

ООО «Альт-Фасад»

**МЕТОДИКА РАСЧЁТА  
прочности конструкций  
навесных фасадных систем с воздушным зазором  
«Альт-Фасад-09»**

ГК АЛЬТЕРНАТИВА +7 (495) 940-89-24 +7 (495) 909-45-99

Трехгорный 2014 г

## Содержание:

|   |    |
|---|----|
| 1. Общие положения.....   | 3  |
| 2. Материалы конструкций фасадных систем.....   | 5  |
| 3. Нагрузки и воздействия.....  | 6  |
| 4. Расчёт направляющих.....   | 9  |
| 4.1. Монтажные схемы каркаса систем.....  | 9  |
| 4.2. Профили для направляющих.....  | 11 |
| 4.3. Расчётные схемы направляющих. Определение усилий в направляющих.....   | 12 |
| 4.4. Расчёт направляющих на прочность.....  | 15 |
| 4.5. Расчёт направляющих по деформативности.....  | 18 |
| 4.6. Пример расчёта направляющей с облицовкой из панелей HPL.....   | 19 |
| 4.7. Пример расчёта направляющей с облицовкой из панелей HPL (система в межэтажные перекрытия).....   | 21 |
| 5. Расчёт кронштейнов.....  | 22 |
| 5.1. Сечения кронштейнов.....   | 22 |
| 5.2. Расчёт кронштейнов марки КРУ-2р с горизонтально ориентированной плоскостью консоли.....  | 23 |
| 5.3. Расчёт кронштейнов марок КР-С, КРУ-1р, КРУ-2р с вертикально ориентированной плоскостью консоли.....  | 26 |
| 5.4. Расчёт кронштейнов марок КНс-27 в перекрытия.....  | 30 |
| 6. Примеры расчёта кронштейнов.....   | 33 |
| 6.1. Пример расчёта кронштейна марки КР-С-250мм с вертикально ориентированной плоскостью консоли.....   | 33 |
| 6.2. Пример расчёта кронштейна марки КНс-27 в перекрытия.....   | 38 |
| 7. Расчет крепежного уголка для соединения вертикального и горизонтального профилей в системе крепления в межэтажные перекрытия на основе кронштейна КНс-28/1 и профиля ПК/1..... | 42 |
| Список литературы.....  | 44 |

## 1. Общие положения

1.1. Методика расчета составлена на основании альбомов технических решений для систем с воздушным зазором «Альт-Фасад-09», разработанных ЗАО «Альтернатива».

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

1.2. Фасадные системы могут крепиться к стенам из бетона, кирпича, керамических и бетонных блоков из материала с объемным весом не менее  $600 \text{ кг/м}^3$  или в торцы междуэтажных перекрытий.

1.3. Элементы несущего каркаса фасадных систем «Альт-Фасад-09» имеют одинаковые конструктивные решения и изготовлены из коррозионностойкой или оцинкованной и окрашенной стали. Конструкция может применяться без утеплителя или с утеплителем толщиной до 250 мм.

1.4. В качестве наружной облицовки для системы «Альт-Фасад-09» используются панели HPL.

1.5. Несущий каркас систем состоит, в основном, из кронштейнов и вертикальных и горизонтальных направляющих. В отдельных случаях, при многопролётной схеме работы вертикальных направляющих, используются горизонтальные и вертикальные направляющие.

В фасадных системах используются кронштейны двух типов: L-образной формы марок КР, КР-С, КРУ-1р, КРУ-2р и кронштейны марок КНс-27. Кронштейны L-образной формы изготавливаются путём штамповки и гибки из листа толщиной 2 мм, кронштейны марок КНс-27 – путём гибки и сварки из листов толщиной 2, 3 мм. Кронштейн КР-Уг используется в одном из вариантов конструкции внешнего угла зданий. Кронштейны L-образной формы имеют один или два рифа вдоль заготовки. Кронштейны имеют различные удлинители в зависимости от марки кронштейна. Отсутствие удлинителей компенсируется большим количеством типоразмеров кронштейнов. Кронштейны L-образной формы устанавливаются на стены с вертикально ориентированной плоскостью консоли. Крепление кронштейнов к стенам и перекрытиям выполняется одним или двумя

анкерными элементами через термоизолирующие прокладки толщиной 2 мм. Кронштейны монтируются с установкой через усиливающую шайбу ШУ.

В фасадных системах применяются направляющие С-образного «СО» и «ПК/1», уголкового «ГО», Т-образного «ТО», шляпного «ПО» и «ПШ», Z-образного. Вертикальные С-образные, Т-образные и уголкового «ГО» направляющие крепятся непосредственно к кронштейнам либо к удлинителям.

1.6. Расчет элементов конструкций фасадных систем «Альт-Фасад-09» производится в соответствии с:

- СП 20.13330.2011 Свод правил. Нагрузки и воздействия СНиП 2.01.07-85\*;
- СП 16.13330.2011 Свод правил. Стальные конструкции СНиП II-23-81\*;
- «Рекомендации по разработке и применению фасадных систем с воздушным зазором для утепления и облицовки зданий и сооружений различного назначения. Госстрой России»;

– указаний данной методики.

1.7. Расчет элементов фасадных систем выполняется на воздействие постоянных и временных нагрузок.

Расчет производится по следующему расчетному сочетанию:

Постоянные нагрузки (собственный вес системы и облицовки) и временная (ветровая);

Ветровая нагрузка рассматривается для двух участков фасада здания:

- 1) угловой зоны (1,5м от угла здания);
- 2) рядовой зоны.

1.8. Прочностные расчеты по первому предельному состоянию включают проверку на прочность вертикальных направляющих, кронштейнов, заклепочных соединений воспринимающих нагрузки от расчётных значений их собственного веса, веса фасадных облицовок, от давления ветра и гололедных нагрузок. В связи с тем, что утеплитель крепится специальными тарельчатыми дюбелями непосредственно к стенам здания, в расчете каркаса его вес не учитывается.

Расчёты по второму предельному состоянию на деформативность конструкций ведутся с использованием нормативных значений действующих на конструкцию нагрузок.

Усилия: изгибающие моменты, поперечные и продольные силы, прогибы определяются с использованием основных положений сопротивления материалов.

1.9. При проверке прочности элементов и соединений коэффициенты надежности по нагрузкам  $\gamma_f$ , принимается по СП 20.13330.2011, единый коэффициент надежности по назначению  $\gamma_n=1$  принимается по МДС 20-1.2006.

Коэффициент надежности по гололедной нагрузке принимается по СП 20.13330.2011.

1.10. Кроме того, при расчете анкерных креплений на прочность фирмой-разработчиком должны быть учтены несущие способности анкерных креплений, определенные в процессе испытания на стенах возводимых объектов, в соответствии с СТО ФЦС-44416204-010-2010.

## 2. Материалы конструкций фасадных систем

2.1. Расчетные сопротивления оцинкованной и коррозионностойких сталей, применяемых в фасадных системах, приведены в таблице 2.1. Для стали 12Х17 не нормируется предел текучести согласно табл.1 ГОСТ 5582-75, следовательно, эту сталь нельзя применять для несущих строительных конструкций.

Таблица 2.1

Материалы, применяемые для производства фасадных систем

| Марка стали             | ГОСТ, ТУ      | Значения гарантированные нормами, МПа (кг/мм <sup>2</sup> ) |                | Расчётные сопротивления, МПа (кг/мм <sup>2</sup> ) |           |           |
|-------------------------|---------------|---|----------------|--|-----------|-----------|
|                         |               | $\sigma_u$  | $\sigma_{0,2}$ | $R_y$  | $R_s$     | $R_{bp}$  |
| AISI 430                | ASTM A240     | 450(46)   | 260(26,5)      | 245(25)  | 140(14,5) | 605(62)   |
| AISI 321                | ASTM A240     | 530(53)   | 220(22,5)      | 210(21,5)  | 120(12,5) | 760(77,5) |
| AISI 304                | ASTM A240     | 515(52,5)   | 205(21)        | 200(20,5)  | 115(12)   | 680(70)   |
| 12Х15Г9НД               | ТУ РМО-006/05 | 600(61)   | 280(28,5)      | 275(28)  | 160(16)   | 775(79)   |
| 12Х18Н10Т               | ГОСТ 5582-75  | 530(54)   | 205(21)        | 200(20,5)  | 115(12)   | 680(70)   |
| 08Х18Н10Т <sup>1)</sup> | ГОСТ 5582-75  | 550(56)   | 216(22)        | 210(21,5)  | 120(12)   | 710(72)   |
| 08пс ХП, ПК             | ГОСТ 14918-80 | 330(34)   | 225(23)        | 220(22,5)  | 125(13)   | 475(48)   |

1) Для данной стали не нормируется предел текучести (табл.1 ГОСТ 5582-75). По согласованию с потребителем сталь изготавливается сповышенными механическими свойствами, что показано в данной таблице (табл.1а ГОСТ 5582-75).

В соединениях систем «Альт-Фасад-09» используются вытяжные заклепки и самонарезающие винты из коррозионностойкой стали. Нормативные и расчётные усилия согласно ISO 15983 для вытяжных заклёпок А2/А2 приведены в табл. 2.2. Коэффициент надёжности для заклёпочных соединений равен  $\gamma_m=1,25$ .

Таблица 2.2

Заклепка, применяемые в фасадной системе «Альт-Фасад-09»

| Диаметр заклёпки, мм   | Диаметр стержня, мм | Диаметр бортика тах, мм | Диаметр отверстия под заклёпку, мм | Нормативные усилия    |                             | Расчётные усилия  |                         |
|--|---------------------|-------------------------|------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------------|
|  |                     |                         |                                    | срез $N_{n_{rs}}$ , Н | растяжение $N_{n_{rt}}$ , Н | срез $N_{rs}$ , Н | растяжение $N_{rt}$ , Н |
| Корпус сталь коррозионностойкая А2/ стержень сталь коррозионностойкая А2 |                     |                         |                                    |                       |                             |                   |                         |
| 4,8  | 3,20                | 8,3                     | 4,9                                | 4000                  | 5000                        | 3200              | 4000                    |
| 4,0  | 2,75                | 6,9                     | 4,1                                | 2700                  | 3500                        | 2160              | 2800                    |

2.2. Кронштейны каркаса фасадов комплектуются дюбелями производства фирм, имеющих сертификат соответствия или техническое свидетельство, выданные Федеральным центром сертификации в установленном законом порядке.

2.3. Термоизолирующие прокладки толщиной 2 мм изготавливаются из паронита или АБС пластика.

### 3. Нагрузки и воздействия

3.1. На каркас навесных фасадов действуют следующие нагрузки:

- собственный вес облицовки и каркаса подконструкции;
- ветровые нагрузки;
- нагрузки от обледенения облицовки.

3.2. Собственный вес облицовки. Нормативные и расчётные значения собственного веса облицовки даны табл. 3.1

Таблица 3.1

Материалы, применяемые для облицовки в фасадной системе «Альт-Фасад-09»

| №№ п/п | Наименование нагрузки | Размерность       | Нормативное значение | $\gamma_f$ | Расчётное значение |
|--------|-----------------------|-------------------|----------------------|------------|--------------------|
| 1      | Панели HPL            | кг/м <sup>2</sup> | 2.8-35.0*            | 1,1        | 3.08-38.5          |

Примечание: \* - толщины от 2 до 25мм

3.3. Не допускается передавать на каркасы фасадов, рассчитанные на крепление только фасадных панелей, нагрузки от рекламы, осветительных приборов, обслуживающих площадок, дополнительного оборудования и т.п. При необходимости крепления подобного оборудования к фасаду, в соответствии с полученным от заказчика заданием на проектирование, разрабатывается специальный усиленный каркас, либо используют другие конструктивные решения.

3.4. Снеговые нагрузки следует учитывать тогда, когда возможно их отложение на элементах конструкций облицовки (при наклонной облицовке).

3.5. Для элементов ограждения и узлов их крепления необходимо учитывать пиковые положительные и отрицательные воздействия ветровой нагрузки, расчётные значения которых определяются по формуле

$$w = w_0 \cdot k \cdot [1 + \xi] \cdot C \cdot \gamma_f \text{ (кг / м}^2\text{)}$$

Где  $w_0$  – нормативное значение давления ветра принимается в зависимости от ветрового района по таблице 3.2 данных рекомендаций (таблица 11.1 [1]);

Таблица 3.2

Нормативные значения давления ветра

|                         |    |    |    |     |    |    |    |     |
|-------------------------|----|----|----|-----|----|----|----|-----|
| Ветровые районы по [1]  | Ia | I  | II | III | IV | V  | VI | VII |
| $w_0$ кг/м <sup>2</sup> | 17 | 23 | 30 | 38  | 48 | 60 | 73 | 85  |

$k$  – коэффициент, учитывающий изменение средней составляющей давления ветра для высоты  $z_e$  на местности типа А, В или С.

Тип местности А – открытые побережья морей, озер и водохранилищ, сельские местности, в том числе с постройками высотой менее 10м, пустыни, степи, лесостепи, тундра.

Тип местности В – городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10м.

Тип местности С – городские районы с плотной застройкой зданиями высотой более 25м.

Сооружение считается расположенным в местности данного типа, если эта местность сохраняется с наветренной стороны сооружения на расстоянии  $30h$  – при высоте сооружения  $h$  до 60м и на расстоянии 2км – при  $h > 60$ м.

$k(z_e)$  определяется по таблице 3.3.

Таблица 3.3

Коэффициент  $k$  для разных типов местности

| Высота $z_e$ , м | Коэффициент $k$ для типов местности |      |      |
|------------------|-------------------------------------|------|------|
|                  | А                                   | В    | С    |
| $\leq 5$         | 0,75                                | 0,5  | 0,4  |
| 10               | 1,0                                 | 0,65 | 0,4  |
| 20               | 1,25                                | 0,85 | 0,55 |
| 40               | 1,5                                 | 1,1  | 0,8  |
| 60               | 1,7                                 | 1,3  | 1,0  |
| 80               | 1,85                                | 1,45 | 1,15 |
| 100              | 2,0                                 | 1,6  | 1,25 |
| 150              | 2,25                                | 1,9  | 1,55 |
| 200              | 2,45                                | 2,1  | 1,8  |
| 250              | 2,65                                | 2,3  | 2,0  |
| 300              | 2,75                                | 2,5  | 2,2  |
| 350              | 2,75                                | 2,75 | 2,35 |
| $\geq 480$       | 2,75                                | 2,75 | 2,75 |

$\xi(z_e)$  – коэффициент пульсации давления ветра, принимаемый по таблице 3.4 для эквивалентной высоты  $z_e$

Таблица 3.4

Коэффициент  $\xi$  для разных типов местности

| Высота<br>$z_e$ , м | Коэффициент пульсаций давления ветра $\xi$ для типов местности |      |      |
|---------------------|--|------|------|
|                     | А  | В    | С    |
| $\leq 5$            | 0,85   | 1,22 | 1,78 |
| 10                  | 0,76   | 1,06 | 1,78 |
| 20                  | 0,69   | 0,92 | 1,50 |
| 40                  | 0,62   | 0,80 | 1,26 |
| 60                  | 0,58   | 0,74 | 1,14 |
| 80                  | 0,56   | 0,70 | 1,06 |
| 100                 | 0,54   | 0,67 | 1,00 |
| 150                 | 0,51   | 0,62 | 0,90 |
| 200                 | 0,49   | 0,58 | 0,84 |
| 250                 | 0,47   | 0,56 | 0,80 |
| 300                 | 0,46   | 0,54 | 0,76 |
| 350                 | 0,46   | 0,52 | 0,73 |
| $\geq 480$          | 0,46   | 0,50 | 0,68 |

С – пиковые значения аэродинамических коэффициентов положительного давления (+) или отсоса (-);

Для рядовых зон пиковое значение аэродинамического коэффициента  $C = 1,2$ , для угловых –  $C = 2,2$ .

$\gamma_f$  – коэффициент надёжности по нагрузке равный 1,4.

3.6. Все ветровые нагрузки и аэродинамические коэффициенты, приведенные в разделе 3, определены для фасадов зданий прямоугольных в плане. Для зданий других форм поперечного сечения значения этих величин следует устанавливать по приложению Д [1] или на основе данных соответствующих экспериментальных или численных исследований и с учётом опыта эксплуатации вентилируемых фасадов.

3.7. Расчётное значение поверхностной гололёдной нагрузки  $i$ , кг/м<sup>2</sup>, для вентилируемых фасадов зданий и других элементов определяется по формуле

$$i = b \cdot k \cdot \mu \cdot \rho \cdot g \cdot \gamma_f \text{ (кг / м}^2\text{)}$$

где  $b$  – толщина стенки гололёда, мм – по таблице 3.5;

$k$  – коэффициент, учитывающий изменение толщины стенки гололёда по высоте и принимаемый по таблице 3.6;

$\mu$  – коэффициент, учитывающий отношение площади поверхности элемента, подверженной обледенению, к полной площади поверхности элемента и принимаемый равным 0,6;

$\rho$  – плотность льда, принимаемая равной 0,9 г/см<sup>3</sup>;

$g$ , м/с<sup>2</sup> – ускорение свободного падения, принимаемое равным 9,81 м/с<sup>2</sup>;



$\gamma_f$  – коэффициент надёжности по нагрузке для гололёдной нагрузки.

Таблица 3.5

Толщина стенки гололеда для разных районов

| Гололёдные районы по [1]         | I          | II | III | IV | V           |
|----------------------------------|------------|----|-----|----|-------------|
| Толщина стенки гололёда $b$ , мм | Не менее 3 | 5  | 10  | 15 | Не менее 20 |

Таблица 3.6

Значения коэффициента  $k$  в зависимости от высоты здания

| Высота над поверхностью земли, м | 5   | 10  | 20  | 30  | 50  | 70  | 100 |
|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Коэффициент $k$                  | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,0 |

## 4. Расчёт направляющих

### 4.1 Монтажные схемы каркаса систем

На рисунках ниже показаны различные схемы крепления каркаса систем «Альт-Фасад-09» к несущим конструкциям здания, где  $H$  – вертикальный шаг кронштейнов,  $L$  – горизонтальный шаг направляющих определяются расчётом.

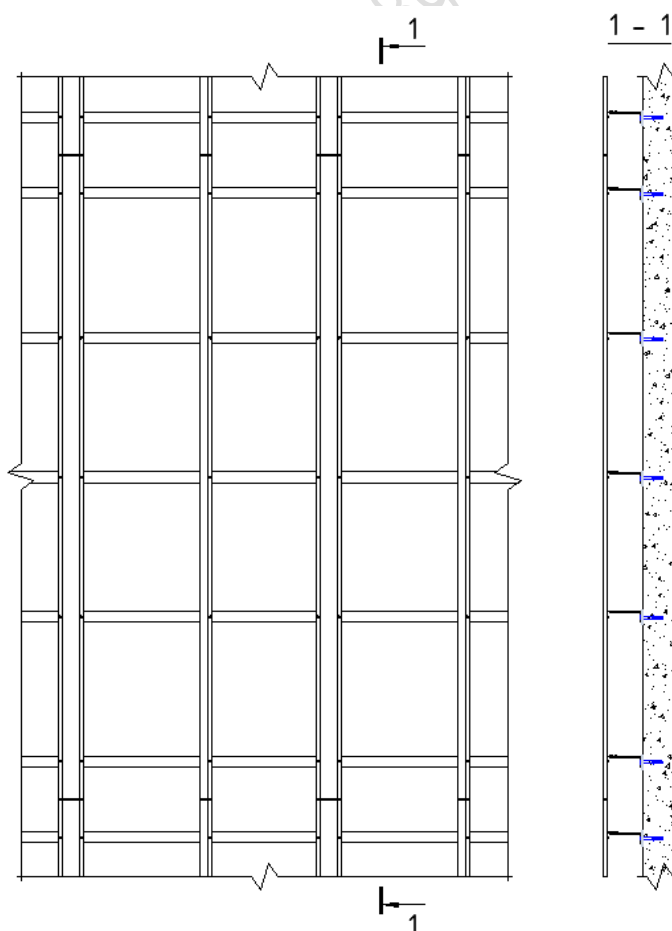


Рисунок 4.1. Горизонтально-вертикальная система крепления

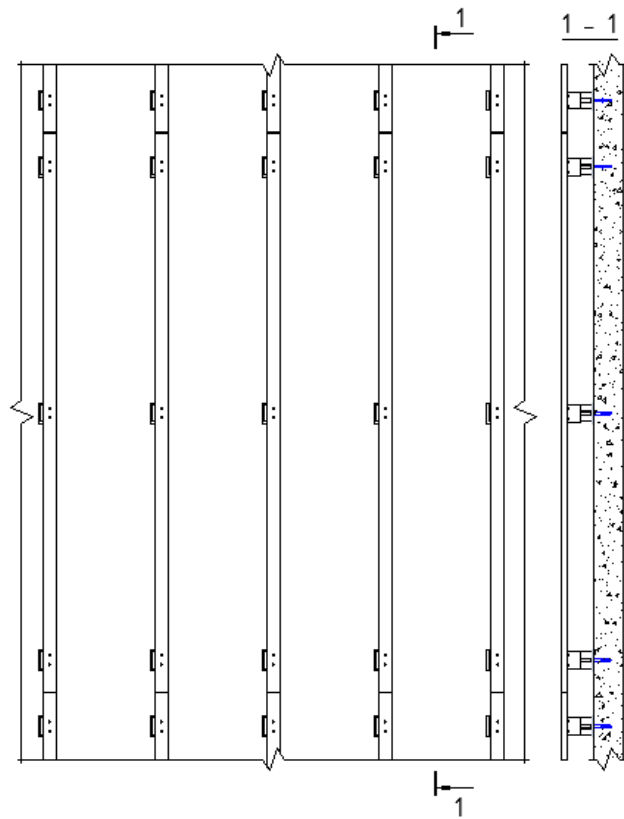


Рисунок 4.2. Вертикальная система крепления на основе С-образного профиля

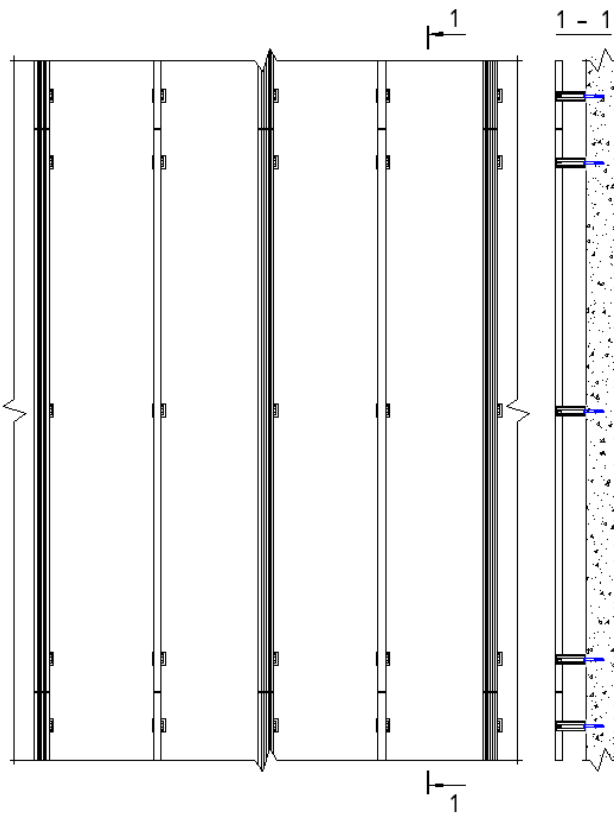


Рисунок 4.3. Вертикальная система крепления на основе Т-образного профиля.

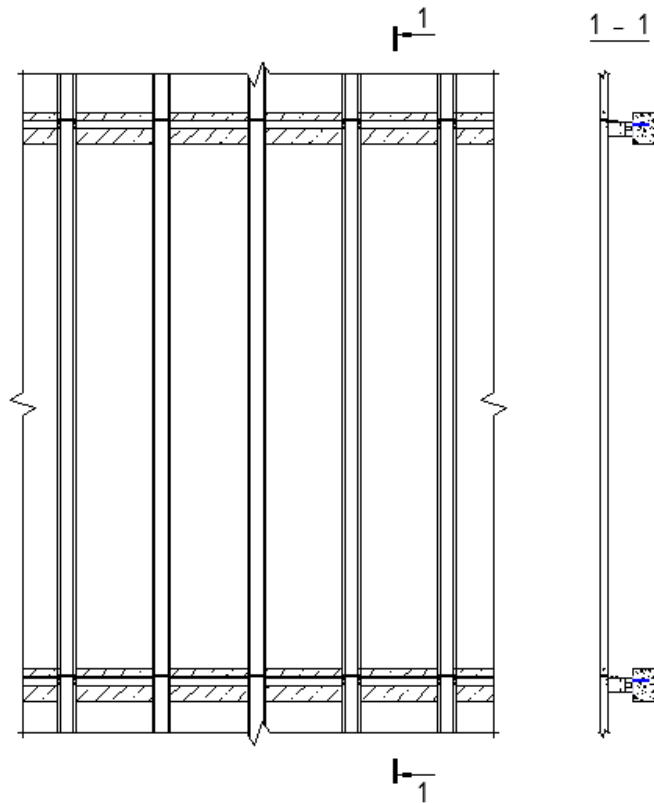


Рисунок 4.4. Горизонтально-вертикальная система с возможностью крепления в межэтажные перекрытия

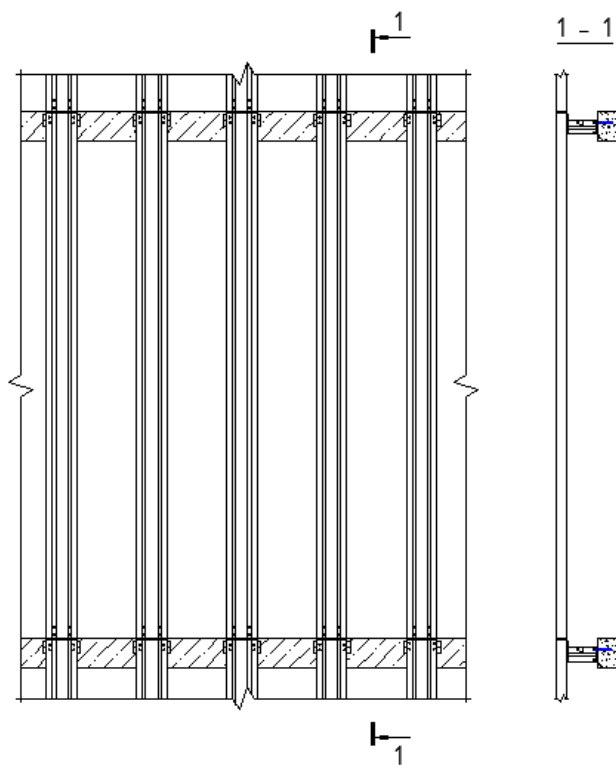


Рисунок 4.5. Система крепления в межэтажные перекрытия на основе кронштейна КНс-27

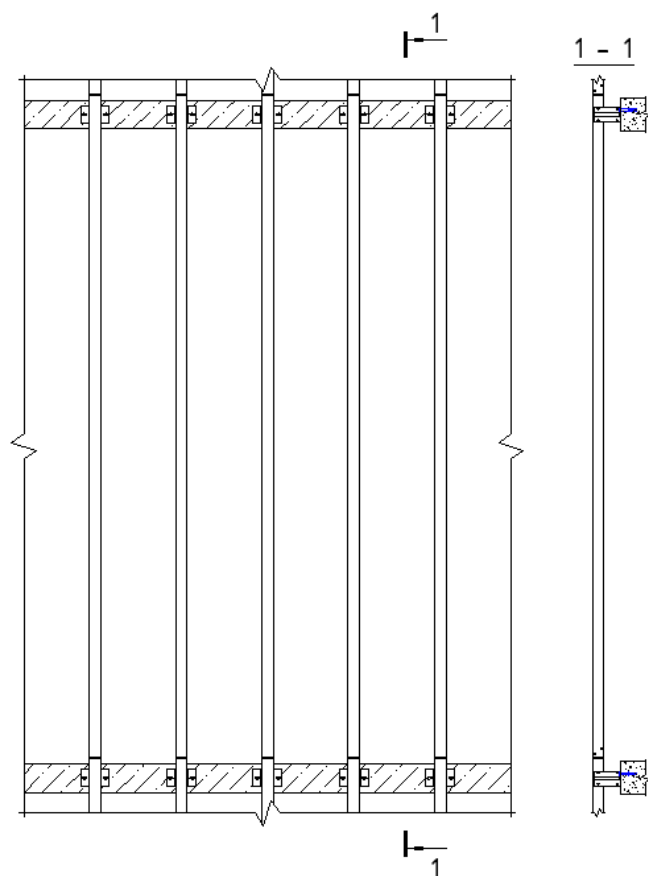


Рисунок 4.6. Система крепления в межэтажные перекрытия на основе кронштейна КНс-28/1 и профиля ПК/1

## 4.2. Профили для направляющих

4.2.1. Для направляющих используются тонкостенные профили шляпного, уголкового, С-образного сечения. В таблице 4.1 приведены геометрические характеристики сечений профилей из стали 08пс ХП, ПК с пределом текучести 2250 кг/м<sup>2</sup>.

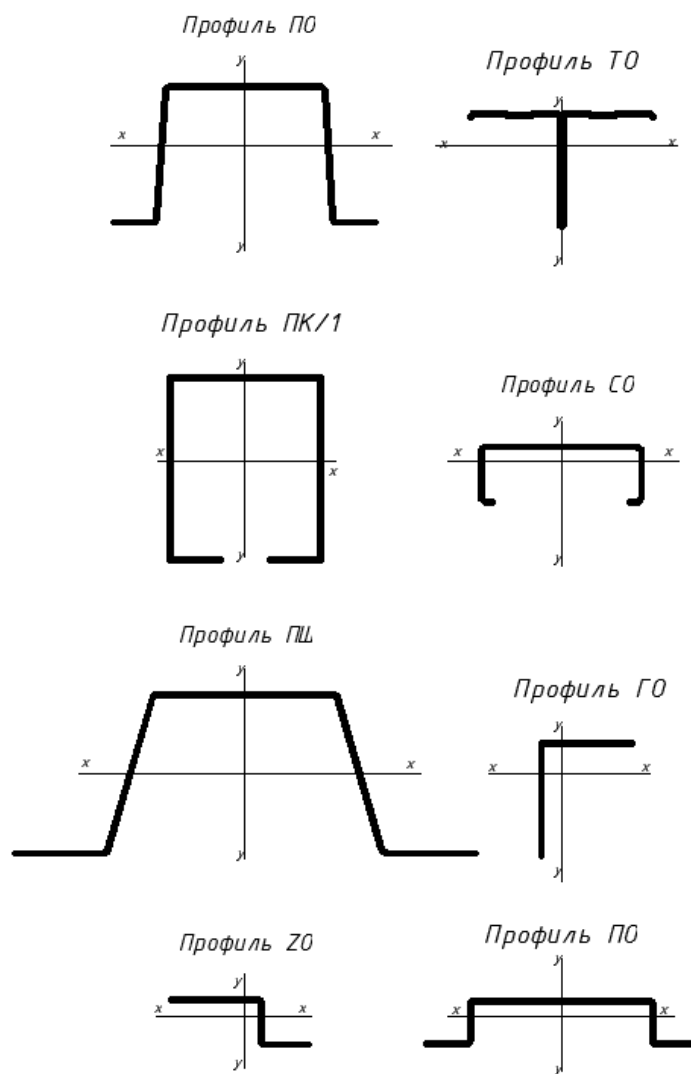


Рисунок 4.7. Направление осей в сечениях

Таблица 4.1

Геометрические характеристики сечений профилей

| Тип профиля  | Размеры сечения, мм    | Масса 1 п.м. | $A$ , см <sup>2</sup> | $J_x$ , см <sup>4</sup> | $W_{x_{min}}$ , см <sup>3</sup> | $i_x$ , см |
|--------------|------------------------|--------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------------|------------|
| Профиль СО   |                        |              |                       |                         |                                 |            |
| СО-70/1,2    | 6x25x70x25x6<br>t=1.2  | 1,17         | 1,49                  | 1,11                    | 0,613                           | 0,86       |
| СО-80/1,2    | 6x25x80x25x6<br>t=1.2  | 1,26         | 1,61                  | 1,15                    | 0,622                           | 0,85       |
| СО-100/1,2   | 6x25x100x25x6<br>t=1.2 | 1,45         | 1,85                  | 1,22                    | 0,632                           | 0,81       |
| СО-70/1,0    | 6x25x70x25x6<br>t=1.0  | 0,98         | 1,25                  | 0,94                    | 0,519                           | 0,87       |
| СО-80/1,0    | 6x25x80x25x6<br>t=1.0  | 1,06         | 1,35                  | 0,98                    | 0,527                           | 0,85       |
| СО-100/1,0   | 6x25x100x25x6<br>t=1.0 | 1,22         | 1,55                  | 1,04                    | 0,539                           | 0,82       |
| Профиль ТО   |                        |              |                       |                         |                                 |            |
| ТО-65/30/1,2 | 65x30<br>t=1.2         | 1.16         | 1.48                  | 1.24                    | 0.56                            | 0.92       |

|                 |                          |      |      |       |       |      |
|-----------------|--------------------------|------|------|-------|-------|------|
| ГО-65/50/1,2    | 65x50<br>t=1.2           | 1.54 | 1.96 | 3.03  | 0.878 | 1.24 |
| ГО-80/30/1,2    | 80x30<br>t=1.2           | 1.30 | 1.66 | 1.32  | 0.571 | 0.89 |
| ГО-80/50/1,2    | 80x50<br>t=1.2           | 1.68 | 2.14 | 5.49  | 1.54  | 2.57 |
| ГО-100/30/1,2   | 100x30<br>t=1.2          | 1.49 | 1.90 | 1.40  | 0.586 | 0.86 |
| Профиль ГО      |                          |      |      |       |       |      |
| ГО-30/40/1,2    | 30x40<br>t=1.2           | 0,65 | 0,83 | 0,69  | 0,299 | 0,91 |
| ГО-40/40/1,2    | 40x40<br>t=1.2           | 0,75 | 0,95 | 1,53  | 0,52  | 1,27 |
| ГО-50/40/1,2    | 50x40<br>t=1.2           | 0,83 | 1,06 | 2,81  | 0,79  | 1,63 |
| ГО-50/50/1,2    | 50x50<br>t=1.2           | 0,93 | 1,19 | 3,01  | 0,814 | 1,59 |
| ГО-50/70/1,2    | 50x70<br>t=1.2           | 1,12 | 1,43 | 3,32  | 0,85  | 1,52 |
| ГО-60/40/1,2    | 60x40<br>t=1.2           | 0,93 | 1,19 | 4,60  | 1,11  | 1,97 |
| Профиль ГО-2р   |                          |      |      |       |       |      |
| ГО-2р-50/60/1,2 | 50x60<br>t=1.2           | 1.10 | 1.38 | 3.44  | 0.89  | 1.58 |
| ГО-2р-50/60/1,5 | 50x60<br>t=1.5           | 1.40 | 1.73 | 4.27  | 1.11  | 1.57 |
| Профиль ПО      |                          |      |      |       |       |      |
| ПО-50/20/1,2    | 20×21×50×21×20<br>t=1,2  | 1,15 | 1,47 | 1,02  | 0,944 | 0,83 |
| ПО-60/20/1,2    | 20×21×60×21×20<br>t=1,2  | 1,25 | 1,59 | 1,11  | 0,974 | 0,84 |
| ПО-65/20/1,2    | 20×21×65×21×20<br>t=1,2  | 1,30 | 1,65 | 1,14  | 0,97  | 0,83 |
| ПО-80/20/1,2    | 20×21×80×21×20<br>t=1,2  | 1,44 | 1,83 | 1,24  | 0,99  | 0,82 |
| ПО-100/20/1,2   | 20×21×100×21×20<br>t=1,2 | 1,63 | 2,07 | 1,34  | 1,02  | 0,81 |
| ПО-70/60/1,2    | 20×60×70×60×20<br>t=1,2  | 2,09 | 2,66 | 14,44 | 4,25  | 2,33 |
| ПО-80/60/1,2    | 20×60×80×60×20<br>t=1,2  | 2,18 | 2,78 | 15,19 | 4,33  | 2,34 |
| ПО-70/60/1,5    | 20×60×70×60×20<br>t=1,5  | 2,61 | 3,33 | 18,1  | 5,31  | 2,33 |
| ПО-80/60/1,5    | 20×60×80×60×20<br>t=1,5  | 2,73 | 3,48 | 18,99 | 5,39  | 2,34 |
| Профиль ZO      |                          |      |      |       |       |      |
| ZO-40/20/1,2    | 40x20x20<br>t=1.2        | 0.74 | 0.94 | 0.69  | 0.55  | 0.86 |
| ZO-40/20/1,2    | 40x20x20<br>t=1.5        | 0.93 | 1.18 | 0.88  | 0.693 | 0.86 |
| Профиль ПШ      |                          |      |      |       |       |      |

|                |                             |      |      |       |       |      |
|----------------|-----------------------------|------|------|-------|-------|------|
| ПШ-1,2         | 40×72,8×80×72,8×40<br>t=1,2 | 2,83 | 3,61 | 28,98 | 8,21  | 2,83 |
| ПШ-1,5         | 40×72,8×80×72,8×40<br>t=1,5 | 3,57 | 4,55 | 36,6  | 10,37 | 2,84 |
| Профиль ПК/1   |                             |      |      |       |       |      |
| ПК/1-66/80/1,2 | 23×80×66×80×23<br>t=1,2     | 2,52 | 3,21 | 29,93 | 6,96  | 3,05 |
| ПК/1-80/80/1,2 | 23×80×80×80×23<br>t=1,2     | 2,65 | 3,37 | 32,05 | 7,16  | 3,08 |
| ПК/1-66/80/1,5 | 23×80×66×80×23<br>t=1,5     | 3,13 | 3,99 | 37,00 | 8,62  | 3,05 |
| ПК/1-80/80/1,5 | 23×80×80×80×23<br>t=1,5     | 3,30 | 4,20 | 39,58 | 8,84  | 3,07 |

### **4.3 Расчетные схемы направляющих. Определение усилий в сечениях направляющих**

4.3.1. Вертикальные направляющие рассчитывается как однопролетная, двух, трех или четырехпролетная балка, загруженная вертикальной нагрузкой (собственный вес каркаса, фасадная облицовка и гололёд), и горизонтальной нагрузкой от ветра.

Пролеты по вертикали определяются исходя из длины применяемых профилей, высоты этажа и наличия оконных проёмов в соответствии с расчетной схемой. Предпочтительно длину направляющей принимать не более высоты этажа здания. На рис. 4.7 показана трёхпролётная схема крепления направляющей.

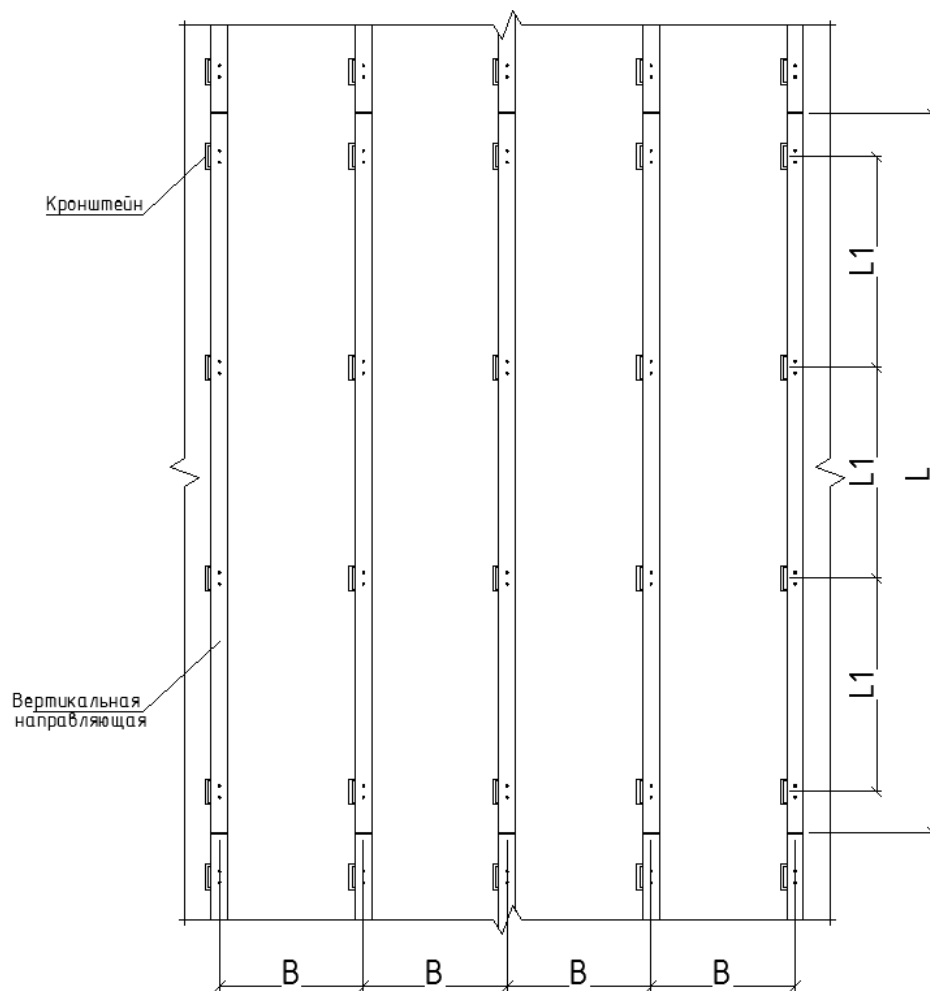


Рисунок 4.8. Схема крепления направляющих.

$B$  – шаг направляющих, м;  $L_1$  – пролет направляющей (вертикальный шаг кронштейнов), м;  $L$  – длина направляющей, м

4.3.2. При расчёте направляющих проверяются сечения на опоре и в пролёте. Для расчёта сечения направляющей от действия внешних нагрузок (собственный вес облицовки, направляющей, гололедной нагрузки –  $P$ , кг; ветрового давления  $q_w$ , кг/м ) определяются усилия в направляющей:

- $M_{пр. max}$  – максимальный пролетный момент, кг\*м;
- $M_{оп. max}$  – максимальный опорный момент, кг\*м;
- $N_{w\_max}$  – максимальная опорная реакция, кг;
- $N=P$  – нормальная сила в направляющей, кг.

$M_{пр. max}$ ,  $M_{оп. max}$ ,  $N_{w\_max}$  – усилия, вызванные действием ветрового давления. Усилия определяются по формулам, приведенным в расчетно-теоретическом справочнике или с помощью соответствующих программ ЭВМ.

Поскольку для направляющих применяются тонкостенные профили, имеющие разные значения момента сопротивления в зависимости от направления действия



нагрузки, расчёт направляющих следует проводить на положительное и отрицательное давление ветра.

4.3.3. На приведенных ниже расчётных схемах (рис. 4.9) условно показано реактивное (отсос) воздействие ветра, при активном ветре направление ветрового давления меняет знак на противоположный и, соответственно, эпюры отображаются зеркально по отношению к приведенным на данных схемах.

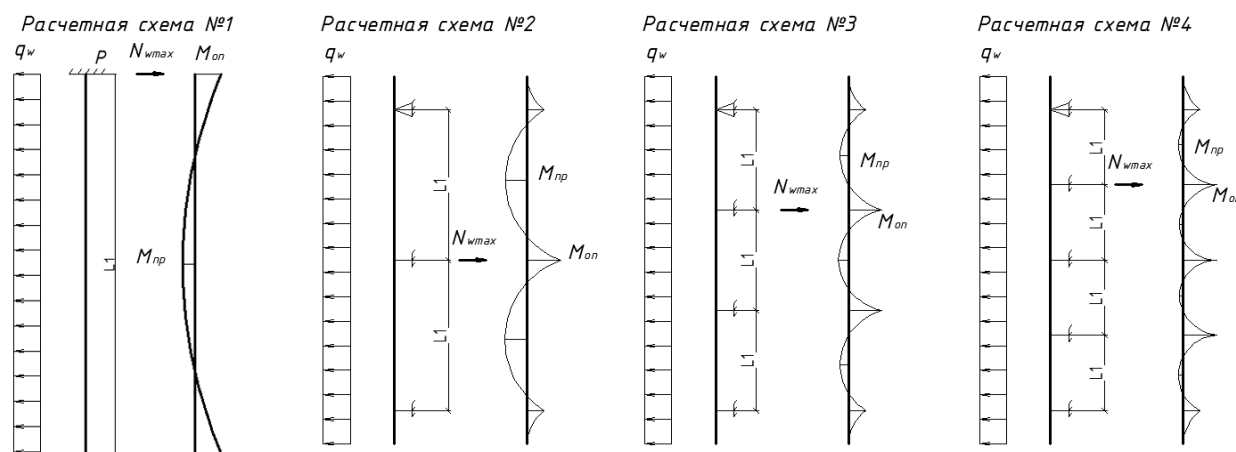


Рисунок 4.9. Расчётные схемы направляющих

4.3.4. Максимальные опорные и пролётные моменты, а также опорные реакции от ветровой нагрузки в зависимости для различных расчётных схем направляющих даны в табл. 4.2. При определении опорных моментов, в запас прочности, не учитывались моменты на консолях направляющих.

Таблица 4.2

Формулы для расчета изгибающих моментов в направляющей и опорных реакций

| Моменты и опорные реакции | Расчётные схемы        |                        |                        |                       |
|---------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
|                           | № 1                    | № 2                    | № 3                    | № 4                   |
| $M_{он. max}$             | $0,0833 * q_w * L_1^2$ | $-0,125 * q_w * L_1^2$ | $-0,100 * q_w * L_1^2$ | $0,107 * q_w * L_1^2$ |
| $M_{пр. max}$             | $0,0417 * q_w * L_1^2$ | $0,070 * q_w * L_1^2$  | $0,080 * q_w * L_1^2$  | $0,077 * q_w * L_1^2$ |
| $N_{w max}$               | $0,500 * q_w * L_1$    | $1,250 * q_w * L_1$    | $1,100 * q_w * L_1$    | $1,143 * q_w * L_1$   |

Обозначения, принятые в табл. 4.2

$q_w$  - расчетная погонная ветровая нагрузка на направляющую

$$q_w = w * B * k_{нер} \text{ кг/м}$$

где:

$w$  – расчетное значение средней составляющей ветровой нагрузки, кг/см<sup>2</sup>;

$B$  – шаг направляющих, м (см. рис. 4.8);

$k_{нер}$  – коэффициент неразрезности, учитывающий передачу ветровой нагрузки с облицовки как с многопролетной балки (при опирании облицовки на три и более направляющих для листовых облицовок). Для промежуточных направляющих  $k_{нер}$  равно:

- при однопролетной схеме  $k_{нер}=1,0$ ;
- 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  $k_{нер}=1,132$ .

$L_l$  – пролёт направляющей (вертикальный шаг кронштейнов) (см. рис.4.8).

#### 4.4. Расчет направляющих на прочность

4.4.1. Расчёт направляющих на прочность выполняется по формуле

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

Где:

$N=P$  – нормальная сила в направляющей, кг.

$$P=P_{обл}+P_{напр}$$

$$P_{обл} = G_{обл} * \gamma_{обл} * L * B$$

$$P_{напр} = G_{напр} * \gamma_{напр} * L$$

$G_{обл}$  – нагрузка от собственного веса облицовки, принимаемая по табл. 3.1 или по документам изготовителя, кг/см<sup>2</sup>;

$\gamma_{обл}$  – коэффициент надежности по нагрузке для облицовки по табл. 3.1;

$L$  – длина направляющей, см;

$B$  – шаг направляющих, см;

$G_{напр}$  – масса направляющей по таблице 4.1, кг/см;

$\gamma_{напр}$  – коэффициент надежности по нагрузке для направляющей  $\gamma_{напр}=1$ ;

$A$  – площадь рассматриваемого сечения по табл. 4.1, см<sup>2</sup>;

$M$  – момент от ветровой нагрузки в рассматриваемом сечении, кг\*см;

$W_x$  – момент сопротивления рассматриваемого сечения по табл. 4.1, см<sup>3</sup>;

$R_y$  – расчётное сопротивление стали по табл. 2.1, кг/см<sup>2</sup>;

$\gamma_n$  – коэффициент надежности по ответственности  $\gamma_n=1,0$  для расчета элементов ограждения (п.9 [4]).

#### 4.5. Расчет направляющих по деформативности.

4.5.1. Деформативность направляющих проверяется по формуле:

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

Где:

$f$  – прогиб направляющей, см;

$k$  – коэффициент, зависящий от расчётной схемы направляющей. определяется по табл. 4.4;

Таблица 4.4

Коэффициенты  $k$  для разных расчётных схем

| Расчётные<br>схемы | № 1    | № 2     | № 3     | № 4     |
|--------------------|--------|---------|---------|---------|
| $k$                | 0,0026 | 0,00520 | 0,00675 | 0,00630 |

$q_w^H$  – нормативное значение погонной ветровой нагрузки на направляющую

$$q_w^H = q_w / \gamma_f, \text{ кг/см};$$

$\gamma_f$  – коэффициент надёжности по ветровой нагрузке  $\gamma_f=1,4$ ;

$L_1$  – пролёт направляющей, см;

$E$  – модуль упругости стали  $E= 2,1*10^6$  кг/см<sup>2</sup>;

$J_x$  – момент инерции рассматриваемого сечения по табл. 4.1, см<sup>4</sup>;

$L_1/200$  – предельный прогиб для направляющих, см.

#### 4.6. Пример расчёта направляющей с облицовкой из панелей HPL

4.6.1. Исходные данные:

Место строительства III ветровой район.

Тип местности В.

Высота здания 75 м.

Облицовка из панелей HPL размером 1800x300x10 мм.

Шаг направляющих  $B=600$  мм.

Ветровая нагрузка на высоте 75 м:

угловая зона  $w=-282,2$  кг/м<sup>2</sup>; все здание  $w=+153,92$  кг/м<sup>2</sup>.

Направляющая из Т-образного профиля ТО 80x50x1,2

Материал оцинкованная сталь 08пс ХП, ПК  $R_y=220$  МПа= $2250$  кг/см<sup>2</sup>

4.6.2. Расчёт на прочность

Проверяем сечение в середине пролёта.

Геометрические характеристики сечения:

$A=2,14$  см<sup>2</sup>;  $J_x=5,49$  см<sup>4</sup>;  $W_x=1,54$  см<sup>3</sup>.

Расчёт выполняем для максимальной ветровой нагрузки  $w=282,2$  кг/м<sup>2</sup>.

Расчётная схема №4. Пролёт  $L_l = 0,675$  м.

Погонная ветровая нагрузка на направляющую

$$q_w = w * B = 282,2 * 0,6 = 169,3 \text{ кг/м.}$$

Собственный вес конструкций

$$P = G_{обл} * \gamma_{обл} * L * B + G_{напр} * \gamma_{напр} * L = 14 * 1,1 * 0,675 * 0,6 + 1,68 * 1,05 * 0,675 = 7,43 \text{ кг}$$

Усилия в сечении

Момент в пролёте

$$M_{пр\_max} = 0,1 * q_w * L_l^2 = 0,1 * 169,3 * 0,675^2 = 7,71 \text{ кг*м} = 771 \text{ кг*см}$$

Нормальная сила

$$N = P = 7,43 \text{ кг}$$

Напряжения в сечении

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{W_x} = \frac{7,43}{2,14} + \frac{771}{1,54} = 504,1 \text{ кг/см}^2 < 2250 \text{ кг/см}^2 = R_y$$

Сечение проходит по напряжениям для высоты 75 м в угловой зоне.

4.6.3. Расчёт по деформативности

Нормативная ветровая нагрузка равна:

$$q_w^H = q_w / \gamma_f = 169,3 / 1,4 = 120,9 \text{ кг/м} = 1,21 \text{ кг/см.}$$

Прогиб направляющей равен:

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

где  $k=0,00675$  по табл. 4.4

$$f = 0,00675 * \frac{1,21 * 67,5^4}{2,1 * 10^6 * 5,49} = 0,015 \text{ см} < \frac{67,5}{200} = 0,338 \text{ см}$$

Сечение проходит по деформативности для высоты 75 м в угловой зоне.

Вывод: Направляющая ТО 80x50x1,2 удовлетворяет требованиям прочности и деформативности при расположении на высоте 75 м в угловой зоне в III-ем районе по ветровой нагрузке.

#### **4.7. Пример расчёта направляющей с облицовкой из панелей HPL (система в межэтажные перекрытия)**

4.7.1. Исходные данные:

Место строительства III ветровой район.

Тип местности В.

Высота здания 75 м.

Высота этажа 3.3 м.

Облицовка из панелей HPL размером 1800x300x10 мм.

Шаг направляющих  $B=600$  мм.

Ветровая нагрузка на высоте 75 м:

угловая зона  $w=-282,2$  кг/м<sup>2</sup>; все здание  $w=+153,92$  кг/м<sup>2</sup>.

Направляющая из профиля ПО 80x60x1,2 мм

Материал оцинкованная сталь 08пс ХП, ПК  $R_y=220$  МПа= $2250$  кг/см<sup>2</sup>

#### 4.7.2. Расчёт на прочность

Проверяем сечение в середине пролёта.

$A=2,78$  см<sup>2</sup>;  $J_x=15,19$  см<sup>4</sup>;  $W_x=4,33$  см<sup>3</sup>.

Расчёт выполняем для максимальной ветровой нагрузки  $w=-284,2$  кг/м<sup>2</sup>.

Расчётная схема №1. Пролёт  $L_l=3,3$  м.

Погонная ветровая нагрузка нанаправляющую

$$q_w = w * B = 282,2 * 0,6 = 169,32 \text{ кг/м.}$$

Собственный вес конструкций

$$P = G_{обл} * \gamma_{обл} * L * B + G_{напр} * \gamma_{напр} * L = 14 * 1,1 * 3,3 * 0,6 + 2,18 * 1,05 * 3,3 = 38,1 \text{ кг}$$

Усилия в сечении

Момент в пролёте

$$M_{пр\_max} = 0,0415 * q_w * L_l^2 = 0,0833 * 169,32 * 3,3^2 = 153,6 \text{ кг*м} = 15360 \text{ кг*см}$$

Нормальная сила

$$N = P = 38,1 \text{ кг}$$

Напряжения в сечении

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{W_x} = \frac{38,1}{2,78} + \frac{15360}{4,33} = 3561,1 \text{ кгс/см}^2 < 2250 \text{ кгс/см}^2 = R_y$$

Сечение не проходит по напряжениям для высоты 75 м в угловой зоне.

Необходимо установить дополнительный профиль по центру пролёта.

Тогда,

$M_{он\_max} = 7680$  кг\*см;

$N = 19,1$  кг

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{W_x} = \frac{19.1}{2.78} + \frac{7680}{4.33} = 1780.5 \text{ кгс/см}^2 < 2250 \text{ кгс/см}^2 = R_y$$

Сечение проходит по напряжениям для высоты 75 м в угловой зоне.

#### 4.7.2. Расчёт по деформативности

Нормативная ветровая нагрузка равна:

$$q_w^H = q_w / \gamma_f = 169,32 / 1,4 = 120,9 \text{ кг/м} = 1,29 \text{ кг/см.}$$

Прогиб направляющей равен:

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

где  $k=0,0026$  по табл. 4.4

$$f = 0.0026 * \frac{1.29 * 330^4}{2,1 * 10^6 * 15.19} = 1.25 \text{ см} < \frac{330}{200} = 1.65 \text{ см}$$

Сечение проходит по деформативности для высоты 75 м в угловой зоне.

Вывод: Направляющая ПО 80x60x1,2 удовлетворяет требованиям прочности и деформативности при расположении ее на высоте 75 м в угловой зоне в III-ем районе по ветровой нагрузке при установке дополнительного профиля по центру пролета.

## 5. Расчет кронштейнов

Кронштейны рассчитываются на действие вертикальной нагрузки (собственный вес каркаса, фасадная облицовка и гололёд) и горизонтальной нагрузки равной максимальной опорной реакции от ветровой нагрузки.

В рассматриваемых системах при многопролётных схемах применяется жёсткое крепление направляющих ко всем кронштейнам, поэтому вес конструкции распределяется равномерно между всеми кронштейнами.

### 5.1. Сечения кронштейнов

В таблице 5.1 приведены геометрические характеристики сечений кронштейнов марки КР-С, КРУ-1р, КРУ-2р, КНс-27, КНс-28/1.

Таблица 5.1

Геометрические характеристики сечений кронштейнов

| Марка кронштейна | Сечение |       | A, см <sup>2</sup> | J <sub>x</sub> , см <sup>4</sup> | W <sub>x</sub> , см <sup>3</sup> | y <sub>1</sub> , см | J <sub>y</sub> , см <sup>4</sup> | W <sub>y</sub> , см <sup>3</sup> |
|------------------|---------|-------|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------------------|
|                  | Ширина  | t, мм |                    |                                  |                                  |                     |                                  |                                  |
| Кронштейн КР-С   |         |       |                    |                                  |                                  |                     |                                  |                                  |
| КР-С             | 90      | 2,0   | 2.00               | 0.13                             | 0,17                             | 0,22                | 12.23                            | 2.72                             |
| Кронштейн КРУ-1р |         |       |                    |                                  |                                  |                     |                                  |                                  |

|                                  |    |     |      |       |      |      |       |      |
|----------------------------------|----|-----|------|-------|------|------|-------|------|
| КРУ-1р                           | 90 | 2,0 | 2,00 | 0,13  | 0,17 | 0,22 | 12,23 | 2,72 |
| Кронштейн КРУ-2р                 |    |     |      |       |      |      |       |      |
| КРУ-2р                           | 92 | 2,0 | 2,24 | 0,21  | 0,31 | 0,24 | 15,6  | 3,39 |
| Кронштейн КНс-27 (полусечение)   |    |     |      |       |      |      |       |      |
| КНс-27                           | 70 | 2   | 2,00 | 12,23 | 2,72 | 4,5  | 0,13  | 0,17 |
| Кронштейн КНс-28/1 (полусечение) |    |     |      |       |      |      |       |      |
| КНс-28/1                         | 70 | 2   | 2,00 | 12,23 | 2,72 | 4,5  | 0,13  | 0,17 |

## 5.2. Расчёт кронштейнов марки КРУ-2р с горизонтально ориентированной плоскостью консоли

### 5.2.1. Расчет кронштейна на прочность

В кронштейнах проверяются сечение на консоли наиболее приближенное к опоре и сечение на опорной части по краю шайбы анкерного элемента. Места приложения нагрузок и положение расчётных сечений показано на рис. 5.1.

#### Вертикальный разрез

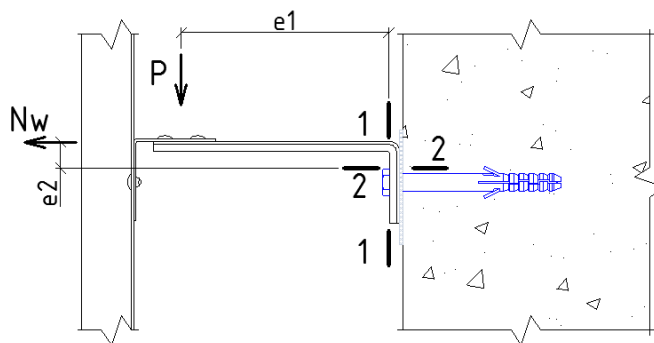


Рисунок 5.1. Расчётная схема кронштейна  
с вертикально ориентированной плоскостью консоли

Сечение 1-1 консоли кронштейна

Расчёт сечения на прочность проводится согласно формуле

$$\sigma_{1-1} = \frac{N_{1-1}}{A_{1-1}} + \frac{M_{x_{1-1}}}{W_{x_{1-1}}} \leq \frac{R_y}{\gamma_n}, \text{ кг/см}^2$$

где  $N_{1-1} = N_{w\_max}$ , кг;

$N_{w\_max}$  – максимальная опорная реакция от ветровой нагрузки. Определяется по формулам табл. 4.2 настоящих рекомендаций в зависимости от расчётной схемы направляющей, кг;

$M_{x_{1-1}} = P * e_1$ , кг\*см

$P$  – см. п. 4.6.2 настоящих рекомендаций, кг;

$e_1$  – см. рис. 5.1, см;

$A_{1-1}$  – площадь сечения, см. табл. 5.1, см<sup>2</sup>;

$W_{x_{1-1}}$  – момент сопротивления сечения по табл. 5.1 настоящих рекомендаций, см<sup>3</sup>;

$R_y$  – предел текучести стали, см. табл. 2.1, кг/см<sup>2</sup>;

$\gamma_n$  – коэффициент надежности по ответственности  $\gamma_n=1,0$  для расчета элементов ограждения (п.9 [4]).

Сечение 2-2 опорной части кронштейна

Расчёт сечения на прочность проводится согласно формуле

$$\sigma_{2-2} = \frac{M_{x_{2-2}}}{W_{x_{2-2}}} + \frac{N_{w\_max} * e_2}{W_{x_{2-2}}} \leq \frac{R_y}{\gamma_n}, \text{ кг/см}^2$$

где  $M_{x_{2-2}} = P * e_1$ , кг\*см;

$e_2$  – расстояние от оси приложения силы  $N_{w\_max}$  до сечения 2-2, см;

$N_{w\_max}$ ,  $R_y$ ,  $\gamma_n$  – см. выше;

$W_{x_{2-2}}$  – момент сопротивления сечения по табл. 5.1. настоящих рекомендаций, см<sup>3</sup>;

### 5.2.2. Расчёт узла крепления кронштейна к стене

Кронштейн крепится к стене одним анкерным элементом.

Вертикальный разрез

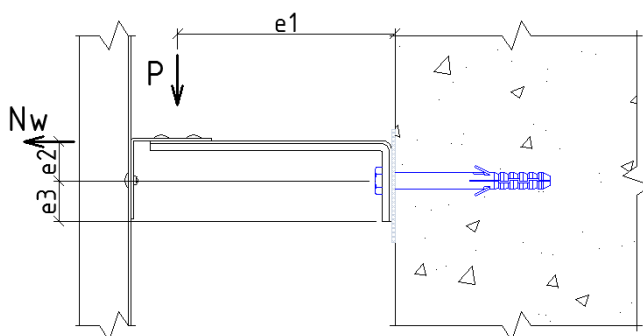


Рисунок 5.2 Расчётная схема проверки анкерного элемента на вырыв

Расчёт анкерного элемента на вырыв выполняется по формуле:

$$N_e = N_{w\_max} + \frac{N_{w\_max} * e_2}{e_3} + \frac{P * e_1}{e_3} \leq N_{доп}, \text{ кг}$$

где  $N_e$  – вырывающее усилие, действующее на анкер, кг;

$N_{доп}$  – допустимое усилие вырыва для анкерного элемента на основании испытаний, проведённых на конкретном объекте, кг.

$e_1$ ,  $e_2$ ,  $e_3$  – см. рис. 5.2, см;

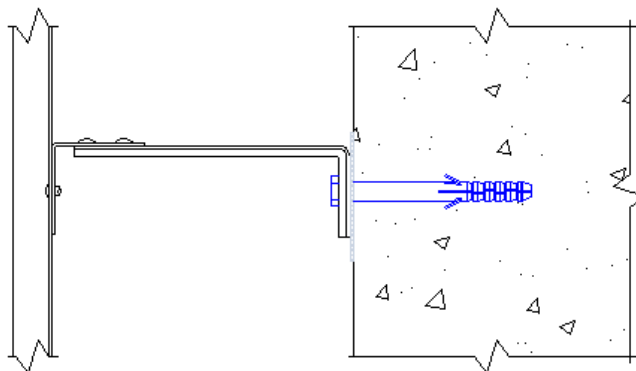
$P$ ,  $N_{w\_max}$  – см. п. 5.2.1, кг.

### 5.2.3. Расчет узла крепления направляющей к кронштейну



Крепление удлинителя к кронштейну выполняется на двух заклёпках, которые работают только на срез.

### Вертикальный разрез



### Горизонтальный разрез

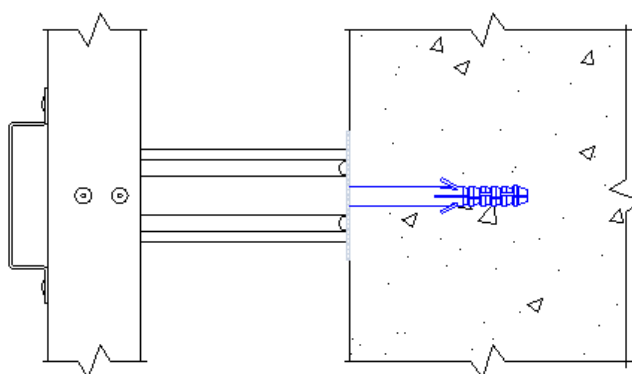


Рисунок 5.3. Конструктивная схема для проверки соединения направляющей с кронштейном

Проверка заклёпки на срез выполняется по формуле:

$$N_s = \frac{\sqrt{P^2 + N_{w\_max}^2}}{n * n_s} \leq N_{rs}, \text{ кг}$$

где  $N_s$  – срезающее усилие, действующее на одну заклёпку, кг;

$P$ ;  $N_{w\_max}$  – см. п. 5.2.1, кг;

$n$  – количество заклёпок в соединении;

$n_s$  – число рабочих срезов одной заклёпки;

$N_{rs}$  – расчётное усилие среза для одной заклёпки по табл. 2.2 настоящей методики,

кг.

2) На смятие соединяемых элементов

$$N_p = \frac{\sqrt{P^2 + N_{w\_max}^2}}{n * d * \Sigma t} \leq R_{rp} = R_{bp}$$

где  $N_p$  – действующее сминающее усилие;

$P$ ;  $N_{w\_max}$  – см. п. 5.2.1;

$n$  – число заклёпок в соединении;

$d$ ;  $\sum t$ ;  $R_{rp}$ ;  $R_{bp}$  – см. выше.

### 5.3. Расчёт кронштейнов марок КР-С, КРУ-1р, КРУ-2р с вертикально ориентированной плоскостью консоли

#### 5.3.1. Расчет кронштейна на прочность.

В кронштейнах проверяются сечение на консоли наиболее приближенное к опоре и сечение на опорной части по краю шайбы анкерного элемента. Места приложения нагрузок и положение расчётных сечений показано на рис. 5.1.

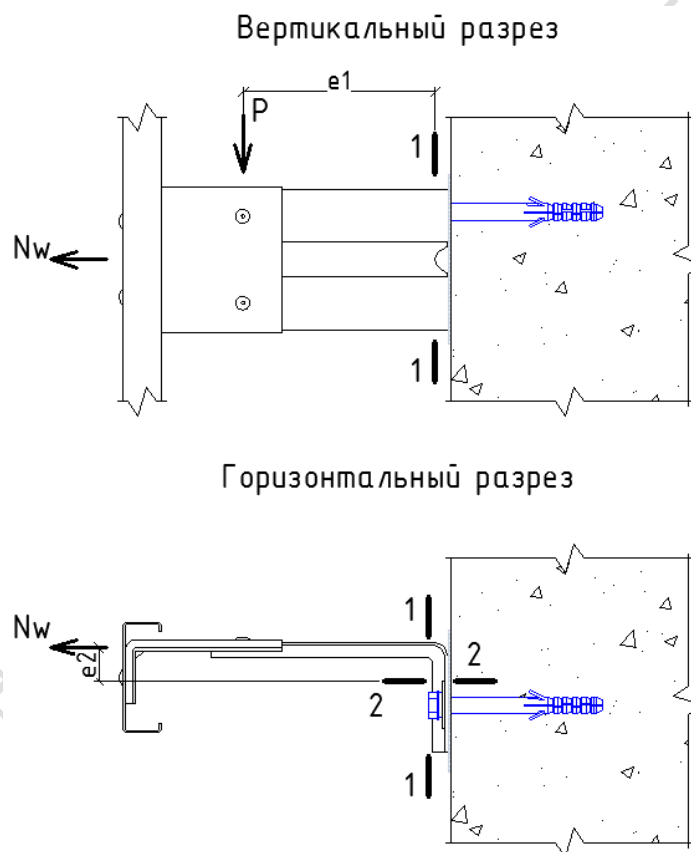


Рисунок 5.4. Расчётная схема кронштейна с вертикально ориентированной плоскостью консоли

Сечение 1-1 консоли кронштейна

Расчёт сечения на прочность проводится согласно формуле

$$\sigma_{1-1} = \frac{N_{1-1}}{A_{1-1}} + \frac{M_{y-1-1}}{W_{y-1-1}} \leq \frac{R_y}{\gamma_n}, \text{ кг/см}^2$$

где  $N_{1-1} = N_{w\_max}$ , кг;

$N_{w\_max}$  – максимальная опорная реакция от ветровой нагрузки. Определяется по формулам табл. 4.2 настоящих рекомендаций в зависимости от расчётной схемы направляющей, кг;

$$M_{y\_1-1} = P * e_1, \text{ кг*см}$$

$P$  – см. п. 4.6.2 настоящих рекомендаций, кг;

$e_1$  – см. рис. 5.1, см;

$A_{1-1}$  – площадь сечения, см. табл. 5.1, см<sup>2</sup>;

$W_{y\_1-1}$  – момент сопротивления сечения по табл. 5.1 настоящих рекомендаций, см<sup>3</sup>;

$R_y$  – предел текучести стали, см. табл. 2.1, кг/см<sup>2</sup>;

$\gamma_n$  – коэффициент надежности по ответственности ( $\gamma_n=1,0$  для расчета элементов ограждения).

Сечение 2-2 опорной части кронштейна

Расчёт сечения на прочность проводится согласно формуле

$$\sigma_{2-2} = \frac{M_{y\_2-2}}{W_{y\_2-2}} + \frac{M_{x\_2-2}}{W_{x\_2-2}} \leq \frac{R_y}{\gamma_n}, \text{ кг/см}^2$$

где  $M_{x\_2-2} = N_{w\_max} * e_2$ , кг\*см;

$M_{y\_2-2} = P * e_2$ , кг\*см;

$e_2$  – расстояние от оси приложения силы  $N_{w\_max}$  до сечения 2-2, см;

$N_{w\_max}$ ,  $R_y$ ,  $\gamma_n$  – см. выше;

$W_{y\_2-2} = W_{y\_1-1}$ ,  $W_{x\_2-2}$  – момент сопротивления сечения по табл. 5.1. настоящих рекомендаций, см<sup>3</sup>;

5.3.2. Расчёт узла крепления кронштейна к стене

Кронштейн крепится к стене одним анкерным элементом.

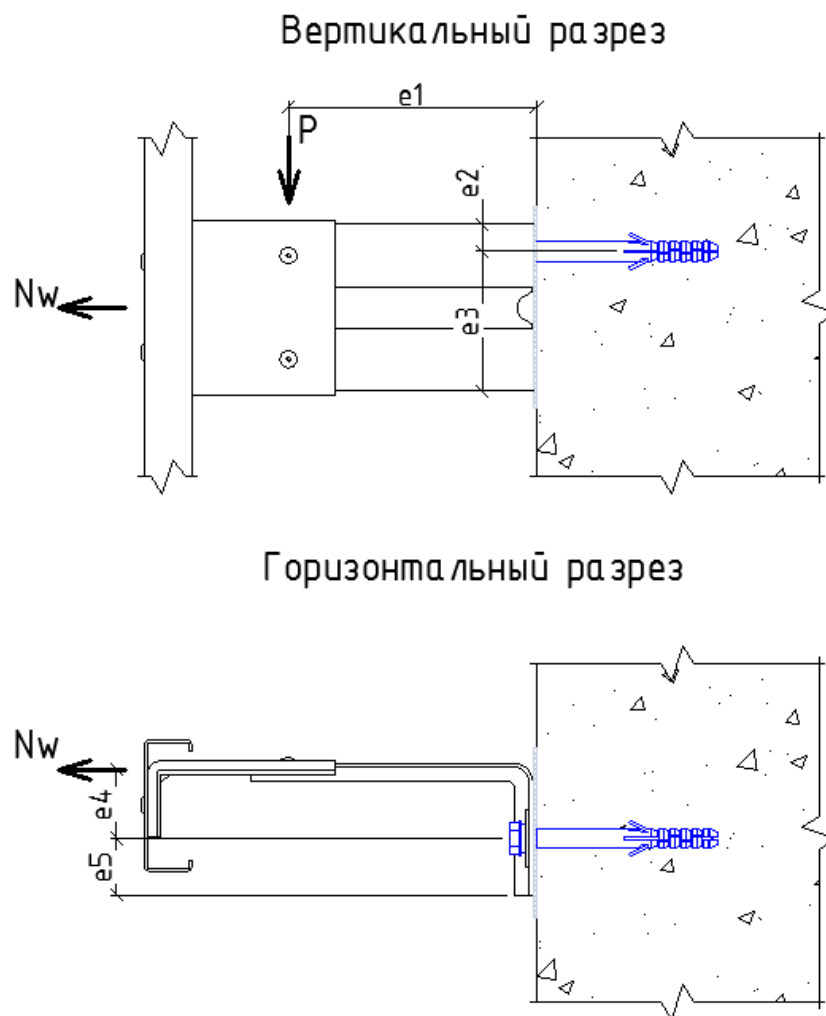


Рисунок 5.5. Расчётная схема проверки анкерного элемента на вырыв

Расчёт анкерного элемента на вырыв выполняется по формуле:

$$N_g = N_{w\_max} + \frac{N_{w\_max} * e_4}{e_5} + \frac{P * e_1}{e_3} \leq N_{дон}, \text{ кг}$$

где  $N_g$  – вырывающее усилие, действующее на анкер, кг;

$N_{дон}$  – допустимое усилие вырыва для анкерного элемента на основании испытаний, проведённых на конкретном объекте, кг.

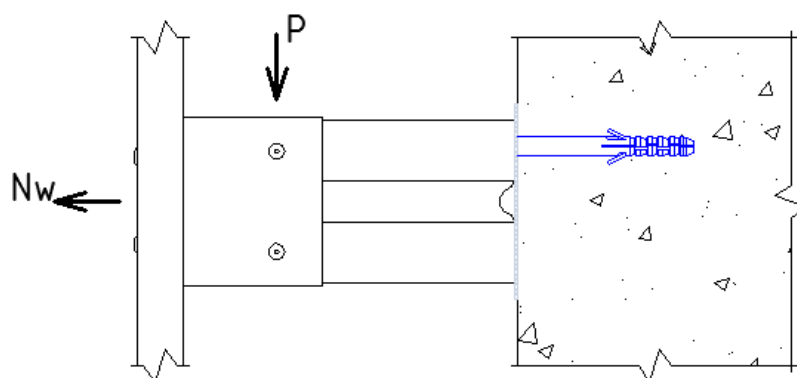
$e_1, e_3, e_4, e_5$  – см. рис. 5.2

$P, N_{w\_max}$  – см. п. 5.2.1

### 5.3.3. Расчет узла крепления удлинителя к кронштейну

Крепление удлинителя к кронштейну выполняется на двух заклёпках, которые работают только на срез.

### Вертикальный разрез



### Горизонтальный разрез

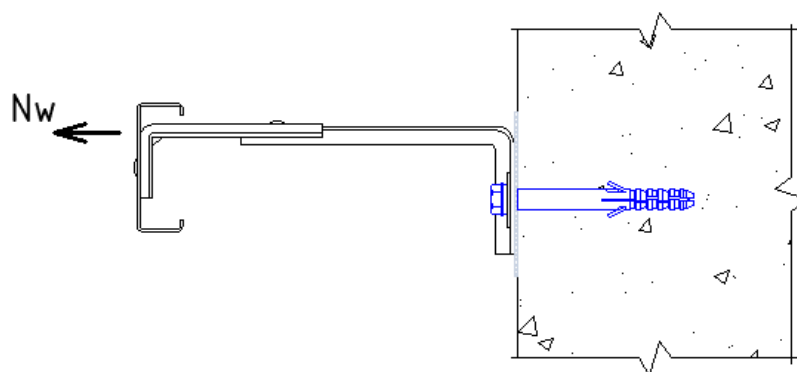


Рисунок 5.6. Конструктивная схема для проверки соединения направляющей с кронштейном

Проверка заклёпки на срез выполняется по формуле:

$$N_s = \frac{\sqrt{P^2 + N_{w\_max}^2}}{n * n_s} \leq N_{rs}, \text{ кг}$$

где  $N_s$  – срезающее усилие, действующее на одну заклёпку, кг;

$P$ ;  $N_{w\_max}$  – см. п. 5.2.1, кг;

$n$  – количество заклёпок в соединении;

$n_s$  – число рабочих срезов одной заклёпки;

$N_{rs}$  – расчётное усилие среза для одной заклёпки по табл. 2.2 настоящей методики,

кг.

2) На смятие соединяемых элементов

$$N_p = \frac{\sqrt{P^2 + N_{w\_max}^2}}{n * d * \Sigma t} \leq R_{rp} = R_{bp}$$

где  $N_p$  – действующее сминающее усилие;

$P$ ;  $N_{w\_max}$  – см. п. 5.2.1;

$n$  – число заклёпок в соединении;

$d$ ;  $\sum t$ ;  $R_{rp}$ ;  $R_{bp}$  – см. выше.

#### 5.4. Расчёт кронштейнов марок КНс-27 в перекрытия

##### 5.4.1. Расчет кронштейна на прочность

Места приложения нагрузок, положение расчётных сечений и анкерных элементов показано на рис. 5.4.

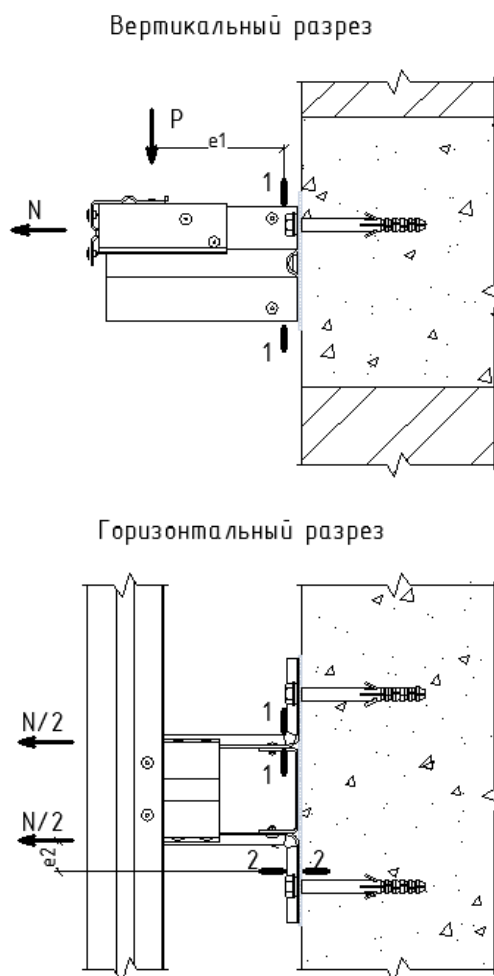


Рисунок 5.7. Расчётная схема кронштейна КНс-27

Сечение 1-1

Расчёт сечения на прочность проводится согласно формуле

$$\sigma_{1-1} = \frac{N_{1-1}}{A_{1-1}} + \frac{M_{x_{1-1}}}{W_{x_{1-1}}} \leq \frac{R_y}{\gamma_n}, \text{ кг/см}^2$$

где  $N_{1-1} = N_{w_{max}}/2$

$N_{w_{max}}$  – максимальная опорная реакция от ветровой нагрузки определяется в зависимости от расчётной схемы направляющей, кг;

$$M_{x_{1-1}} = (P/2) * e_1, \text{ кг*см}$$

где  $P = P_{обл} + P_{напр}$  – собственный вес конструкции, кг;

$$P_{обл} = G_{обл} * \gamma_{обл} * L * B, \text{ кг};$$

$$P_{напр} = G_{напр} * \gamma_{напр} * L, \text{ кг};$$

$e_1$  – расстояние между осью приложения нагрузки  $P$  и гранью соединяющей пластины (см. рис. 5.4), см;

$A_{1-1}$  – площадь сечения 1-1, см<sup>2</sup>;

$W_{x_{1-1}}$  – момент сопротивления сечения 1-1, см<sup>3</sup>;

$R_y, \gamma_n$  – см. выше;

#### Сечение 2-2

Расчёт сечения на прочность в горизонтальной плоскости проводится согласно формуле

$$\sigma_{2-2} = \frac{M_{y_{2-2}}}{W_{y_{2-2}}} + \frac{M_{x_{2-2}}}{W_{x_{2-2}}} \leq \frac{R_y}{\gamma_n}, \text{ кг/см}^2$$

где  $M_{x_{2-2}} = (N_{w_{max}}/2) * e_2, \text{ кг*см};$

$M_{y_{2-2}} = (P/2) * e_2, \text{ кг*см};$

$e_2$  – расстояние от оси приложения силы  $N_{w_{max}}$  до сечения 2-2 (см. рис. 5.4), см;

$N_{w_{max}}, R_y, \gamma_n$  – см. выше;

$W_{y_{2-2}}, W_{x_{2-2}}$  – момент сопротивления сечения по табл. 5.1. настоящих рекомендаций, см<sup>3</sup>;

#### 5.4.2. Расчёт узла крепления кронштейна к стене

Кронштейн крепится к стене двумя анкерным элементом. Расчётная схема для проверки анкерного элемента на вырыв показана на рис. 5.5.

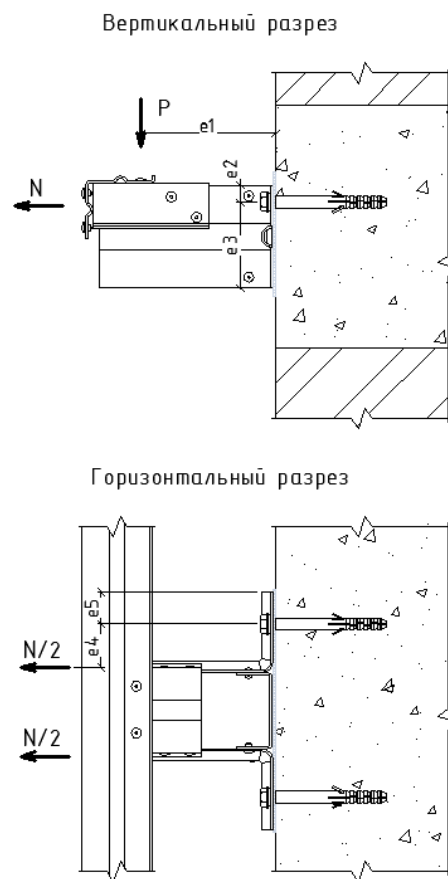


Рисунок 5.8. Расчётная схема для проверки анкерного элемента на вырыв

Расчёт анкерного элемента на вырыв выполняется по формуле:

$$N_e = \left( N_{w\_max} + \frac{N_{w\_max} * e_4}{e_5} + \frac{N_{w\_max} * e_2 + P * e_1}{e_3} \right) / 2 \leq N_{дон}, \text{ кг}$$

где  $N_e$  – вырывающее усилие, действующее на один болт, кг;

$N_{дон}$  – допустимое усилие вырыва для анкерного элемента на основании испытаний, проведённых на конкретном объекте, кг.

$e_1, e_2, e_3, e_4, e_5$  – см. рис. 5.5

#### 5.4.3. Расчет узла крепления вставки кронштейна к кронштейну

Вставка кронштейна крепится к кронштейну двумя заклёпками А2/А2 4х10. Заклёпки воспринимают усилия только от ветровой нагрузки.



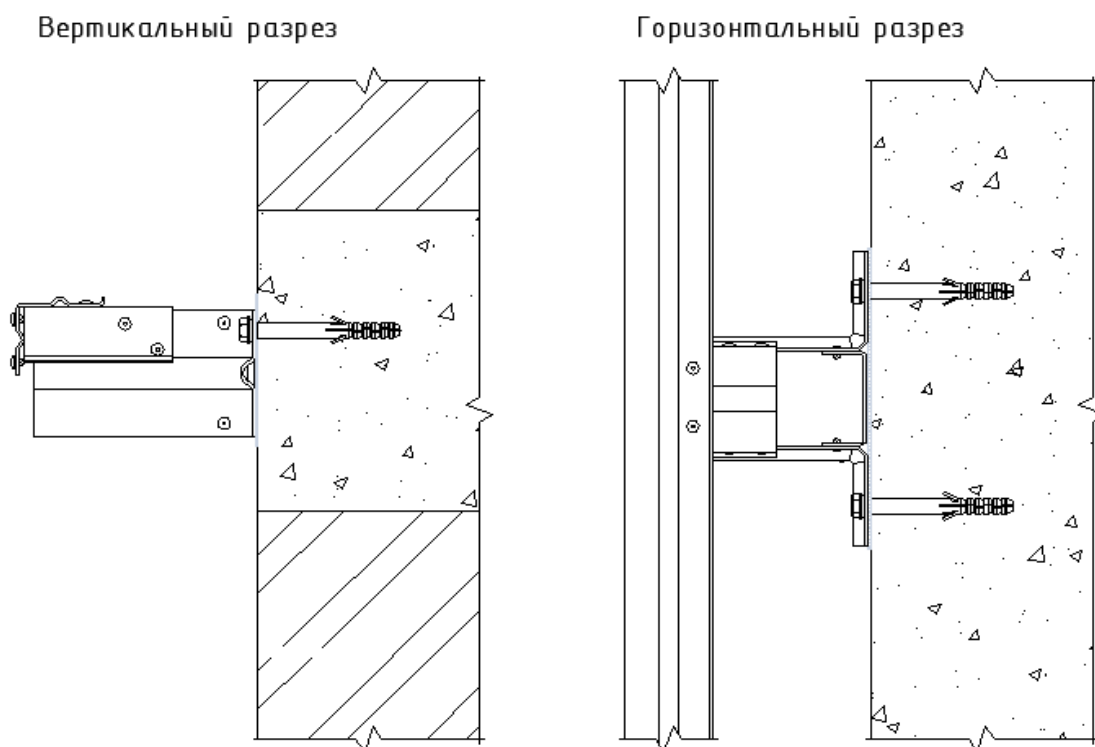


Рисунок 5.9. Конструктивная схема для проверки соединений на заклёпках

Проверка заклёпки:

1) На срез

$$N_s = N_{w\_max} / n \leq N_{rs}$$

где  $N_s$  – срезающее усилие, действующее на одну заклёпку, кг;

$N_{w\_max}$  – см. п. 5.2.1, кг;

$n$  – число заклёпок в соединении  $n=4$ ;

$N_{rs}$  – расчётное усилие среза для одной заклёпки по табл. 2.2 настоящих рекомендаций, кг.

2) На смятие соединяемых элементов

$$N_p = \frac{N_{w\_max}}{n * d * \sum t} \leq R_{rp} = R_{bp}$$

где  $N_p$  – действующее сминающее усилие;

$N_{w\_max}$  – см. п. 5.2.1;

$n$  – число заклёпок в соединении  $n=2$ ;

$d$ ;  $\sum t$ ;  $R_{rp}$ ;  $R_{bp}$  – см. выше.

## 6. Примеры расчёта кронштейнов

### 6.1. Пример расчёта кронштейна марки КР-С с вертикально ориентированной плоскостью консоли

#### 6.1.1. Исходные данные

Место строительства – г. Челябинск

III район по ветровой нагрузке.

Тип местности В.

Высота здания 75 м.

Крепление направляющей к стене с шагом 675 мм по четырехпролётной схеме ( $n=4$ ).

Облицовка из панелей HPL размером 1800x300x10 мм.

Шаг направляющих  $B=600$  мм.

Ветровая нагрузка на высоте 75 м:

угловая зона  $w=-282,2$  кг/м<sup>2</sup>; все здание  $w=+159,92$  кг/м<sup>2</sup>.

Принимаем кронштейн КР-С-250 мм.

$A=2,00$  см<sup>2</sup>;  $W_x=0,17$  см<sup>3</sup>;  $y_l=0,22$  см;  $W_y=2,72$  см<sup>3</sup> по табл. 5.1 настоящей методики.

Материал кронштейна сталь 08пс  $R_y=2250$  кг/см<sup>2</sup> по табл. 2.1 настоящей методики.

#### 6.1.2. Расчет на прочность

Вес облицовки и направляющей

$$P = G_{обл} * \gamma_{обл} * L * B + G_{напр} * \gamma_{напр} * L = 14,0 * 1,1 * 0,675 * 0,6 + 1,26 * 1,05 * 0,675 = 7,13 \text{ кг}$$

Для трёхпролётной схемы опорная реакция по табл. 4.2 настоящей методики равна

$$N_{w\_max} = 1,1 * w * L_l * B$$

в угловой зоне  $N_{w\_max} = 1,1 * 282,2 * 0,675 * 0,6 = 125,7$  кг;

в середине здания  $N_{w\_max} = 1,1 * 159,92 * 0,675 * 0,6 = 71,2$  кг;

Нагрузки на кронштейн:

Собственный вес

$$P = 7,13 / (n+1) = 7,13 / (4+1) = 1,43 \text{ кг};$$

Ветровая нагрузка

в угловой зоне  $N_{w\_max} = 125,7$  кг;

в середине здания  $N_{w\_max} = 71,2$  кг;

Проверяем кронштейн, установленный в угловой зоне.

Места приложения нагрузок показаны на рис. 6.1.

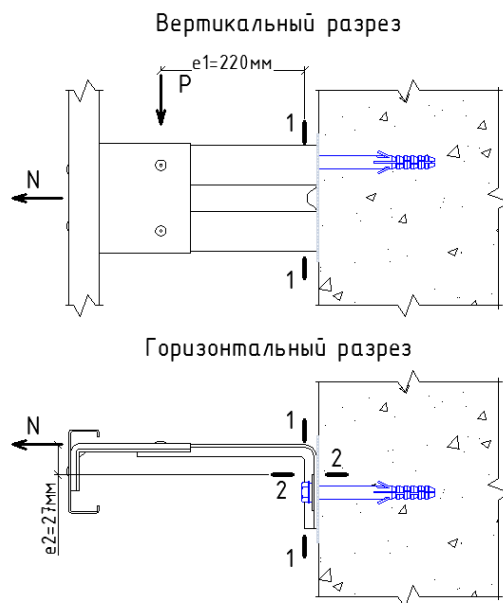


Рисунок 6.1. Расчётная схема кронштейна КР-С-250мм с вертикально ориентированной плоскостью консоли

Сечение 1-1 консоли кронштейна

Расчёт сечения на прочность проводится согласно формуле

$$\sigma_{1-1} = \frac{N_{1-1}}{A_{1-1}} + \frac{M_{y_{1-1}}}{W_{y_{1-1}}} = \frac{125.7}{2.00} + \frac{31.5}{2.72} = 74.4 < R_y = 2250 \text{ кгс} / \text{см}^2$$

где  $N_{1-1} = N_{w\_max} = 125,7 \text{ кг}$ ;

$M_{y_{1-1}} = P * e_1 = 1,43 * 22 = 31,5 \text{ кг} * \text{см}$

Сечение 1-1 удовлетворяет требованиям прочности.

Сечение 2-2 опорной части кронштейна

Расчёт сечения на прочность проводится согласно формуле

$$\sigma_{2-2} = \frac{M_{x_{2-2}}}{W_{x_{2-2}}} + \frac{M_{y_{2-2}}}{W_{y_{2-2}}} = \frac{289.11}{0.17} + \frac{3.29}{2.72} = 1701.9 < 2250 \text{ кгс} / \text{см}^2$$

где  $M_{x_{2-2}} = N_{w\_max} * e_2 = 125,7 * 2,7 = 339,4 \text{ кг} * \text{см}$ ;

$M_{y_{2-2}} = P * e_2 = 1,43 * 2,7 = 3,86 \text{ кг} * \text{см}$ ;

$R_y, \gamma_n$  – см. выше;

$W_{x_{2-2}} = 0,17 \text{ см}^3$ ;

$W_{y_{2-2}} = 2,27 \text{ см}^3$ ;

Сечение 2-2 удовлетворяет требованиям прочности.

Вывод: Кронштейн КР-С-250мм удовлетворяет требованиям прочности при расположении его на высоте 75 м в угловой зоне в III-ем районе по ветровой нагрузке.

### 6.1.3. Расчёт узла крепления кронштейна к стене

Кронштейн крепится к стене одним анкерным элементом.

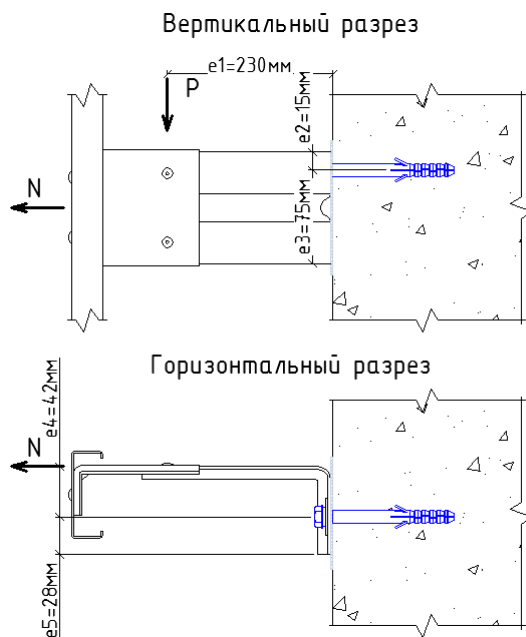


Рисунок 6.2. Расчётная схема проверки анкерного элемента на вырыв

Расчёт анкерного элемента на вырыв выполняется по формуле:

$$N_{\sigma} = N_{w\_max} + \frac{N_{w\_max} * e_4}{e_5} + \frac{P * e_1}{e_3} = 125.7 + \frac{125.7 * 4.2}{2.8} + \frac{1.43 * 23}{7.5} = 318.6 \text{ кг} \leq N_{дон}$$

$$N_{w\_max} = 125,7 \text{ кг};$$

$$P = 1,43 \text{ кг};$$

$N_{дон}$  – допустимое усилие вырыва для анкерного элемента на основании испытаний, проведённых на конкретном объекте, кг.

#### 6.1.4. Расчет узла крепления удлинителя к кронштейну

Крепление удлинителя к кронштейну выполняется на двух заклёпках А2/А2 4х10, которые работают только на срез.

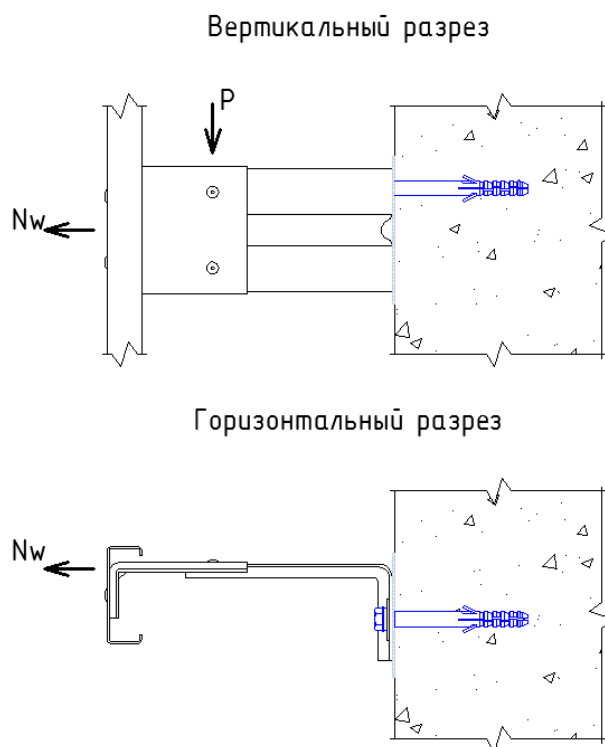


Рисунок 6.3. Конструктивная схема для проверки соединения удлинителя с кронштейном

Проверка заклёпки выполняется по формуле:

1) На срез

$$N_s = \frac{\sqrt{P^2 + N_{w\_max}^2}}{n * n_s} \leq N_{rs}, \text{ кг}$$

$N_{w\_max}=125,7$  кг;

$P=1,43$  кг;

$n=2$  – количество заклёпок в соединении;

$n_s=1$ – число рабочих срезов одной заклёпки;

$N_{rs}=320$  кг – расчётное усилие среза для одной заклёпки по табл. 2.2 настоящей методики.

$$N_s = \frac{\sqrt{1.43^2 + 125.7^2}}{2 * 1} = 62.9 \text{ кгс} < N_{rs} = 320 \text{ кгс}$$

Соединение кронштейна с удлинителя удовлетворяет требованиям прочности.

## 6.2. Пример расчёта кронштейна марки КНс-27 в перекрытии

### 6.2.1. Исходные данные

Место строительства – г. Челябинск

III район по ветровой нагрузке.

Тип местности В.

Высота здания 75 м.

Высота этажа 3,3 м.

Крепление направляющей к перекрытиям.

Облицовка из панелей НРЛ размером 1800х300х10 мм.

Шаг направляющих  $B=600$  мм.

Ветровая нагрузка на высоте 75 м:

угловая зона  $w=-282,2$  кг/м<sup>2</sup>; все здание  $w=+157$ , кг/м<sup>2</sup>.

Направляющая из шляпного профиля ПШ 80х70х1,5 мм. Масса 1 п.м. 3,53 кг.

Принимаем кронштейн КНс-27 вылетом 200мм.

### 6.2.2. Расчет на прочность

Нагрузки на кронштейн:

Вес облицовки и направляющей

$$P = G_{обл} * \gamma_{обл} * L * B + G_{напр} * \gamma_{напр} * L = 14,0 * 1,1 * 3,3 * 0,6 + 3,53 * 1,05 * 3,3 = 42,7 \text{ кг}$$

Ветровая нагрузка в угловой зоне

$$N_{w\_max} = w * B * L = 0,5 * 282,2 * 0,6 * 3,3 = 279,4 \text{ кг};$$

Геометрические характеристики сечения:

$$A = 2,0 \text{ см}^2; W_x = 2,72 \text{ см}^3; W_y = 0,17 \text{ см}^3;$$

Места приложения нагрузок, положение расчётных сечений и анкерных элементов показано на рис. 6.4.

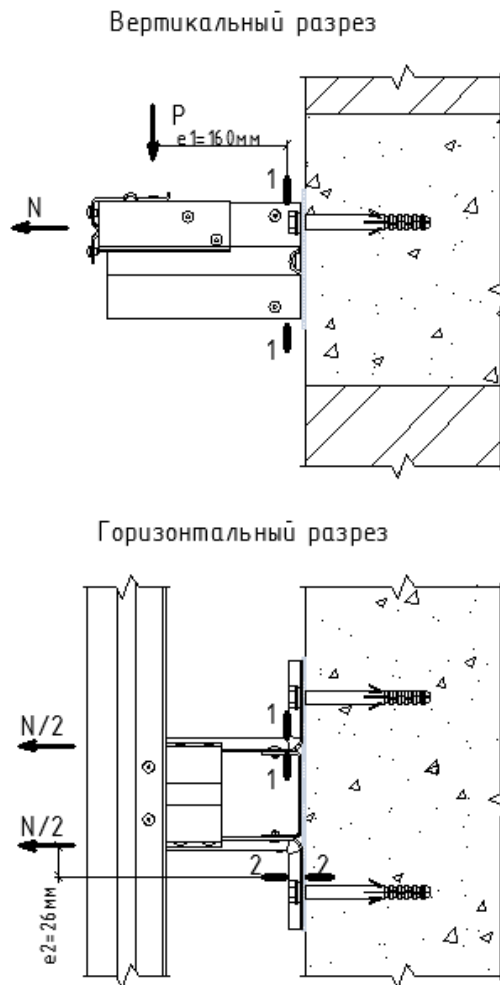


Рисунок 6.4. Расчётная схема кронштейна КНс-27 200мм

Сечение 1-1

Расчёт сечения на прочность в вертикальной плоскости проводится согласно формуле

$$\sigma_{1-1} = \frac{N_{1-1}}{A_{1-1}} + \frac{M_{x_{1-1}}}{W_{x_{1-1}}} \leq \frac{R_y}{\gamma_n}, \text{ кг/см}^2$$

где  $N_{1-1} = N_{w\_max}/2 = 279,4/2 = 139,7$  кг

$M_{x_{1-1}} = (P/2) * e_1 = (42,7/2) * 16,0 = 341,6$  кг\*см

$A_{1-1} = 2,0$  см<sup>2</sup>;

$W_{x_{1-1}} = 2,72$  см<sup>3</sup>;

$R_y = 2250$  кг/см<sup>2</sup>;  $\gamma_n = 1$

$$\sigma_{1-1} = \frac{N_{1-1}}{A_{1-1}} + \frac{M_{x_{1-1}}}{W_{x_{1-1}}} = \frac{139,7}{2,0} + \frac{341,6}{2,72} = 195,4 \leq 2250, \text{ кг/см}^2$$

Сечение 1-1 удовлетворяет требованиям прочности.

## Сечение 2-2

Расчёт сечения на прочность в горизонтальной плоскости проводится согласно формуле

$$\sigma_{2-2} = \frac{M_{y_{2-2}}}{W_{y_{2-2}}} + \frac{M_{x_{2-2}}}{W_{x_{2-2}}} \leq \frac{R_y}{\gamma_n}, \text{ кг/см}^2$$

где  $M_{y_{2-2}} = (N_{w_{max}}/2) * e_2 = 139,7 * 2,6 = 363,2 \text{ кг*см}$ ;

$M_{x_{2-2}} = (P/2) * e_2 = (42,7/2) * 2,6 = 55,1 \text{ кг*см}$ ;

$W_{x_{1-1}} = 2,72 \text{ см}^3$ ;

$W_{y_{2-2}} = 0,17 \text{ см}^3$ .

$$\sigma_{2-2} = \frac{M_{y_{2-2}}}{W_{y_{2-2}}} + \frac{M_{x_{2-2}}}{W_{x_{2-2}}} = \frac{363,2}{0,17} + \frac{55,1}{2,72} = 2156,7 \leq 2250, \text{ кг/см}^2$$

Сечение 2-2 удовлетворяет требованиям прочности.

### 6.2.3. Расчёт узла крепления кронштейна к стене

Кронштейн крепится к стене двумя анкерным элементом. Расчётная схема для проверки анкерного элемента на вырыв показана на рис. 6.5.

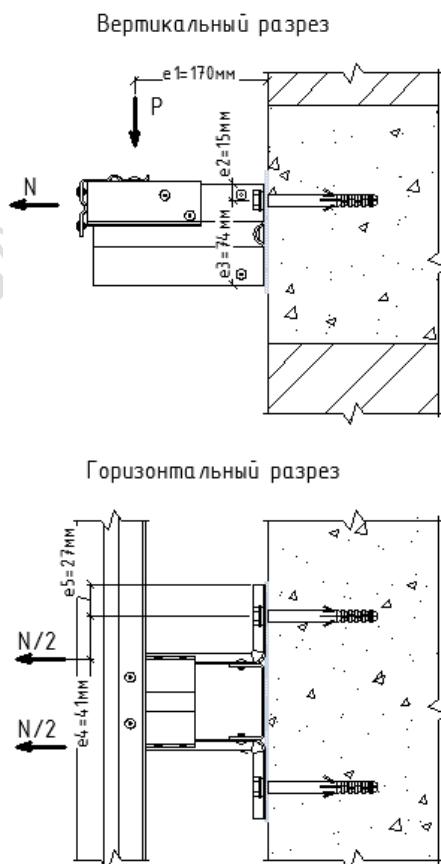


Рисунок 6.5. Расчётная схема для проверки анкерного элемента на вырыв

Расчёт анкерного элемента на вырыв выполняется по формуле:



$$N_{\epsilon} = \left( N_{w\_max} + \frac{N_{w\_max} * e_4}{e_5} + \frac{N_{w\_max} * e_2 + P * e_1}{e_3} \right) / 2 \leq N_{доп}, \text{ кг}$$

$$N_{w\_max} = 139,7 \text{ кг};$$

$$P = 21,4 \text{ кг};$$

$N_{доп}$  – допустимое усилие вырыва для анкерного элемента на основании испытаний, проведённых на конкретном объекте, кг.

$$N_{\epsilon} = \left( 139,7 + \frac{139,7 * 4,1}{2,7} + \frac{139,7 * 1,5 + 21,4 * 17}{7,4} \right) / 2 = 214,7 \text{ кг} \leq N_{доп}$$

### 7. Расчет крепежного уголка для соединения вертикального и горизонтального профилей в системе крепления в межэтажные перекрытия на основе кронштейна КНс-28/1 и профиля ПК/1

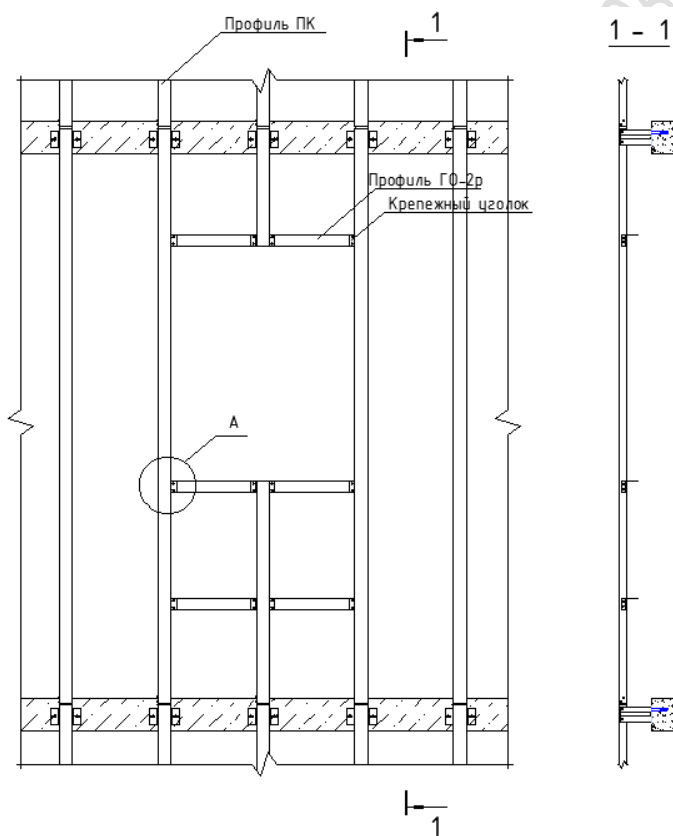


Рис. 7.1. Обустройство оконного проема при креплении системы в межэтажные перекрытия

A

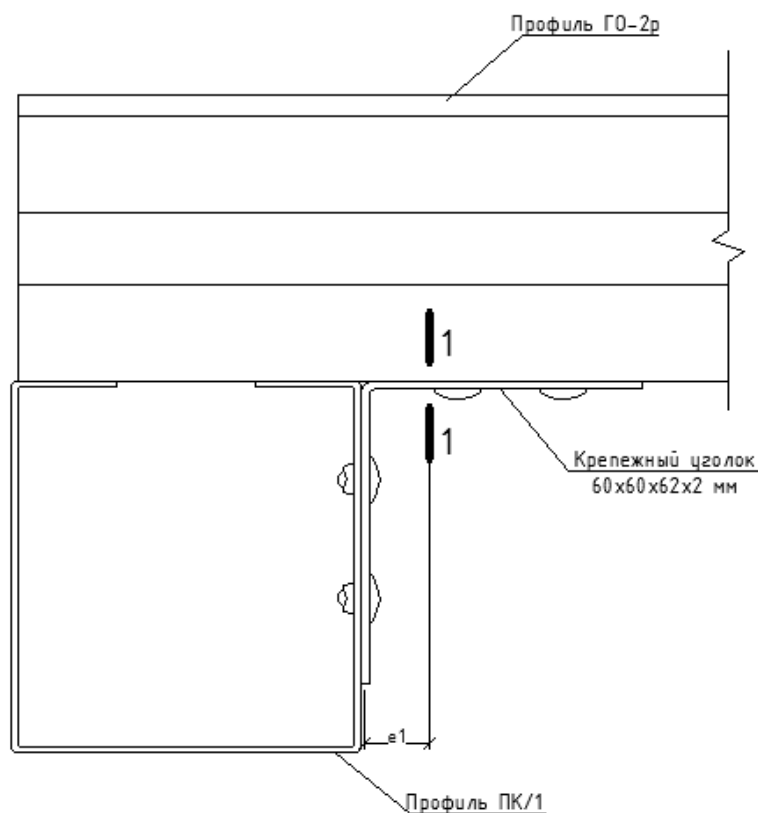


Рис. 7.2. Узел А

Сечение 1-1

Расчёт сечения на прочность проводится согласно формуле

$$\sigma_{1-1} = \frac{M_{x_{1-1}}}{W_{x_{1-1}}} + \frac{M_{y_{1-1}}}{W_{y_{1-1}}} \leq \frac{R_y}{\gamma_n}, \text{ кг/см}^2$$

$$M_{x_{1-1}} = (P/2) * e_1, \text{ кг*см}$$

где  $P = P_{обл} + P_{напр}$  – собственный вес конструкции, кг;

$$P_{обл} = G_{обл} * \gamma_{обл} * L * B, \text{ кг};$$

$$P_{напр} = G_{напр} * \gamma_{напр} * L, \text{ кг};$$

$e_1$  – см. рис. 7.2, см;

$$M_{y_{1-1}} = (N_{w_{max}} / 2) * e_1, \text{ кг*см}$$

$N_{w_{max}}$  – максимальное усилие, возникающее от действия ветровой нагрузки, кг;

$$N_{w_{max}} = w * B * L_2$$

$w$  – ветровая нагрузка, кг/м<sup>2</sup>

$B$  – шаг вертикальных профилей;

$L_2$  – шаг горизонтальных профилей;

$W_{x_{1-1}}, W_{y_{1-1}}$  – моменты сопротивления сечения 1-1 в соответствующих осях, см<sup>3</sup>;

$$W_{x_{1-1}}=1,28 \text{ см}^3$$

$$W_{y_{1-1}}=0,0413 \text{ см}^3$$

$R_y, \gamma_n$  – см. выше;

ГК АЛЬТЕРНАТИВА +7 (495) 940-89-24 +7 (495) 989-45-99

## Список литературы

1. СП 20.13330.2011 «СНиП 2.01.07-85\* Нагрузки и воздействия»;
2. СП 16.13330.2011 «СНиП II-23-81\* Стальные конструкции»;
3. Рекомендации ЦНИСК им. Кучеренко «Фасадные теплоизоляционные системы с воздушным зазором. Рекомендации по составу и содержанию документов и материалов, представляемых для технической оценки пригодности продукции», Москва, 2004г;
4. Временные рекомендации по назначению нагрузок и воздействий, действующих на многофункциональные высотные здания и комплексы в Москве МДС 20-1.2006;
5. Техническая оценка пригодности для применения в строительстве. Конструкции навесной фасадной теплоизоляционной систем «Альт-Фасад-09»;
6. Альбом технических решений. Конструкции навесной фасадной теплоизоляционной систем «Альт-Фасад-09», г. Трехгорный, 2013г;
7. СТО-44416204-010-2010 Крепления анкерные. Метод определения несущей способности по результатам натуральных испытаний.