на половину полки;

$A_n$  - площадь поперечного сечения полки кронштейна;

$M$  - изгибающий момент от действия горизонтальной силы;

$W_n$  - момент сопротивления сечения;

$\gamma_n$  - коэффициент надежности по назначению;

$\gamma_c$  - коэффициент условий работы;

- $$\left( \frac{776,5}{56,0} + \frac{8929,8}{130,6} \right) \times 0,95 = 78,1 \text{ МПа} < 120 \times 1,0 = 120 \text{ МПа}$$

Прочность опасного сечения «3-3» по нормальным напряжениям обеспечивается.

#### 4.7 Расчет на прочность вкладыша опорного кронштейна

На вкладыш действует распределенная по цилиндрической поверхности нагрузка, передаваемая опорным кронштейном. В запас прочности считаем, что нагрузка распределяется по двум линиям контакта с кронштейном по краям вкладыша.

Геометрические характеристики опасного сечения:

- $b = 39,0$  мм;
- $h = 10,0$  мм;
- $A = 390$  мм<sup>2</sup>;
- $W_x = 650$  мм<sup>3</sup>;

Изгибающий момент в опасном сечении:

$$\bullet \quad M = \frac{N}{4} \times h = \frac{1553,0}{2} \times 11,5 = 8929,8 \text{ Нмм}$$

Где  $h$  - высота вкладыша.

Расчет сечения по нормальным напряжениям, возникающим от действия изгибающего момента производится по формуле:

$$\bullet \quad \left( \frac{M}{W_n} \right) \times \gamma_n \leq R_y \times \gamma_c$$

$M$  - изгибающий момент от действия горизонтальной силы;

$W_n$  - момент сопротивления сечения;

$\gamma_n$  - коэффициент надежности по назначению;

$\gamma_c$  - коэффициент условий работы;

$$\bullet \quad \left( \frac{8929,8}{650,0} \right) \times 0,95 = 13,1 < 120,0 \times 1,0 = 120,0 \text{ МПа}$$

Прочность вкладыша по нормальным напряжениям обеспечивается.

## 5. РАСЧЕТ НЕСУЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ IV

Эта схема от описанных выше отличается тем, что в качестве несущих кронштейнов используются один или два опорных кронштейна с увеличенными по высоте удлинителями флажков.

Такие схемы могут применяться для крепления к стенам направляющих уменьшенной длины, например, под оконными проемами, или для крепления полноразмерных направляющих к кладкам из стеновых каменных материалов.

Расчет производится для расчетной схемы IV, (рис.7), для прямоугольного в плане здания высотой 75м, расположенного в первом и пятом ветровом районах для зоны №2.

Шаг кронштейнов (направляющих) по горизонтали – 600мм;

Шаг кронштейнов по вертикали – 900мм;

Длина направляющей – 3000мм;

Расстояние от основания до места соединения флажков с направляющей, при максимальном отnose плит облицовки – 213 мм;

### 5.1 Расчет соединения удлинителей флажков с направляющей

**Исходные данные по несущей конструкции для V ветрового района:**

Флажки высотой 120мм, закреплены на направляющей в центральных опорах 2 и 3; крепление к направляющей производится двумя парами заклепок Ø6,4 из коррозионностойкой стали (A2/A2) с межцентровыми расстояниями: 100мм и 60мм.

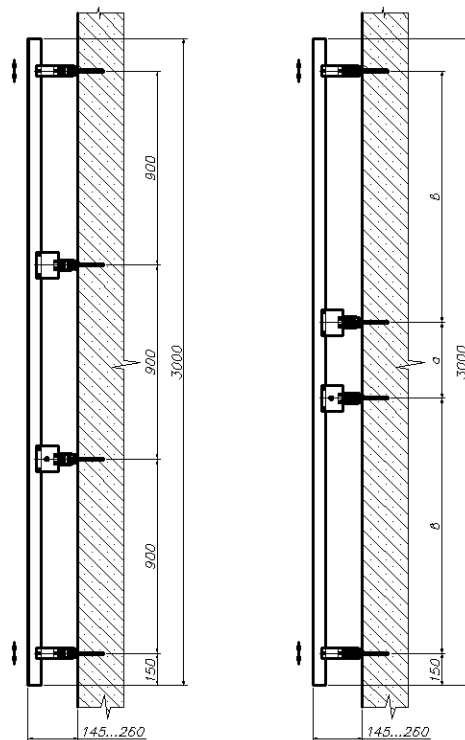


Рис.7.

Нагрузки, действующие на узел крепления в пятом ветровом районе:

- $N = |R_{2,3}| = 1,1 \times q_{y1} \times L_z = 1,1 \times 3137,4 \times 0,9 = 3106,0H$
- $P = \frac{2}{3} \times q_{z1} \times L = \frac{2}{3} \times 211,7 \times 3,0 = 423,4H$
- $M_{N2,3} = 0,10 \times q_{y1} \times L_z^2 = 0,10 \times 3137,4 \times 0,9^2 = 254,1Hm$
- $M_p = P \times e = 423,4 \times 0,213 = 90,2Hm$   
e – плечо реакции (от стены до соединения);
- $M_{\Sigma} = M_{N2,3} + M_{p2} = 254,1 + 90,2 = 344,3Hm$

Для вычисления результирующего усилия  $N_R$ , действующего на наиболее нагруженную заклепку, используется схема, показанная на рис.5.б.

Результирующее усилие, действующее на заклепку:

- $$N_R = \sqrt{(N_y + N_M)^2 + P_z^2}$$

Где:

$N_y = \frac{N}{n} = \frac{3106,0}{4} = 776,5H$  - горизонтальное расчетное ветровое усилие на одну заклепку; n – количество заклепок в соединении;

$N_M = \frac{M_{\Sigma} \times z_1}{2 \times (z_1^2 + z_2^2)} = \frac{344,3 \times 0,050}{2 \times (0,050^2 + 0,030^2)} = 2001,7H$  - горизонтальное расчетное усилие на одну заклепку от действия суммарного момента в соединении;

$z_1 = 50\text{мм}$  - расстояние от внешней точки крепления до нейтрального слоя соединения;

$z_2 = 30\text{мм}$  - расстояние от внутренней точки крепления до нейтрального слоя соединения;

$P_z = \frac{P}{n} = \frac{423,4}{4} = 105,8\text{Н}$  - вертикальное расчетное усилие на одну заклепку.

- $$N_R = \sqrt{(776,5 + 2001,7)^2 + 105,8^2} = 2780,2\text{Н}$$

Расчет прочности материала вертикальной направляющей, контактирующей с заклепкой на смятие производится формуле:

- $$\frac{N_R}{d \times \delta} \times \gamma_n \leq R_{lp} \times \gamma_c$$

Где:

$\delta = 3,0\text{мм}$  – толщина направляющей;

$d = 6,4\text{мм}$  – диаметр заклепки;

$R_{lp} = 195\text{МПа}$  – расчетное сопротивление алюминиевого сплава на смятие;

$\gamma_n = 0,95$  – коэффициент надежности по назначению;

$\gamma_c = 0,9$  – коэффициент условий работы.

- $$\frac{2780,2}{6,4 \times 3,0} \times 0,95 = 137,6\text{МПа} < 195,0 \times 0,9 = 175,5\text{МПа}$$

Условие прочности выполняется.

Проверка прочности заклепки на срез:

Допускаемое усилие на срез заклепки  $\varnothing 6,4$  из коррозионностойкой стали (A2/A2) по данным ТС 2490-09 составляет 3360Н.

Заклепка по прочности проходит.

**Вывод:** Соединение направляющей с удлинителями флажков высотой 120мм двумя парами заклепок  $\varnothing 6,4$  с межцентровыми расстояниями 60мм и 100мм из коррозионностойкой стали (A2/A2) удовлетворяет условиям прочности.

#### Исходные данные по несущей конструкции для I ветрового района:

Флажки высотой 100мм, закреплены на направляющей в центральных опорах 2 и 3; крепление к направляющей производится одной парой заклепок  $\varnothing 6,4$  из коррозионностойкой стали (A2/A2) с межцентровым расстоянием 80мм.

Нагрузки, действующие на узел крепления в первом ветровом районе в краевой зоне №2:

- $$N = |R_{2,3}| = 1,1 \times q_{y1} \times L_z = 1,1 \times 1202,3 \times 0,9 = 1190,3\text{Н}$$

- $$P = \frac{2}{3} \times q_{z1} \times L = \frac{2}{3} \times 211,7 \times 3,0 = 423,4\text{Н}$$

- $$M_{N2,3} = 0,10 \times q_{y1} \times L_z^2 = 0,10 \times 1202,3 \times 0,9^2 = 97,4\text{Нм}$$

- $$M_p = P \times e = 423,4 \times 0,213 = 90,2\text{Нм}$$

$e$  – плечо реакции (от стены до соединения);



- $M_{\Sigma} = M_{N_{2,3}} + M_{P_2} = 97,4 + 90,2 = 187,6 \text{ Нм}$

Для вычисления результирующего усилия  $N_R$ , действующего на наиболее нагруженную заклепку, используется схема, показанная на рис.5.а.

Результирующее усилие, действующее на заклепку:

- $N_R = \sqrt{(N_y + N_M)^2 + P_z^2}$

Где:

$N_y = \frac{N}{n} = \frac{1190,3}{2} = 595,2 \text{ Н}$  - горизонтальное расчетное ветровое усилие на одну заклепку;  $n$  – количество заклепок в соединении;

$N_M = \frac{M_{\Sigma}}{z} = \frac{187,6}{0,08} = 2345,0 \text{ Н}$  - горизонтальное расчетное усилие на одну заклепку от действия момента в соединении (0,08м – расстояние между заклепками);

$P_z = \frac{P}{n} = \frac{423,4}{2} = 211,7 \text{ Н}$  - вертикальное расчетное усилие на одну заклепку.

- $N_R = \sqrt{(595,2 + 2345,0)^2 + 211,7^2} = 2947,8 \text{ Н}$

Расчет прочности материала вертикальной направляющей, контактирующей с заклепкой на смятие производится формуле:

- $\frac{N_R}{d \times \delta} \times \gamma_n \leq R_{lp} \times \gamma_c$

Где:

$\delta = 3,0 \text{ мм}$  – толщина направляющей;

$d = 6,4 \text{ мм}$  – диаметр заклепки;

$R_{lp} = 195 \text{ МПа}$  – расчетное сопротивление алюминиевого сплава на смятие;

$\gamma_n = 0,95$  – коэффициент надежности по назначению;

$\gamma_c = 0,9$  – коэффициент условий работы.

- $\frac{2947,8}{6,4 \times 3,0} \times 0,95 = 145,9 \text{ МПа} < 195,0 \times 0,9 = 175,5 \text{ МПа}$

Условие прочности выполняется.

Проверка прочности заклепки на срез:

Допускаемое усилие на срез заклепки  $\varnothing 6,4$  из коррозионностойкой стали (A2/A2) по данным ТС 2490-09 составляет 3360Н.

Заклепка по прочности проходит.

**Вывод:** Соединение направляющей с удлинителями флажков высотой 100мм одной парой заклепок  $\varnothing 6,4$  с межцентровым расстоянием 80мм из коррозионностойкой стали (A2/A2) удовлетворяет условиям прочности.

## 5.2 Расчет соединения удлинителей флажков с флажком

Расчет производится для расчетной схемы IV, (рис.7), для прямоугольного в плане здания высотой 75м, в третьем гололедном районе для рядовой зоны.

Шаг кронштейнов (направляющих) по горизонтали – 600мм;

Шаг кронштейнов по вертикали – 900мм;

Длина направляющей – 3000мм;

Расстояние от основания до места соединения флажков с удлинителями, при максимальном отnose плит облицовки – 136 мм;

### Исходные данные:

Соединение производится на шлицах одной парой заклепок  $\varnothing 6,4$  из коррозионностойкой стали (A2/A2) с межцентровым расстоянием 30мм.

Нагрузки, действующие в соединении:

- $P = \frac{2}{3} \times (q_{z1} + i_{z1}) \times L = \frac{2}{3} \times (211,7 + 76,0) \times 3,0 = 575,4H$
- $M_p = P \times e = 575,4 \times 0,136 = 78,3Hm$   
e – плечо реакции (от стены до соединения);

Растягивающим усилием, действующим на шлицевое соединение, пренебрегаем.

Расчет производим для наиболее нагруженного крайнего слоя соединения условной высотой 3мм.

Условие прочности на срез:

- $\tau_{cp} = \frac{Q}{A_{cp}} \leq R_s$

Критическая сила в рассматриваемом слое:

- $Q_k = R_s \times A_{cp} = 75 \times 30,0 = 2250,0H$

Где:

$$A_{cp} = l \times e \times n = 3 \times 2,0 \times 5 = 30,0mm^2 - \text{площадь среза;}$$

l - условная высота слоя;

e - ширина среза одного зуба;

n - количество зубьев в зацеплении;

Критический момент:

- $M_k = Q_k \times b_{kp} = 2250,0 \times 0,047 = 105,8Hm$

Удовлетворительные условия работы соединения выполняются при соблюдении равенства:

$$M_k \geq M_p; 105,8 \geq 78,3 (Hm);$$

Условие прочности соединения обеспечиваются.

## 5.3 Расчет удлинителей флажков

Расчет производится для прямоугольного в плане здания высотой 75м, расположенного в пятом ветровом районе для зоны №2.

Флажки высотой 120мм, закреплены на направляющей в центральных опорах 2 и 3; крепление к направляющей производится двумя парами заклепок  $\varnothing 6,4$  из коррозионностойкой стали (A2/A2) с межцентровыми расстояниями: 100мм и 60мм.

Расчет производится для ослабленного отверстиями, в месте соединения с направляющей, сечения.

Внутренние силовые факторы в сечении:

- $N = 3106,0H$
- $M_{\Sigma} = 344,3Hм$

Геометрические характеристики опасного сечения:

- $b = 7,0$  мм;
- $h = 120,0$  мм;
- $A = 384,0$  мм<sup>2</sup>;
- $W_x = 6875,2$  мм<sup>3</sup>;

Расчет сечения по нормальным напряжениям, возникающим от действия изгибающего момента и продольного усилия, производится по формуле 50 (2):

- $$\left( \frac{N}{A_n} + \frac{M}{W_n} \right) \times \gamma_n \leq R_y \times \gamma_c$$

$N$  - продольное усилие на полку;

$A_n$  - площадь поперечного сечения полки кронштейна;

$M$  - изгибающий момент от действия горизонтальной силы;

$W_n$  - момент сопротивления сечения;

$\gamma_n$  - коэффициент надежности по назначению;

$\gamma_c$  - коэффициент условий работы;

- $$\left( \frac{3106,0}{384,0} + \frac{344,3 \times 10^3}{6875,0} \right) \times 0,95 = 55,2 \text{ МПа} < 120 \times 1,0 = 120 \text{ МПа}$$

Прочность ослабленного сечения по нормальным напряжениям обеспечивается.

#### 5.4 Расчет флажков

Расчет производится для прямоугольного в плане здания высотой 75м, в третьем гололедном районе для рядовой зоны.

Расстояние от основания до места соединения флажков с удлинителями, при максимальном отnose плит облицовки – 136 мм;

Внутренние силовые факторы в сечении:

- $M_p = P \times e = 575,4 \times 0,136 = 78,3Hм$   
 $e$  – плечо реакции (от стены до соединения);

Растягивающим усилием, действующим на флажок, пренебрегаем.

Геометрические характеристики опасного, ослабленного отверстиями сечения:

- $b = 3,0$  мм;
- $h = 50,0$  мм;
- $A = 150,0$  мм<sup>2</sup>;
- $W_x =$  мм<sup>3</sup>;

Расчет сечения по нормальным напряжениям, возникающим от действия изгибающего момента, производится по формуле:

$$\bullet \quad \left( \frac{M}{W_n} \right) \times \gamma_n \leq R_y \times \gamma_c$$

$M$  - изгибающий момент от действия горизонтальной силы;

$W_n$  - момент сопротивления сечения;

$\gamma_n$  - коэффициент надежности по назначению;

$\gamma_c$  - коэффициент условий работы;

$$\bullet \quad \left( \frac{78,3 \times 10^3}{921,7} \right) \times 0,95 = 80,7 \text{ МПа} < 120 \times 1,0 = 120 \text{ МПа}$$

Прочность ослабленного сечения по нормальным напряжениям обеспечивается.

### 5.5 Расчет опорного кронштейна в качестве несущего

Расчет производится для прямоугольного в плане здания высотой 75м, расположенного в пятом ветровом районе для зоны №2.

Усилия, действующие на кронштейн (см. п.4.2.4):

$$\bullet \quad N = 3106,0 \text{ Н}$$

Усилие, передаваемое флажком на каждое из двух мест крепления в кронштейне:

$$\bullet \quad N_{y1} = \frac{N}{2} = \frac{3106,0}{2} = 1553,0 \text{ Н}$$

$$\bullet \quad P = \frac{2}{3} \times q_{z1} \times L = \frac{2}{3} \times 211,7 \times 3,0 = 423,4 \text{ Н}$$

$$\bullet \quad M_p = P \times e = 423,4 \times 0,041 = 17,4 \text{ Нм}$$

$e$  – плечо реакции (от стены до соединения);

Проверяем сечение «2-2», проходящее через центр окружности кронштейна и линию пересечения плоскости вкладыша с внутренней поверхностью кронштейна, с учетом максимальной неровности стены в  $10^\circ$  (Рис.6).

Геометрические характеристики сечения «2-2»:

- $b = 40,0 \text{ мм}$ ;
- $h = 4,0 \text{ мм}$ ;
- $A = 160 \text{ мм}^2$ ;
- $W_x = 106,7 \text{ мм}^3$ ;

Изгибающий момент  $M_p$ , действующий в месте соединения опорного кронштейна с флажком, раскладывается на пару сил:

$$\bullet \quad N_{y2} = \frac{M_p}{z} = \frac{17,4}{0,046} = 378,3 \text{ Н}$$

Где  $z$  - плечо действия сил.

Наибольшая растягивающая сила на полку кронштейна:

- $N_y = N_{y1} + N_{y2} = 1553,0 + 378,3 = 1931,3H$

Изгибающий момент в сечении:

- $M = N_y \times l_2 = 1931,3 \times 5,8 = 11201,3Hмм$

Где  $l_2$  - плечо действия силы.

Расчет сечения «2-2» по нормальным напряжениям, возникающим от действия изгибающего момента и продольного усилия, производится по формуле 50 (2):

- $$\left( \frac{N_y}{A_n} + \frac{M}{W_n} \right) \times \gamma_n \leq R_y \times \gamma_c$$

$N_y$  - продольное усилие на полку;

$A_n$  - площадь поперечного сечения полки кронштейна;

$M$  - изгибающий момент от действия горизонтальной силы;

$W_n$  - момент сопротивления сечения;

$\gamma_n$  - коэффициент надежности по назначению;

$\gamma_c$  - коэффициент условий работы;

- $$\left( \frac{1553,0}{160,0} + \frac{11201,3}{106,7} \right) \times 0,95 = 109,0МПа < 120 \times 1,0 = 120МПа$$

Прочность сечения «2-2» по нормальным напряжениям обеспечивается.

## 6. ВЫВОДЫ

- 6.1 Схема крепления направляющей к основанию №1 обеспечивает прочность всех элементов несущей конструкции и соединений для всех зон фасада прямоугольного в плане здания высотой 75м, расположенного в первом ветровом и втором гололедном районах, тип местности «В» (г. Москва).  
Соединение удлинителей несущего кронштейна высотой 120мм с направляющей должно производиться двумя заклепками Ø6,4 из коррозионностойкой стали (A2/A2) с межцентровым расстоянием 90мм.  
Соединение удлинителей флажков высотой 50мм с направляющей должно производиться одной заклепкой Ø6,4 из коррозионностойкой стали (A2/A2).
- 6.2 Использование схемы №1 для крепления направляющих к стенам зданий, расположенных в других ветровых районах, должно подтверждаться расчетом.
- 6.3 Схема крепления направляющей к основанию №2 обеспечивает прочность всех элементов несущей конструкции и соединений для всех зон фасада прямоугольного в плане здания высотой 75м, расположенного до пятого ветрового и третьего гололедного районов включительно, тип местности «В».  
Соединение удлинителей несущего кронштейна высотой 120мм с направляющей должно производиться двумя заклепками Ø6,4 из коррозионностойкой стали (A2/A2) с межцентровым расстоянием 90мм.  
Соединение удлинителей флажков высотой 50мм с направляющей должно производиться одной заклепкой Ø6,4 из коррозионностойкой стали (A2/A2).
- 6.4 Схема крепления направляющей к основанию №3 может применяться при заполнении стеновых проемов материалами с низкой прочностью и обеспечивает прочность всех элементов несущей конструкции и соединений для всех зон фасада прямоугольного в плане здания высотой 75м, расположенного в первом ветровом и втором гололедном районах, тип местности «В» (г. Москва).  
Соединение удлинителей несущего кронштейна высотой 120мм с направляющей в рядовой зоне фасада должно производиться двумя заклепками Ø6,4 из коррозионностойкой стали (A2/A2) с межцентровым расстоянием 90мм.  
Соединение удлинителей несущего кронштейна высотой 120мм с направляющей в краевой зоне фасада должно производиться двумя парами заклепок Ø6,4 из коррозионностойкой стали (A2/A2) с межцентровыми расстояниями 100мм и 60мм.  
Соединение удлинителей флажков высотой 50мм с направляющей должно производиться одной заклепкой Ø6,4 из коррозионностойкой стали (A2/A2).
- 6.5 Для применения схемы №3 в других ветровых районах требуется увеличение межцентровых расстояний и, как следствие - высоты удлинителей, что должно подтверждаться расчетом.
- 6.6 Схема крепления направляющей к основанию №4 может применяться для крепления системы на кладки из штучных каменных материалов и обеспечивает прочность всех элементов несущей конструкции и соединений для всех зон фасада прямоугольного в плане здания высотой 75м, расположенного до пятого ветрового и третьего гололедного районов включительно, тип местности «В».  
Соединение удлинителей флажков высотой 120мм с направляющей должно производиться двумя парами заклепок Ø6,4 из коррозионностойкой стали (A2/A2) с межцентровыми расстояниями 100мм и 60мм.  
Соединение удлинителей флажков высотой 50мм с направляющей должно производиться одной заклепкой Ø6,4 из коррозионностойкой стали (A2/A2).
- 6.7 При использовании схемы крепления направляющей к основанию №4 для зданий, расположенных в первом ветровом районе допускается уменьшить высоту флажков до 100мм и крепление их к направляющей производить одной парой заклепок Ø6,4 из коррозионностойкой стали (A2/A2) с межцентровым расстоянием 80мм.

## ПЕРЕЧЕНЬ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

1. СНиП 2.01.07- 85\*      Нагрузки и воздействия.
2. СНиП 11-23 – 81\*      Стальные конструкции.
3. СНиП 2.03.06-85      Аллюминиевые конструкции.
4. МДС 20-1.2006      Временные рекомендации по назначению нагрузок и воздействий, действующих на многофункциональные высотные здания и комплексы в Москве.
5. 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.
6. ТР 161-05.2005      Технические рекомендации по проектированию, монтажу и эксплуатации навесных фасадных систем.