

ООО "Название организации"

**Прочностной расчет**

**элементов каркаса навесной фасадной системы**

**U-kon LT-247**

**Материал облицовки:** **Керамогранит**

Объект: Жилой дом

Содержание

[Содержание 2](#_Toc33952849)

[Введение 3](#_Toc33952850)

[Нагрузки и воздействия 3](#_Toc33952851)

[1.Собственный вес 3](#_Toc33952852)

[2.Ветровые нагрузки 4](#_Toc33952853)

[3.Гололедная нагрузка 5](#_Toc33952854)

[Расчет деформативности направляющих 5](#_Toc33952855)

[Коэффициенты неразрезности 6](#_Toc33952856)

[Основные буквенные обозначения величин 6](#_Toc33952857)

[Расчет прочности монтажной схемы №1. 7](#_Toc33952858)

[1.Исходные данные: 7](#_Toc33952859)

[2. Расчет вертикального профиля А-24.4 8](#_Toc33952860)

[3. Расчет реакций, передающихся на кронштейны: 10](#_Toc33952861)

[4. Расчет кронштейна АД-033 11](#_Toc33952862)

[5. Расчет кронштейна АД-032 14](#_Toc33952863)

[6. Расчет соединения кронштейна с профилем. 16](#_Toc33952864)

[7. Расчет прочности крепления кронштейна АД-033 к конструкциям здания. 17](#_Toc33952865)

[8. Расчет прочности крепления кронштейна АД-032 к конструкциям здания. 18](#_Toc33952866)

[Расчет прочности монтажной схемы №2. 19](#_Toc33952867)

[1.Исходные данные: 19](#_Toc33952868)

[2. Расчет вертикального профиля А-38 20](#_Toc33952869)

[3. Расчет реакций, передающихся на кронштейны: 25](#_Toc33952870)

[4. Расчет кронштейна АД-062 26](#_Toc33952871)

[5. Расчет кронштейна АД-063 29](#_Toc33952872)

[6. Расчет соединения кронштейна с профилем. 31](#_Toc33952873)

[7. Расчет прочности крепления кронштейна АД-062 к конструкциям здания. 32](#_Toc33952874)

[8. Расчет прочности крепления кронштейна АД-063 к конструкциям здания. 33](#_Toc33952875)

[Сводная таблица расчетных монтажных схем 35](#_Toc33952876)

[Условные обозначения кронштейнов: 35](#_Toc33952877)

Введение

Настоящий прочностной расчет включает проверку прочности и деформаций металлических профилей и креплений к конструкциям здания, несущих нагрузки от их собственной массы, массы облицовки, давления ветра, а также нагрузки от обледенения облицовки.

При разработке данного расчета были использованы следующие документы:

1. СП 20.13330.2016 «Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85 Нагрузки и воздействия»

2. СП 128.13330.2016 «Актуализированная редакция СНиП 2.03.06-85 Алюминиевые конструкции»

3. СП 16.13330.2017 «Актуализированная редакция СНиП II-23-81 Стальные конструкции»

4. Справочник проектировщика(Расчетно-теоретический).т1.ред.Уманского, 1973)

5. Справочник проектировщика(Расчетно-теоретический).т2.ред.Уманского, 1973)

6. ГОСТ 27751-2014.Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения

Нагрузки от собственной массы облицовки принимаются по техническим условиям или паспортным данным предприятий-изготовителей.

Нагрузка от веса утеплителя в расчете несущего каркаса не учитывается, так как его крепление производится на тарельчатые дюбеля.

Временные нагрузки от ветра принимаются по СП [1].

Нагрузка от обледенения облицовки принимается по СП[1].

Рассматриваемые усилия: изгибающие моменты, поперечные и продольные силы; прогибы определяются с использованием основных положений сопротивления материалов и строительной механики, а также средств ЭВМ.

Коэффициенты надежности по нагрузкам γf принимаются по СП[1].

Единый коэффициент надежности по ответственности γn принимается по ГОСТ[6].

Направления координатных осей в расчетных схемах приняты:

 ось х -горизонтальная в плоскости стены;

 ось у -горизонтальная по нормали к стене;

 ось z -вертикальная в плоскости стены.

Нагрузки и воздействия

На каркас навесных фасадов действуют следующие нагрузки:

1.Собственный вес облицовки и каркаса подконструкции;

2.Ветровые нагрузки.

3.Гололедная нагрузка.

1.Собственный вес

Расчетная погонная нагрузка от собственного веса вертикального профиля и веса облицовки:

Рz м.п. = Ро · γf · lx · yn + Рп · γf · γn, кН/м (1)

где: Ро - вес облицовки по данным производителя, кН/м²;

 lx - шаг направляющих по горизонтали, м;

 γf - коэффициент надежности по материалу;

 Рп - вес одного погонного метра профиля, кН/м;

 γn - единый коэффициент надежности по ответственности

2.Ветровые нагрузки

Расчётное давление ветра, действующее на высоте z, определяют по формуле:

w м.п. = w0 · k(ze) · [1 + ζ(ze)] · cp · v · lx · γf · γn · Кнер, кН/м (2)

где: w0 – нормативное давление ветра по СП [1]

 z – эквивалентная высота здания от поверхности земли;

 k(ze) – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления для высоты z по СП[1];

 ζ(ze) – коэффициент пульсации давления ветра для эквивалентной высоты z, принимаемый по СП[1];

 cp – пиковые значения аэродинамических коэффициентов отсоса по СП[1], для рядового участка ср = 1.2, для углового ср = 2.2

 v – коэффициент корреляции ветровой нагрузки по СП[1] в зависимости от площади ограждения А, с которой собирается ветровая нагрузка

 γf – коэффициент надёжности по ветровой нагрузке, принимаемый равным 1,4 по СП[1]

 Кнер - коэффициент неразрезности по Справочнику проектировщика (вводится для промежуточных вертикальных профилей).

Таблица 2.1 Значения коэффициентов k(ze)

|  |  |
| --- | --- |
| Высота, м | Значения коэффициента k(ze) для типов местности |
|  | A | B | C |
| <5 | 0.75 | 0.5 | 0.4 |
| 10 | 1 | 0.65 | 0.4 |
| 20 | 1.25 | 0.85 | 0.55 |
| 40 | 1.5 | 1.1 | 0.8 |
| 60 | 1.7 | 1.3 | 1 |
| 80 | 1.85 | 1.45 | 1.15 |
| 100 | 2 | 1.6 | 1.25 |
| 150 | 2.25 | 1.9 | 1.55 |
| 200 | 2.45 | 2.1 | 1.8 |
| 250 | 2.65 | 2.3 | 2 |
| 300 | 2.75 | 2.5 | 2.2 |
| 350 | 2.75 | 2.75 | 2.35 |
| ≥480 | 2.75 | 2.75 | 2.75 |

Таблица 2.2 Значения коэффициентов ζ(ze)

|  |  |
| --- | --- |
| Высота, м | Значения коэффициента k(ze) для типов местности |
|  | A | B | C |
| <5 | 0.85 | 1.22 | 1.78 |
| 10 | 0.76 | 1.06 | 1.78 |
| 20 | 0.69 | 0.92 | 1.5 |
| 40 | 0.62 | 0.8 | 1.26 |
| 60 | 0.58 | 0.74 | 1.14 |
| 80 | 0.56 | 0.7 | 1.06 |
| 100 | 0.54 | 0.67 | 1 |
| 150 | 0.51 | 0.62 | 0.9 |
| 200 | 0.49 | 0.58 | 0.84 |
| 250 | 0.47 | 0.56 | 0.8 |
| 300 | 0.46 | 0.54 | 0.76 |
| 350 | 0.46 | 0.52 | 0.73 |
| ≥480 | 0.46 | 0.5 | 0.68 |

Таблица 2.3 Значения коэффициентов v

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| A, м² | <2 | 5 | 10 | ≥20 |
| v+ | 1 | 0.9 | 0.8 | 0.75 |
| v- | 1 | 0.85 | 0.75 | 0.65 |

3.Гололедная нагрузка

Расчётное значение поверхностной гололёдной нагрузки определяется по формуле:

i м.п. = b · k · μ₂ · ρ · g · γf · lx · γn · Кнер, кН/м (3)

где: b – толщина стенки гололёда, мм, на элементах круглого сечения диаметром 10мм, расположенных на высоте 10 м над поверхностью земли, принимаемая по таблице 3.1;

 k – коэффициент, учитывающий изменение толщины стенки гололёда по высоте и принимаемый по таблице 3.2;

 μ₂ – коэффициент, учитывающий отношение площади поверхности элемента, подверженной обледенению, к полной площади поверхности элемента и принимаемый равным 0,6;

 ρ – плотность льда, принимаемая равной 0,9 г / см³;

 g – ускорение свободного падения, м / с²;

 γf – коэффициент надёжности по нагрузке для гололёдной нагрузки.

Таблица 3.1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Гололёдные районы | I | II | III | IV | V |
| Не менее 3 | 5 | 10 | 15 | Не менее 3 |  |

Таблица 3.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Высота над поверхностью земли, м | 5 | 10 | 20 | 30 | 50 | 70 | 100 |
| Коэффициент k | 0.8 | 1 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2 |

Расчет деформативности направляющих

При расчете направляющих по второму предельному состоянию (расчет на прогиб) используются коэффициенты, принимаемые по таблице 4.

Таблица 4

|  |  |
| --- | --- |
| Схема | Коэффициент k |
| Однопролетная | 0.01302 |
| Двухпролетная | 0.0052 |
| Трехпролетная | 0.00675 |
| Четырехпролетная | 0.0063 |
| Пятипролетная | 0.0065 |
| Многопролетная | 0.0064 |

Коэффициенты неразрезности

При расчете нагрузок в промежуточных направляющих применяются коэффициенты неразрезности, принимаемые по таблице 5.

Таблица 5

|  |  |
| --- | --- |
| Назначение профиля | Коэффициент Kнер |
| Рядовой профиль | 1 |
| Промежуточный (2 пролета) | 1.25 |
| Промежуточный (3 пролета) | 1.1 |
| Промежуточный (4 пролета) | 1.143 |
| Промежуточный (5 пролетов) | 1.133 |
| Промежуточный (много пролетов) | 1 |

Основные буквенные обозначения величин

A - площадь сечения брутто;

E - модуль упругости;

eу - Вылет;

f - прогиб;

I - момент инерции сечения брутто;

L - длина балки;

l - длина пролета;

a - длина консоли;

M - изгибающий момент;

N - продольная сила;

R - расчетное сопротивление растяжению, сжатию, изгибу;

W - момент сопротивления сечения брутто;

yc - коэффициент условий работы;

γn - коэффициент надежности по назначению;

σ - нормальные напряжения;

a1, a2 - обозначение верхней и нижней консолей вертикальной направляющей соответственно;

l1, l2, l3, l4, l5 - обозначение пролетов направляющей;

R1, R2, R3, R4, R5 - обозначение опор (кронштейнов);

Кнер - коэффициент неразрезности по Справочнику проектировщика (вводится для промежуточных профилей);

Расчет прочности монтажной схемы №1.

1.Исходные данные:

1. Район строительства: г.Москва

2. Ветровой район: I - 0.23кН Тип местности: B

3. Ветровая зона: Рядовая

4. Высота применения: 50м

5. Гололедный район: II

6. Уровень ответственности здания: КС-2

7. Материал облицовки: Керамогранит

8. Вес облицовки: 25кг/м² (0.245 кН/м²)

9. Вертикальный профиль: А-24.4

10. Шаг верт. профиля по горизонтали: 0.6м

11. Схема вертикального профиля: двухпролетная балка А-24.4\_'АД-033[2]\_2АД-032 0.2|1.3+1.3|0.2

12. Вылет: 0.3м

13. Несущие кронштейны:

 -АД-033 с креплением на два анкера в крайние отверстия в железобетон. Расчетное усилие анкера на вырыв: 8.3кН (Стальной анкер ERA10/20x90H).

14. Опорные кронштейны:

 -АД-032 с креплением на один анкер в железобетон. Расчетное усилие анкера на вырыв: 3кН (Пластиковый анкер-дюбель EFA10x100FH).



2. Расчет вертикального профиля А-24.4



|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Профиль | Вес, кг/ м | A, см2 | Ix, см4 | Wx, см3 | E, Мпа | Ry, Мпа |
| А-24.4 | 0.905 | 3.341 | 13.53 | 4.9 | 70000 | 135 |

2.1 Расчет вертикального профиля в летний период

2.1.1 Расчетная погонная нагрузка от веса облицовки и вертикального профиля А-24.4 определяется по формуле (1):

Рz м.п.= Ро \* yf \* lx \* yn + Рп \* yf \* yn, кН/м

Рz м.п.= 0.245 \* 1.1 \* 0.6 \* 1 + 0.009 \* 1.05 \* 1 = 0.171 кН/м

Продольные усилия в профиле:

Nz = Рz м.п. \* lz, кН

где: lz - длина направляющей, с которой собирается нагрузка, м.

Nza1 = Рz м.п. \* lza1 = 0.171 \* 0.2 = 0.034 кН

Nzl1 = Рz м.п. \* lzl1 = 0.171 \* 2.8 = 0.479 кН

Nzl2 = Рz м.п. \* lzl2 = 0.171 \* 1.5 = 0.256 кН

Nza2 = Рz м.п. \* lza2 = 0.171 \* 0.2 = 0.034 кН

2.1.2 Расчётное давление ветра в летний период определяют по формуле (2):

wр = w0 \* kz (z) \* (1 + ζ(z)) \* cp \* yf \* yn, кН/м²

wр = 0.23 \* 1.2 \* (1 + 0.77) \* 1.2 \* 1.4 \* 1 = 0.821 кН/м²

Ветровое давление на 1м.п. вертикальной направляющей:

wр м.п. = wр \* v \* lx, кН/м

wр м.п. = 0.821 \* 1 \* 0.6 = 0.493 кН/м

2.1.3 Определяем изгибающий момент на опоре в летний период:

Мx = к \* w \* l², кН\*м

где: k - коэффициент по таблицам справочника проектировщика.

2.1.4 Нормальные напряжения на опоре в сечении направляющей:

2.1.5 Расчет прогиба профиля в летний период:

где: l - длина пролета, см

 M1,M2 - момент слева и справа от пролета, кН\*см;

 1.4 - коэффициент надежности по ветровой нагрузке. Применяется для приведения моментов из расчета по первому предельному состоянию к моментам по второму предельному состоянию.

2.2 Расчет вертикального профиля в зимний период

2.2.1 Расчетная погонная нагрузка от гололеда определяется по формуле (3):

i м.п. = 2 \* 5 \* 1.6 \* 0.6 \* 0.9 \* 9.81 \* 1.8 \* 0.6 \* 1 / 1000 = 0.092 кН/м

2.2.2 Суммарная вертикальная погонная нагрузка в зимний период:

Pz м.п.= Pzл м.п. + i м.п. = 0.171 + 0.092 = 0.263 кН/м

где: Pzл м.п. - вертикальная погонная нагрузка в летний период, кН/м

2.2.3 Расчётное давление ветра в зимний период определяют по формуле (2):

wр = 0.6 \* w0 \* kz (z) \* (1 + ζ(z)) \* cp \* yf \* yn, кН/м²

wр = 0.6 \* 0.23 \* 1.2 \* (1 + 0.77) \* 1.2 \* 1.4 \* 1 = 0.493 кН/м²

Ветровое давление на 1м.п. вертикальной направляющей:

wр м.п. = wр \* v \* lx, кН/м

wр м.п. = 0.493 \* 1 \* 0.6 = 0.296 кН/м

2.2.4 Определяем изгибающий момент на опоре в зимний период:

2.2.5 Нормальные напряжения на опоре в сечении направляющей:

2.2.6 Расчет прогиба профиля в зимний период:

**Вывод: Направляющая А-24.4 отвечает требованиям прочности.**

3. Расчет реакций, передающихся на кронштейны:

3.1 Расчет реакций в летний период:

3.1.1 Определяем реакции от вертикальной нагрузки:

Nz = Pz м.п. \* lz, кН

где: lz - длина вертикального профиля, с которого собирается нагрузка.

Nz1 = Pz м.п. \* lz1 = 0.171 \* 3 = 0.513 кН

Nz2 - отсутствует

Nz3 - отсутствует

3.1.2 Определяем реакции от ветровой нагрузки в летний период:

Для кронштейна между пролетами вертикального профиля:

Для кронштейна между пролетом и консолью вертикального профиля:

где: к - коэффициент по таблицам Справочника проектировщика.

3.2 Расчет реакций в зимний период:

3.2.1 Определяем реакции от вертикальной нагрузки:

Nz1 = Pz м.п. \* lz1 = 0.263 \* 3 = 0.789 кН

Nz2 - отсутствует

Nz3 - отсутствует

3.2.2 Определяем реакции от ветровой нагрузки в зимний период:

4. Расчет кронштейна АД-033



|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Кронштейн | A(1-1), см2 | Ix(2-2), см4 | Wx(2-2), см3 | Wп(3-3), см3 | Wш, см3 | E, Мпа | Ry, Мпа |
| АД-033 | 3.56 | 69.01 | 9.2 | 0.31 | 0.045 | 70000 | 120 |

4.1 Расчет кронштейна в летний период:

4.1.1 Расчет консоли кронштейна в летний период:

Изгибающий момент в консоли кронштейна от вертикальной нагрузки:

Mx = Nz \* ey = 0.513 \* 0.3 = 0.1539 кН\*м

Напряжения в консоли кронштейна:

4.1.2 Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера в летний период:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шляпки анкера в летний период:

где: nп - количество полок кронштейна

ex1 - расстояние от оси ветровой нагрузки до края шляпки анкера

Mz = 0.339 / 2 \* 0.025 = 0.00424 кН\*м

Нормальные напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

где: Wп - момент сопротивления пяты кронштейна, см3;

n - количество шайб анкера, шт;

Wш - момент сопротивления шайбы, см3

4.1.3 Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера в летний период:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шайбы анкера в летний период:

Mz = Ny / nп \* ex2, кН\*м

где: nп - количество полок кронштейна

 ex2 - расстояние от оси ветровой нагрузки до края шайбы анкера

Mz = 0.339 / 2 \* 0.019 = 0.00322 кН\*м

Напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера в летний период:

4.1.4 Прогиб кронштейна от вертикальной нагрузки в летний период:

где: ey - Вылет, м

4.2 Расчет кронштейна в зимний период:

4.2.1 Расчет консоли кронштейна в зимний период:

Изгибающий момент в консоли кронштейна от вертикальной нагрузки:

Mx = Nz \* ey = 0.789 \* 0.3 = 0.2367 кН\*м

Напряжения в консоли кронштейна:

4.2.2 Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера в зимний период:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шляпки анкера в зимний период:

Mz = 0.204 / 2 \* 0.025 = 0.00255 кН\*м

Нормальные напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

4.2.3 Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера в зимний период:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шайбы анкера в зимний период:

Mz = 0.204 / 2 \* 0.019 = 0.00194 кН\*м

Напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера в зимний период:

4.2.4 Прогиб кронштейна от вертикальной нагрузки в зимний период:

**Вывод: Кронштейн АД-033 отвечает требованиям прочности.**

5. Расчет кронштейна АД-032



|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Кронштейн | A(1-1), см2 | Ix(2-2), см4 | Wx(2-2), см3 | Wп(3-3), см3 | Wш, см3 | E, Мпа | Ry, Мпа |
| АД-032 | 1.18 | 5.26 | 1.75 | 0.13 | 0.045 | 70000 | 120 |

5.1 Расчет кронштейна в летний период:

5.1.1 Расчет консоли кронштейна в летний период:

Напряжения в консоли кронштейна:

5.1.2 Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера в летний период:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шляпки анкера в летний период:

где: nп - количество полок кронштейна

ex1 - расстояние от оси ветровой нагрузки до края шляпки анкера

Mz2 = 0.801 / 2 \* 0.025 = 0.01001 кН\*м

Mz3 = 0.339 / 2 \* 0.025 = 0.00424 кН\*м

Нормальные напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

где: Wп - момент сопротивления пяты кронштейна, см3;

n - количество шайб анкера, шт;

Wш - момент сопротивления шайбы, см3

5.1.3 Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера в летний период:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шайбы анкера в летний период:

Mz = Ny / nп \* ex2, кН\*м

где: nп - количество полок кронштейна

 ex2 - расстояние от оси ветровой нагрузки до края шайбы анкера

Mz2 = 0.801 / 2 \* 0.019 = 0.00761 кН\*м

Mz3 = 0.339 / 2 \* 0.019 = 0.00322 кН\*м

Напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера в летний период:

5.2 Расчет кронштейна в зимний период:

5.2.1 Расчет консоли кронштейна в зимний период:

Напряжения в консоли кронштейна:

5.2.2 Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера в зимний период:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шляпки анкера в зимний период:

Mz2 = 0.481 / 2 \* 0.025 = 0.00601 кН\*м

Mz3 = 0.204 / 2 \* 0.025 = 0.00255 кН\*м

Нормальные напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

5.2.3 Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера в зимний период:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шайбы анкера в зимний период:

Mz2 = 0.481 / 2 \* 0.019 = 0.00457 кН\*м

Mz3 = 0.204 / 2 \* 0.019 = 0.00194 кН\*м

Напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера в зимний период:

**Вывод: Кронштейн АД-032 отвечает требованиям прочности.**

6. Расчет соединения кронштейна с профилем.

Тип крепления: Заклепка вытяжная диаметром 5мм A/A2.

6.1 Расчет в летний период.

6.1.1 Расчет на срез от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

где: Nz - вертикальная нагрузка на соединение, кН

 Ny - горизонтальная нагрузка на соединение, кН

 nз - количество заклепок, шт

 γm - коэффициент надёжности соединения

 Nnrs - расчётное усилие на срез, кН

6.1.2 Расчет на смятие от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

где: d - диаметр отверстия для заклёпки (самореза), см

 t - толщина стенки направляющей, см

 Rrp - расчётное сопротивление смятию элементов, соединяемых заклёпками, МПа

6.2 Расчет в зимний период.

6.2.1 Расчет на смятие от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

**Вывод: Соединение кронштейна с профилем отвечает требованиям прочности.**

7. Расчет прочности крепления кронштейна АД-033 к конструкциям здания.

Крепление в железобетон на два анкера в крайние отверстия. Расчетное усилие анкера на вырыв: 8.3кН (Стальной анкер ERA10/20x90H).

Вырывающее усилие анкера в летний период:

где: bz - опорное плечо анкера по оси Z, м

 nв - количество анкеров, воспринимающих ветровую нагрузку, шт

 nп - количество полок кронштейна

 Lx - расстояние между полками кронштейна, м

 bx - минимальное расстояние от полки кронштейна до оси анкера, м

Вырывающее усилие анкера в зимний период:

**Вывод: Крепление кронштейна АД-033 в железобетон на два анкера в крайние отверстия отвечает требованиям прочности.**

8. Расчет прочности крепления кронштейна АД-032 к конструкциям здания.

Крепление в железобетон на один анкер. Расчетное усилие анкера на вырыв: 3кН (Пластиковый анкер-дюбель EFA10x100FH).

Вырывающее усилие анкера в летний период:

где: nп - количество полок кронштейна

 Lx - расстояние между полками кронштейна, м

 bx - минимальное расстояние от полки кронштейна до оси анкера, м

Вырывающее усилие анкера в зимний период:

**Вывод: Крепление кронштейна АД-032 в железобетон на один анкер отвечает требованиям прочности.**

Расчет прочности монтажной схемы №2.

1.Исходные данные:

1. Район строительства: г.Москва

2. Ветровой район: I - 0.23кН Тип местности: B

3. Ветровая зона: Рядовая

4. Высота применения: 50м

5. Гололедный район: II

6. Уровень ответственности здания: КС-2

7. Материал облицовки: Керамогранит

8. Вес облицовки: 25кг/м² (0.245 кН/м²)

9. Вертикальный профиль: А-38

10. Шаг верт. профиля по горизонтали: 0.6м

11. Схема вертикального профиля: двухпролетная балка А-38\_АД-062\_'АД-063[2]\_АД-062 0.2|0.5+0.35|0.15

12. Вылет: 0.3м

13. Несущие кронштейны:

 -АД-063 с креплением на два анкера в крайние отверстия в железобетон. Расчетное усилие анкера на вырыв: 8.3кН (Стальной анкер ERA10/20x90H).

14. Опорные кронштейны:

 -АД-062 с креплением на один анкер в ячеистые блоки. Расчетное усилие анкера на вырыв: 0.9кН (Пластиковый анкер-дюбель EFA10x100FH).

 -АД-062 с креплением на один анкер в ячеистые блоки. Расчетное усилие анкера на вырыв: 0.9кН (Пластиковый анкер-дюбель EFA10x100FH).



2. Расчет вертикального профиля А-38



|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Профиль | Вес, кг/ м | Редуцируемое сечение | A, см2 | Ix, см4 | Wx, см3 | E, Мпа | Ry, Мпа |
| А-38 | 0.575 | Внешнее | 1.77 | 4.45 | 1.21 | 70000 | 135 |
| Внутреннее | 1.95 | 2.66 | 0.83 |

2.1 Расчет вертикального профиля в летний период

2.1.1 Расчетная погонная нагрузка от веса облицовки и вертикального профиля А-38 определяется по формуле (1):

Рz м.п.= Ро \* yf \* lx \* yn + Рп \* yf \* yn, кН/м

Рz м.п.= 0.245 \* 1.1 \* 0.6 \* 1 + 0.006 \* 1.05 \* 1 = 0.168 кН/м

Продольные усилия в профиле:

Nz = Рz м.п. \* lz, кН

где: lz - длина направляющей, с которой собирается нагрузка, м.

Nza1 = Рz м.п. \* lza1 = 0.168 \* 0.2 = 0.034 кН

Nzl1 = Рz м.п. \* lzl1 = 0.168 \* 0.7 = 0.118 кН

Nzl2 = Рz м.п. \* lzl2 = 0.168 \* 0.5 = 0.084 кН

Nza2 = Рz м.п. \* lza2 = 0.168 \* 0.15 = 0.025 кН

Тонкостенный профиль при работе на изгиб в сжатой зоне теряет устойчивость и в работу включается редуцированное сечение профиля. Поэтому наихудшим случаем может быть как изгиб в пролетах, где сжимается внутренняя сторона сечения, так и изгиб на опорах, где сжимается внешняя часть сечения. Кроме того, наихудшим случаем может быть как отрицательное давление ветра, так и положительное.

2.1.2 Расчётное положительное и отрицательное давление ветра в летний период определяют по формуле (2):

wр = w0 \* kz (z) \* (1 + ζ(z)) \* cp \* yf \* yn, кН/м²

wр = 0.23 \* 1.2 \* (1 + 0.77) \* 1.2 \* 1.4 \* 1 = 0.821 кН/м²

Ветровое давление на 1м.п. вертикальной направляющей:

wр м.п. = wр \* v \* lx, кН/м

wр м.п. = 0.821 \* 1 \* 0.6 = 0.493 кН/м

2.1.3 Определяем изгибающий момент на опоре в летний период:

Мx = к \* w \* l², кН\*м

где: k - коэффициент по методу конечных элементов.

2.1.4 Нормальные напряжения на опоре во внешнем сечении направляющей:

а

2.1.5 Расчётное положительное и отрицательное давление ветра в летний период определяют по формуле (2):

wр = w0 \* kz (z) \* (1 + ζ(z)) \* cp \* yf \* yn, кН/м²

wр = 0.23 \* 1.2 \* (1 + 0.77) \* 1.2 \* 1.4 \* 1 = 0.821 кН/м²

Ветровое давление на 1м.п. вертикальной направляющей:

wр м.п. = wр \* v \* lx, кН/м

wр м.п. = 0.821 \* 1 \* 0.6 = 0.493 кН/м

2.1.6 Определяем изгибающий момент на опоре в летний период:

2.1.7 Нормальные напряжения на опоре во внутреннем сечении направляющей:

2.1.8 Определяем изгибающий момент в пролёте в летний период:

2.1.9 Нормальные напряжения в пролёте во внутреннем сечении направляющей:

2.1.10 Определяем изгибающий момент в пролёте в летний период:

2.1.11 Нормальные напряжения в пролёте во внешнем сечении направляющей:

2.1.12 Расчет прогиба профиля по внутреннему сечению от отрицательного давления ветра в летний период:

2.1.13 Расчет прогиба профиля по внешнему сечению от положительного давления ветра в летний период:

2.2 Расчет вертикального профиля в зимний период

2.2.1 Расчетная погонная нагрузка от гололеда определяется по формуле (3):

i м.п. = 2 \* 5 \* 1.6 \* 0.6 \* 0.9 \* 9.81 \* 1.8 \* 0.6 \* 1 / 1000 = 0.092 кН/м

2.2.2 Суммарная вертикальная погонная нагрузка в зимний период:

Pz м.п.= Pzл м.п. + i м.п. = 0.168 + 0.092 = 0.26 кН/м

где: Pzл м.п. - вертикальная погонная нагрузка в летний период, кН/м

2.2.3 Расчётное положительное и отрицательное давление ветра в зимний период определяют по формуле (2):

wр = 0.6 \* w0 \* kz (z) \* (1 + ζ(z)) \* cp \* yf \* yn, кН/м²

wр = 0.6 \* 0.23 \* 1.2 \* (1 + 0.77) \* 1.2 \* 1.4 \* 1 = 0.493 кН/м²

Ветровое давление на 1м.п. вертикальной направляющей:

wр м.п. = wр \* v \* lx, кН/м

wр м.п. = 0.493 \* 1 \* 0.6 = 0.296 кН/м

2.2.4 Определяем изгибающий момент на опоре в зимний период:

2.2.5 Нормальные напряжения на опоре во внешнем сечении направляющей:

2.2.6 Расчётное положительное и отрицательное давление ветра в зимний период определяют по формуле (2):

wр = 0.6 \* w0 \* kz (z) \* (1 + ζ(z)) \* cp \* yf \* yn, кН/м²

wр = 0.6 \* 0.23 \* 1.2 \* (1 + 0.77) \* 1.2 \* 1.4 \* 1 = 0.493 кН/м²

Ветровое давление на 1м.п. вертикальной направляющей:

wр м.п. = wр \* v \* lx, кН/м

wр м.п. = 0.493 \* 1 \* 0.6 = 0.296 кН/м

2.2.7 Определяем изгибающий момент на опоре в зимний период:

2.2.8 Нормальные напряжения на опоре во внутреннем сечении направляющей:

2.2.9 Определяем изгибающий момент в пролёте в зимний период:

2.2.10 Нормальные напряжения в пролёте во внутреннем сечении направляющей:

2.2.11 Определяем изгибающий момент в пролёте в зимний период:

2.2.12 Нормальные напряжения в пролёте во внешнем сечении направляющей:

2.2.13 Расчет прогиба профиля по внутреннему сечению от отрицательного давления ветра в зимний период:

2.2.14 Расчет прогиба профиля по внешнему сечению от положительного давления ветра в зимний период:

**Вывод: Направляющая А-38 отвечает требованиям прочности.**

3. Расчет реакций, передающихся на кронштейны:

3.1 Расчет реакций в летний период:

3.1.1 Определяем реакции от вертикальной нагрузки:

Nz = Pz м.п. \* lz, кН

где: lz - длина вертикального профиля, с которого собирается нагрузка.

Nz1 - отсутствует

Nz2 = Pz м.п. \* lz2 = 0.168 \* 1.2 = 0.202 кН

Nz3 - отсутствует

3.1.2 Определяем реакции от ветровой нагрузки в летний период:

Для кронштейна между пролетами вертикального профиля:

Для кронштейна между пролетом и консолью вертикального профиля:

где: к - коэффициент по методу конечных элементов.

3.2 Расчет реакций в зимний период:

3.2.1 Определяем реакции от вертикальной нагрузки:

Nz - отсутствует

3.2.2 Определяем реакции от ветровой нагрузки в зимний период:

4. Расчет кронштейна АД-062



|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Кронштейн | A(1-1), см2 | Ix(2-2), см4 | Wx(2-2), см3 | Wп(3-3), см3 | Wш, см3 | E, Мпа | Ry, Мпа |
| АД-062 | 0.51 | 1.97 | 0.66 | 0.131 | 0.045 | 70000 | 120 |

4.1 Расчет кронштейна в летний период:

4.1.1 Расчет консоли кронштейна в летний период:

Напряжения в консоли кронштейна:

4.1.2 Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера в летний период:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шляпки анкера в летний период:

где: ex1 - расстояние от оси ветровой нагрузки до края шляпки анкера

Mz1 = 0.225 \* 0.016 = 0.0036 кН\*м

Mz3 = 0.153 \* 0.016 = 0.00245 кН\*м

Нормальные напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

где: Wп - момент сопротивления пяты кронштейна, см3;

n - количество шайб анкера, шт;

Wш - момент сопротивления шайбы, см3

4.1.3 Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера в летний период:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шайбы анкера в летний период:

Mz = Ny \* ex2, кН\*м

где: ex2 - расстояние от оси ветровой нагрузки до края шайбы анкера

Mz1 = 0.225 \* 0.012 = 0.0027 кН\*м

Mz3 = 0.153 \* 0.012 = 0.00184 кН\*м

Напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера в летний период:

4.2 Расчет кронштейна в зимний период:

4.2.1 Расчет консоли кронштейна в зимний период:

Напряжения в консоли кронштейна:

4.2.2 Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера в зимний период:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шляпки анкера в зимний период:

Mz1 = 0.135 \* 0.016 = 0.00216 кН\*м

Mz3 = 0.092 \* 0.016 = 0.00147 кН\*м

Нормальные напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

4.2.3 Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера в зимний период:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шайбы анкера в зимний период:

Mz1 = 0.135 \* 0.012 = 0.00162 кН\*м

Mz3 = 0.092 \* 0.012 = 0.0011 кН\*м

Напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера в зимний период:

**Вывод: Кронштейн АД-062 отвечает требованиям прочности.**

5. Расчет кронштейна АД-063



|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Кронштейн | A(1-1), см2 | Ix(2-2), см4 | Wx(2-2), см3 | Wп(3-3), см3 | Wш, см3 | E, Мпа | Ry, Мпа |
| АД-063 | 2.29 | 44.325 | 5.91 | 0.31 | 0.045 | 70000 | 120 |

5.1 Расчет кронштейна в летний период:

5.1.1 Расчет консоли кронштейна в летний период:

Изгибающий момент в консоли кронштейна от вертикальной нагрузки:

Mx = Nz \* ey = 0.202 \* 0.3 = 0.0606 кН\*м

Напряжения в консоли кронштейна:

5.1.2 Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера в летний период:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шляпки анкера в летний период:

где: ex1 - расстояние от оси ветровой нагрузки до края шляпки анкера

Mz = 0.214 \* 0.016 = 0.00342 кН\*м

Нормальные напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

где: Wп - момент сопротивления пяты кронштейна, см3;

n - количество шайб анкера, шт;

Wш - момент сопротивления шайбы, см3

5.1.3 Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера в летний период:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шайбы анкера в летний период:

Mz = Ny \* ex2, кН\*м

где: ex2 - расстояние от оси ветровой нагрузки до края шайбы анкера

Mz = 0.214 \* 0.012 = 0.00257 кН\*м

Напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера в летний период:

5.1.4 Прогиб кронштейна от вертикальной нагрузки в летний период:

где: ey - Вылет, м

5.2 Расчет кронштейна в зимний период:

5.2.1 Расчет консоли кронштейна в зимний период:

Изгибающий момент в консоли кронштейна от вертикальной нагрузки:

Mx = Nz \* ey = 0.312 \* 0.3 = 0.0936 кН\*м

Напряжения в консоли кронштейна:

5.2.2 Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера в зимний период:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шляпки анкера в зимний период:

Mz = 0.128 \* 0.016 = 0.00205 кН\*м

Нормальные напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

5.2.3 Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера в зимний период:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шайбы анкера в зимний период:

Mz = 0.128 \* 0.012 = 0.00154 кН\*м

Напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера в зимний период:

5.2.4 Прогиб кронштейна от вертикальной нагрузки в зимний период:

**Вывод: Кронштейн АД-063 отвечает требованиям прочности.**

6. Расчет соединения кронштейна с профилем.

Тип крепления: Заклепка вытяжная диаметром 5мм A/A2.

6.1 Расчет в летний период.

6.1.1 Расчет на срез от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

где: Nz - вертикальная нагрузка на соединение, кН

 Ny - горизонтальная нагрузка на соединение, кН

 nз - количество заклепок, шт

 γm - коэффициент надёжности соединения

 Nnrs - расчётное усилие на срез, кН

6.1.2 Расчет на смятие от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

где: d - диаметр отверстия для заклёпки (самореза), см

 t - толщина стенки направляющей, см

 Rrp - расчётное сопротивление смятию элементов, соединяемых заклёпками, МПа

6.2 Расчет в зимний период.

6.2.1 Расчет на смятие от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

**Вывод: Соединение кронштейна с профилем отвечает требованиям прочности.**

7. Расчет прочности крепления кронштейна АД-062 к конструкциям здания.

7.1 Крепление в ячеистые блоки на один анкер. Расчетное усилие анкера на вырыв: 0.9кН (Пластиковый анкер-дюбель EFA10x100FH).

Вырывающее усилие анкера в летний период:

где: eв - плечо ветровой нагрузки по оси X, м

eа - плечо анкера по оси X, м

Вырывающее усилие анкера в зимний период:

**Вывод: Крепление кронштейна АД-062 в ячеистые блоки на один анкер отвечает требованиям прочности.**

7.2 Крепление в ячеистые блоки на один анкер. Расчетное усилие анкера на вырыв: 0.9кН (Пластиковый анкер-дюбель EFA10x100FH).

Вырывающее усилие анкера в летний период:

где: eв - плечо ветровой нагрузки по оси X, м

eа - плечо анкера по оси X, м

Вырывающее усилие анкера в зимний период:

**Вывод: Крепление кронштейна АД-062 в ячеистые блоки на один анкер отвечает требованиям прочности.**

8. Расчет прочности крепления кронштейна АД-063 к конструкциям здания.

Крепление в железобетон на два анкера в крайние отверстия. Расчетное усилие анкера на вырыв: 8.3кН (Стальной анкер ERA10/20x90H).

Вырывающее усилие анкера в летний период:

где: bz - опорное плечо анкера по оси Z, м

eв - плечо ветровой нагрузки по оси X, м

nв - количество анкеров, воспринимающих ветровую нагрузку, шт

eа - плечо анкера по оси X, м

Вырывающее усилие анкера в зимний период:

**Вывод: Крепление кронштейна АД-063 в железобетон на два анкера в крайние отверстия отвечает требованиям прочности.**

Сводная таблица расчетных монтажных схем

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Высота, м(шаг направляющих, м) | Элемент | Ветровая зона | Напряжения, МПа | Вырывающее усилие анкера, кН | Прогиб, см | Прочность обеспечена |
| [1) 3м двухпролетная балка А-24.4\_'АД-033[2]\_2АД-032 0.2|1.3+1.3|0.2.](#StartMainSchema_1) |
| 50(0.6) | А-24.4 | Рядовая | [22.7 ≤ 135](#StressVProfile_1) |  | [0.06 ≤ 0.65](#DeflectVProfile_1) | Да |
| АД-033 | [26.3 ≤ 120](#StressConsoleBracket_АД0332_1)10.6 ≤ 105 | [2.04 ≤ 8.3](#AnkerY_АД0332_1) | [0.015 ≤ 0.3](#DeflectBracket_АД0332_1) |
| АД-032 | [6.8 ≤ 120](#StressConsoleBracket_АД032_1)58.5 ≤ 105 | [1.16 ≤ 3](#AnkerY_АД032_1) |  |
| [2) 1.2м двухпролетная балка А-38\_АД-062\_'АД-063[2]\_АД-062 0.2|0.5+0.35|0.15.](#StartMainSchema_2) |
| 50(0.6) | А-38 | Рядовая | [12.7 ≤ 135](#StressVProfile_2) |  | [0 ≤ 0.25](#DeflectVProfile_2) | Да |
| АД-062 | [20.6 ≤ 120](#StressConsoleBracket_АД062_2) | [0.43 ≤ 0.9](#AnkerY_АД062_2) |  |
| АД-063 | [16.4 ≤ 120](#StressConsoleBracket_АД0632_2) | [0.87 ≤ 8.3](#AnkerY_АД0632_2) | [0.009 ≤ 0.3](#DeflectBracket_АД0632_2) |

Условные обозначения кронштейнов:

[2] - Крепление на два анкера в крайние отверстия

' - Несущий кронштейн