

Заказчик: ООО "Проект-2018"

**Жилой комплекс со встроенно-пристроенными
помещениями на 1-х этажах и подземной автостоянкой»,
расположенный на земельном участке по адресу: г.
Москва, Горбунова ул., влд. 27
(ЗАО, 77:07:0004010:37)**

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Раздел 4. Конструктивные решения

Расчетный том 5.1

**Расчет на прочность каркаса крепления алюминиевых кассет для
системы HILTI**

ГКО-319/22 - ОПР

Генеральный директор



 В.А. Смотров

Ведущий инженер по проектам

 Е.В. Редкозубов

Содержание

Содержание 2

Введение..... 5

Нагрузки и воздействия.....5

1. Собственный вес.....5

2. Ветровые нагрузки6

3. Гололёдная нагрузка6

Коэффициенты неразрезности.....6

Основные буквенные обозначения величин.....7

Расчет прочности монтажной схемы №1 (Расчетная схема 1)..... 8

1. Исходные данные:8

2. Расчет вертикального профиля "MFT-Та 60x42x1.8"9

3. Расчет реакций, передающихся на кронштейны:.....13

4. Расчет кронштейна "MFT-MF 190HS"14

5. Расчет кронштейна "MFT-MF2.0 190LM"16

6. Расчет соединения кронштейна MF 190HS с профилем.....19

7. Расчет соединения кронштейна MF2.0 190LM с профилем20

8. Расчет прочности крепления кронштейна "MFT-MF 190HS" к конструкциям здания.....21

9. Расчет прочности крепления кронштейна "MFT-MF2.0 190LM" к конструкциям здания22

Расчет прочности монтажной схемы №2 (Расчетная схема 2)23

1. Исходные данные:23

2. Расчет вертикального профиля "MFT-Та 60x42x1.8"24

3. Расчет реакций, передающихся на кронштейны:.....30

4. Расчет кронштейна "MFT-MF2.0 190LM"31

5. Расчет кронштейна "MFT-MF 190HS"35

6. Расчет соединения кронштейна MF2.0 190LM с профилем39

7. Расчет соединения кронштейна MF 190HS с профилем.....40

8. Расчет прочности крепления кронштейна "MFT-MF2.0 190LM" к конструкциям здания41

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		2

9. Расчет прочности крепления кронштейна "MFT-MF 190HS" к конструкциям здания..... 42

Расчет прочности монтажной схемы №3 (Расчетная схема 3 (угловая))..... 44

1. Исходные данные:..... 44

2. Расчет вертикального профиля "MFT-RP58 95x50L" 45

3. Расчет вертикального профиля "MFT-RP58 77x50L" 50

4. Расчет вертикального профиля "MFT-RP65 95x50L" 54

6. Расчет реакций, передающихся на кронштейны:..... 58

7. Расчет кронштейна "MFT-RB2.0 190L" 60

8. Расчет соединения кронштейна RB2.0 190L с профилем 69

9. Расчет прочности крепления кронштейна "MFT-RB2.0 190L" к конструкциям здания 72

Расчет прочности монтажной схемы №4 (Расчетная схема 4)..... 75

1. Исходные данные:..... 75

2. Расчет вертикального профиля "MFT-Ta 60x42x1.8" 76

3. Расчет реакций, передающихся на кронштейны:..... 79

4. Расчет кронштейна "MFT-MF2.0 190LM" 80

5. Расчет кронштейна "MFT-MF 190HS" 82

6. Расчет соединения кронштейна MF2.0 190LM с профилем 84

7. Расчет соединения кронштейна MF 190HS с профилем..... 85

8. Расчет прочности крепления кронштейна "MFT-MF2.0 190LM" к конструкциям здания 86

9. Расчет прочности крепления кронштейна "MFT-MF 190HS" к конструкциям здания..... 87

Расчет прочности монтажной схемы №5 (Расчетная схема 5) 88

1. Исходные данные:..... 88

2. Расчет вертикального профиля "MFT-RP58 95x50L" 89

3. Расчет вертикального профиля "MFT-RP58 77x50L" 96

5. Расчет реакций, передающихся на кронштейны:..... 100

6. Расчет кронштейна "MFT-RB2.0 190L" 101

7. Расчет соединения кронштейна RB2.0 190L с профилем 111

8. Расчет прочности крепления кронштейна "MFT-RB2.0 190L" к конструкциям здания 114

Расчет прочности монтажной схемы №6 (Расчетная схема 6 (угловая и рядовая)) 117

1. Исходные данные:..... 117

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							3
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

Согласовано					
Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. Инв. №			
Изм.	Код.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата

2. Расчет вертикального профиля "MFT-Та 60x42x1.8"	118
3. Расчет реакций, передающихся на кронштейны:.....	122
4. Расчет кронштейна "MFT-MF2.0 190LM"	123
5. Расчет соединения кронштейна MF2.0 190LM с профилем	127
6. Расчет прочности крепления кронштейна "MFT-MF2.0 190LM" к конструкциям здания	128
Расчет прочности монтажной схемы №7 (Расчетная схема 7)	130
1. Исходные данные:.....	130
2. Расчет вертикального профиля "MFT-Та 60x58x1.8"	131
3. Расчет реакций, передающихся на кронштейны:.....	134
4. Расчет кронштейна "MFT-MF 190HS"	135
5. Расчет кронштейна "MFT-MF2.0 190LM"	137
6. Расчет соединения кронштейна MF 190HS с профилем.....	139
7. Расчет соединения кронштейна MF2.0 190LM с профилем	140
8. Расчет прочности крепления кронштейна "MFT-MF 190HS" к конструкциям здания.....	141
9. Расчет прочности крепления кронштейна "MFT-MF2.0 190LM" к конструкциям здания	142
Расчет прочности монтажной схемы №8 (Расчетная схема 8)	143
1. Исходные данные:.....	143
2. Расчет вертикального профиля "MFT-Та 60x42x1.8"	144
3. Расчет реакций, передающихся на кронштейны:.....	147
4. Расчет кронштейна "MFT-MF 190HS"	148
5. Расчет кронштейна "MFT-MF2.0 190LM"	150
6. Расчет соединения кронштейна MF 190HS с профилем.....	152
7. Расчет соединения кронштейна MF2.0 190LM с профилем	153
8. Расчет прочности крепления кронштейна "MFT-MF 190HS" к конструкциям здания.....	154
9. Расчет прочности крепления кронштейна "MFT-MF2.0 190LM" к конструкциям здания	155
Сводная таблица расчётных монтажных схем.....	156
Примечания:	157
Условные обозначения кронштейнов:.....	157

						Расчёт по несущей способности	Лист
							4
Изм.	Коп.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

Введение

Настоящий расчет по несущей способности 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 16.13330.2017 «Актуализированная редакция СНиП II-23-81 Стальные конструкции»
2. СП 128.13330.2016 «Актуализированная редакция СНиП 2.03.06-85 Аллюминиевые конструкции»
3. СП 522.1325800.2023 «Системы фасадные навесные вентилируемые. Правила проектирования, производства работ и эксплуатации»
4. ГОСТ Р 58883-2020 «Системы навесные фасадные вентилируемые. Общие правила расчета подконструкций»
5. Справочник проектировщика (Расчетно-теоретический). м1. ред. Уманского, 1973
6. ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения»
7. СП 20.13330.2016 «Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85 Нагрузки и воздействия»
8. СП 14.13330.2018 «СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах» с учетом изменения №2

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 дюбели.

Временные нагрузки от ветра принимаются по результатам исследований.

Нагрузка от обледенения облицовки принимается по СП 20.13330.2016 [7]

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 γ_f принимаются по СП 20.13330.2016 [7]

Единый коэффициент надежности по ответственности γ_n принимается по ГОСТ 27751-2014 [6].

Направления координатных осей в расчетных схемах приняты:

- ось x – горизонтальная в плоскости стены;
- ось y – 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:

$$P_z \text{ м.п.} = (P_o \cdot \gamma_f \cdot l_x + P_n \cdot \gamma_f) \cdot \gamma_n, \text{ кН/м} \quad (1)$$

где: P_o – вес облицовки по данным производителя, кН/м^2

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата	Расчёт по несущей способности	Лист
							5

l_x – шаг направляющих по горизонтали, м
 γ_f – Коэффициент надёжности по весовой нагрузке
 R_n – вес одного погонного метра профиля, кН/м
 γ_n – единый коэффициент надёжности по ответственности. Применяется для всех основных нагрузок при основных сочетаниях нагрузок.

2. Ветровые нагрузки

Расчётное давление ветра определяют по формуле:

$$w_{p \text{ м.п.}} = w_p(usc) \cdot l_x \cdot \gamma_n \cdot K_{нер}, \text{ кН/м} \quad (2)$$

где: $w_p(usc)$ – расчётное пиковое давление ветра по результатам исследований, кН/м²

$K_{нер}$ – коэффициент неразрезности по п.8.1.7 Справочника проектировщика [5] (вводится для промежуточных вертикальных профилей)

3. Гололёдная нагрузка

Расчётное значение поверхностной гололёдной нагрузки определяется по формуле:

$$i \text{ м.п.} = b \cdot k \cdot \mu_2 \cdot \rho \cdot g \cdot \gamma_f \cdot l_x \cdot \gamma_n, \text{ кН/м} \quad (3)$$

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

μ_2 – 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

γ_f – коэффициент надёжности по нагрузке для гололёдной нагрузки

Таблица 3.1

Гололёдные районы	I	II	III	IV	V
Толщина стенки гололёда b , мм	Не менее 3	5	10	15	Не менее 20

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

Коэффициенты неразрезности

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

Таблица 5

Назначение профиля	Коэффициент $K_{нер}$
Рядовой профиль	1
Промежуточный (2 пролёта)	1.25
Промежуточный (3 пролёта)	1.1

						Расчёт по несущей способности	Лист
							6
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

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;

e_y – Вылет;

f – прогиб;

I – момент инерции сечения брутто;

L – длина балки;

l – длина пролета;

a – длина консоли;

M – изгибающий момент;

N – продольная сила;

R – расчётное сопротивление растяжению, сжатию, изгибу;

W – момент сопротивления сечения брутто;

у_c – коэффициент условий работы;

γ_p – коэффициент надёжности 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);

K_{нер} – коэффициент неразрезности по п.8.1.7 Справочника проектировщика [5] (вводится для промежуточных профилей);

Согласовано			

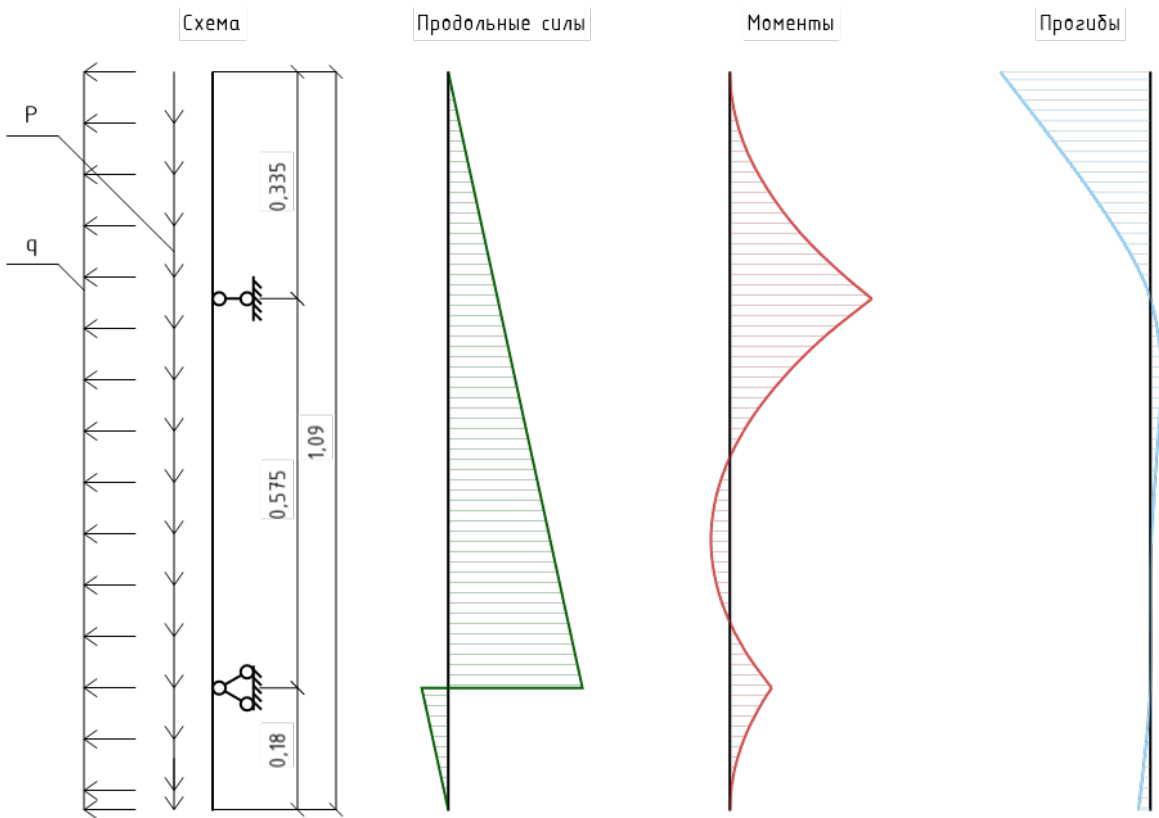
Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. Инв. №	

						Расчёт по несущей способности	Лист
							7
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

Расчет прочности монтажной схемы №1 (Расчетная схема 1)

1. Исходные данные:

- 1. Район строительства:
- 2. Расчётная ветровая нагрузка: $0,96 \text{ кН/м}^2$
- 3. Высота применения: 35 м
- 4. Гололёдный район: II
- 5. Уровень ответственности здания: КС-2
- 6. Единый коэффициент надежности по ответственности: 1,1
- 7. Материал облицовки:
- 8. Вес облицовки: 8 кг/м^2 ($0,078 \text{ кН/м}^2$)
- 9. Вертикальный профиль: MFT-Та 60x42x1.8
- 10. Шаг вертикального профиля по горизонтали: 0,6 м
- 11. Схема вертикального профиля: однопролетная балка Та 60x42x1.8_MF 190HS__MF2.0 190LM[18] 0,335|0,575|0,18
- 12. Вылет: 0,28 м
- 13. Несущие кронштейны:
 - MFT-MF2.0 190LM с креплением на один анкер в верхнее отверстие в железобетон. Расчётное усилие анкера на вырыв: 4 кН.
- 14. Опорные кронштейны:
 - MFT-MF 190HS с креплением на один анкер в ячеистые блоки. Расчётное усилие анкера на вырыв: 1 кН.



Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. Инв. №	Согласовано		

Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата	Расчёт по несущей способности	Лист
							8

2. Расчет вертикального профиля "МFT-Та 60х42х1.8"

Сплав: AlMgSi 6060 T66 Hilti

Профиль	Вес, кг/м	Сжаты волока	A, см ²	Ix, см ⁴	Wx, см ³	E, МПа	Ry, МПа
Та 60х42х1.8	0,42	Полка	1,477	5,93	1,465	70000	135
		Стенка	1,207	1,72	0,597		

2.1 Расчет при сочетании Вес + Ветер (далее [ВВ])

2.1.1 [ВВ] Расчётная погонная нагрузка от веса облицовки и профиля определяется по формуле (1):

$$P_z \text{ м.п.} = (P_o \cdot \gamma_f \cdot l_x + P_n \cdot \gamma_f) \cdot \gamma_n, \text{ кН/м}$$

$$P_z \text{ м.п.} = (0,078 \cdot 1,1 \cdot 0,6 + 0,004 \cdot 1,05) \cdot 1,1 = 0,061 \text{ кН/м}$$

2.1.2 [ВВ] Продольные усилия в профиле:

$$N_z = P_z \text{ м.п.} \cdot l_z, \text{ кН}$$

где: l_z – длина направляющей, с которой собирается нагрузка, м.

$$N_{za} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{za} = 0,061 \cdot 0,335 = 0,02 \text{ кН}$$

$$N_{zl} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{zl} = 0,061 \cdot 0,91 = 0,056 \text{ кН}$$

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.

2.1.3 [ВВ] Расчётная пиковая погонная нагрузка от отрицательного давления ветра определяется по формуле (2):

$$w_p \text{ м.п.} = w_p(\text{исх}) \cdot \gamma_n \cdot l_x \cdot K_{нер}, \text{ кН/м}$$

$$w_p \text{ м.п.} = 0,96 \cdot 1,1 \cdot 0,6 \cdot 1,143 = 0,724 \text{ кН/м}$$

2.1.4 [ВВ] Определяем изгибающий момент на опоре от горизонтальной нагрузки:

$$M_x = k \cdot w \cdot l^2, \text{ кН-м}$$

где: k – коэффициент по п.8.1.7 Справочника проектировщика [5].

$$M_{x\alpha 1} = 0,5 \cdot 0,724 \cdot 0,335^2 = 0,041 \text{ кН-м}$$

M_{x11} – отсутствует

$$M_{x\alpha 2} = 0,5 \cdot 0,724 \cdot 0,18^2 = 0,012 \text{ кН-м}$$

2.1.5 [ВВ] Нормальные напряжения на опоре во внешнем сечении направляющей (полка):

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							9
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} \cdot 1000 + \frac{N_z}{A} \cdot 10 < R - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma_{a1} = \frac{0,041}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,02}{1,477} \cdot 10 = 28,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l1} = \frac{0}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,056}{1,477} \cdot 10 = 0,4 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a2} = \frac{0,012}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,011}{1,477} \cdot 10 = 8,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.1.6 [BB] Определяем изгибающий момент в пролёте от горизонтальной нагрузки:

M_{xa} - отсутствует

$$M_{x1} = 0,125 \cdot 0,724 \cdot 0,575^2 = 0,03 \text{ кН·м}$$

2.1.7 [BB] Нормальные напряжения в пролёте во внутреннем сечении направляющей (стенка):

$$\sigma_{a1} = \frac{0}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,02}{1,207} \cdot 10 = 0,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l1} = \frac{0,03}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,056}{1,207} \cdot 10 = 50,7 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a2} = \frac{0}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,011}{1,207} \cdot 10 = 0,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.1.8 [BB] Расчётная пиковая погонная нагрузка от положительного давления ветра численно равна отрицательной (см. пункт 2.1.3 [BB]).

2.1.9 [BB] Нормальные напряжения на опоре во внутреннем сечении направляющей (стенка):

$$\sigma_{a1} = \frac{0,041}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,02}{1,207} \cdot 10 = 68,8 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l1} = \frac{0}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,056}{1,207} \cdot 10 = 0,5 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a2} = \frac{0,012}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,011}{1,207} \cdot 10 = 20,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.1.10 [BB] Нормальные напряжения в пролёте во внешнем сечении направляющей (полка):

$$\sigma_a = \frac{0}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,02}{1,477} \cdot 10 = 0,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_l = \frac{0,03}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,056}{1,477} \cdot 10 = 20,9 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.1.11 [BB] Нормативная погонная нагрузка от отрицательного давления ветра определяется по формуле:

$$w_{н \text{ м.п.}} = \frac{w_p \text{ м.п.}}{\gamma_f \cdot \gamma_n}, \text{ кН/м}$$

Согласовано			
Взам. Инв. №			
Подпись и дата			
Инв. № подл.			

						Расчёт по несущей способности	Лист
							10
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$w_{н.м.п.} = \frac{0,724}{1,4 - 1,1} = 0,47 \text{ кН/м}$$

2.1.12 [BB] Расчет прогиба профиля:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{w_{н.м.п.} \cdot l^4}{I_x \cdot E \cdot 10^6} \leq \frac{l}{200}, \text{ см}$$

где: l – длина пролета, см

w_р – расчётная нагрузка

допустимый прогиб определяется по СП 20.13330.2016 [7]

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,47 \cdot 57,5^4}{1,72 \cdot 70000 \cdot 10^6} = 0,06 \leq \frac{57,5}{200} = 0,29 \text{ см}$$

2.1.13 [BB] Нормативная погонная нагрузка от положительного давления ветра численно равна отрицательной (см. пункт 2.1.11 [BB]).

2.1.14 [BB] Расчет прогиба профиля:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,47 \cdot 57,5^4}{5,93 \cdot 70000 \cdot 10^6} = 0,02 \leq \frac{57,5}{200} = 0,29 \text{ см}$$

2.2 Расчет при сочетании Вес + Ветер + Гололёд (далее [BBГ])

2.2.1 [BBГ] Расчётная погонная нагрузка от веса облицовки и профиля равна 0,061 кН/м (см. пункт 2.1.1 [BB]).

2.2.2 [BBГ] Расчётная погонная нагрузка от гололёда определяется по формуле (3):

$$i_{м.п.} = b \cdot k \cdot \mu_z \cdot p \cdot g \cdot \gamma_f \cdot l_x \cdot \gamma_{л} / 1000, \text{ кН/м}$$

$$i_{м.п.} = 5 \cdot 1,45 \cdot 0,6 \cdot 0,9 \cdot 9,81 \cdot 1,8 \cdot 0,6 \cdot 1,1 / 1000 = 0,046 \text{ кН/м}$$

2.2.3 [BBГ] Суммарная вертикальная расчётная погонная нагрузка:

$$q_{зр.м.п.} = P_{зр.м.п.} + i_{р.м.п.} = 0,061 + 0,046 = 0,107 \text{ кН/м}$$

2.2.4 [BBГ] Продольные усилия в профиле:

$$N_{za} = q_z \cdot m_{п.} \cdot l_{za} = 0,107 \cdot 0,335 = 0,036 \text{ кН}$$

$$N_{zl} = q_z \cdot m_{п.} \cdot l_{zl} = 0,107 \cdot 0,91 = 0,097 \text{ кН}$$

2.2.5 [BBГ] Расчётная погонная нагрузка от отрицательного давления ветра:

$$q_{ур.м.п.} = 0,6 \cdot w_{р.м.п.} = 0,6 \cdot 0,724 = 0,435 \text{ кН/м}$$

где: w_{р.м.п.} – нагрузка от давления ветра при сочетании Вес+Ветер, кН/м (см. пункт 2.1.3 [BB]).

2.2.6 [BBГ] Определяем изгибающий момент на опоре от горизонтальной нагрузки:

$$M_{xa1} = 0,5 \cdot 0,435 \cdot 0,335^2 = 0,024 \text{ кН-м}$$

M_{xl1} – отсутствует

$$M_{xa2} = 0,5 \cdot 0,435 \cdot 0,18^2 = 0,007 \text{ кН-м}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							11
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

2.2.7 [ВВГ] Нормальные напряжения на опоре во внешнем сечении направляющей (полка):

$$\sigma_{a1} = \frac{0,024}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,036}{1,477} \cdot 10 = 16,6 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l1} = \frac{0}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,097}{1,477} \cdot 10 = 0,7 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a2} = \frac{0,007}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,019}{1,477} \cdot 10 = 4,9 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.2.8 [ВВГ] Определяем изгибающий момент в пролёте от горизонтальной нагрузки:

М_{хх} - отсутствует

$$M_{x1} = 0,125 \cdot 0,435 \cdot 0,575^2 = 0,018 \text{ кН·м}$$

2.2.9 [ВВГ] Нормальные напряжения в пролёте во внутреннем сечении направляющей (стенка):

$$\sigma_{a1} = \frac{0}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,036}{1,207} \cdot 10 = 0,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l1} = \frac{0,018}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,097}{1,207} \cdot 10 = 31 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a2} = \frac{0}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,019}{1,207} \cdot 10 = 0,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.2.10 [ВВГ] Расчётная пиковая погонная нагрузка от положительного давления ветра:

$$q_{up \text{ м.п.}} = 0,6 \cdot w_{p \text{ м.п.}} = 0,6 \cdot 0,724 = 0,435 \text{ кН/м}$$

где: $w_{p \text{ м.п.}}$ - нагрузка от давления ветра при сочетании Вес+Ветер, кН/м (см. пункт 2.1.3 [ВВ]).

2.2.11 [ВВГ] Нормальные напряжения на опоре во внутреннем сечении направляющей (стенка):

$$\sigma_{a1} = \frac{0,024}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,036}{1,207} \cdot 10 = 40,5 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l1} = \frac{0}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,097}{1,207} \cdot 10 = 0,8 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a2} = \frac{0,007}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,019}{1,207} \cdot 10 = 11,9 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.2.12 [ВВГ] Нормальные напряжения в пролёте во внешнем сечении направляющей (полка):

$$\sigma_{a1} = \frac{0}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,036}{1,477} \cdot 10 = 0,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l1} = \frac{0,018}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,097}{1,477} \cdot 10 = 12,9 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a2} = \frac{0}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,019}{1,477} \cdot 10 = 0,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.2.13 [ВВГ] Нормативная погонная нагрузка от отрицательного давления ветра:

$$q_{un \text{ м.п.}} = 0,6 \cdot w_{n \text{ м.п.}} = 0,6 \cdot 0,47 = 0,282 \text{ кН/м}$$

Согласовано					
Изм. № подл.	Взам. Инв. №				
	Подпись и дата				

						Расчёт по несущей способности	Лист 12
Изм.	Код.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

где: w_n м.п. – нагрузка от давления ветра при сочетании Вес+Ветер, кН/м (см. пункт 2.1.11 [BB]).

2.2.14 [BBГ] Расчет прогиба профиля:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,282 \cdot 57,5^4}{1,72 \cdot 70000 \cdot 10} = 0,03 \leq \frac{57,5}{200} = 0,29 \text{ см}$$

2.2.15 [BBГ] Нормативная погонная нагрузка от положительного давления ветра:

$$q_n \text{ м.п.} = 0,6 \cdot w_n \text{ м.п.} = 0,6 \cdot 0,47 = 0,282 \text{ кН/м}$$

где: w_n м.п. – нагрузка от давления ветра при сочетании Вес+Ветер, кН/м (см. пункт 2.1.11 [BB]).

2.2.16 [BBГ] Расчет прогиба профиля:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,282 \cdot 57,5^4}{5,93 \cdot 70000 \cdot 10} = 0,01 \leq \frac{57,5}{200} = 0,29 \text{ см}$$

Вывод: Направляющая МFT-Та 60x42x1.8 отвечает требованиям прочности.

3. Расчет реакций, передающихся на кронштейны:

3.1 Расчет реакций при сочетании Вес + Ветер (далее [BB]):

3.1.1 [BB] Реакции от вертикальной нагрузки:

$$N_z = P_z \text{ м.п.} \cdot l_z, \text{ кН}$$

где: P_z м.п. – вертикальная нагрузка на вертикальный профиль, кН/м

l_z – длина вертикального профиля, с которого собирается нагрузка, м

N_{z1} – отсутствует

$$N_{z2} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{z2} = 0,061 \cdot 1,09 = 0,066 \text{ кН}$$

3.1.2 [BB] Реакции от горизонтальной нагрузки:

Для кронштейна между пролетом и консолью вертикального профиля:

$$N_y = w_p \text{ м.п.} \cdot (k - l + a), \text{ кН}$$

где: k – коэффициент по п.8.1.7 Справочника проектировщика [5].

$$N_{y1} = w_p \text{ м.п.} \cdot (k - l_1 + a_1) = 0,724 \cdot (0,5 - 0,575 + 0,335) = 0,451 \text{ кН}$$

$$N_{y2} = w_p \text{ м.п.} \cdot (k - l_{II} + a_2) = 0,724 \cdot (0,5 - 0,575 + 0,18) = 0,338 \text{ кН}$$

3.2 Расчет реакций при сочетании Вес + Ветер + Гололёд (далее [BBГ]):

3.2.1 [BBГ] Реакции от вертикальной нагрузки:

N_{z1} – отсутствует

$$N_{z2} = q_z \text{ м.п.} \cdot l_{z2} = 0,107 \cdot 1,09 = 0,117 \text{ кН}$$

3.2.2 [BBГ] Реакции от горизонтальной нагрузки:

$$N_{y1} = w_p \text{ м.п.} \cdot (k - l_1 + a_1) = 0,435 \cdot (0,5 - 0,575 + 0,335) = 0,271 \text{ кН}$$

$$N_{y2} = w_p \text{ м.п.} \cdot (k - l_{II} + a_2) = 0,435 \cdot (0,5 - 0,575 + 0,18) = 0,203 \text{ кН}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 13
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

4. Расчет кронштейна "MFT-MF 190HS"

Сплав: AlMgSi 6060 T66 Hilti

Кронштейн	Сечение	A, см ²	Jx, см ⁴	Wx, см ³	Jy, см ⁴	Wy, см ³	Wn, см ³	Wnш, см ³	E, МПа	Ry, МПа
MFT-MF 190HS	1-1	1,418	0,0106	0,071	3,12	1,25	0,145	0,205	70000	135
	2-2	1,15	0,005	0,044	2,3958	0,958				

4.1 Расчет кронштейна при сочетании Вес + Ветер (далее [BB]).

4.1.1 [BB] Расчет консоли кронштейна по сечению 1-1:

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 1-1:

$$\sigma = \frac{N_y}{A} \cdot 10 \leq R_y - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma = \frac{0,451}{1,418} \cdot 10 = 3,2 \leq 135 - \text{т, МПа}$$

4.1.2 [BB] Расчет консоли кронштейна по сечению 2-2:

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 2-2:

$$\sigma = \frac{0,451}{1,15} \cdot 10 = 3,9 \leq 135 - \text{т, МПа}$$

4.1.3 [BB] Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$M_z = N_y \cdot ex1, \text{ кН}\cdot\text{м}$$

где: ex1 – расстояние от оси ветровой нагрузки до края шляпки анкера, м

$$M_z = 0,451 \cdot 0,0095 = 0,00428 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$\sigma = \frac{M_z}{W_{nш}} \cdot 1000 \leq R_y - \text{ус, МПа}$$

где: Wnш – момент сопротивления пяты кронштейна с шайбой MFT-BFW 30x40x3, см³.

$$\sigma = \frac{0,00428}{0,205} \cdot 1000 = 20,9 \leq 120 - \text{т, МПа}$$

4.1.4 [BB] Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$M_z = N_y \cdot ex2, \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 14
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

где: e_{x2} – расстояние от оси ветровой нагрузки до края шайбы, м

$$M_z = 0,451 \cdot 0,0035 = 0,00158 \text{ кН·м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$\sigma = \frac{M_z}{W_n} \cdot 1000 \leq R_y - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma = \frac{0,00158}{0,145} \cdot 1000 = 10,9 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

4.1.5 [ВВ] Проверка пяты кронштейна с результатами исследований:

$$\frac{N_y}{N_{y\text{доп}}} \leq 1$$

где: $N_{y\text{доп}}$ – допустимое осевое усилие на пяту, кН

$$\frac{N_y}{N_{y\text{доп}}} = \frac{0,451}{1,62} = 0,278 \leq 1 \text{ (27,8\%)}$$

4.2 Расчет кронштейна при сочетании Вес + Ветер + Гололёд (далее [ВВГ]).

4.2.1 [ВВГ] Расчет консоли кронштейна по сечению 1-1:

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 1-1:

$$\sigma = \frac{0,271}{1,418} \cdot 10 = 1,9 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

4.2.2 [ВВГ] Расчет консоли кронштейна по сечению 2-2:

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 2-2:

$$\sigma = \frac{0,271}{1,15} \cdot 10 = 2,4 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

4.2.3 [ВВГ] Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$M_z = 0,271 \cdot 0,0095 = 0,00257 \text{ кН·м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$\sigma = \frac{0,00257}{0,205} \cdot 1000 = 12,5 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

4.2.4 [ВВГ] Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$M_z = 0,271 \cdot 0,0035 = 0,00095 \text{ кН·м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 15
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$\sigma = \frac{0,00095}{0,145} \cdot 1000 = 6,6 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

4.2.5 [BBГ] Проверка пяты кронштейна с результатами исследований:

$$\frac{N_y}{N_{yдоп}} = \frac{0,271}{1,62} = 0,167 \leq 1 \text{ (16,7\%)}$$

Вывод: Кронштейн MFT-MF 190HS отвечает требованиям прочности.

5. Расчет кронштейна "MFT-MF2.0 190LM"

Сплав: AlMgSi 6060 T66 Hilti

Кронштейн	Сечение	A, см ²	Jx, см ⁴	Wx, см ³	Jy, см ⁴	Wy, см ³	Wп, см ³	Wпш, см ³	E, МПа	Ry, МПа
MFT-MF2.0 190LM	1-1	1,323	16,6622	3,174	0,0153	0,113	0,221	0,281	70000	120
	2-2	3,255	29,905	5,696	0,0261	0,168				

5.1 Расчет кронштейна при сочетании Вес + Ветер (далее [BB]).

5.1.1 [BB] Расчет консоли кронштейна по сечению 1-1:

Изгибающий момент в консоли кронштейна от вертикальной нагрузки:

$$M_x = N_z \cdot e_y = 0,066 \cdot 0,095 = 0,00627 \text{ кН·м}$$

Изгибающий момент в консоли кронштейна от горизонтальной нагрузки:

$$M_z = N_y \cdot e_{x3} = 0,338 \cdot 0,0151 = 0,0051 \text{ кН·м}$$

e_{x3} – расстояние от оси ветровой нагрузки до консоли, м

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 1-1:

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} \cdot 1000 + \frac{M_z}{W_y} \cdot 1000 + \frac{N_y}{A} \cdot 10 \leq R_y - y_c, \text{ МПа}$$

$$\sigma = \frac{0,00627}{3,174} \cdot 1000 + \frac{0,0051}{0,113} \cdot 1000 + \frac{0,338}{1,323} \cdot 10 = 49,7 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

5.1.2 [BB] Расчет консоли кронштейна по сечению 2-2:

Изгибающий момент в консоли кронштейна от вертикальной нагрузки:

$$M_x = N_z \cdot e_y = 0,066 \cdot 0,28 = 0,01848 \text{ кН·м}$$

Изгибающий момент в консоли кронштейна от горизонтальной нагрузки:

$$M_z = N_y \cdot e_{x3} = 0,338 \cdot 0,0151 = 0,0051 \text{ кН·м}$$

e_{x3} – расстояние от оси ветровой нагрузки до консоли, м

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							16
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 2-2:

$$\sigma = \frac{0,01848}{5,696} \cdot 1000 + \frac{0,0051}{0,168} \cdot 1000 + \frac{0,338}{3,255} \cdot 10 = 34,6 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

5.1.3 [BB] Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$M_z = N_y \cdot e_{x1}, \text{ кН}\cdot\text{м}$$

где: e_{x1} – расстояние от оси ветровой нагрузки до края шляпки анкера, м

$$M_z = 0,338 \cdot 0,0018 = 0,00061 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$\sigma = \frac{M_z}{W_{nш}} \cdot 1000 \leq R_y - \text{ус, МПа}$$

где: $W_{nш}$ – момент сопротивления пяты кронштейна с шайбой MFT-BFW 30x40x3, см³.

$$\sigma = \frac{0,00061}{0,281} \cdot 1000 = 2,2 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

5.1.4 [BB] Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$M_z = N_y \cdot e_{x2}, \text{ кН}\cdot\text{м}$$

где: e_{x2} – расстояние от оси ветровой нагрузки до края шайбы, м

$$M_z = 0,338 \cdot 0,0078 = 0,00264 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$\sigma = \frac{M_z}{W_n} \cdot 1000 \leq R_y - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma = \frac{0,00264}{0,221} \cdot 1000 = 11,9 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

5.1.5 [BB] Расчет напряжения на стыке пяты и консоли кронштейна:

Изгибающий момент на стыке пяты и консоли кронштейна:

$$M_z = N_y \cdot e_{x3}, \text{ кН}\cdot\text{м}$$

где: e_{x3} – расстояние от оси ветровой нагрузки до полки кронштейна, м

$$M_z = 0,338 \cdot 0,0151 = 0,0051 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения на стыке пяты и консоли кронштейна:

$$\sigma = \frac{0,0051}{0,221} \cdot 1000 = 23,1 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							17
Изм.	Кол.уч	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

5.1.6 [ВВ] Прогиб кронштейна от вертикальной нагрузки:

$$f = \frac{Nz \cdot ey^3 - 10}{3 \cdot E \cdot Ix} \leq \frac{ey}{100}, \text{ см}$$

где: ey – Вывет, см

допустимый прогиб определяется по СП 20.13330.2016 [7]

$$f_z = \frac{0,066 \cdot 28^3 - 10}{3 \cdot 70000 \cdot 29,905} = 0,002 \leq \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

5.2 Расчет кронштейна при сочетании Вес + Ветер + Гололёд (далее [ВВГ]).

5.2.1 [ВВГ] Расчет консоли кронштейна по сечению 1-1:

Изгибающий момент в консоли кронштейна от вертикальной нагрузки:

$$M_x = Nz \cdot ey = 0,117 \cdot 0,095 = 0,01112 \text{ кН·м}$$

Изгибающий момент в консоли кронштейна от горизонтальной нагрузки:

$$M_z = Ny \cdot ex3 = 0,203 \cdot 0,0151 = 0,00307 \text{ кН·м}$$

$ex3$ – расстояние от оси ветровой нагрузки до консоли, м

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 1-1:

$$\sigma = \frac{0,01112}{3,174} \cdot 1000 + \frac{0,00307}{0,113} \cdot 1000 + \frac{0,203}{1,323} \cdot 10 = 32,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

5.2.2 [ВВГ] Расчет консоли кронштейна по сечению 2-2:

Изгибающий момент в консоли кронштейна от вертикальной нагрузки:

$$M_x = Nz \cdot ey = 0,117 \cdot 0,28 = 0,03276 \text{ кН·м}$$

Изгибающий момент в консоли кронштейна от горизонтальной нагрузки:

$$M_z = Ny \cdot ex3 = 0,203 \cdot 0,0151 = 0,00307 \text{ кН·м}$$

$ex3$ – расстояние от оси ветровой нагрузки до консоли, м

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 2-2:

$$\sigma = \frac{0,03276}{5,696} \cdot 1000 + \frac{0,00307}{0,168} \cdot 1000 + \frac{0,203}{3,255} \cdot 10 = 24,6 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

5.2.3 [ВВГ] Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$M_z = 0,203 \cdot 0,0018 = 0,00037 \text{ кН·м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 18
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$\sigma = \frac{0,00037}{0,281} \cdot 1000 = 1,3 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

5.2.4 [ВВГ] Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$M_z = 0,203 \cdot 0,0078 = 0,00158 \text{ кН·м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$\sigma = \frac{0,00158}{0,221} \cdot 1000 = 7,1 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

5.2.5 [ВВГ] Расчет напряжения на стыке пяты и консоли кронштейна:

Изгибающий момент на стыке пяты и консоли кронштейна:

$$M_z = 0,203 \cdot 0,0151 = 0,00307 \text{ кН·м}$$

Напряжения на стыке пяты и консоли кронштейна:

$$\sigma = \frac{0,00307}{0,221} \cdot 1000 = 13,9 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

5.2.6 [ВВГ] Прогиб кронштейна от вертикальной нагрузки:

$$f_z = \frac{0,117 \cdot 28^3 \cdot 10}{3 \cdot 70000 - 29,905} = 0,004 \leq \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

Вывод: Кронштейн MFT-MF2.0 190LM отвечает требованиям прочности.

6. Расчет соединения кронштейна MF 190HS с профилем

Тип крепления: Шуруп 5,5x50 A2.

Допустимое усилие на срез: 9,76 кН.

Допустимое усилие на разрыв: 9,76 кН.

Количество соединений в креплении: различное

6.1 Расчет при сочетании Вес + Ветер (далее [ВВ])

6.1.1 [ВВ] Расчет на срез от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$N_s = \frac{\sqrt{N_z^2 + N_y^2}}{n_z} \cdot \gamma_m \leq N_{nrs}, \text{ кН}$$

где: N_z – вертикальная нагрузка на соединение, кН

N_y – горизонтальная нагрузка на соединение, кН

n_z – количество заклепок, шт

γ_m – коэффициент надёжности соединения

N_{nrs} – расчётное усилие на срез, кН

$$N_{s1} = \frac{\sqrt{0^2 + 0,451^2}}{1} \cdot 1,25 = 0,564 \leq 9,76 \text{ кН}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 19
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

Инв.№ подл.	Подпись и дата	Взам. Инв.№	Согласовано		

						Расчёт по несущей способности	Лист
							20
Изм.	Коп.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$\frac{\sqrt{(N_z)^2 + (N_y)^2}}{n_z \cdot d \cdot t} \cdot 1000 \leq R_{gr}, \text{ МПа}$$

где: d – диаметр отверстия для заклёпки (самореза), мм

t – толщина стенки направляющей, мм

R_{gr} – расчётное сопротивление смятию элементов, соединяемых заклёпками, МПа

$$\frac{\sqrt{0,066^2 + 0,338^2}}{4 \cdot 4,8 \cdot 1,5} \cdot 1000 = 12 \leq 190 \text{ МПа}$$

7.2 Расчет при сочетании Вес + Ветер + Гололёд (далее [ВВГ])

7.2.1 [ВВГ] Расчет на срез от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$N_{s2} = \frac{\sqrt{0,117^2 + 0,203^2}}{4} \cdot 1,25 = 0,073 \leq 1,2 \text{ кН}$$

7.2.2 [ВВГ] Расчет на смятие от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$\frac{\sqrt{0,117^2 + 0,203^2}}{4 \cdot 4,8 \cdot 1,5} \cdot 1000 = 8,1 \leq 190 \text{ МПа}$$

Вывод: Соединение кронштейна MF2.0 190LM с профилем отвечает требованиям прочности.

8. Расчет прочности крепления кронштейна "MFT-MF 190HS" к конструкциям здания

Крепление в ячеистые блоки на один анкер. Расчётное усилие анкера на вырыв: 1 кН.

8.1 [ВВ] Вырывающее усилие анкера при сочетании Вес + Ветер:

$$N_a = N_y \cdot \frac{e_b}{e_a}, \text{ кН}$$

где: e_b – плечо ветровой нагрузки по оси X, м

e_a – плечо анкера по оси X, м

$$N_a = 0,451 \cdot \frac{0,047}{0,0285} = 0,74 \leq 1 \text{ кН}$$

8.2 [ВВГ] Вырывающее усилие анкера при сочетании Вес + Ветер + Гололёд:

$$N_a = 0,271 \cdot \frac{0,047}{0,0285} = 0,45 \leq 1 \text{ кН}$$

Вывод: Крепление кронштейна MFT-MF 190HS в ячеистые блоки на один анкер отвечает требованиям прочности.

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							21
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

9. Расчет прочности крепления кронштейна "MFT-MF2.0 190LM" к конструкциям здания

Крепление в железобетон на один анкер в верхнее отверстие. Расчётное усилие анкера на вырыв: 4 кН.

9.1 [ВВ] Вырывающее усилие анкера при сочетании Вес + Ветер (далее [ВВ]):

$$N_a = \frac{M_x}{h_z} + N_y \cdot \frac{e_b}{e_n}, \text{ кН}$$

где: b_z – опорное плечо анкера по оси Z, м

e_b – плечо ветровой нагрузки по оси X, м

e_n – плечо анкера по оси X, м

$$N_a = \frac{0,01848}{0,0775} + 0,338 \cdot \frac{0,0325}{0,0253} = 0,67 \leq 4 \text{ кН}$$

Ось анкера находится выше оси ветровой нагрузки, поэтому необходимо проводить проверку вырыва анкера для случая когда момент от ветровой нагрузки относительно точки анкерования превышает момент от веса (опрокидывание кронштейна)

9.1.1 [ВВ] Вырывающее усилие анкера при опрокидывании:

$$N_a = N_y \cdot \frac{e_b - e_n}{e_n} + \frac{N_y \cdot a_z - M_x}{h_z}, \text{ кН}$$

где: a_z – расстояние от верхнего края кронштейна до оси ветровой нагрузки по оси z, м

b_z – расстояние от верхнего края кронштейна до оси анкера по оси z, м

Момент от ветровой нагрузки меньше момента от веса:

$$0,338 \cdot 0,0525 = 0,01774 < 0,01848, \text{ проверка не требуется.}$$

9.2 [ВВГ] Вырывающее усилие анкера при сочетании Вес + Ветер + Гололёд (далее [ВВГ]):

$$N_a = \frac{0,03276}{0,0775} + 0,203 \cdot \frac{0,0325}{0,0253} = 0,68 \leq 4 \text{ кН}$$

9.2.1 [ВВГ] Вырывающее усилие анкера при опрокидывании:

Момент от ветровой нагрузки меньше момента от веса:

$$0,203 \cdot 0,0525 = 0,01066 < 0,03276, \text{ проверка не требуется.}$$

Вывод: Крепление кронштейна MFT-MF2.0 190LM в железобетон на один анкер в верхнее отверстие отвечает требованиям прочности.

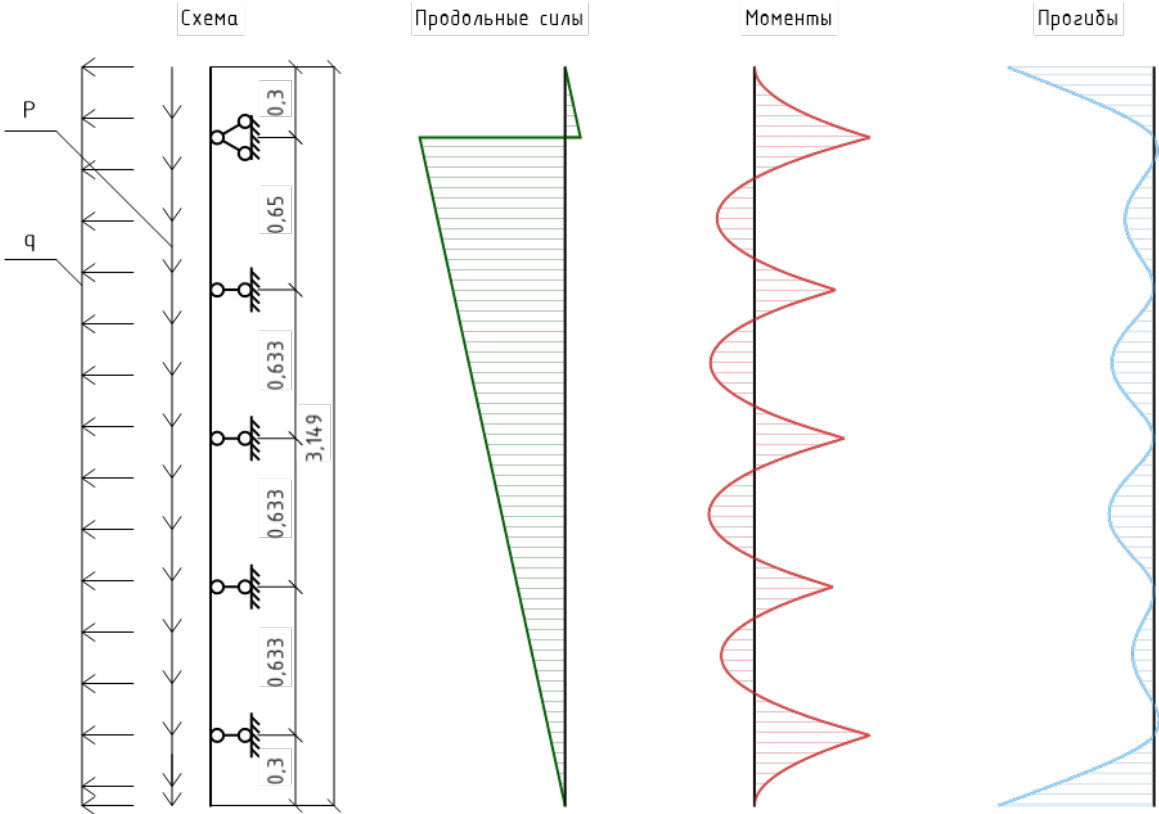
Согласовано					
Изм. № подл.	Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. Инв. №		

						Расчёт по несущей способности	Лист 22
Изм.	Коп.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

Расчет прочности монтажной схемы №2 (Расчетная схема 2)

1. Исходные данные:

- 1. Район строительства:
- 2. Нормативная ветровая нагрузка: 1,44 кН/м²
- 3. Высота применения: 120 м
- 4. Гололёдный район: II
- 5. Уровень ответственности здания: КС-2
- 6. Единый коэффициент надежности по ответственности: 1,1
- 7. Материал облицовки:
- 8. Вес облицовки: 8 кг/м² (0,078 кН/м²)
- 9. Вертикальный профиль: MFT-Та 60x42x1.8
- 10. Шаг вертикального профиля по горизонтали: 0,33 м
- 11. Схема вертикального профиля: четырехпролетная балка Та 60x42x1.8_’MF2.0 190LM[18]_4MF 190HS 0,3|0,65+0,633+0,633+0,633|0,3
- 12. Вылет: 0,28 м
- 13. Несущие кронштейны:
-MFT-MF2.0 190LM с креплением на один анкер в верхнее отверстие в железобетон. Расчётное усилие анкера на вырыв: 4 кН.
- 14. Опорные кронштейны:
-MFT-MF 190HS с креплением на один анкер в ячеистые блоки. Расчётное усилие анкера на вырыв: 1 кН.



Согласовано					
Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. Инв. №			

2. Расчет вертикального профиля "МFT-Та 60х42х1.8"

Сплав: AlMgSi 6060 T66 Hilti

Профиль	Вес, кг/м	Сжаты волокна	A, см ²	Ix, см ⁴	Wx, см ³	E, МПа	Ry, МПа
Та 60х42х1.8	0,42	Полка	1,477	5,93	1,465	70000	135
		Стенка	1,207	1,72	0,597		

2.1 Расчет при сочетании Вес + Ветер (далее [ВВ])

2.1.1 [ВВ] Расчётная погонная нагрузка от веса облицовки и профиля определяется по формуле (1):

$$P_z \text{ м.п.} = (P_o \cdot \gamma_f \cdot l_x + P_n \cdot \gamma_f) \cdot \gamma_n, \text{ кН/м}$$

$$P_z \text{ м.п.} = (0,078 \cdot 1,1 \cdot 0,33 + 0,004 \cdot 1,05) \cdot 1,1 = 0,036 \text{ кН/м}$$

2.1.2 [ВВ] Продольные усилия в профиле:

$$N_z = P_z \text{ м.п.} \cdot l_z, \text{ кН}$$

где: l_z – длина направляющей, с которой собирается нагрузка, м.

$$N_{za1} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{za1} = 0,036 \cdot 0,3 = 0,011 \text{ кН}$$

$$N_{zl1} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{zl1} = 0,036 \cdot 2,849 = 0,103 \text{ кН}$$

$$N_{zl2} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{zl2} = 0,036 \cdot 2,199 = 0,079 \text{ кН}$$

$$N_{zl3} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{zl3} = 0,036 \cdot 1,566 = 0,056 \text{ кН}$$

$$N_{zl4} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{zl4} = 0,036 \cdot 0,933 = 0,034 \text{ кН}$$

$$N_{za2} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{za2} = 0,036 \cdot 0,3 = 0,011 \text{ кН}$$

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.

2.1.3 [ВВ] Расчётная пиковая погонная нагрузка от отрицательного давления ветра определяется по формуле (2):

$$w_p \text{ м.п.} = w_n(\text{ухс}) \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot l_x \cdot K_{нер}, \text{ кН/м}$$

$$w_p \text{ м.п.} = 1,44 \cdot 1,4 \cdot 1,1 \cdot 0,33 \cdot 1,1 = 0,805 \text{ кН/м}$$

2.1.4 [ВВ] Определяем изгибающий момент на опоре от горизонтальной нагрузки:

$$M_x = k \cdot w \cdot l^2, \text{ кН·м}$$

где: k – коэффициент по п.8.1.7 Справочника проектировщика [5].

$$M_{xa1} = 0,5 \cdot 0,805 \cdot 0,3^2 = 0,036 \text{ кН·м}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							24
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$M_{x11} = 0,107 \cdot 0,805 \cdot 0,65^2 = 0,036 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x12} = 0,107 \cdot 0,805 \cdot 0,633^2 = 0,035 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x13} = 0,107 \cdot 0,805 \cdot 0,633^2 = 0,035 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x14} = 0,107 \cdot 0,805 \cdot 0,633^2 = 0,035 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{xa2} = 0,5 \cdot 0,805 \cdot 0,3^2 = 0,036 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

2.1.5 [ВВ] Нормальные напряжения на опоре во внешнем сечении направляющей (полка):

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} \cdot 1000 + \frac{N_z}{A} \cdot 10 \leq R - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma_{a1} = \frac{0,036}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,011}{1,477} \cdot 10 = 24,6 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{11} = \frac{0,036}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,103}{1,477} \cdot 10 = 25,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{12} = \frac{0,035}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,079}{1,477} \cdot 10 = 24,4 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{13} = \frac{0,035}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,056}{1,477} \cdot 10 = 24,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{14} = \frac{0,035}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,034}{1,477} \cdot 10 = 24,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a2} = \frac{0,036}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,011}{1,477} \cdot 10 = 24,6 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.1.6 [ВВ] Определяем изгибающий момент в пролёте от горизонтальной нагрузки:

M_{xa1} - отсутствует

$$M_{x11} = 0,077 \cdot 0,805 \cdot 0,65^2 = 0,026 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x12} = 0,037 \cdot 0,805 \cdot 0,633^2 = 0,012 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x13} = 0,037 \cdot 0,805 \cdot 0,633^2 = 0,012 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x14} = 0,077 \cdot 0,805 \cdot 0,633^2 = 0,025 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

M_{xa2} - отсутствует

2.1.7 [ВВ] Нормальные напряжения в пролёте во внутреннем сечении направляющей (стенка):

$$\sigma_{a1} = \frac{0}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,011}{1,207} \cdot 10 = 0,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{11} = \frac{0,026}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,103}{1,207} \cdot 10 = 44,4 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{12} = \frac{0,012}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,079}{1,207} \cdot 10 = 20,8 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{13} = \frac{0,012}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,056}{1,207} \cdot 10 = 20,6 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{14} = \frac{0,025}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,034}{1,207} \cdot 10 = 42,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

Согласовано			

Изм. № подл.	Взам. Инв. №		
	Подпись и дата		

						Расчёт по несущей способности	Лист 25
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$\sigma_{a2} = \frac{0}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,011}{1,207} \cdot 10 = 0,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.1.8 [ВВ] Расчётная пиковая погонная нагрузка от положительного давления ветра численно равна отрицательной (см. пункт 2.1.3 [ВВ]).

2.1.9 [ВВ] Нормальные напряжения на опоре во внутреннем сечении направляющей (стенка):

$$\sigma_{a1} = \frac{0,036}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,011}{1,207} \cdot 10 = 60,4 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{11} = \frac{0,036}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,103}{1,207} \cdot 10 = 61,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{12} = \frac{0,035}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,079}{1,207} \cdot 10 = 59,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{13} = \frac{0,035}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,056}{1,207} \cdot 10 = 59,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{14} = \frac{0,035}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,034}{1,207} \cdot 10 = 58,9 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a2} = \frac{0,036}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,011}{1,207} \cdot 10 = 60,4 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.1.10 [ВВ] Нормальные напряжения в пролёте во внешнем сечении направляющей (полка):

$$\sigma_{a1} = \frac{0}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,011}{1,477} \cdot 10 = 0,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{11} = \frac{0,026}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,103}{1,477} \cdot 10 = 18,4 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{12} = \frac{0,012}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,079}{1,477} \cdot 10 = 8,7 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{13} = \frac{0,012}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,056}{1,477} \cdot 10 = 8,6 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{14} = \frac{0,025}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,034}{1,477} \cdot 10 = 17,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a2} = \frac{0}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,011}{1,477} \cdot 10 = 0,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.1.11 [ВВ] Нормативная погонная нагрузка от отрицательного давления ветра определяется по формуле:

$$w_{н \text{ м.п.}} = \frac{w_{р \text{ м.п.}}}{\gamma_f \cdot \gamma_n}, \text{ кН/м}$$

$$w_{н \text{ м.п.}} = \frac{0,805}{1,4 \cdot 1,1} = 0,523 \text{ кН/м}$$

2.1.12 [ВВ] Расчет прогиба профиля:

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		26

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{w_n \cdot l^4}{I_x \cdot E} - \frac{M1 + M2}{16 \cdot I_x \cdot E} \cdot \left(\frac{w_n}{w_p} \right) \cdot l^2 - 10 \cdot \frac{l}{200}, \text{ см}$$

где: l – длина пролета, см

w_p – расчётная нагрузка

M1, M2 – момент сверху и снизу от пролета, кН · м.

допустимый прогиб определяется по СП 20.13330.2016 [7]

$$f_{l1} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,523 \cdot 65^4}{1,72 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,035 \cdot 100}{16 \cdot 1,72 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,523}{0,805} \right) \cdot 65^2 - 10 \cdot \frac{65}{200} = 0,05 \leq \frac{65}{200} = 0,32 \text{ см}$$

$$f_{l2} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,523 \cdot 63,3^4}{1,72 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,036 \cdot 100 + 0,035 \cdot 100}{16 \cdot 1,72 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,523}{0,805} \right) \cdot 63,3^2 - 10 \cdot \frac{63,3}{200} = 0,01 \leq \frac{63,3}{200} = 0,32 \text{ см}$$

$$f_{l3} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,523 \cdot 63,3^4}{1,72 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,035 \cdot 100 + 0,035 \cdot 100}{16 \cdot 1,72 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,523}{0,805} \right) \cdot 63,3^2 - 10 \cdot \frac{63,3}{200} = 0 \leq \frac{63,3}{200} = 0,32 \text{ см}$$

$$f_{l4} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,523 \cdot 63,3^4}{1,72 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,035 \cdot 100}{16 \cdot 1,72 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,523}{0,805} \right) \cdot 63,3^2 - 10 \cdot \frac{63,3}{200} = 0,04 \leq \frac{63,3}{200} = 0,32 \text{ см}$$

2.1.13 [BB] Нормативная погонная нагрузка от положительного давления ветра численно равна отрицательной (см. пункт 2.1.11 [BB]).

2.1.14 [BB] Расчет прогиба профиля:

$$f_{l1} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,523 \cdot 65^4}{5,93 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,035 \cdot 100}{16 \cdot 5,93 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,523}{0,805} \right) \cdot 65^2 - 10 \cdot \frac{65}{200} = 0,01 \leq \frac{65}{200} = 0,32 \text{ см}$$

$$f_{l2} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,523 \cdot 63,3^4}{5,93 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,036 \cdot 100 + 0,035 \cdot 100}{16 \cdot 5,93 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,523}{0,805} \right) \cdot 63,3^2 - 10 \cdot \frac{63,3}{200} = 0 \leq \frac{63,3}{200} = 0,32 \text{ см}$$

$$f_{l3} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,523 \cdot 63,3^4}{5,93 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,035 \cdot 100 + 0,035 \cdot 100}{16 \cdot 5,93 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,523}{0,805} \right) \cdot 63,3^2 - 10 \cdot \frac{63,3}{200} = 0 \leq \frac{63,3}{200} = 0,32 \text{ см}$$

$$f_{l4} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,523 \cdot 63,3^4}{5,93 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,035 \cdot 100}{16 \cdot 5,93 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,523}{0,805} \right) \cdot 63,3^2 - 10 \cdot \frac{63,3}{200} = 0,01 \leq \frac{63,3}{200} = 0,32 \text{ см}$$

2.2 Расчет при сочетании Вес + Ветер + Гололёд (далее [BBГ])

2.2.1 [BBГ] Расчётная погонная нагрузка от веса облицовки и профиля равна 0,036 кН/м (см. пункт 2.1.1 [BB]).

2.2.2 [BBГ] Расчётная погонная нагрузка от гололёда определяется по формуле (3):

$$i \text{ м.п.} = b \cdot k \cdot \mu_2 \cdot p \cdot g \cdot \gamma_f \cdot l_x \cdot \gamma_n / 1000, \text{ кН/м}$$

Коэффициент, учитывающий изменение толщины стенки гололеда по высоте, при этом вычисляется по формуле:

$$k = e^{0,007 \cdot h} = 2,718^{0,007 \cdot 120} = 2,32$$

$$i \text{ м.п.} = 5 \cdot 2,32 \cdot 0,6 \cdot 0,9 \cdot 9,81 \cdot 1,8 \cdot 0,33 \cdot 1,1 / 1000 = 0,04 \text{ кН/м}$$

2.2.3 [BBГ] Суммарная вертикальная расчётная погонная нагрузка:

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 27
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$q_{zp} \text{ м.п.} = P_{zp} \text{ м.п.} + i_{p} \text{ м.п.} = 0,036 + 0,04 = 0,076 \text{ кН/м}$$

2.2.4 [ВВГ] Продольные усилия в профиле:

$$N_{za1} = q_z \text{ м.п.} \cdot l_{za1} = 0,076 \cdot 0,3 = 0,023 \text{ кН}$$

$$N_{zl1} = q_z \text{ м.п.} \cdot l_{zl1} = 0,076 \cdot 2,849 = 0,217 \text{ кН}$$

$$N_{zl2} = q_z \text{ м.п.} \cdot l_{zl2} = 0,076 \cdot 2,199 = 0,167 \text{ кН}$$

$$N_{zl3} = q_z \text{ м.п.} \cdot l_{zl3} = 0,076 \cdot 1,566 = 0,119 \text{ кН}$$

$$N_{zl4} = q_z \text{ м.п.} \cdot l_{zl4} = 0,076 \cdot 0,933 = 0,071 \text{ кН}$$

$$N_{za2} = q_z \text{ м.п.} \cdot l_{za2} = 0,076 \cdot 0,3 = 0,023 \text{ кН}$$

2.2.5 [ВВГ] Расчётная погонная нагрузка от отрицательного давления ветра:

$$q_{wp} \text{ м.п.} = 0,6 \cdot w_p \text{ м.п.} = 0,6 \cdot 0,805 = 0,483 \text{ кН/м}$$

где: w_p м.п. – нагрузка от давления ветра при сочетании Вес+Ветер, кН/м (см. пункт 2.1.3 [ВВ]).

2.2.6 [ВВГ] Определяем изгибающий момент на опоре от горизонтальной нагрузки:

$$M_{xa1} = 0,5 \cdot 0,483 \cdot 0,3^2 = 0,022 \text{ кН·м}$$

$$M_{xl1} = 0,107 \cdot 0,483 \cdot 0,65^2 = 0,022 \text{ кН·м}$$

$$M_{xl2} = 0,107 \cdot 0,483 \cdot 0,633^2 = 0,021 \text{ кН·м}$$

$$M_{xl3} = 0,107 \cdot 0,483 \cdot 0,633^2 = 0,021 \text{ кН·м}$$

$$M_{xl4} = 0,107 \cdot 0,483 \cdot 0,633^2 = 0,021 \text{ кН·м}$$

$$M_{xa2} = 0,5 \cdot 0,483 \cdot 0,3^2 = 0,022 \text{ кН·м}$$

2.2.7 [ВВГ] Нормальные напряжения на опоре во внешнем сечении направляющей (полка):

$$\sigma_{a1} = \frac{0,022}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,023}{1,477} \cdot 10 = 15,2 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l1} = \frac{0,022}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,217}{1,477} \cdot 10 = 16,5 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l2} = \frac{0,021}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,167}{1,477} \cdot 10 = 15,5 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l3} = \frac{0,021}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,119}{1,477} \cdot 10 = 15,1 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l4} = \frac{0,021}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,071}{1,477} \cdot 10 = 14,8 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a2} = \frac{0,022}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,023}{1,477} \cdot 10 = 15,2 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.2.8 [ВВГ] Определяем изгибающий момент в пролёте от горизонтальной нагрузки:

M_{xa1} – отсутствует

$$M_{xl1} = 0,077 \cdot 0,483 \cdot 0,65^2 = 0,016 \text{ кН·м}$$

$$M_{xl2} = 0,037 \cdot 0,483 \cdot 0,633^2 = 0,007 \text{ кН·м}$$

$$M_{xl3} = 0,037 \cdot 0,483 \cdot 0,633^2 = 0,007 \text{ кН·м}$$

$$M_{xl4} = 0,077 \cdot 0,483 \cdot 0,633^2 = 0,015 \text{ кН·м}$$

Согласовано			
Взам. Инв. №			
Подпись и дата			
Инв. № подл.			

						Расчёт по несущей способности	Лист 28
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

Мхa2 – отсутствует

2.2.9 [ВВГ] Нормальные напряжения в пролёте во внутреннем сечении направляющей (стенка):

$$\sigma_{a1} = \frac{0}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,023}{1,207} \cdot 10 = 0,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l1} = \frac{0,016}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,217}{1,207} \cdot 10 = 28,6 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l2} = \frac{0,007}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,167}{1,207} \cdot 10 = 13,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l3} = \frac{0,007}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,119}{1,207} \cdot 10 = 12,7 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l4} = \frac{0,015}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,071}{1,207} \cdot 10 = 25,7 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a2} = \frac{0}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,023}{1,207} \cdot 10 = 0,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.2.10 [ВВГ] Расчётная пиковая погонная нагрузка от положительного давления ветра:

$$q_{вр \text{ м.п.}} = 0,6 \cdot w_p \text{ м.п.} = 0,6 \cdot 0,805 = 0,483 \text{ кН/м}$$

где: $w_p \text{ м.п.}$ – нагрузка от давления ветра при сочетании Вес+Ветер, кН/м (см. пункт 2.1.3 [ВВ]).

2.2.11 [ВВГ] Нормальные напряжения на опоре во внутреннем сечении направляющей (стенка):

$$\sigma_{a1} = \frac{0,022}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,023}{1,207} \cdot 10 = 37 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l1} = \frac{0,022}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,217}{1,207} \cdot 10 = 38,6 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l2} = \frac{0,021}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,167}{1,207} \cdot 10 = 36,6 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l3} = \frac{0,021}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,119}{1,207} \cdot 10 = 36,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l4} = \frac{0,021}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,071}{1,207} \cdot 10 = 35,8 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a2} = \frac{0,022}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,023}{1,207} \cdot 10 = 37 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.2.12 [ВВГ] Нормальные напряжения в пролёте во внешнем сечении направляющей (полка):

$$\sigma_{a1} = \frac{0}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,023}{1,477} \cdot 10 = 0,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l1} = \frac{0,016}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,217}{1,477} \cdot 10 = 12,4 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l2} = \frac{0,007}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,167}{1,477} \cdot 10 = 5,9 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

Согласовано			
Взам. Инв. №			
Подпись и дата			
Инв. № подл.			

						Расчёт по несущей способности	Лист 29
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$\sigma_{13} = \frac{0,007}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,119}{1,477} \cdot 10 = 5,6 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{14} = \frac{0,015}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,071}{1,477} \cdot 10 = 10,7 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{22} = \frac{0}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,023}{1,477} \cdot 10 = 0,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.2.13 [ВВГ] Нормативная погонная нагрузка от отрицательного давления ветра:

$$q_{\text{н м.п.}} = 0,6 \cdot w_{\text{н м.п.}} = 0,6 \cdot 0,523 = 0,314 \text{ кН/м}$$

где: $w_{\text{н м.п.}}$ – нагрузка от давления ветра при сочетании Вес+Ветер, кН/м (см. пункт 2.1.11 [ВВ]).

2.2.14 [ВВГ] Расчет прогиба профиля:

$$f_{11} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,314 - 65^4}{1,72 - 70000 - 10} - \frac{0,021 \cdot 100}{16 - 1,72 - 70000} - \left(\frac{0,314}{0,483} \right) \cdot 65^2 \cdot 10 = 0,03 \leq \frac{65}{200} = 0,32 \text{ см}$$

$$f_{12} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,314 - 63,3^4}{1,72 - 70000 - 10} - \frac{0,022 \cdot 100 + 0,021 \cdot 100}{16 - 1,72 - 70000} - \left(\frac{0,314}{0,483} \right) \cdot 63,3^2 \cdot 10 = 0 \leq \frac{63,3}{200} = 0,32 \text{ см}$$

$$f_{13} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,314 - 63,3^4}{1,72 - 70000 - 10} - \frac{0,021 \cdot 100 + 0,021 \cdot 100}{16 - 1,72 - 70000} - \left(\frac{0,314}{0,483} \right) \cdot 63,3^2 \cdot 10 = 0 \leq \frac{63,3}{200} = 0,32 \text{ см}$$

$$f_{14} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,314 - 63,3^4}{1,72 - 70000 - 10} - \frac{0,021 \cdot 100}{16 - 1,72 - 70000} - \left(\frac{0,314}{0,483} \right) \cdot 63,3^2 \cdot 10 = 0,03 \leq \frac{63,3}{200} = 0,32 \text{ см}$$

2.2.15 [ВВГ] Нормативная погонная нагрузка от положительного давления ветра:

$$q_{\text{н м.п.}} = 0,6 \cdot w_{\text{н м.п.}} = 0,6 \cdot 0,523 = 0,314 \text{ кН/м}$$

где: $w_{\text{н м.п.}}$ – нагрузка от давления ветра при сочетании Вес+Ветер, кН/м (см. пункт 2.1.11 [ВВ]).

2.2.16 [ВВГ] Расчет прогиба профиля:

$$f_{11} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,314 - 65^4}{5,93 - 70000 - 10} - \frac{0,021 \cdot 100}{16 - 5,93 - 70000} - \left(\frac{0,314}{0,483} \right) \cdot 65^2 \cdot 10 = 0,01 \leq \frac{65}{200} = 0,32 \text{ см}$$

$$f_{12} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,314 - 63,3^4}{5,93 - 70000 - 10} - \frac{0,022 \cdot 100 + 0,021 \cdot 100}{16 - 5,93 - 70000} - \left(\frac{0,314}{0,483} \right) \cdot 63,3^2 \cdot 10 = 0 \leq \frac{63,3}{200} = 0,32 \text{ см}$$

$$f_{13} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,314 - 63,3^4}{5,93 - 70000 - 10} - \frac{0,021 \cdot 100 + 0,021 \cdot 100}{16 - 5,93 - 70000} - \left(\frac{0,314}{0,483} \right) \cdot 63,3^2 \cdot 10 = 0 \leq \frac{63,3}{200} = 0,32 \text{ см}$$

$$f_{14} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,314 - 63,3^4}{5,93 - 70000 - 10} - \frac{0,021 \cdot 100}{16 - 5,93 - 70000} - \left(\frac{0,314}{0,483} \right) \cdot 63,3^2 \cdot 10 = 0,01 \leq \frac{63,3}{200} = 0,32 \text{ см}$$

Вывод: Направляющая МFT-Та 60x42x1.8 отвечает требованиям прочности.

3. Расчет реакций, передающихся на кронштейны:

3.1 Расчет реакций при сочетании Вес + Ветер (далее [ВВ]):

3.1.1 [ВВ] Реакции от вертикальной нагрузки:

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 30
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$N_z = P_z \text{ м.п.} \cdot l_z, \text{ кН}$$

где: P_z м.п. – вертикальная нагрузка на вертикальный профиль, кН/м

l_z – длина вертикального профиля, с которого собирается нагрузка, м

$$N_z = P_z \text{ м.п.} \cdot l_z = 0,036 \cdot 3,149 = 0,113 \text{ кН}$$

3.1.2 [ВВ] Реакции от горизонтальной нагрузки:

Для кронштейна между пролетом и консолью вертикального профиля:

$$N_y = w_p \text{ м.п.} \cdot (k - l + a), \text{ кН}$$

Для кронштейна между пролетами вертикального профиля:

$$N_y = w_p \text{ м.п.} \cdot k - \frac{l_i + l_{i-1}}{2}, \text{ кН}$$

где: k – коэффициент по п.8.1.7 Справочника проектировщика [5].

$$N_{y1} = w_p \text{ м.п.} \cdot (k - l_1 + a_1) = 0,805 \cdot (0,393 - 0,65 + 0,3) = 0,447 \text{ кН}$$

$$N_{y2} = w_p \text{ м.п.} \cdot k - \frac{l_{i1} + l_{i2}}{2} = 0,805 \cdot 1,143 - \frac{0,65 + 0,633}{2} = 0,59 \text{ кН}$$

$$N_{y3} = w_p \text{ м.п.} \cdot k - \frac{l_{i2} + l_{i3}}{2} = 0,805 \cdot 0,929 - \frac{0,633 + 0,633}{2} = 0,473 \text{ кН}$$

$$N_{y4} = w_p \text{ м.п.} \cdot k - \frac{l_{i3} + l_{i4}}{2} = 0,805 \cdot 1,143 - \frac{0,633 + 0,633}{2} = 0,582 \text{ кН}$$

$$N_{y5} = w_p \text{ м.п.} \cdot (k - l_{i4} + a_2) = 0,805 \cdot (0,393 - 0,633 + 0,3) = 0,442 \text{ кН}$$

3.2 Расчет реакций при сочетании Вес + Ветер + Гололёд (далее [ВВГ]):

3.2.1 [ВВГ] Реакции от вертикальной нагрузки:

$$N_z = q_z \text{ м.п.} \cdot l_z = 0,076 \cdot 3,149 = 0,239 \text{ кН}$$

3.2.2 [ВВГ] Реакции от горизонтальной нагрузки:

$$N_{y1} = w_p \text{ м.п.} \cdot (k - l_1 + a_1) = 0,483 \cdot (0,393 - 0,65 + 0,3) = 0,268 \text{ кН}$$

$$N_{y2} = w_p \text{ м.п.} \cdot k - \frac{l_{i1} + l_{i2}}{2} = 0,483 \cdot 1,143 - \frac{0,65 + 0,633}{2} = 0,354 \text{ кН}$$

$$N_{y3} = w_p \text{ м.п.} \cdot k - \frac{l_{i2} + l_{i3}}{2} = 0,483 \cdot 0,929 - \frac{0,633 + 0,633}{2} = 0,284 \text{ кН}$$

$$N_{y4} = w_p \text{ м.п.} \cdot k - \frac{l_{i3} + l_{i4}}{2} = 0,483 \cdot 1,143 - \frac{0,633 + 0,633}{2} = 0,349 \text{ кН}$$

$$N_{y5} = w_p \text{ м.п.} \cdot (k - l_{i4} + a_2) = 0,483 \cdot (0,393 - 0,633 + 0,3) = 0,265 \text{ кН}$$

4. Расчет кронштейна "MFT-MF2.0 190LM"

Сплав: AlMgSi 6060 T66 Hilti

Кронштейн	Сечение	A, см ²	Jx, см ⁴	Wx, см ³	Jy, см ⁴	Wy, см ³	Wn, см ³	Wш, см ³	E, МПа	Ry, МПа
MFT-MF2.0 190LM	1-1	1,323	16,6622	3,174	0,0153	0,113	0,221	0,06	70000	120
	2-2	3,255	29,905	5,696	0,0261	0,168				

Расчёт по несущей способности

Лист

31

Согласовано

Взам. Инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм. Кол.уч. Лист №Док. Подпись Дата

4.1 Расчет кронштейна при сочетании Вес + Ветер (далее [ВВ]).

4.1.1 [ВВ] Расчет консоли кронштейна по сечению 1-1:

Изгибающий момент в консоли кронштейна от вертикальной нагрузки:

$$M_x = N_z \cdot e_y = 0,113 \cdot 0,095 = 0,01074 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Изгибающий момент в консоли кронштейна от горизонтальной нагрузки:

$$M_z = N_y \cdot e_{x3} = 0,447 \cdot 0,0151 = 0,00675 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

e_{x3} – расстояние от оси ветровой нагрузки до консоли, м

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 1-1:

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} \cdot 1000 + \frac{M_z}{W_y} \cdot 1000 + \frac{N_y}{A} \cdot 10 \leq R_y - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma = \frac{0,01074}{3,174} \cdot 1000 + \frac{0,00675}{0,113} \cdot 1000 + \frac{0,447}{1,323} \cdot 10 = 66,5 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

4.1.2 [ВВ] Расчет консоли кронштейна по сечению 2-2:

Изгибающий момент в консоли кронштейна от вертикальной нагрузки:

$$M_x = N_z \cdot e_y = 0,113 \cdot 0,28 = 0,03164 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Изгибающий момент в консоли кронштейна от горизонтальной нагрузки:

$$M_z = N_y \cdot e_{x3} = 0,447 \cdot 0,0151 = 0,00675 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

e_{x3} – расстояние от оси ветровой нагрузки до консоли, м

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 2-2:

$$\sigma = \frac{0,03164}{5,696} \cdot 1000 + \frac{0,00675}{0,168} \cdot 1000 + \frac{0,447}{3,255} \cdot 10 = 47,1 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

4.1.3 [ВВ] Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$M_z = N_y \cdot e_{x1}, \text{ кН}\cdot\text{м}$$

где: e_{x1} – расстояние от оси ветровой нагрузки до края шляпки анкера, м

$$M_z = 0,447 \cdot 0,0018 = 0,0008 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$\sigma = \frac{M_z}{W_n + n \cdot W_{ш}} \cdot 1000 \leq R_y - \text{ус, МПа}$$

где: W_n – момент сопротивления пяты кронштейна, см^3

n – количество шайб анкера, шт;

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 32
Изм.	Кол.уч	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$\sigma = \frac{0,0008}{0,221 + 1 \cdot 0,06} \cdot 1000 = 2,8 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

4.1.4 [BB] Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$M_z = N_y \cdot e_{x2}, \text{ кН}\cdot\text{м}$$

где: e_{x2} – расстояние от оси ветровой нагрузки до края шайбы, м

$$M_z = 0,447 \cdot 0,0078 = 0,00349 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$\sigma = \frac{M_z}{W_n} \cdot 1000 \leq R_y - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma = \frac{0,00349}{0,221} \cdot 1000 = 15,8 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

4.1.5 [BB] Расчет напряжения на стыке пяты и консоли кронштейна:

Изгибающий момент на стыке пяты и консоли кронштейна:

$$M_z = N_y \cdot e_{x3}, \text{ кН}\cdot\text{м}$$

где: e_{x3} – расстояние от оси ветровой нагрузки до полки кронштейна, м

$$M_z = 0,447 \cdot 0,0151 = 0,00675 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения на стыке пяты и консоли кронштейна:

$$\sigma = \frac{0,00675}{0,221} \cdot 1000 = 30,5 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

4.1.6 [BB] Прогиб кронштейна от вертикальной нагрузки:

$$f = \frac{N_z \cdot e_y^3 \cdot 10}{3 \cdot E \cdot I_x} \leq \frac{e_y}{100}, \text{ см}$$

где: e_y – Вылет, см

допустимый прогиб определяется по СП 20.13330.2016 [7]

$$f_z = \frac{0,113 \cdot 28^3 \cdot 10}{3 \cdot 70000 \cdot 29,905} = 0,004 \leq \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

4.2 Расчет кронштейна при сочетании Вес + Ветер + Гололёд (далее [BBГ]).

4.2.1 [BBГ] Расчет консоли кронштейна по сечению 1-1:

Изгибающий момент в консоли кронштейна от вертикальной нагрузки:

$$M_x = N_z \cdot e_y = 0,239 \cdot 0,095 = 0,0227 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 33
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

Изгибающий момент в консоли кронштейна от горизонтальной нагрузки:

$$M_z = N_y \cdot e_{x3} = 0,268 \cdot 0,0151 = 0,00405 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

e_{x3} – расстояние от оси ветровой нагрузки до консоли, м

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 1-1:

$$\sigma = \frac{0,0227}{3,174} \cdot 1000 + \frac{0,00405}{0,113} \cdot 1000 + \frac{0,268}{1,323} \cdot 10 = 45 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

4.2.2 [ВВГ] Расчет консоли кронштейна по сечению 2-2:

Изгибающий момент в консоли кронштейна от вертикальной нагрузки:

$$M_x = N_z \cdot e_y = 0,239 \cdot 0,28 = 0,06692 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Изгибающий момент в консоли кронштейна от горизонтальной нагрузки:

$$M_z = N_y \cdot e_{x3} = 0,268 \cdot 0,0151 = 0,00405 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

e_{x3} – расстояние от оси ветровой нагрузки до консоли, м

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 2-2:

$$\sigma = \frac{0,06692}{5,696} \cdot 1000 + \frac{0,00405}{0,168} \cdot 1000 + \frac{0,268}{3,255} \cdot 10 = 36,7 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

4.2.3 [ВВГ] Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$M_z = 0,268 \cdot 0,0018 = 0,00048 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$\sigma = \frac{0,00048}{0,221 + 1 \cdot 0,06} \cdot 1000 = 1,7 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

4.2.4 [ВВГ] Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$M_z = 0,268 \cdot 0,0078 = 0,00209 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$\sigma = \frac{0,00209}{0,221} \cdot 1000 = 9,5 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

4.2.5 [ВВГ] Расчет напряжения на стыке пяты и консоли кронштейна:

Изгибающий момент на стыке пяты и консоли кронштейна:

$$M_z = 0,268 \cdot 0,0151 = 0,00405 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения на стыке пяты и консоли кронштейна:

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							34
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$\sigma = \frac{0,00405}{0,221} \cdot 1000 = 18,3 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

4.2.6 [ВВГ] Прогиб кронштейна от вертикальной нагрузки:

$$f_z = \frac{0,239 \cdot 28^3 \cdot 10}{3 \cdot 70000 \cdot 29,905} = 0,008 \leq \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

Вывод: Кронштейн MFT-MF2.0 190LM отвечает требованиям прочности.

5. Расчет кронштейна "MFT-MF 190HS"

Сплав: AlMgSi 6060 T66 Hilti

Кронштейн	Сечение	A, см ²	Jx, см ⁴	Wx, см ³	Jy, см ⁴	Wy, см ³	Wп, см ³	Wш, см ³	E, МПа	Ry, МПа
MFT-MF 190HS	1-1	1,418	0,0106	0,071	3,12	1,25	0,145	0,06	70000	135
	2-2	1,15	0,005	0,044	2,3958	0,958				

5.1 Расчет кронштейна при сочетании Вес + Ветер (далее [ВВ]).

5.1.1 [ВВ] Расчет консоли кронштейна по сечению 1-1:

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 1-1:

$$\sigma = \frac{N_y}{A} \cdot 10 \leq R_y - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma_2 = \frac{0,59}{1,418} \cdot 10 = 4,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{0,473}{1,418} \cdot 10 = 3,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,582}{1,418} \cdot 10 = 4,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,442}{1,418} \cdot 10 = 3,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

5.1.2 [ВВ] Расчет консоли кронштейна по сечению 2-2:

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 2-2:

$$\sigma_2 = \frac{0,59}{1,15} \cdot 10 = 5,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{0,473}{1,15} \cdot 10 = 4,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,582}{1,15} \cdot 10 = 5,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

Согласовано				
Взам. Инв. №				
Подпись и дата				
Инв. № подл.				

						Расчёт по несущей способности	Лист
							35
Изм.	Код.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$\sigma_5 = \frac{0,442}{1,15} \cdot 10 = 3,8 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

5.1.3 [ВВ] Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$M_z = N_y \cdot e_{x1}, \text{ кН·м}$$

где: e_{x1} – расстояние от оси ветровой нагрузки до края шляпки анкера, м

$$M_{z2} = 0,59 \cdot 0,0095 = 0,0056 \text{ кН·м}$$

$$M_{z3} = 0,473 \cdot 0,0095 = 0,00449 \text{ кН·м}$$

$$M_{z4} = 0,582 \cdot 0,0095 = 0,00553 \text{ кН·м}$$

$$M_{z5} = 0,442 \cdot 0,0095 = 0,0042 \text{ кН·м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$\sigma = \frac{M_z}{W_n + n \cdot W_{ш}} \cdot 1000 \leq R_y - \text{ус, МПа}$$

где: W_n – момент сопротивления пяты кронштейна, см^3

n – количество шайб анкера, шт;

$W_{ш}$ – момент сопротивления шайбы MFT-BFW 30x40x3, см^3

$$\sigma_2 = \frac{0,0056}{0,145 + 1 \cdot 0,06} \cdot 1000 = 27,3 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{0,00449}{0,145 + 1 \cdot 0,06} \cdot 1000 = 21,9 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,00553}{0,145 + 1 \cdot 0,06} \cdot 1000 = 27 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,0042}{0,145 + 1 \cdot 0,06} \cdot 1000 = 20,5 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

5.1.4 [ВВ] Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$M_z = N_y \cdot e_{x2}, \text{ кН·м}$$

где: e_{x2} – расстояние от оси ветровой нагрузки до края шайбы, м

$$M_{z2} = 0,59 \cdot 0,0035 = 0,00206 \text{ кН·м}$$

$$M_{z3} = 0,473 \cdot 0,0035 = 0,00166 \text{ кН·м}$$

$$M_{z4} = 0,582 \cdot 0,0035 = 0,00204 \text{ кН·м}$$

$$M_{z5} = 0,442 \cdot 0,0035 = 0,00155 \text{ кН·м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$\sigma = \frac{M_z}{W_n} \cdot 1000 \leq R_y - \text{ус, МПа}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							36
Изм.	Коп.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$\sigma_2 = \frac{0,00206}{0,145} \cdot 1000 = 14,2 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{0,00166}{0,145} \cdot 1000 = 11,4 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,00204}{0,145} \cdot 1000 = 14,1 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,00155}{0,145} \cdot 1000 = 10,7 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

5.1.5 [ВВ] Проверка пяты кронштейна с результатами исследований:

$$\frac{N_y}{N_{yдоп}} \leq 1$$

где: $N_{yдоп}$ – допустимое осевое усилие на пяту, кН

$$\frac{N_{y2}}{N_{yдоп2}} = \frac{0,59}{1,62} = 0,364 \leq 1 \text{ (36,4\%)}$$

$$\frac{N_{y3}}{N_{yдоп3}} = \frac{0,473}{1,62} = 0,292 \leq 1 \text{ (29,2\%)}$$

$$\frac{N_{y4}}{N_{yдоп4}} = \frac{0,582}{1,62} = 0,359 \leq 1 \text{ (35,9\%)}$$

$$\frac{N_{y5}}{N_{yдоп5}} = \frac{0,442}{1,62} = 0,273 \leq 1 \text{ (27,3\%)}$$

5.2 Расчет кронштейна при сочетании Вес + Ветер + Гололёд (далее [ВВГ]).

5.2.1 [ВВГ] Расчет консоли кронштейна по сечению 1-1:

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 1-1:

$$\sigma_2 = \frac{0,354}{1,418} \cdot 10 = 2,5 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{0,284}{1,418} \cdot 10 = 2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,349}{1,418} \cdot 10 = 2,5 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,265}{1,418} \cdot 10 = 1,9 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

5.2.2 [ВВГ] Расчет консоли кронштейна по сечению 2-2:

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 2-2:

$$\sigma_2 = \frac{0,354}{1,15} \cdot 10 = 3,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							37
Изм.	Кол.уч	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$\sigma_3 = \frac{0,284}{1,15} \cdot 10 = 2,5 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,349}{1,15} \cdot 10 = 3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,265}{1,15} \cdot 10 = 2,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

5.2.3 [ВВГ] Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$M_{z2} = 0,354 \cdot 0,0095 = 0,00336 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z3} = 0,284 \cdot 0,0095 = 0,0027 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z4} = 0,349 \cdot 0,0095 = 0,00332 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z5} = 0,265 \cdot 0,0095 = 0,00252 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$\sigma_2 = \frac{0,00336}{0,145 + 1 - 0,06} \cdot 1000 = 16,4 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{0,0027}{0,145 + 1 - 0,06} \cdot 1000 = 13,2 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,00332}{0,145 + 1 - 0,06} \cdot 1000 = 16,2 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,00252}{0,145 + 1 - 0,06} \cdot 1000 = 12,3 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

5.2.4 [ВВГ] Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$M_{z2} = 0,354 \cdot 0,0035 = 0,00124 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z3} = 0,284 \cdot 0,0035 = 0,00099 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z4} = 0,349 \cdot 0,0035 = 0,00122 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z5} = 0,265 \cdot 0,0035 = 0,00093 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$\sigma_2 = \frac{0,00124}{0,145} \cdot 1000 = 8,6 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{0,00099}{0,145} \cdot 1000 = 6,8 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,00122}{0,145} \cdot 1000 = 8,4 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,00093}{0,145} \cdot 1000 = 6,4 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

5.2.5 [ВВГ] Проверка пяты кронштейна с результатами исследований:

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 38
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$\frac{N_{y2}}{N_{yдоп2}} = \frac{0,354}{1,62} = 0,219 \leq 1 \text{ (21,9\%)}$$

$$\frac{N_{y3}}{N_{yдоп3}} = \frac{0,284}{1,62} = 0,175 \leq 1 \text{ (17,5\%)}$$

$$\frac{N_{y4}}{N_{yдоп4}} = \frac{0,349}{1,62} = 0,215 \leq 1 \text{ (21,5\%)}$$

$$\frac{N_{y5}}{N_{yдоп5}} = \frac{0,265}{1,62} = 0,164 \leq 1 \text{ (16,4\%)}$$

Вывод: Кронштейн MFT-MF 190HS отвечает требованиям прочности.

6. Расчет соединения кронштейна MF2.0 190LM с профилем

Тип крепления: Заклепка вытяжная диаметром 4.8мм А/А2.

Допустимое усилие на срез: 1,2 кН.

Допустимое усилие на разрыв: 1,7 кН.

Механические характеристики см. таблицу 3 ГОСТ Р ИСО 15977-2017

Количество соединений в креплении: различное

6.1 Расчет при сочетании Вес + Ветер (далее [ВВ])

6.1.1 [ВВ] Расчет на срез от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$N_s = \frac{\sqrt{N_z^2 + N_y^2}}{n_z} \cdot \gamma_m \leq N_{nrs}, \text{ кН}$$

где: N_z – вертикальная нагрузка на соединение, кН

N_y – горизонтальная нагрузка на соединение, кН

n_z – количество заклепок, шт

γ_m – коэффициент надёжности соединения

N_{nrs} – расчётное усилие на срез, кН

$$N_{s1} = \frac{\sqrt{0,113^2 + 0,447^2}}{4} \cdot 1,25 = 0,144 \leq 1,2 \text{ кН}$$

6.1.2 [ВВ] Расчет на смятие от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$\frac{\sqrt{(N_z)^2 + (N_y)^2}}{n_z \cdot d \cdot t} \cdot 1000 \leq R_{gr}, \text{ МПа}$$

где: d – диаметр отверстия для заклёпки (самореза), мм

t – толщина стенки направляющей, мм

R_{gr} – расчётное сопротивление смятию элементов, соединяемых заклёпками, МПа

$$\frac{\sqrt{0,113^2 + 0,447^2}}{4 \cdot 4,8 \cdot 1,5} \cdot 1000 = 16 \leq 190 \text{ МПа}$$

6.2 Расчет при сочетании Вес + Ветер + Гололёд (далее [ВВГ])

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							39
Изм.	Кол.уч	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

6.2.1 [ВВГ] Расчет на срез от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$N_{s1} = \frac{\sqrt{0,239^2 + 0,268^2}}{4} \cdot 1,25 = 0,112 \leq 1,2 \text{ кН}$$

6.2.2 [ВВГ] Расчет на смятие от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$\frac{\sqrt{0,239^2 + 0,268^2}}{4 - 4,8 - 1,5} \cdot 1000 = 12,5 \leq 190 \text{ МПа}$$

Вывод: Соединение кронштейна MF2.0 190LM с профилем отвечает требованиям прочности.

7. Расчет соединения кронштейна MF 190HS с профилем

Тип крепления: Шуруп 5,5х50 A2.

Допустимое усилие на срез: 9,76 кН.

Допустимое усилие на разрыв: 9,76 кН.

Количество соединений в креплении: различное

7.1 Расчет при сочетании Вес + Ветер (далее [ВВ])

7.1.1 [ВВ] Расчет на срез от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$N_s = \frac{\sqrt{N_z^2 + N_y^2}}{n_z} \cdot \gamma_m \leq N_{nrs}, \text{ кН}$$

где: N_z – вертикальная нагрузка на соединение, кН

N_y – горизонтальная нагрузка на соединение, кН

n_z – количество заклепок, шт

γ_m – коэффициент надёжности соединения

N_{nrs} – расчётное усилие на срез, кН

$$N_{s2} = \frac{\sqrt{0^2 + 0,59^2}}{1} \cdot 1,25 = 0,737 \leq 9,76 \text{ кН}$$

$$N_{s3} = \frac{\sqrt{0^2 + 0,473^2}}{1} \cdot 1,25 = 0,591 \leq 9,76 \text{ кН}$$

$$N_{s4} = \frac{\sqrt{0^2 + 0,582^2}}{1} \cdot 1,25 = 0,727 \leq 9,76 \text{ кН}$$

$$N_{s5} = \frac{\sqrt{0^2 + 0,442^2}}{1} \cdot 1,25 = 0,552 \leq 9,76 \text{ кН}$$

7.1.2 [ВВ] Расчет на смятие от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$\frac{\sqrt{(N_z)^2 + (N_y)^2}}{n_z \cdot d \cdot t} \cdot 1000 \leq R_{gp}, \text{ МПа}$$

где: d – диаметр отверстия для заклёпки (самореза), мм

t – толщина стенки направляющей, мм

R_{gp} – расчётное сопротивление смятию элементов, соединяемых заклёпками, МПа

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 40
Изм.	Кол.уч	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$\frac{\sqrt{0^2+0,59^2}}{1 - 5,5 - 1,5} \cdot 1000 = 71,5 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0^2+0,473^2}}{1 - 5,5 - 1,5} \cdot 1000 = 57,3 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0^2+0,582^2}}{1 - 5,5 - 1,5} \cdot 1000 = 70,5 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0^2+0,442^2}}{1 - 5,5 - 1,5} \cdot 1000 = 53,6 \leq 190 \text{ МПа}$$

7.2 Расчет при сочетании Вес + Ветер + Гололёд (далее [ВВГ])

7.2.1 [ВВГ] Расчет на срез от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$Ns2 = \frac{\sqrt{0^2+0,354^2}}{1} \cdot 1,25 = 0,442 \leq 9,76 \text{ кН}$$

$$Ns3 = \frac{\sqrt{0^2+0,284^2}}{1} \cdot 1,25 = 0,355 \leq 9,76 \text{ кН}$$

$$Ns4 = \frac{\sqrt{0^2+0,349^2}}{1} \cdot 1,25 = 0,436 \leq 9,76 \text{ кН}$$

$$Ns5 = \frac{\sqrt{0^2+0,265^2}}{1} \cdot 1,25 = 0,331 \leq 9,76 \text{ кН}$$

7.2.2 [ВВГ] Расчет на смятие от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$\frac{\sqrt{0^2+0,354^2}}{1 - 5,5 - 1,5} \cdot 1000 = 42,9 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0^2+0,284^2}}{1 - 5,5 - 1,5} \cdot 1000 = 34,4 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0^2+0,349^2}}{1 - 5,5 - 1,5} \cdot 1000 = 42,3 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0^2+0,265^2}}{1 - 5,5 - 1,5} \cdot 1000 = 32,1 \leq 190 \text{ МПа}$$

Вывод: Соединение кронштейна MF 190HS с профилем отвечает требованиям прочности.

8. Расчет прочности крепления кронштейна "MFT-MF2.0 190LM" к конструкциям здания

Крепление в железобетон на один анкер в верхнее отверстие. Расчётное усилие анкера на вырыв: 4 кН.

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 41
Изм.	Кол.уч	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

8.1 [BB] Вырывающее усилие анкера при сочетании Вес + Ветер (далее [BB]):

$$N_a = \frac{M_x}{h_z} + N_y - \frac{e_b}{e_a}, \text{ кН}$$

где: h_z – опорное плечо анкера по оси Z, м

e_b – плечо ветровой нагрузки по оси X, м

e_a – плечо анкера по оси X, м

$$N_a = \frac{0,03164}{0,0775} + 0,447 - \frac{0,0325}{0,0253} = 0,98 \leq 4 \text{ кН}$$

Ось анкера находится выше оси ветровой нагрузки, поэтому необходимо проводить проверку вырыва анкера для случая когда момент от ветровой нагрузки относительно точки анкерования превышает момент от веса (опрокидывание кронштейна)

8.1.1 [BB] Вырывающее усилие анкера при опрокидывании:

$$N_a = N_y - \frac{e_b - e_a}{e_a} N_y - \frac{a_z}{h_z} - \frac{M_x}{h_z}, \text{ кН}$$

где: a_z – расстояние от верхнего края кронштейна до оси ветровой нагрузки по оси z, м

h_z – расстояние от верхнего края кронштейна до оси анкера по оси z, м

Момент от ветровой нагрузки меньше момента от веса:

$$0,447 \cdot 0,0525 = 0,02347 < 0,03164, \text{ проверка не требуется.}$$

8.2 [BBГ] Вырывающее усилие анкера при сочетании Вес + Ветер + Гололёд (далее [BBГ]):

$$N_a = \frac{0,06692}{0,0775} + 0,268 - \frac{0,0325}{0,0253} = 1,21 \leq 4 \text{ кН}$$

8.2.1 [BBГ] Вырывающее усилие анкера при опрокидывании:

Момент от ветровой нагрузки меньше момента от веса:

$$0,268 \cdot 0,0525 = 0,01407 < 0,06692, \text{ проверка не требуется.}$$

Вывод: Крепление кронштейна MFT-MF2.0 190LM в железобетон на один анкер в верхнее отверстие отвечает требованиям прочности.

9. Расчет прочности крепления кронштейна "MFT-MF 190HS" к конструкциям здания

Крепление в ячеистые блоки на один анкер. Расчётное усилие анкера на вырыв: 1 кН.

9.1 [BB] Вырывающее усилие анкера при сочетании Вес + Ветер:

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 42
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$N_a = N_y \cdot \frac{e_b}{e_a}, \text{ кН}$$

где: e_b – плечо ветровой нагрузки по оси X, м

e_a – плечо анкера по оси X, м

$$N_{a2} = 0,59 \cdot \frac{0,047}{0,0285} = 0,97 \leq 1 \text{ кН}$$

$$N_{a3} = 0,473 \cdot \frac{0,047}{0,0285} = 0,78 \leq 1 \text{ кН}$$

$$N_{a4} = 0,582 \cdot \frac{0,047}{0,0285} = 0,96 \leq 1 \text{ кН}$$

$$N_{a5} = 0,442 \cdot \frac{0,047}{0,0285} = 0,73 \leq 1 \text{ кН}$$

9.2 [ВВГ] Вырывающее усилие анкера при сочетании Вес + Ветер + Гололёд:

$$N_{a2} = 0,354 \cdot \frac{0,047}{0,0285} = 0,58 \leq 1 \text{ кН}$$

$$N_{a3} = 0,284 \cdot \frac{0,047}{0,0285} = 0,47 \leq 1 \text{ кН}$$

$$N_{a4} = 0,349 \cdot \frac{0,047}{0,0285} = 0,58 \leq 1 \text{ кН}$$

$$N_{a5} = 0,265 \cdot \frac{0,047}{0,0285} = 0,44 \leq 1 \text{ кН}$$

Вывод: Крепление кронштейна MFT-MF 190HS в ячеистые блоки на один анкер отвечает требованиям прочности.

Согласовано			

Изм. № подл.	Подпись и дата		Взам. Инв. №	

						Расчёт по несущей способности	Лист 43
Изм.	Кол.уч	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

Расчет прочности монтажной схемы №3 (Расчетная схема 3 (угловая))

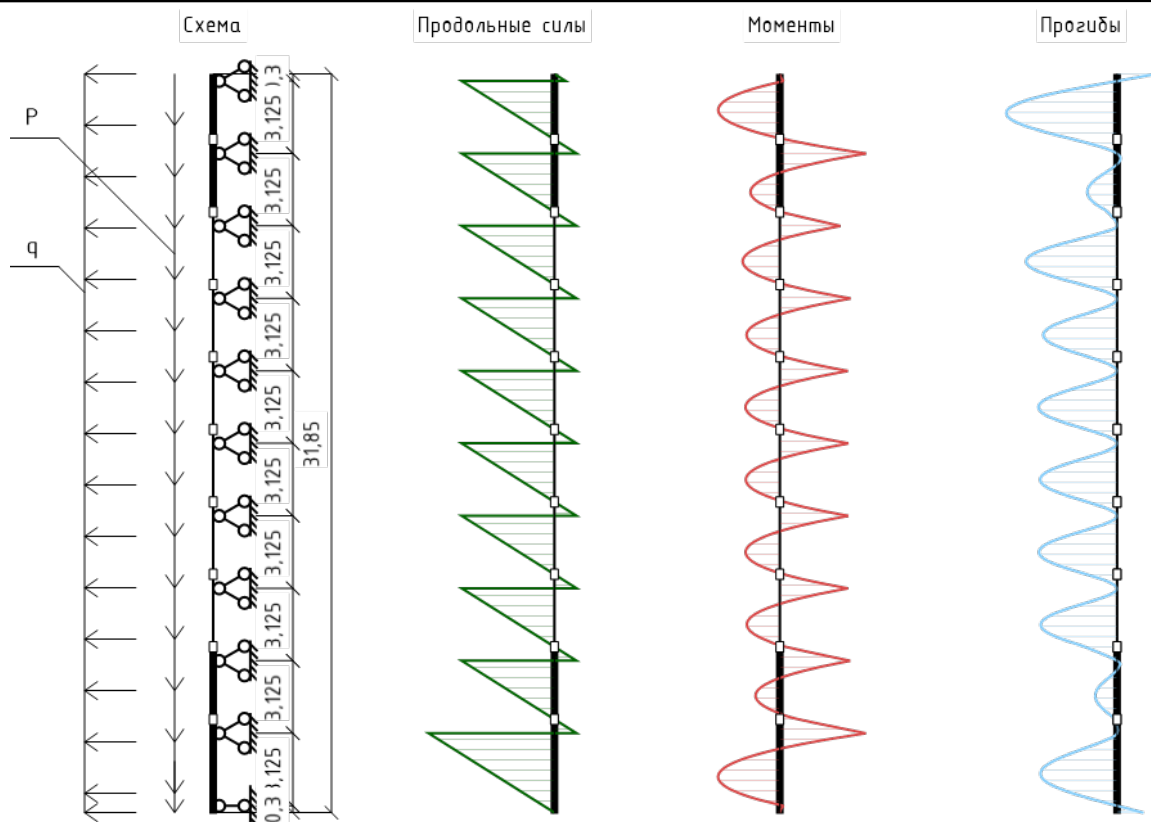
1. Исходные данные:

1. Район строительства:
2. Расчётная ветровая нагрузка: 2 кН/м^2
3. Высота применения: 120 м
4. Гололёдный район: II
5. Уровень ответственности здания: КС-2
6. Единый коэффициент надежности по ответственности: 1,1
7. Материал облицовки:
8. Вес облицовки: 8 кг/м^2 ($0,078 \text{ кН/м}^2$)
9. Вертикальный профиль: MFT-RP58 95x50L, MFT-RP58 77x50L, MFT-RP65 95x50L
10. Шаг вертикального профиля по горизонтали: 0,54 м
11. Схема вертикального профиля: десятипролетная балка $2 \times (\text{RP58 } 95 \times 50 \text{L_RB2.0 } 190 \text{L}[2])$
 $6 \times (\text{RP58 } 77 \times 50 \text{L_RB2.0 } 190 \text{L}[2])$
 $(\text{RP58 } 95 \times 50 \text{L_RB2.0 } 190 \text{L}[2])$
 $(\text{RP65 } 95 \times 50 \text{L_RB2.0 } 190 \text{L}[2])_ \text{RB2.0 } 190 \text{L}[2] \text{ } 0,3|10 \times (3,125)|0,3$
12. Вылет: 0,28 м
13. Несущие кронштейны:
-MFT-RB2.0 190L с креплением на два анкера в крайние отверстия в железобетон. Расчётное усилие анкера на вырыв: 4 кН.
14. Опорные кронштейны:
-MFT-RB2.0 190L с креплением на два анкера в крайние отверстия в ячеистые блоки. Расчётное усилие анкера на вырыв: 1 кН.

Согласовано			

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. Инв. №	

						Расчёт по несущей способности	Лист
							44
Изм.	Кол.уч	Лист	№Док.	Подпись	Дата		



2. Расчет вертикального профиля "MFT-RP58 95x50L"

Сплав: AlMgSi 6060 T66 Hilti

Профиль	Вес, кг/м	Сжаты волокна	A, см ²	Ix, см ⁴	Wx, см ³	E, МПа	Ry, МПа
RP58 95x50L	1,33	Полка	4,854	59,403	12,456	70000	135
		Полка	4,461	53,248	10,198		

2.1 Расчет при сочетании Вес + Ветер (далее [ВВ])

2.1.1 [ВВ] Расчётная погонная нагрузка от веса облицовки и профиля определяется по формуле (1):

$$P_z \text{ м.п.} = (P_o \cdot \gamma_f \cdot l_x + P_n \cdot \gamma_f) \cdot y_n, \text{ кН/м}$$

$$P_z \text{ м.п.} = (0,078 \cdot 1,1 \cdot 0,54 + 0,013 \cdot 1,05) \cdot 1,1 = 0,066 \text{ кН/м}$$

2.1.2 [ВВ] Продольные усилия в профиле:

$$N_z = P_z \text{ м.п.} \cdot l_z, \text{ кН}$$

где: l_z – длина направляющей, с которой собирается нагрузка, м.

$$N_{za} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{za} = 0,066 \cdot 0,3 = 0,02 \text{ кН}$$

$$N_{zl} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{zl} = 0,066 \cdot 2,525 = 0,167 \text{ кН}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата	Расчёт по несущей способности	Лист
							45

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.

2.1.3 [BB] Расчётная пиковая погонная нагрузка от отрицательного давления ветра определяется по формуле (2):

$$w_{p \text{ м.п.}} = w_{p(\text{усх})} \cdot \gamma_n \cdot l_x \cdot K_{нер}, \text{ кН/м}$$

$$w_{p \text{ м.п.}} = 2 \cdot 1,1 \cdot 0,54 \cdot 1,1 = 1,307 \text{ кН/м}$$

2.1.4 [BB] Определяем изгибающий момент на опоре от горизонтальной нагрузки:

$$M_x = k \cdot w \cdot l^2, \text{ кН·м}$$

где: k – коэффициент по п.8.1.7 Справочника проектировщика [5].

$$M_{xa1} = 0,5 \cdot 1,307 \cdot 0,3^2 = 0,059 \text{ кН·м}$$

$$M_{xl1} = 0,106 \cdot 1,307 \cdot 3,125^2 = 1,353 \text{ кН·м}$$

$$M_{xl2} = 0,106 \cdot 1,307 \cdot 3,125^2 = 1,353 \text{ кН·м}$$

$$M_{xl9} = 0,106 \cdot 1,307 \cdot 3,125^2 = 1,353 \text{ кН·м}$$

2.1.5 [BB] Нормальные напряжения на опоре во внешнем сечении направляющей (полка):

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} \cdot 1000 + \frac{N_z}{A} \cdot 10 \leq R - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma_a = \frac{0,059}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,02}{4,854} \cdot 10 = 4,8 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_l = \frac{1,353}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,167}{4,854} \cdot 10 = 109 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.1.6 [BB] Определяем изгибающий момент в пролёте от горизонтальной нагрузки:

M_{xa1} – отсутствует

$$M_{xl1} = 0,078 \cdot 1,307 \cdot 3,125^2 = 0,996 \text{ кН·м}$$

$$M_{xl2} = 0,034 \cdot 1,307 \cdot 3,125^2 = 0,434 \text{ кН·м}$$

$$M_{xl9} = 0,034 \cdot 1,307 \cdot 3,125^2 = 0,434 \text{ кН·м}$$

2.1.7 [BB] Нормальные напряжения в пролёте во внутреннем сечении направляющей (полка):

$$\sigma_{a1} = \frac{0}{10,198} \cdot 1000 + \frac{0,02}{4,461} \cdot 10 = 0 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l1} = \frac{0,996}{10,198} \cdot 1000 + \frac{0,167}{4,461} \cdot 10 = 98 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l2} = \frac{0,434}{10,198} \cdot 1000 + \frac{0,167}{4,461} \cdot 10 = 42,9 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							46
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$\sigma_{19} = \frac{0,434}{10,198} \cdot 1000 + \frac{0,167}{4,461} \cdot 10 = 42,9 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.1.8 [ВВ] Расчётная погонная нагрузка от положительного давления ветра численно равна отрицательной (см. пункт 2.1.3 [ВВ]).

2.1.9 [ВВ] Нормальные напряжения на опоре во внутреннем сечении направляющей (полка):

$$\sigma_{\alpha} = \frac{0,059}{10,198} \cdot 1000 + \frac{0,02}{4,461} \cdot 10 = 5,8 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_1 = \frac{1,353}{10,198} \cdot 1000 + \frac{0,167}{4,461} \cdot 10 = 133 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.1.10 [ВВ] Нормальные напряжения в пролёте во внешнем сечении направляющей (полка):

$$\sigma_{\alpha 1} = \frac{0}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,02}{4,854} \cdot 10 = 0 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{11} = \frac{0,996}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,167}{4,854} \cdot 10 = 80,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{12} = \frac{0,434}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,167}{4,854} \cdot 10 = 35,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{19} = \frac{0,434}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,167}{4,854} \cdot 10 = 35,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.1.11 [ВВ] Нормативная погонная нагрузка от отрицательного давления ветра определяется по формуле:

$$w_{н \text{ м.п.}} = \frac{w_p \text{ м.п.}}{\gamma_f \cdot \gamma_n}, \text{ кН/м}$$

$$w_{н \text{ м.п.}} = \frac{1,307}{1,4 \cdot 1,1} = 0,849 \text{ кН/м}$$

2.1.12 [ВВ] Расчет прогиба профиля:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{w_n \cdot l^4}{I_x \cdot E} - \frac{M_1 + M_2}{16 \cdot I_x \cdot E} \cdot \left(\frac{w_n}{w_p} \right) \cdot l^2 - 10 \leq \frac{l}{200}, \text{ см}$$

где: l – длина пролёта, см

w_p – расчётная нагрузка

M₁, M₂ – момент сверху и снизу от пролёта, кН · м.

допустимый прогиб определяется по СП 20.13330.2016 [7]

$$f_{11} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,849 \cdot 312,5^4}{53,248 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{1,353 \cdot 100}{16 \cdot 53,248 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,849}{1,307} \right) \cdot 312,5^2 - 10 = 1,39 \leq \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{12} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,849 \cdot 312,5^4}{53,248 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{1,353 \cdot 100 + 1,085 \cdot 100}{16 \cdot 53,248 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,849}{1,307} \right) \cdot 312,5^2 - 10 = 0,23 \leq \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{19} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,849 \cdot 312,5^4}{53,248 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{1,085 \cdot 100 + 1,353 \cdot 100}{16 \cdot 53,248 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,849}{1,307} \right) \cdot 312,5^2 - 10 = 0,23 \leq \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 47
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

2.1.13 [BB] Нормативная погонная нагрузка от положительного давления ветра численно равна отрицательной (см. пункт 2.1.11 [BB]).

2.1.14 [BB] Расчет прогиба профиля:

$$f_{l1} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,849 \cdot 312,5^4}{59,403 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{1,353 \cdot 100}{16 \cdot 59,403 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,849}{1,307} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 1,24 \pm \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{l2} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,849 \cdot 312,5^4}{59,403 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{1,353 \cdot 100 + 1,085 \cdot 100}{16 \cdot 59,403 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,849}{1,307} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 0,21 \pm \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{l9} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,849 \cdot 312,5^4}{59,403 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{1,085 \cdot 100 + 1,353 \cdot 100}{16 \cdot 59,403 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,849}{1,307} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 0,21 \pm \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

2.2 Расчет при сочетании Вес + Ветер + Гололёд (далее [BBГ])

2.2.1 [BBГ] Расчётная погонная нагрузка от веса облицовки и профиля равна 0,066 кН/м (см. пункт 2.1.1 [BB]).

2.2.2 [BBГ] Расчётная погонная нагрузка от гололёда определяется по формуле (3):

$$i \text{ м.п.} = b \cdot k \cdot \mu_z \cdot p \cdot g \cdot \gamma_f \cdot l_x \cdot \gamma_n / 1000, \text{ кН/м}$$

Коэффициент, учитывающий изменение толщины стенки гололеда по высоте, при этом вычисляется по формуле:

$$k = e^{0,007 \cdot h} = 2,718^{0,007 \cdot 120} = 2,32$$

$$i \text{ м.п.} = 5 \cdot 2,32 \cdot 0,6 \cdot 0,9 \cdot 9,81 \cdot 1,8 \cdot 0,54 \cdot 1,1 / 1000 = 0,066 \text{ кН/м}$$

2.2.3 [BBГ] Суммарная вертикальная расчётная погонная нагрузка:

$$q_{zp} \text{ м.п.} = P_{zp} \text{ м.п.} + i_{p} \text{ м.п.} = 0,066 + 0,066 = 0,132 \text{ кН/м}$$

2.2.4 [BBГ] Продольные усилия в профиле:

$$N_{za} = q_z \text{ м.п.} \cdot l_{za} = 0,132 \cdot 0,3 = 0,04 \text{ кН}$$

$$N_{zl} = q_z \text{ м.п.} \cdot l_{zl} = 0,132 \cdot 2,525 = 0,333 \text{ кН}$$

2.2.5 [BBГ] Расчётная погонная нагрузка от отрицательного давления ветра:

$$q_{wp} \text{ м.п.} = 0,6 \cdot w_p \text{ м.п.} = 0,6 \cdot 1,307 = 0,784 \text{ кН/м}$$

где: w_p м.п. – нагрузка от давления ветра при сочетании Вес+Ветер, кН/м (см. пункт 2.1.3 [BB]).

2.2.6 [BBГ] Определяем изгибающий момент на опоре от горизонтальной нагрузки:

$$M_{xa1} = 0,5 \cdot 0,784 \cdot 0,3^2 = 0,035 \text{ кН-м}$$

$$M_{xl1} = 0,106 \cdot 0,784 \cdot 3,125^2 = 0,812 \text{ кН-м}$$

$$M_{xl2} = 0,106 \cdot 0,784 \cdot 3,125^2 = 0,812 \text{ кН-м}$$

$$M_{xl9} = 0,106 \cdot 0,784 \cdot 3,125^2 = 0,812 \text{ кН-м}$$

2.2.7 [BBГ] Нормальные напряжения на опоре во внешнем сечении направляющей (полка):

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 48
Изм.	Код.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$\sigma_a = \frac{0,035}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,04}{4,854} \cdot 10 = 2,9 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_l = \frac{0,812}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,333}{4,854} \cdot 10 = 65,9 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.2.8 [ВВГ] Определяем изгибающий момент в пролёте от горизонтальной нагрузки:

M_{x1} – отсутствует

$$M_{x11} = 0,078 \cdot 0,784 \cdot 3,125^2 = 0,597 \text{ кН·м}$$

$$M_{x12} = 0,034 \cdot 0,784 \cdot 3,125^2 = 0,26 \text{ кН·м}$$

$$M_{x19} = 0,034 \cdot 0,784 \cdot 3,125^2 = 0,26 \text{ кН·м}$$

2.2.9 [ВВГ] Нормальные напряжения в пролёте во внутреннем сечении направляющей (полка):

$$\sigma_{a1} = \frac{0}{10,198} \cdot 1000 + \frac{0,04}{4,461} \cdot 10 = 0,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l1} = \frac{0,597}{10,198} \cdot 1000 + \frac{0,333}{4,461} \cdot 10 = 59,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l2} = \frac{0,26}{10,198} \cdot 1000 + \frac{0,333}{4,461} \cdot 10 = 26,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l9} = \frac{0,26}{10,198} \cdot 1000 + \frac{0,333}{4,461} \cdot 10 = 26,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.2.10 [ВВГ] Расчётная пиковая погонная нагрузка от положительного давления ветра:

$$q_{up \text{ м.п.}} = 0,6 \cdot w_p \text{ м.п.} = 0,6 \cdot 1,307 = 0,784 \text{ кН/м}$$

где: w_p м.п. – нагрузка от давления ветра при сочетании Вес+Ветер, кН/м (см. пункт 2.1.3 [ВВ]).

2.2.11 [ВВГ] Нормальные напряжения на опоре во внутреннем сечении направляющей (полка):

$$\sigma_a = \frac{0,035}{10,198} \cdot 1000 + \frac{0,04}{4,461} \cdot 10 = 3,5 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_l = \frac{0,812}{10,198} \cdot 1000 + \frac{0,333}{4,461} \cdot 10 = 80,4 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.2.12 [ВВГ] Нормальные напряжения в пролёте во внешнем сечении направляющей (полка):

$$\sigma_{a1} = \frac{0}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,04}{4,854} \cdot 10 = 0,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l1} = \frac{0,597}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,333}{4,854} \cdot 10 = 48,6 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l2} = \frac{0,26}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,333}{4,854} \cdot 10 = 21,6 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l9} = \frac{0,26}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,333}{4,854} \cdot 10 = 21,6 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.2.13 [ВВГ] Нормативная погонная нагрузка от отрицательного давления ветра:

Согласовано					
Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. Инв. №			

						Расчёт по несущей способности	Лист 49
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$q_{\text{ун м.п.}} = 0,6 \cdot w_{\text{н м.п.}} = 0,6 \cdot 0,849 = 0,509 \text{ кН/м}$$

где: $w_{\text{н м.п.}}$ – нагрузка от давления ветра при сочетании Вес+Ветер, кН/м (см. пункт 2.1.11 [BB]).

2.2.14 [BBГ] Расчет прогиба профиля:

$$f_{l1} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,509 - 312,5^4}{53,248 - 70000 - 10} - \frac{0,812 - 100}{16 - 53,248 - 70000} \cdot \left(\frac{0,509}{0,784} \right) - 312,5^2 - 10 = 0,83 \leq \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{l2} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,509 - 312,5^4}{53,248 - 70000 - 10} - \frac{0,812 - 100 + 0,651 - 100}{16 - 53,248 - 70000} \cdot \left(\frac{0,509}{0,784} \right) - 312,5^2 - 10 = 0,14 \leq \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{l9} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,509 - 312,5^4}{53,248 - 70000 - 10} - \frac{0,651 - 100 + 0,812 - 100}{16 - 53,248 - 70000} \cdot \left(\frac{0,509}{0,784} \right) - 312,5^2 - 10 = 0,14 \leq \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

2.2.15 [BBГ] Нормативная погонная нагрузка от положительного давления ветра:

$$q_{\text{ун м.п.}} = 0,6 \cdot w_{\text{н м.п.}} = 0,6 \cdot 0,849 = 0,509 \text{ кН/м}$$

где: $w_{\text{н м.п.}}$ – нагрузка от давления ветра при сочетании Вес+Ветер, кН/м (см. пункт 2.1.11 [BB]).

2.2.16 [BBГ] Расчет прогиба профиля:

$$f_{l1} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,509 - 312,5^4}{59,403 - 70000 - 10} - \frac{0,812 - 100}{16 - 59,403 - 70000} \cdot \left(\frac{0,509}{0,784} \right) - 312,5^2 - 10 = 0,75 \leq \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{l2} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,509 - 312,5^4}{59,403 - 70000 - 10} - \frac{0,812 - 100 + 0,651 - 100}{16 - 59,403 - 70000} \cdot \left(\frac{0,509}{0,784} \right) - 312,5^2 - 10 = 0,13 \leq \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{l9} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,509 - 312,5^4}{59,403 - 70000 - 10} - \frac{0,651 - 100 + 0,812 - 100}{16 - 59,403 - 70000} \cdot \left(\frac{0,509}{0,784} \right) - 312,5^2 - 10 = 0,13 \leq \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

Вывод: Направляющая MFT-RP58 95x50L отвечает требованиям прочности.

3. Расчет вертикального профиля "MFT-RP58 77x50L"

Сплав: AlMgSi 6060 T66 Hilti

Профиль	Вес, кг/м	A, см ²	Ix, см ⁴	Wx, см ³	E, МПа	Ry, МПа
RP58 77x50L	1,12	4,15	35,17	8,98	70000	135

3.1 Расчет при сочетании Вес + Ветер (далее [BB])

3.1.1 [BB] Расчётная погонная нагрузка от веса облицовки и профиля определяется по формуле (1):

$$P_z \text{ м.п.} = (P_o \cdot \chi_f \cdot l_x + P_n \cdot \chi_f) \cdot u_n, \text{ кН/м}$$

$$P_z \text{ м.п.} = (0,078 \cdot 1,1 \cdot 0,54 + 0,011 \cdot 1,05) \cdot 1,1 = 0,064 \text{ кН/м}$$

3.1.2 [BB] Продольные усилия в профиле:

$$N_z = P_z \text{ м.п.} \cdot l_z, \text{ кН}$$

где: l_z – длина направляющей, с которой собирается нагрузка, м.

Согласовано			

Взам. Инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

						Расчёт по несущей способности	Лист 50
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$N_z = P_z \text{ м.п.} \cdot l_z = 0,064 \cdot 2,525 = 0,162 \text{ кН}$$

$$N_z = P_z \text{ м.п.} \cdot l_z = 0,064 \cdot 2,525 = 0,162 \text{ кН}$$

$$N_z = P_z \text{ м.п.} \cdot l_z = 0,064 \cdot 2,525 = 0,162 \text{ кН}$$

$$N_z = P_z \text{ м.п.} \cdot l_z = 0,064 \cdot 2,525 = 0,162 \text{ кН}$$

$$N_z = P_z \text{ м.п.} \cdot l_z = 0,064 \cdot 2,525 = 0,162 \text{ кН}$$

$$N_z = P_z \text{ м.п.} \cdot l_z = 0,064 \cdot 2,525 = 0,162 \text{ кН}$$

3.1.3 [ВВ] Расчётная пиковая погонная нагрузка от давления ветра определяется по формуле (2):

$$w_p \text{ м.п.} = w_p(\text{усх}) \cdot \gamma_p \cdot l_x \cdot K_{нер}, \text{ кН/м}$$

$$w_p \text{ м.п.} = 2 \cdot 1,1 \cdot 0,54 \cdot 1,1 = 1,307 \text{ кН/м}$$

3.1.4 [ВВ] Определяем изгибающий момент от горизонтальной нагрузки:

$$M_x = k \cdot w \cdot l^2, \text{ кН·м}$$

где: k – коэффициент по п.8.1.7 Справочника проектировщика [5].

$$M_{x13} = 0,085 \cdot 1,307 \cdot 3,125^2 = 1,085 \text{ кН·м}$$

$$M_{x14} = 0,085 \cdot 1,307 \cdot 3,125^2 = 1,085 \text{ кН·м}$$

$$M_{x15} = 0,083 \cdot 1,307 \cdot 3,125^2 = 1,059 \text{ кН·м}$$

$$M_{x16} = 0,083 \cdot 1,307 \cdot 3,125^2 = 1,059 \text{ кН·м}$$

$$M_{x17} = 0,085 \cdot 1,307 \cdot 3,125^2 = 1,085 \text{ кН·м}$$

$$M_{x18} = 0,085 \cdot 1,307 \cdot 3,125^2 = 1,085 \text{ кН·м}$$

3.1.5 [ВВ] Нормальные напряжения в сечении направляющей:

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} \cdot 1000 + \frac{N_z}{A} \cdot 10 < R - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma_{13} = \frac{1,085}{8,98} \cdot 1000 + \frac{0,162}{4,15} \cdot 10 = 121,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{14} = \frac{1,085}{8,98} \cdot 1000 + \frac{0,162}{4,15} \cdot 10 = 121,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{15} = \frac{1,059}{8,98} \cdot 1000 + \frac{0,162}{4,15} \cdot 10 = 118,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{16} = \frac{1,059}{8,98} \cdot 1000 + \frac{0,162}{4,15} \cdot 10 = 118,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{17} = \frac{1,085}{8,98} \cdot 1000 + \frac{0,162}{4,15} \cdot 10 = 121,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{18} = \frac{1,085}{8,98} \cdot 1000 + \frac{0,162}{4,15} \cdot 10 = 121,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

3.1.6 [ВВ] Нормативная погонная нагрузка от давления ветра определяется по формуле:

$$w_n \text{ м.п.} = \frac{w_p \text{ м.п.}}{\gamma_f \cdot \gamma_p}, \text{ кН/м}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 51
Изм.	Кол.уч	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$w_{н \text{ м.п.}} = \frac{1,307}{1,4 - 1,1} = 0,849 \text{ кН/м}$$

3.1.7 [BB] Расчет прогиба профиля:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{w_{н} \cdot l^4}{I_x \cdot E} - \frac{M1 + M2}{16 \cdot I_x \cdot E} \cdot \left(\frac{w_{н}}{w_{р}} \right) \cdot l^2 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{l}{200}, \text{ см}$$

где: l – длина пролета, см

w_р – расчётная нагрузка

M1, M2 – момент сверху и снизу от пролета, кН · м.

допустимый прогиб определяется по СП 20.13330.2016 [7]

$$f_{13} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,849 \cdot 312,5^4}{35,17 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{1,353 \cdot 100 + 1,085 \cdot 100}{16 \cdot 35,17 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,849}{1,307} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 0,35 \leq \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{14} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,849 \cdot 312,5^4}{35,17 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{1,085 \cdot 100 + 1,059 \cdot 100}{16 \cdot 35,17 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,849}{1,307} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 0,83 \leq \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{15} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,849 \cdot 312,5^4}{35,17 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{1,085 \cdot 100 + 1,059 \cdot 100}{16 \cdot 35,17 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,849}{1,307} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 0,83 \leq \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{16} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,849 \cdot 312,5^4}{35,17 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{1,059 \cdot 100 + 1,085 \cdot 100}{16 \cdot 35,17 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,849}{1,307} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 0,83 \leq \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{17} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,849 \cdot 312,5^4}{35,17 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{1,059 \cdot 100 + 1,085 \cdot 100}{16 \cdot 35,17 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,849}{1,307} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 0,83 \leq \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{18} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,849 \cdot 312,5^4}{35,17 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{1,085 \cdot 100 + 1,353 \cdot 100}{16 \cdot 35,17 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,849}{1,307} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 0,35 \leq \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

3.2 Расчет при сочетании Вес + Ветер + Гололёд (далее [BBГ])

3.2.1 [BBГ] Расчётная погонная нагрузка от веса облицовки и профиля равна 0,064 кН/м (см. пункт 3.1.1 [BB]).

3.2.2 [BBГ] Расчётная погонная нагрузка от гололёда определяется по формуле (3):

$$i \text{ м.п.} = b \cdot k \cdot \mu_z \cdot p \cdot g \cdot \gamma_f \cdot l_x \cdot \gamma_n / 1000, \text{ кН/м}$$

Коэффициент, учитывающий изменение толщины стенки гололеда по высоте, при этом вычисляется по формуле:

$$k = e^{0,007 \cdot h} = 2,718^{0,007 \cdot 120} = 2,32$$

$$i \text{ м.п.} = 5 \cdot 2,32 \cdot 0,6 \cdot 0,9 \cdot 9,81 \cdot 1,8 \cdot 0,54 \cdot 1,1 / 1000 = 0,066 \text{ кН/м}$$

3.2.3 [BBГ] Суммарная вертикальная расчётная погонная нагрузка:

$$q_{зр \text{ м.п.}} = P_{зр \text{ м.п.}} + i_{р \text{ м.п.}} = 0,064 + 0,066 = 0,129 \text{ кН/м}$$

3.2.4 [BBГ] Продольные усилия в профиле:

$$N_z = q_z \text{ м.п.} \cdot l_z = 0,129 \cdot 2,525 = 0,326 \text{ кН}$$

$$N_z = q_z \text{ м.п.} \cdot l_z = 0,129 \cdot 2,525 = 0,326 \text{ кН}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 52
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$N_z = q_z \text{ м.п.} \cdot l_z = 0,129 \cdot 2,525 = 0,326 \text{ кН}$$

$$N_z = q_z \text{ м.п.} \cdot l_z = 0,129 \cdot 2,525 = 0,326 \text{ кН}$$

$$N_z = q_z \text{ м.п.} \cdot l_z = 0,129 \cdot 2,525 = 0,326 \text{ кН}$$

$$N_z = q_z \text{ м.п.} \cdot l_z = 0,129 \cdot 2,525 = 0,326 \text{ кН}$$

3.2.5 [ВВГ] Расчётная погонная нагрузка от давления ветра:

$$q_{wp} \text{ м.п.} = 0,6 \cdot w_p \text{ м.п.} = 0,6 \cdot 1,307 = 0,784 \text{ кН/м}$$

где: w_p м.п. – нагрузка от давления ветра при сочетании Вес+Ветер, кН/м (см. пункт 2.1.3 [ВВ]).

3.2.6 [ВВГ] Определяем изгибающий момент от горизонтальной нагрузки:

$$M_{x13} = 0,085 \cdot 0,784 \cdot 3,125^2 = 0,651 \text{ кН·м}$$

$$M_{x14} = 0,085 \cdot 0,784 \cdot 3,125^2 = 0,651 \text{ кН·м}$$

$$M_{x15} = 0,083 \cdot 0,784 \cdot 3,125^2 = 0,635 \text{ кН·м}$$

$$M_{x16} = 0,083 \cdot 0,784 \cdot 3,125^2 = 0,635 \text{ кН·м}$$

$$M_{x17} = 0,085 \cdot 0,784 \cdot 3,125^2 = 0,651 \text{ кН·м}$$

$$M_{x18} = 0,085 \cdot 0,784 \cdot 3,125^2 = 0,651 \text{ кН·м}$$

3.2.7 [ВВГ] Нормальные напряжения в сечении направляющей:

$$\sigma_{13} = \frac{0,651}{8,98} \cdot 1000 + \frac{0,326}{4,15} \cdot 10 = 73,3 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{14} = \frac{0,651}{8,98} \cdot 1000 + \frac{0,326}{4,15} \cdot 10 = 73,3 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{15} = \frac{0,635}{8,98} \cdot 1000 + \frac{0,326}{4,15} \cdot 10 = 71,5 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{16} = \frac{0,635}{8,98} \cdot 1000 + \frac{0,326}{4,15} \cdot 10 = 71,5 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{17} = \frac{0,651}{8,98} \cdot 1000 + \frac{0,326}{4,15} \cdot 10 = 73,3 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{18} = \frac{0,651}{8,98} \cdot 1000 + \frac{0,326}{4,15} \cdot 10 = 73,3 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

3.2.8 [ВВГ] Нормативная погонная нагрузка от давления ветра:

$$q_{wn} \text{ м.п.} = 0,6 \cdot w_n \text{ м.п.} = 0,6 \cdot 0,849 = 0,509 \text{ кН/м}$$

где: w_n м.п. – нагрузка от давления ветра при сочетании Вес+Ветер, кН/м (см. пункт 2.1.11 [ВВ]).

3.2.9 [ВВГ] Расчет прогиба профиля:

$$f_{13} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,509 \cdot 312,5^4}{35,17 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,812 \cdot 100 + 0,651 \cdot 100}{16 \cdot 35,17 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,509}{0,784} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 0,21 \pm \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{14} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,509 \cdot 312,5^4}{35,17 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,651 \cdot 100 + 0,635 \cdot 100}{16 \cdot 35,17 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,509}{0,784} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 0,5 \pm \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{15} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,509 \cdot 312,5^4}{35,17 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,651 \cdot 100 + 0,635 \cdot 100}{16 \cdot 35,17 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,509}{0,784} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 0,5 \pm \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							53
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$f_{l6} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,509 - 312,5^4}{35,17 - 70000 - 10} - \frac{0,635 - 100 + 0,651 - 100}{16 - 35,17 - 70000} \cdot \left(\frac{0,509}{0,784} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 0,5 \pm \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{l7} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,509 - 312,5^4}{35,17 - 70000 - 10} - \frac{0,635 - 100 + 0,651 - 100}{16 - 35,17 - 70000} \cdot \left(\frac{0,509}{0,784} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 0,5 \pm \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{l8} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,509 - 312,5^4}{35,17 - 70000 - 10} - \frac{0,651 - 100 + 0,812 - 100}{16 - 35,17 - 70000} \cdot \left(\frac{0,509}{0,784} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 0,21 \pm \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

Вывод: Направляющая MFT-RP58 77x50L отвечает требованиям прочности.

4. Расчет вертикального профиля "MFT-RP65 95x50L"

Сплав: AlMgSi 6060 T66 Hilti

Профиль	Вес, кг/м	Сжаты волокна	A, см ²	Ix, см ⁴	Wx, см ³	E, МПа	Ry, МПа
RP65 95x50L	1,73	Полка	6,4	86,28	17,78	70000	135
		Полка	6,274	86,084	17,653		

4.1 Расчет при сочетании Вес + Ветер (далее [BB])

4.1.1 [BB] Расчётная погонная нагрузка от веса облицовки и профиля определяется по формуле (1):

$$P_z \text{ м.п.} = (P_o \cdot \gamma_f \cdot l_x + P_n \cdot \gamma_f) \cdot y_n, \text{ кН/м}$$

$$P_z \text{ м.п.} = (0,078 \cdot 1,1 \cdot 0,54 + 0,017 \cdot 1,05) \cdot 1,1 = 0,071 \text{ кН/м}$$

4.1.2 [BB] Продольные усилия в профиле:

$$N_z = P_z \text{ м.п.} \cdot l_z, \text{ кН}$$

где: l_z – длина направляющей, с которой собирается нагрузка, м.

$$N_{zl} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{zl} = 0,071 \cdot 3,425 = 0,243 \text{ кН}$$

$$N_{za} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{za} = 0,071 \cdot 0,3 = 0,021 \text{ кН}$$

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.

4.1.3 [BB] Расчётная пиковая погонная нагрузка от отрицательного давления ветра определяется по формуле (2):

$$w_p \text{ м.п.} = w_p(\text{ух}) \cdot \gamma_p \cdot l_x \cdot K_{нер}, \text{ кН/м}$$

$$w_p \text{ м.п.} = 2 \cdot 1,1 \cdot 0,54 \cdot 1,1 = 1,307 \text{ кН/м}$$

4.1.4 [BB] Определяем изгибающий момент на опоре от горизонтальной нагрузки:

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							54
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$M_x = k \cdot w \cdot l^2, \text{ кН}\cdot\text{м}$$

где: k – коэффициент по п.8.1.7 Справочника проектировщика [5].

$$M_{x1} = 0,106 \cdot 1,307 \cdot 3,125^2 = 1,353 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{xa} = 0,5 \cdot 1,307 \cdot 0,3^2 = 0,059 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

4.1.5 [BB] Нормальные напряжения на опоре во внешнем сечении направляющей (полка):

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} \cdot 1000 + \frac{N_z}{A} \cdot 10 \leq R - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma_1 = \frac{1,353}{17,78} \cdot 1000 + \frac{0,243}{6,4} \cdot 10 = 76,5 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_a = \frac{0,059}{17,78} \cdot 1000 + \frac{0,021}{6,4} \cdot 10 = 3,4 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

4.1.6 [BB] Определяем изгибающий момент в пролёте от горизонтальной нагрузки:

$$M_{x1} = 0,078 \cdot 1,307 \cdot 3,125^2 = 0,996 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

M_{xa} – отсутствует

4.1.7 [BB] Нормальные напряжения в пролёте во внутреннем сечении направляющей (полка):

$$\sigma_1 = \frac{0,996}{17,653} \cdot 1000 + \frac{0,243}{6,274} \cdot 10 = 56,8 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_a = \frac{0}{17,653} \cdot 1000 + \frac{0,021}{6,274} \cdot 10 = 0 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

4.1.8 [BB] Расчётная пиковая погонная нагрузка от положительного давления ветра численно равна отрицательной (см. пункт 2.1.3 [BB]).

4.1.9 [BB] Нормальные напряжения на опоре во внутреннем сечении направляющей (полка):

$$\sigma_1 = \frac{1,353}{17,653} \cdot 1000 + \frac{0,243}{6,274} \cdot 10 = 77 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_a = \frac{0,059}{17,653} \cdot 1000 + \frac{0,021}{6,274} \cdot 10 = 3,4 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

4.1.10 [BB] Нормальные напряжения в пролёте во внешнем сечении направляющей (полка):

$$\sigma_1 = \frac{0,996}{17,78} \cdot 1000 + \frac{0,243}{6,4} \cdot 10 = 56,4 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_a = \frac{0}{17,78} \cdot 1000 + \frac{0,021}{6,4} \cdot 10 = 0 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

4.1.11 [BB] Нормативная погонная нагрузка от отрицательного давления ветра определяется по формуле:

$$w_{н \text{ м.п.}} = \frac{w_{р \text{ м.п.}}}{\gamma_f \cdot \gamma_n}, \text{ кН/м}$$

Согласовано			
Взам. Инв. №			
Подпись и дата			
Инв. № подл.			

						Расчёт по несущей способности	Лист 55
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$w_{н.м.п.} = \frac{1,307}{1,4 - 1,1} = 0,849 \text{ кН/м}$$

4.1.12 [BB] Расчет прогиба профиля:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{w_{н.} \cdot l^4}{I_x - E} - \frac{M1 + M2}{16 \cdot I_x - E} \cdot \left(\frac{w_{н.}}{w_{р.}} \right) \cdot l^2 - 10 \cdot \frac{l}{200}, \text{ см}$$

где: l – длина пролета, см

w_р – расчётная нагрузка

M1, M2 – момент сверху и снизу от пролета, кН · м.

допустимый прогиб определяется по СП 20.13330.2016 [7]

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,849 \cdot 312,5^4}{86,084 - 70000 - 10} - \frac{1,353 \cdot 100}{16 \cdot 86,084 - 70000} \cdot \left(\frac{0,849}{1,307} \right) \cdot 312,5^2 - 10 = 0,86 \pm \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

4.1.13 [BB] Нормативная погонная нагрузка от положительного давления ветра численно равна отрицательной (см. пункт 2.1.11 [BB]).

4.1.14 [BB] Расчет прогиба профиля:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,849 \cdot 312,5^4}{86,28 - 70000 - 10} - \frac{1,353 \cdot 100}{16 \cdot 86,28 - 70000} \cdot \left(\frac{0,849}{1,307} \right) \cdot 312,5^2 - 10 = 0,86 \pm \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

4.2 Расчет при сочетании Вес + Ветер + Гололёд (далее [BBГ])

4.2.1 [BBГ] Расчётная погонная нагрузка от веса облицовки и профиля равна 0,071 кН/м (см. пункт 4.1.1 [BB]).

4.2.2 [BBГ] Расчётная погонная нагрузка от гололёда определяется по формуле (3):

$$i \text{ м.п.} = b \cdot k \cdot \mu_2 \cdot p \cdot g \cdot \gamma_f \cdot l_x \cdot \gamma_n / 1000, \text{ кН/м}$$

Коэффициент, учитывающий изменение толщины стенки гололеда по высоте, при этом вычисляется по формуле:

$$k = e^{0,007 \cdot h} = 2,718^{0,007 \cdot 120} = 2,32$$

$$i \text{ м.п.} = 5 \cdot 2,32 \cdot 0,6 \cdot 0,9 \cdot 9,81 \cdot 1,8 \cdot 0,54 \cdot 1,1 / 1000 = 0,066 \text{ кН/м}$$

4.2.3 [BBГ] Суммарная вертикальная расчётная погонная нагрузка:

$$q_{zр} \text{ м.п.} = P_{zр} \text{ м.п.} + i_{р} \text{ м.п.} = 0,071 + 0,066 = 0,136 \text{ кН/м}$$

4.2.4 [BBГ] Продольные усилия в профиле:

$$N_{zl} = q_z \text{ м.п.} \cdot l_{zl} = 0,136 \cdot 3,425 = 0,466 \text{ кН}$$

$$N_{za} = q_z \text{ м.п.} \cdot l_{za} = 0,136 \cdot 0,3 = 0,041 \text{ кН}$$

4.2.5 [BBГ] Расчётная погонная нагрузка от отрицательного давления ветра:

$$q_{ур} \text{ м.п.} = 0,6 \cdot w_{р} \text{ м.п.} = 0,6 \cdot 1,307 = 0,784 \text{ кН/м}$$

где: w_р м.п. – нагрузка от давления ветра при сочетании Вес+Ветер, кН/м (см. пункт 2.1.3 [BB]).

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 56
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

4.2.6 [ВВГ] Определяем изгибающий момент на опоре от горизонтальной нагрузки:

$$M_{x1} = 0,106 - 0,784 \cdot 3,125^2 = 0,812 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{xa} = 0,5 - 0,784 \cdot 0,3^2 = 0,035 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

4.2.7 [ВВГ] Нормальные напряжения на опоре во внешнем сечении направляющей (полка):

$$\sigma_1 = \frac{0,812}{17,78} \cdot 1000 + \frac{0,466}{6,4} \cdot 10 = 46,4 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_a = \frac{0,035}{17,78} \cdot 1000 + \frac{0,041}{6,4} \cdot 10 = 2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

4.2.8 [ВВГ] Определяем изгибающий момент в пролёте от горизонтальной нагрузки:

$$M_{x1} = 0,078 - 0,784 \cdot 3,125^2 = 0,597 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

M_{xa} – отсутствует

4.2.9 [ВВГ] Нормальные напряжения в пролёте во внутреннем сечении направляющей (полка):

$$\sigma_1 = \frac{0,597}{17,653} \cdot 1000 + \frac{0,466}{6,274} \cdot 10 = 34,6 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_a = \frac{0}{17,653} \cdot 1000 + \frac{0,041}{6,274} \cdot 10 = 0,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

4.2.10 [ВВГ] Расчётная пиковая погонная нагрузка от положительного давления ветра:

$$q_{up \text{ м.п.}} = 0,6 \cdot w_{p \text{ м.п.}} = 0,6 \cdot 1,307 = 0,784 \text{ кН/м}$$

где: $w_{p \text{ м.п.}}$ – нагрузка от давления ветра при сочетании Вес+Ветер, кН/м (см. пункт 2.1.3 [ВВ]).

4.2.11 [ВВГ] Нормальные напряжения на опоре во внутреннем сечении направляющей (полка):

$$\sigma_1 = \frac{0,812}{17,653} \cdot 1000 + \frac{0,466}{6,274} \cdot 10 = 46,7 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_a = \frac{0,035}{17,653} \cdot 1000 + \frac{0,041}{6,274} \cdot 10 = 2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

4.2.12 [ВВГ] Нормальные напряжения в пролёте во внешнем сечении направляющей (полка):

$$\sigma_1 = \frac{0,597}{17,78} \cdot 1000 + \frac{0,466}{6,4} \cdot 10 = 34,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_a = \frac{0}{17,78} \cdot 1000 + \frac{0,041}{6,4} \cdot 10 = 0,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

4.2.13 [ВВГ] Нормативная погонная нагрузка от отрицательного давления ветра:

$$q_{un \text{ м.п.}} = 0,6 \cdot w_{n \text{ м.п.}} = 0,6 \cdot 0,849 = 0,509 \text{ кН/м}$$

где: $w_{n \text{ м.п.}}$ – нагрузка от давления ветра при сочетании Вес+Ветер, кН/м (см. пункт 2.1.11 [ВВ]).

4.2.14 [ВВГ] Расчет прогиба профиля:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,509 \cdot 312,5^4}{86,084 \cdot 70000 \cdot 10} + \frac{0,812 \cdot 100}{16 \cdot 86,084 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,509}{0,784} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 0,51 \leq \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 57
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

4.2.15 [ВВГ] Нормативная погонная нагрузка от положительного давления ветра:

$$q_{\text{н.п.}} = 0,6 \cdot w_{\text{н.п.}} = 0,6 \cdot 0,849 = 0,509 \text{ кН/м}$$

где: $w_{\text{н.п.}}$ – нагрузка от давления ветра при сочетании Вес+Ветер, кН/м (см. пункт 2.1.11 [ВВ]).

4.2.16 [ВВГ] Расчет прогиба профиля:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,509 \cdot 312,5^4}{86,28 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,812 \cdot 100}{16 \cdot 86,28 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,509}{0,784} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 0,51 \leq \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

Вывод: Направляющая MFT-RP65 95x50L отвечает требованиям прочности.

6. Расчет реакций, передающихся на кронштейны:

6.1 Расчет реакций при сочетании Вес + Ветер (далее [ВВ]):

6.1.1 [ВВ] Реакции от вертикальной нагрузки:

$$N_z = P_z \text{ м.п.} \cdot l_z, \text{ кН}$$

где: P_z м.п. – вертикальная нагрузка на вертикальный профиль, кН/м

l_z – длина вертикального профиля, с которого собирается нагрузка, м

$$N_{z1} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{z1} = 0,066 \cdot 2,825 = 0,186 \text{ кН}$$

$$N_{z2} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{z2} = 0,066 \cdot 3,125 = 0,206 \text{ кН}$$

$$N_{z3} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{z3} = 0,066 \cdot 3,125 = 0,206 \text{ кН}$$

$$N_{z4} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{z4} = 0,064 \cdot 3,125 = 0,2 \text{ кН}$$

$$N_{z5} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{z5} = 0,064 \cdot 3,125 = 0,2 \text{ кН}$$

$$N_{z6} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{z6} = 0,064 \cdot 3,125 = 0,2 \text{ кН}$$

$$N_{z7} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{z7} = 0,064 \cdot 3,125 = 0,2 \text{ кН}$$

$$N_{z8} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{z8} = 0,064 \cdot 3,125 = 0,2 \text{ кН}$$

$$N_{z9} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{z9} = 0,064 \cdot 3,125 = 0,2 \text{ кН}$$

$$N_{z10.1} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{z10.1} = 0,066 \cdot 4,025 = 0,266 \text{ кН}$$

$N_{z10.2}$ – отсутствует

6.1.2 [ВВ] Реакции от горизонтальной нагрузки:

Для кронштейна между пролетом и консолью вертикального профиля:

$$N_y = w_p \text{ м.п.} \cdot (k \cdot l + a), \text{ кН}$$

Для кронштейна между пролетами вертикального профиля:

$$N_y = w_p \text{ м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_i + l_{i-1}}{2}, \text{ кН}$$

где: k – коэффициент по п.8.1.7 Справочника проектировщика [5].

$$N_{y1} = w_p \text{ м.п.} \cdot (k \cdot l_1 + a_1) = 1,307 \cdot (0,39 \cdot 3,125 + 0,3) = 1,985 \text{ кН}$$

$$N_{y2} = w_p \text{ м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_{i1} + l_{i2}}{2} = 1,307 \cdot 1,13 \cdot \frac{3,125 + 3,125}{2} = 4,615 \text{ кН}$$

$$N_{y3} = w_p \text{ м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_{i2} + l_{i3}}{2} = 1,307 \cdot 0,96 \cdot \frac{3,125 + 3,125}{2} = 3,921 \text{ кН}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							58
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$N_{y4} = w_p \text{ м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_{13} + l_{14}}{2} = 1,307 \cdot 1,01 \cdot \frac{3,125 + 3,125}{2} = 4,125 \text{ кН}$$

$$N_{y5} = w_p \text{ м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_{14} + l_{15}}{2} = 1,307 \cdot 1 \cdot \frac{3,125 + 3,125}{2} = 4,084 \text{ кН}$$

$$N_{y6} = w_p \text{ м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_{15} + l_{16}}{2} = 1,307 \cdot 1 \cdot \frac{3,125 + 3,125}{2} = 4,084 \text{ кН}$$

$$N_{y7} = w_p \text{ м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_{16} + l_{17}}{2} = 1,307 \cdot 1 \cdot \frac{3,125 + 3,125}{2} = 4,084 \text{ кН}$$

$$N_{y8} = w_p \text{ м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_{17} + l_{18}}{2} = 1,307 \cdot 1,01 \cdot \frac{3,125 + 3,125}{2} = 4,125 \text{ кН}$$

$$N_{y9} = w_p \text{ м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_{18} + l_{19}}{2} = 1,307 \cdot 0,96 \cdot \frac{3,125 + 3,125}{2} = 3,921 \text{ кН}$$

$$N_{y10.1} = w_p \text{ м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_{19} + l_{110}}{2} = 1,307 \cdot 1,13 \cdot \frac{3,125 + 3,125}{2} = 4,615 \text{ кН}$$

$$N_{y10.2} = w_p \text{ м.п.} \cdot (k \cdot l_{110} + a_2) = 1,307 \cdot (0,39 \cdot 3,125 + 0,3) = 1,985 \text{ кН}$$

6.2 Расчет реакций при сочетании Вес + Ветер + Гололёд (далее [ВВГ]):

6.2.1 [ВВГ] Реакции от вертикальной нагрузки:

$$N_{z1} = q_z \text{ м.п.} \cdot l_{z1} = 0,132 \cdot 2,825 = 0,373 \text{ кН}$$

$$N_{z2} = q_z \text{ м.п.} \cdot l_{z2} = 0,132 \cdot 3,125 = 0,413 \text{ кН}$$

$$N_{z3} = q_z \text{ м.п.} \cdot l_{z3} = 0,132 \cdot 3,125 = 0,413 \text{ кН}$$

$$N_{z4} = q_z \text{ м.п.} \cdot l_{z4} = 0,129 \cdot 3,125 = 0,403 \text{ кН}$$

$$N_{z5} = q_z \text{ м.п.} \cdot l_{z5} = 0,129 \cdot 3,125 = 0,403 \text{ кН}$$

$$N_{z6} = q_z \text{ м.п.} \cdot l_{z6} = 0,129 \cdot 3,125 = 0,403 \text{ кН}$$

$$N_{z7} = q_z \text{ м.п.} \cdot l_{z7} = 0,129 \cdot 3,125 = 0,403 \text{ кН}$$

$$N_{z8} = q_z \text{ м.п.} \cdot l_{z8} = 0,129 \cdot 3,125 = 0,403 \text{ кН}$$

$$N_{z9} = q_z \text{ м.п.} \cdot l_{z9} = 0,129 \cdot 3,125 = 0,403 \text{ кН}$$

$$N_{z10.1} = q_z \text{ м.п.} \cdot l_{z10.1} = 0,132 \cdot 4,025 = 0,531 \text{ кН}$$

$$N_{z10.2} - \text{отсутствует}$$

6.2.2 [ВВГ] Реакции от горизонтальной нагрузки:

$$N_{y1} = w_p \text{ м.п.} \cdot (k \cdot l_1 + a_1) = 0,784 \cdot (0,39 \cdot 3,125 + 0,3) = 1,191 \text{ кН}$$

$$N_{y2} = w_p \text{ м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_{11} + l_{12}}{2} = 0,784 \cdot 1,13 \cdot \frac{3,125 + 3,125}{2} = 2,768 \text{ кН}$$

$$N_{y3} = w_p \text{ м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_{12} + l_{13}}{2} = 0,784 \cdot 0,96 \cdot \frac{3,125 + 3,125}{2} = 2,352 \text{ кН}$$

$$N_{y4} = w_p \text{ м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_{13} + l_{14}}{2} = 0,784 \cdot 1,01 \cdot \frac{3,125 + 3,125}{2} = 2,475 \text{ кН}$$

$$N_{y5} = w_p \text{ м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_{14} + l_{15}}{2} = 0,784 \cdot 1 \cdot \frac{3,125 + 3,125}{2} = 2,45 \text{ кН}$$

$$N_{y6} = w_p \text{ м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_{15} + l_{16}}{2} = 0,784 \cdot 1 \cdot \frac{3,125 + 3,125}{2} = 2,45 \text{ кН}$$

$$N_{y7} = w_p \text{ м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_{16} + l_{17}}{2} = 0,784 \cdot 1 \cdot \frac{3,125 + 3,125}{2} = 2,45 \text{ кН}$$

$$N_{y8} = w_p \text{ м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_{17} + l_{18}}{2} = 0,784 \cdot 1,01 \cdot \frac{3,125 + 3,125}{2} = 2,475 \text{ кН}$$

$$N_{y9} = w_p \text{ м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_{18} + l_{19}}{2} = 0,784 \cdot 0,96 \cdot \frac{3,125 + 3,125}{2} = 2,352 \text{ кН}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 59
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$N_{y10.1} = w_p \text{ м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_{y9} + l_{y10}}{2} = 0,784 \cdot 1,13 \cdot \frac{3,125 + 3,125}{2} = 2,768 \text{ кН}$$

$$N_{y10.2} = w_p \text{ м.п.} \cdot (k \cdot l_{y10} + a_2) = 0,784 \cdot (0,39 \cdot 3,125 + 0,3) = 1,191 \text{ кН}$$

7. Расчет кронштейна "MFT-RB2.0 190L"

Сплав: AlMgSi 6060 T66 Hilti

Кронштейн	Сечение	A, см ²	Jx, см ⁴	Wx, см ³	Jy, см ⁴	Wy, см ³	Wп, см ³	Wпш, см ³	E, МПа	Ry, МПа
MFT-RB2.0 190L	1-1	2,918	58,0223	8,927	19,3034	7,189	0,737	0,857	70000	120
	2-2	7,592	106,9207	16,449	54,9496	19,383				

7.1 Расчет кронштейна при сочетании Вес + Ветер (далее [ВВ]).

7.1.1 [ВВ] Расчет консоли кронштейна по сечению 1-1:

Изгибающий момент в консоли кронштейна от вертикальной нагрузки:

$$M_{x1} = N_{z1} \cdot e_y = 0,186 \cdot 0,095 = 0,01767 \text{ кН·м}$$

$$M_{x2} = N_{z2} \cdot e_y = 0,206 \cdot 0,095 = 0,01957 \text{ кН·м}$$

$$M_{x3} = N_{z3} \cdot e_y = 0,206 \cdot 0,095 = 0,01957 \text{ кН·м}$$

$$M_{x4} = N_{z4} \cdot e_y = 0,2 \cdot 0,095 = 0,019 \text{ кН·м}$$

$$M_{x5} = N_{z5} \cdot e_y = 0,2 \cdot 0,095 = 0,019 \text{ кН·м}$$

$$M_{x6} = N_{z6} \cdot e_y = 0,2 \cdot 0,095 = 0,019 \text{ кН·м}$$

$$M_{x7} = N_{z7} \cdot e_y = 0,2 \cdot 0,095 = 0,019 \text{ кН·м}$$

$$M_{x8} = N_{z8} \cdot e_y = 0,2 \cdot 0,095 = 0,019 \text{ кН·м}$$

$$M_{x9} = N_{z9} \cdot e_y = 0,2 \cdot 0,095 = 0,019 \text{ кН·м}$$

$$M_{x10.1} = N_{z10.1} \cdot e_y = 0,266 \cdot 0,095 = 0,02527 \text{ кН·м}$$

M_{x10.2} – отсутствует

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 1-1:

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} \cdot 1000 + \frac{N_y}{A} \cdot 10 \leq R_y \text{ - ус, МПа}$$

$$\sigma_1 = \frac{0,01767}{8,927} \cdot 1000 + \frac{1,985}{2,918} \cdot 10 = 8,8 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_2 = \frac{0,01957}{8,927} \cdot 1000 + \frac{4,615}{2,918} \cdot 10 = 18 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{0,01957}{8,927} \cdot 1000 + \frac{3,921}{2,918} \cdot 10 = 15,6 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,019}{8,927} \cdot 1000 + \frac{4,125}{2,918} \cdot 10 = 16,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,019}{8,927} \cdot 1000 + \frac{4,084}{2,918} \cdot 10 = 16,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							60
Изм.	Кол.уч	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$\sigma_6 = \frac{0,019}{8,927} \cdot 1000 + \frac{4,084}{2,918} \cdot 10 = 16,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_7 = \frac{0,019}{8,927} \cdot 1000 + \frac{4,084}{2,918} \cdot 10 = 16,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_8 = \frac{0,019}{8,927} \cdot 1000 + \frac{4,125}{2,918} \cdot 10 = 16,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_9 = \frac{0,019}{8,927} \cdot 1000 + \frac{3,921}{2,918} \cdot 10 = 15,6 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{10.1} = \frac{0,02527}{8,927} \cdot 1000 + \frac{4,615}{2,918} \cdot 10 = 18,6 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{10.2} = \frac{1,985}{2,918} \cdot 10 = 6,8 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

7.1.2 [ВВ] Расчет консоли кронштейна по сечению 2-2:

Изгибающий момент в консоли кронштейна от вертикальной нагрузки:

$$M_{x1} = N_{z1} \cdot e_y = 0,186 \cdot 0,28 = 0,05208 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x2} = N_{z2} \cdot e_y = 0,206 \cdot 0,28 = 0,05768 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x3} = N_{z3} \cdot e_y = 0,206 \cdot 0,28 = 0,05768 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x4} = N_{z4} \cdot e_y = 0,2 \cdot 0,28 = 0,056 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x5} = N_{z5} \cdot e_y = 0,2 \cdot 0,28 = 0,056 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x6} = N_{z6} \cdot e_y = 0,2 \cdot 0,28 = 0,056 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x7} = N_{z7} \cdot e_y = 0,2 \cdot 0,28 = 0,056 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x8} = N_{z8} \cdot e_y = 0,2 \cdot 0,28 = 0,056 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x9} = N_{z9} \cdot e_y = 0,2 \cdot 0,28 = 0,056 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x10.1} = N_{z10.1} \cdot e_y = 0,266 \cdot 0,28 = 0,07448 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$M_{x10.2}$ – отсутствует

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 2-2:

$$\sigma_1 = \frac{0,05208}{16,449} \cdot 1000 + \frac{1,985}{7,592} \cdot 10 = 5,8 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_2 = \frac{0,05768}{16,449} \cdot 1000 + \frac{4,615}{7,592} \cdot 10 = 9,6 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{0,05768}{16,449} \cdot 1000 + \frac{3,921}{7,592} \cdot 10 = 8,7 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,056}{16,449} \cdot 1000 + \frac{4,125}{7,592} \cdot 10 = 8,8 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,056}{16,449} \cdot 1000 + \frac{4,084}{7,592} \cdot 10 = 8,8 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_6 = \frac{0,056}{16,449} \cdot 1000 + \frac{4,084}{7,592} \cdot 10 = 8,8 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_7 = \frac{0,056}{16,449} \cdot 1000 + \frac{4,084}{7,592} \cdot 10 = 8,8 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№Док.	Подпись	Дата		61

$$\sigma_8 = \frac{0,056}{16,449} \cdot 1000 + \frac{4,125}{7,592} \cdot 10 = 8,8 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_9 = \frac{0,056}{16,449} \cdot 1000 + \frac{3,921}{7,592} \cdot 10 = 8,6 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{10.1} = \frac{0,07448}{16,449} \cdot 1000 + \frac{4,615}{7,592} \cdot 10 = 10,6 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{10.2} = \frac{1,985}{7,592} \cdot 10 = 2,6 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

7.1.3 [ВВ] Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$M_z = \frac{N_y}{nn} \cdot ex1, \text{ кН}\cdot\text{м}$$

где: nn – количество полок кронштейна

ex1 – расстояние от оси ветровой нагрузки до края шляпки анкера, м

$$M_{z1} = 1,985 / 2 \cdot 0,0232 = 0,02303 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z2} = 4,615 / 2 \cdot 0,0232 = 0,05353 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z3} = 3,921 / 2 \cdot 0,0232 = 0,04548 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z4} = 4,125 / 2 \cdot 0,0232 = 0,04785 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z5} = 4,084 / 2 \cdot 0,0232 = 0,04737 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z6} = 4,084 / 2 \cdot 0,0232 = 0,04737 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z7} = 4,084 / 2 \cdot 0,0232 = 0,04737 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z8} = 4,125 / 2 \cdot 0,0232 = 0,04785 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z9} = 3,921 / 2 \cdot 0,0232 = 0,04548 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z10.1} = 4,615 / 2 \cdot 0,0232 = 0,05353 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z10.2} = 1,985 / 2 \cdot 0,0232 = 0,02303 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$\sigma = \frac{M_z}{W_{nш}} \cdot 1000 \leq R_y - \text{ус, МПа}$$

где: W_{nш} – момент сопротивления пяты кронштейна с шайбой MFT-BFW 30x40x3, см³.

$$\sigma_1 = \frac{0,02303}{0,857} \cdot 1000 = 26,9 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_2 = \frac{0,05353}{0,857} \cdot 1000 = 62,5 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{0,04548}{0,857} \cdot 1000 = 53,1 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,04785}{0,857} \cdot 1000 = 55,8 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,04737}{0,857} \cdot 1000 = 55,3 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

Согласовано					
Изм. № подл.	Изм. №	Взам. Инв. №	Подпись и дата		
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата

Расчёт по несущей способности

Лист

62

$$\sigma_6 = \frac{0,04737}{0,857} \cdot 1000 = 55,3 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_7 = \frac{0,04737}{0,857} \cdot 1000 = 55,3 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_8 = \frac{0,04785}{0,857} \cdot 1000 = 55,8 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_9 = \frac{0,04548}{0,857} \cdot 1000 = 53,1 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{10.1} = \frac{0,05353}{0,857} \cdot 1000 = 62,5 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{10.2} = \frac{0,02303}{0,857} \cdot 1000 = 26,9 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

7.1.4 [BB] Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$M_z = N_y / n_n \cdot e_{x2}, \text{ кН}\cdot\text{м}$$

где: n_n – количество полок кронштейна

e_{x2} – расстояние от оси ветровой нагрузки до края шайбы, м

$$M_{z1} = 1,985 / 2 \cdot 0,0172 = 0,01707 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z2} = 4,615 / 2 \cdot 0,0172 = 0,03969 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z3} = 3,921 / 2 \cdot 0,0172 = 0,03372 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z4} = 4,125 / 2 \cdot 0,0172 = 0,03548 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z5} = 4,084 / 2 \cdot 0,0172 = 0,03512 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z6} = 4,084 / 2 \cdot 0,0172 = 0,03512 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z7} = 4,084 / 2 \cdot 0,0172 = 0,03512 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z8} = 4,125 / 2 \cdot 0,0172 = 0,03548 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z9} = 3,921 / 2 \cdot 0,0172 = 0,03372 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z10.1} = 4,615 / 2 \cdot 0,0172 = 0,03969 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z10.2} = 1,985 / 2 \cdot 0,0172 = 0,01707 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$\sigma = \frac{M_z}{W_n} \cdot 1000 \leq R_y - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma_1 = \frac{0,01707}{0,737} \cdot 1000 = 23,2 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_2 = \frac{0,03969}{0,737} \cdot 1000 = 53,9 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{0,03372}{0,737} \cdot 1000 = 45,8 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,03548}{0,737} \cdot 1000 = 48,1 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

Согласовано					
Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. Инв. №			
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата

Расчёт по несущей способности

Лист

63

$$fz10.1 = \frac{0,266 \cdot 28^3 \cdot 10}{3 \cdot 70000 \cdot 106,9207} = 0,003 \approx \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

fz10.2 – отсутствует

7.2 Расчет кронштейна при сочетании Вес + Ветер + Гололёд (далее [ВВГ]).

7.2.1 [ВВГ] Расчет консоли кронштейна по сечению 1-1:

Изгибающий момент в консоли кронштейна от вертикальной нагрузки:

$$Mx1 = Nz1 \cdot ey = 0,373 \cdot 0,095 = 0,03544 \text{ кН·м}$$

$$Mx2 = Nz2 \cdot ey = 0,413 \cdot 0,095 = 0,03924 \text{ кН·м}$$

$$Mx3 = Nz3 \cdot ey = 0,413 \cdot 0,095 = 0,03924 \text{ кН·м}$$

$$Mx4 = Nz4 \cdot ey = 0,403 \cdot 0,095 = 0,03828 \text{ кН·м}$$

$$Mx5 = Nz5 \cdot ey = 0,403 \cdot 0,095 = 0,03828 \text{ кН·м}$$

$$Mx6 = Nz6 \cdot ey = 0,403 \cdot 0,095 = 0,03828 \text{ кН·м}$$

$$Mx7 = Nz7 \cdot ey = 0,403 \cdot 0,095 = 0,03828 \text{ кН·м}$$

$$Mx8 = Nz8 \cdot ey = 0,403 \cdot 0,095 = 0,03828 \text{ кН·м}$$

$$Mx9 = Nz9 \cdot ey = 0,403 \cdot 0,095 = 0,03828 \text{ кН·м}$$

$$Mx10.1 = Nz10.1 \cdot ey = 0,531 \cdot 0,095 = 0,05044 \text{ кН·м}$$

Mx10.2 – отсутствует

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 1-1:

$$\sigma 1 = \frac{0,03544}{8,927} \cdot 1000 + \frac{1,191}{2,918} \cdot 10 = 8,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma 2 = \frac{0,03924}{8,927} \cdot 1000 + \frac{2,768}{2,918} \cdot 10 = 13,9 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma 3 = \frac{0,03924}{8,927} \cdot 1000 + \frac{2,352}{2,918} \cdot 10 = 12,5 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma 4 = \frac{0,03828}{8,927} \cdot 1000 + \frac{2,475}{2,918} \cdot 10 = 12,8 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma 5 = \frac{0,03828}{8,927} \cdot 1000 + \frac{2,45}{2,918} \cdot 10 = 12,7 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma 6 = \frac{0,03828}{8,927} \cdot 1000 + \frac{2,45}{2,918} \cdot 10 = 12,7 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma 7 = \frac{0,03828}{8,927} \cdot 1000 + \frac{2,45}{2,918} \cdot 10 = 12,7 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma 8 = \frac{0,03828}{8,927} \cdot 1000 + \frac{2,475}{2,918} \cdot 10 = 12,8 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma 9 = \frac{0,03828}{8,927} \cdot 1000 + \frac{2,352}{2,918} \cdot 10 = 12,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma 10.1 = \frac{0,05044}{8,927} \cdot 1000 + \frac{2,768}{2,918} \cdot 10 = 15,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

Согласовано					
Изм. № подл.	Взам. Инв. №				
	Подпись и дата				

						Расчёт по несущей способности	Лист
							65
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$\sigma_{10.2} = \frac{1,191}{2,918} \cdot 10 = 4,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

7.2.2 [ВВГ] Расчет консоли кронштейна по сечению 2-2:

Изгибающий момент в консоли кронштейна от вертикальной нагрузки:

$$M_{x1} = N_{z1} \cdot e_y = 0,373 \cdot 0,28 = 0,10444 \text{ кН·м}$$

$$M_{x2} = N_{z2} \cdot e_y = 0,413 \cdot 0,28 = 0,11564 \text{ кН·м}$$

$$M_{x3} = N_{z3} \cdot e_y = 0,413 \cdot 0,28 = 0,11564 \text{ кН·м}$$

$$M_{x4} = N_{z4} \cdot e_y = 0,403 \cdot 0,28 = 0,11284 \text{ кН·м}$$

$$M_{x5} = N_{z5} \cdot e_y = 0,403 \cdot 0,28 = 0,11284 \text{ кН·м}$$

$$M_{x6} = N_{z6} \cdot e_y = 0,403 \cdot 0,28 = 0,11284 \text{ кН·м}$$

$$M_{x7} = N_{z7} \cdot e_y = 0,403 \cdot 0,28 = 0,11284 \text{ кН·м}$$

$$M_{x8} = N_{z8} \cdot e_y = 0,403 \cdot 0,28 = 0,11284 \text{ кН·м}$$

$$M_{x9} = N_{z9} \cdot e_y = 0,403 \cdot 0,28 = 0,11284 \text{ кН·м}$$

$$M_{x10.1} = N_{z10.1} \cdot e_y = 0,531 \cdot 0,28 = 0,14868 \text{ кН·м}$$

$M_{x10.2}$ - отсутствует

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 2-2:

$$\sigma_1 = \frac{0,10444}{16,449} \cdot 1000 + \frac{1,191}{7,592} \cdot 10 = 7,9 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_2 = \frac{0,11564}{16,449} \cdot 1000 + \frac{2,768}{7,592} \cdot 10 = 10,7 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{0,11564}{16,449} \cdot 1000 + \frac{2,352}{7,592} \cdot 10 = 10,1 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,11284}{16,449} \cdot 1000 + \frac{2,475}{7,592} \cdot 10 = 10,1 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,11284}{16,449} \cdot 1000 + \frac{2,45}{7,592} \cdot 10 = 10,1 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_6 = \frac{0,11284}{16,449} \cdot 1000 + \frac{2,45}{7,592} \cdot 10 = 10,1 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_7 = \frac{0,11284}{16,449} \cdot 1000 + \frac{2,45}{7,592} \cdot 10 = 10,1 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_8 = \frac{0,11284}{16,449} \cdot 1000 + \frac{2,475}{7,592} \cdot 10 = 10,1 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_9 = \frac{0,11284}{16,449} \cdot 1000 + \frac{2,352}{7,592} \cdot 10 = 10 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{10.1} = \frac{0,14868}{16,449} \cdot 1000 + \frac{2,768}{7,592} \cdot 10 = 12,7 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{10.2} = \frac{1,191}{7,592} \cdot 10 = 1,6 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

7.2.3 [ВВГ] Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 66
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$Mz1 = 1,191 / 2 \cdot 0,0232 = 0,01382 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz2 = 2,768 / 2 \cdot 0,0232 = 0,03211 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz3 = 2,352 / 2 \cdot 0,0232 = 0,02728 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz4 = 2,475 / 2 \cdot 0,0232 = 0,02871 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz5 = 2,45 / 2 \cdot 0,0232 = 0,02842 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz6 = 2,45 / 2 \cdot 0,0232 = 0,02842 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz7 = 2,45 / 2 \cdot 0,0232 = 0,02842 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz8 = 2,475 / 2 \cdot 0,0232 = 0,02871 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz9 = 2,352 / 2 \cdot 0,0232 = 0,02728 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz10.1 = 2,768 / 2 \cdot 0,0232 = 0,03211 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz10.2 = 1,191 / 2 \cdot 0,0232 = 0,01382 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$\sigma 1 = \frac{0,01382}{0,857} \cdot 1000 = 16,1 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma 2 = \frac{0,03211}{0,857} \cdot 1000 = 37,5 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma 3 = \frac{0,02728}{0,857} \cdot 1000 = 31,8 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma 4 = \frac{0,02871}{0,857} \cdot 1000 = 33,5 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma 5 = \frac{0,02842}{0,857} \cdot 1000 = 33,2 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma 6 = \frac{0,02842}{0,857} \cdot 1000 = 33,2 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma 7 = \frac{0,02842}{0,857} \cdot 1000 = 33,2 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma 8 = \frac{0,02871}{0,857} \cdot 1000 = 33,5 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma 9 = \frac{0,02728}{0,857} \cdot 1000 = 31,8 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma 10.1 = \frac{0,03211}{0,857} \cdot 1000 = 37,5 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma 10.2 = \frac{0,01382}{0,857} \cdot 1000 = 16,1 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

7.2.4 [ВВГ] Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$Mz1 = 1,191 / 2 \cdot 0,0172 = 0,01024 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz2 = 2,768 / 2 \cdot 0,0172 = 0,0238 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

Изм.	Кол.уч	Лист	№Док.	Подпись	Дата	Расчёт по несущей способности	Лист
							67

$$Mz3 = 2,352 / 2 \cdot 0,0172 = 0,02023 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz4 = 2,475 / 2 \cdot 0,0172 = 0,02128 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz5 = 2,45 / 2 \cdot 0,0172 = 0,02107 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz6 = 2,45 / 2 \cdot 0,0172 = 0,02107 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz7 = 2,45 / 2 \cdot 0,0172 = 0,02107 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz8 = 2,475 / 2 \cdot 0,0172 = 0,02128 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz9 = 2,352 / 2 \cdot 0,0172 = 0,02023 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz10.1 = 2,768 / 2 \cdot 0,0172 = 0,0238 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz10.2 = 1,191 / 2 \cdot 0,0172 = 0,01024 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$\sigma_1 = \frac{0,01024}{0,737} \cdot 1000 = 13,9 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_2 = \frac{0,0238}{0,737} \cdot 1000 = 32,3 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{0,02023}{0,737} \cdot 1000 = 27,4 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,02128}{0,737} \cdot 1000 = 28,9 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,02107}{0,737} \cdot 1000 = 28,6 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_6 = \frac{0,02107}{0,737} \cdot 1000 = 28,6 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_7 = \frac{0,02107}{0,737} \cdot 1000 = 28,6 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_8 = \frac{0,02128}{0,737} \cdot 1000 = 28,9 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_9 = \frac{0,02023}{0,737} \cdot 1000 = 27,4 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{10.1} = \frac{0,0238}{0,737} \cdot 1000 = 32,3 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{10.2} = \frac{0,01024}{0,737} \cdot 1000 = 13,9 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

7.2.5 [ВВГ] Прогиб кронштейна от вертикальной нагрузки:

$$fz1 = \frac{0,373 \cdot 28^3 \cdot 10}{3 \cdot 70000 \cdot 106,9207} = 0,004 \leq \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

$$fz2 = \frac{0,413 \cdot 28^3 \cdot 10}{3 \cdot 70000 \cdot 106,9207} = 0,004 \leq \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

$$fz3 = \frac{0,413 \cdot 28^3 \cdot 10}{3 \cdot 70000 \cdot 106,9207} = 0,004 \leq \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							68
Изм.	Кол.уч	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$fz4 = \frac{0,403 - 28^3 \cdot 10}{3 - 70000 - 106,9207} = 0,004 \leq \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

$$fz5 = \frac{0,403 - 28^3 \cdot 10}{3 - 70000 - 106,9207} = 0,004 \leq \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

$$fz6 = \frac{0,403 - 28^3 \cdot 10}{3 - 70000 - 106,9207} = 0,004 \leq \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

$$fz7 = \frac{0,403 - 28^3 \cdot 10}{3 - 70000 - 106,9207} = 0,004 \leq \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

$$fz8 = \frac{0,403 - 28^3 \cdot 10}{3 - 70000 - 106,9207} = 0,004 \leq \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

$$fz9 = \frac{0,403 - 28^3 \cdot 10}{3 - 70000 - 106,9207} = 0,004 \leq \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

$$fz10.1 = \frac{0,531 - 28^3 \cdot 10}{3 - 70000 - 106,9207} = 0,005 \leq \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

fz10.2 - отсутствует

Вывод: Кронштейн MFT-RB2.0 190L отвечает требованиям прочности.

8. Расчет соединения кронштейна RB2.0 190L с профилем

Тип крепления: Закlepка вытяжная диаметром 4.8мм A/A2.

Допустимое усилие на срез: 1,2 кН.

Допустимое усилие на разрыв: 1,7 кН.

Механические характеристики см. таблицу 3 ГОСТ Р ИСО 15977-2017

Количество соединений в креплении: разное

8.1 Расчет при сочетании Вес + Ветер (далее [ВВ])

8.1.1 [ВВ] Расчет на срез от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$N_s = \frac{\sqrt{N_z^2 + N_y^2}}{n_z} \cdot \gamma_m \leq N_{nrs}, \text{ кН}$$

где: N_z - вертикальная нагрузка на соединение, кН

N_y - горизонтальная нагрузка на соединение, кН

n_z - количество заклепок, шт

γ_m - коэффициент надёжности соединения

N_{nrs} - расчётное усилие на срез, кН

$$N_{s1} = \frac{\sqrt{0,186^2 + 1,985^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,312 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$N_{s2} = \frac{\sqrt{0,206^2 + 4,615^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,722 \leq 1,2 \text{ кН}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							69
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$N_{s3} = \frac{\sqrt{0,206^2 + 3,921^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,614 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$N_{s4} = \frac{\sqrt{0,2^2 + 4,125^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,645 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$N_{s5} = \frac{\sqrt{0,2^2 + 4,084^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,639 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$N_{s6} = \frac{\sqrt{0,2^2 + 4,084^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,639 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$N_{s7} = \frac{\sqrt{0,2^2 + 4,084^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,639 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$N_{s8} = \frac{\sqrt{0,2^2 + 4,125^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,645 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$N_{s9} = \frac{\sqrt{0,2^2 + 3,921^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,613 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$N_{s10.1} = \frac{\sqrt{0,266^2 + 4,615^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,722 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$N_{s10.2} = \frac{\sqrt{0,2^2 + 1,985^2}}{4} \cdot 1,25 = 0,62 \leq 1,2 \text{ кН}$$

8.1.2 [BB] Расчет на смятие от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$\frac{\sqrt{(N_z)^2 + (N_y)^2}}{n_z \cdot d \cdot t} \cdot 1000 \leq R_{gr}, \text{ МПа}$$

где: d – диаметр отверстия для заклёпки (самореза), мм

t – толщина стенки направляющей, мм

R_{gr} – расчётное сопротивление смятию элементов, соединяемых заклёпками, МПа

$$\frac{\sqrt{0,186^2 + 1,985^2}}{8 \cdot 4,8 \cdot 1,2} \cdot 1000 = 43,3 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,206^2 + 4,615^2}}{8 \cdot 4,8 \cdot 1,2} \cdot 1000 = 100,3 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,206^2 + 3,921^2}}{8 \cdot 4,8 \cdot 1,2} \cdot 1000 = 85,2 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,2^2 + 4,125^2}}{8 \cdot 4,8 \cdot 1,2} \cdot 1000 = 89,6 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,2^2 + 4,084^2}}{8 \cdot 4,8 \cdot 1,2} \cdot 1000 = 88,7 \leq 190 \text{ МПа}$$

Согласовано		

Взам. Инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

						Расчёт по несущей способности	Лист
							70
Изм.	Кол.уч	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$\frac{\sqrt{0,2^2+4,084^2}}{8 - 4,8 - 1,2} \cdot 1000 = 88,7 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,2^2+4,084^2}}{8 - 4,8 - 1,2} \cdot 1000 = 88,7 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,2^2+4,125^2}}{8 - 4,8 - 1,2} \cdot 1000 = 89,6 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,2^2+3,921^2}}{8 - 4,8 - 1,2} \cdot 1000 = 85,2 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,266^2+4,615^2}}{8 - 4,8 - 1,2} \cdot 1000 = 100,3 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0^2+1,985^2}}{4 - 4,8 - 1,2} \cdot 1000 = 86,2 \leq 190 \text{ МПа}$$

8.2 Расчет при сочетании Вес + Ветер + Гололёд (далее [ВВГ])

8.2.1 [ВВГ] Расчет на срез от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$Ns1 = \frac{\sqrt{0,373^2+1,191^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,195 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$Ns2 = \frac{\sqrt{0,413^2+2,768^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,437 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$Ns3 = \frac{\sqrt{0,413^2+2,352^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,373 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$Ns4 = \frac{\sqrt{0,403^2+2,475^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,392 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$Ns5 = \frac{\sqrt{0,403^2+2,45^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,388 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$Ns6 = \frac{\sqrt{0,403^2+2,45^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,388 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$Ns7 = \frac{\sqrt{0,403^2+2,45^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,388 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$Ns8 = \frac{\sqrt{0,403^2+2,475^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,392 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$Ns9 = \frac{\sqrt{0,403^2+2,352^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,373 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$Ns10.1 = \frac{\sqrt{0,531^2+2,768^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,44 \leq 1,2 \text{ кН}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							71
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$Ns_{10.2} = \frac{\sqrt{0^2 + 1,191^2}}{4} \cdot 1,25 = 0,372 \leq 1,2 \text{ кН}$$

8.2.2 [ВВГ] Расчет на смятие от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$\frac{\sqrt{0,373^2 + 1,191^2}}{8 - 4,8 - 1,2} \cdot 1000 = 27,1 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,413^2 + 2,768^2}}{8 - 4,8 - 1,2} \cdot 1000 = 60,7 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,413^2 + 2,352^2}}{8 - 4,8 - 1,2} \cdot 1000 = 51,8 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,403^2 + 2,475^2}}{8 - 4,8 - 1,2} \cdot 1000 = 54,4 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,403^2 + 2,45^2}}{8 - 4,8 - 1,2} \cdot 1000 = 53,9 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,403^2 + 2,45^2}}{8 - 4,8 - 1,2} \cdot 1000 = 53,9 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,403^2 + 2,45^2}}{8 - 4,8 - 1,2} \cdot 1000 = 53,9 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,403^2 + 2,475^2}}{8 - 4,8 - 1,2} \cdot 1000 = 54,4 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,403^2 + 2,352^2}}{8 - 4,8 - 1,2} \cdot 1000 = 51,8 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,531^2 + 2,768^2}}{8 - 4,8 - 1,2} \cdot 1000 = 61,2 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0^2 + 1,191^2}}{4 - 4,8 - 1,2} \cdot 1000 = 51,7 \leq 190 \text{ МПа}$$

Вывод: Соединение кронштейна RB2.0 190L с профилем отвечает требованиям прочности.

9. Расчет прочности крепления кронштейна "MFT-RB2.0 190L" к конструкциям здания

9.1 Крепление в железобетон на два анкера в крайние отверстия. Расчетное усилие анкера на вырыв: 4 кН.

9.2.1 [ВВ] Вырывающее усилие анкера при сочетании Вес + Ветер:

Согласовано			

Взам. Инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

						Расчёт по несущей способности	Лист 72
Изм.	Кол.уч	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$N_a = \frac{M_x}{b_z} + \frac{N_y}{n_b}, \text{ кН}$$

где: b_z – опорное плечо анкера по оси Z, м

n_b – количество анкеров, воспринимающих ветровую нагрузку, шт

$$N_{a1} = \frac{0,05208}{0,1025} + \frac{1,985}{2} = 1,5 \leq 4 \text{ кН}$$

$$N_{a2} = \frac{0,05768}{0,1025} + \frac{4,615}{2} = 2,87 \leq 4 \text{ кН}$$

$$N_{a3} = \frac{0,05768}{0,1025} + \frac{3,921}{2} = 2,52 \leq 4 \text{ кН}$$

$$N_{a4} = \frac{0,056}{0,1025} + \frac{4,125}{2} = 2,61 \leq 4 \text{ кН}$$

$$N_{a5} = \frac{0,056}{0,1025} + \frac{4,084}{2} = 2,59 \leq 4 \text{ кН}$$

$$N_{a6} = \frac{0,056}{0,1025} + \frac{4,084}{2} = 2,59 \leq 4 \text{ кН}$$

$$N_{a7} = \frac{0,056}{0,1025} + \frac{4,084}{2} = 2,59 \leq 4 \text{ кН}$$

$$N_{a8} = \frac{0,056}{0,1025} + \frac{4,125}{2} = 2,61 \leq 4 \text{ кН}$$

$$N_{a9} = \frac{0,056}{0,1025} + \frac{3,921}{2} = 2,51 \leq 4 \text{ кН}$$

$$N_{a10.1} = \frac{0,07448}{0,1025} + \frac{4,615}{2} = 3,03 \leq 4 \text{ кН}$$

9.2.2 [ВВГ] Вырывающее усилие анкера при сочетании Вес + Ветер + Гололёд:

$$N_{a1} = \frac{0,10444}{0,1025} + \frac{1,191}{2} = 1,61 \leq 4 \text{ кН}$$

$$N_{a2} = \frac{0,11564}{0,1025} + \frac{2,768}{2} = 2,51 \leq 4 \text{ кН}$$

$$N_{a3} = \frac{0,11564}{0,1025} + \frac{2,352}{2} = 2,3 \leq 4 \text{ кН}$$

$$N_{a4} = \frac{0,11284}{0,1025} + \frac{2,475}{2} = 2,34 \leq 4 \text{ кН}$$

$$N_{a5} = \frac{0,11284}{0,1025} + \frac{2,45}{2} = 2,33 \leq 4 \text{ кН}$$

$$N_{a6} = \frac{0,11284}{0,1025} + \frac{2,45}{2} = 2,33 \leq 4 \text{ кН}$$

$$N_{a7} = \frac{0,11284}{0,1025} + \frac{2,45}{2} = 2,33 \leq 4 \text{ кН}$$

Согласовано			
Взам. Инв. №			
Подпись и дата			
Инв. № подл.			

						Расчёт по несущей способности	Лист
							73
Изм.	Кол.уч	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$N_{a8} = \frac{0,11284}{0,1025} + \frac{2,475}{2} = 2,34 \leq 4 \text{ кН}$$

$$N_{a9} = \frac{0,11284}{0,1025} + \frac{2,352}{2} = 2,28 \leq 4 \text{ кН}$$

$$N_{a10.1} = \frac{0,14868}{0,1025} + \frac{2,768}{2} = 2,83 \leq 4 \text{ кН}$$

Вывод: Крепление кронштейна MFT-RB2.0 190L в железобетон на два анкера в крайние отверстия отвечает требованиям прочности.

9.2.1 [ВВ] Вырывающее усилие анкера при сочетании Вес + Ветер:

$$N_a = \frac{1,985}{2} = 0,99 \leq 1 \text{ кН}$$

9.2.2 [ВВГ] Вырывающее усилие анкера при сочетании Вес + Ветер + Гололёд:

$$N_a = \frac{1,191}{2} = 0,6 \leq 1 \text{ кН}$$

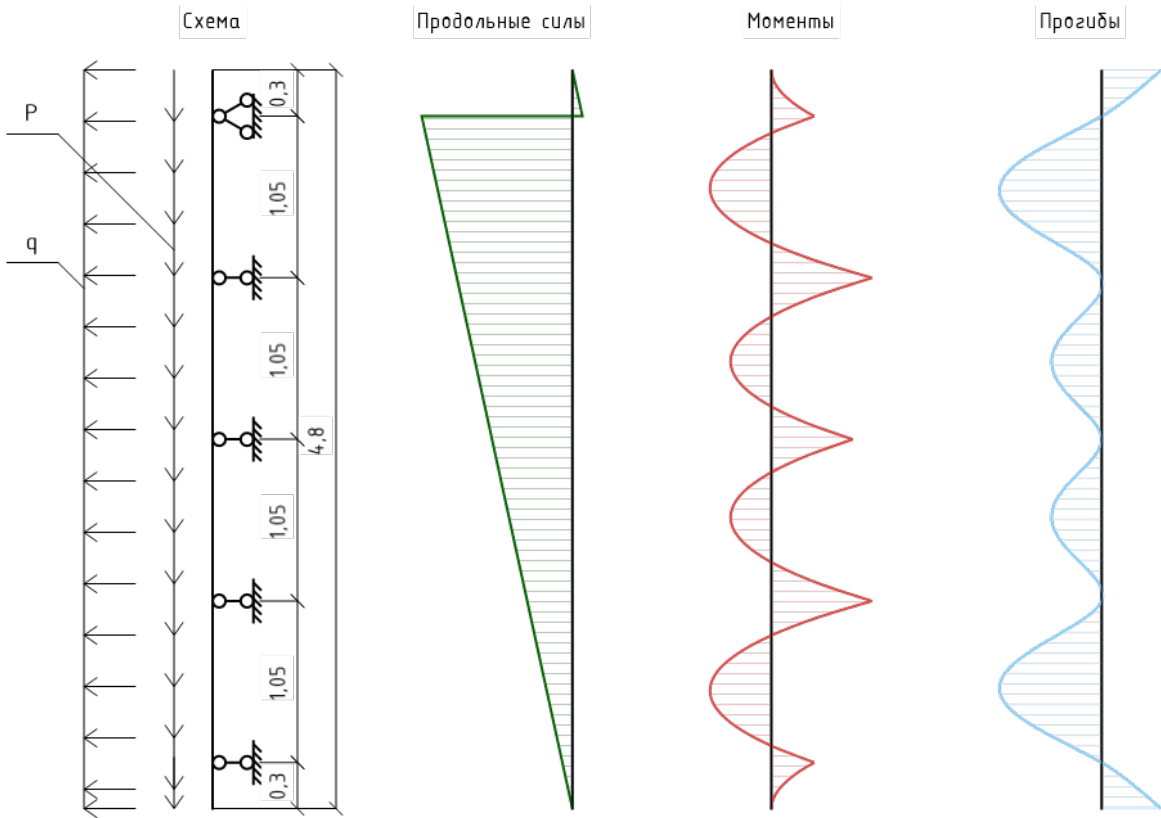
Вывод: Крепление кронштейна MFT-RB2.0 190L в ячеистые блоки на два анкера в крайние отверстия отвечает требованиям прочности.

Согласовано							Изм. Кол.уч Лист №Док. Подпись Дата	Расчёт по несущей способности	Лист
									74
	Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. Инв. №						

Расчет прочности монтажной схемы №4 (Расчетная схема 4)

1. Исходные данные:

- 1. Район строительства:
- 2. Расчётная ветровая нагрузка: $0,96 \text{ кН/м}^2$
- 3. Высота применения: 35 м
- 4. Уровень ответственности здания: КС-2
- 5. Единый коэффициент надежности по ответственности: 1,1
- 6. Материал облицовки:
- 7. Вес облицовки: 8 кг/м^2 ($0,078 \text{ кН/м}^2$)
- 8. Вертикальный профиль: MFT-Та 60x42x1.8
- 9. Шаг вертикального профиля по горизонтали: 0,4 м
- 10. Схема вертикального профиля: четырехпролетная балка Та 60x42x1.8_'MF2.0 190LM[18]_4MF 190HS 0,3|1,05+1,05+1,05+1,05|0,3
- 11. Вылет: 0,28 м
- 12. Несущие кронштейны:
-MFT-MF2.0 190LM с креплением на один анкер в верхнее отверстие в железобетон. Расчётное усилие анкера на вырыв: 4 кН.
- 13. Опорные кронштейны:
-MFT-MF 190HS с креплением на один анкер в ячеистые блоки. Расчётное усилие анкера на вырыв: 1 кН.



Согласовано					
Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. Инв. №			

Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата	Расчёт по несущей способности	Лист
							75

2. Расчет вертикального профиля "МFT-Та 60х42х1.8"

Сплав: AlMgSi 6060 T66 Hilti

Профиль	Вес, кг/м	Сжаты волокна	A, см ²	Ix, см ⁴	Wx, см ³	E, МПа	Ry, МПа
Та 60х42х1.8	0,42	Полка	1,477	5,93	1,465	70000	135
		Стенка	1,207	1,72	0,597		

2.1 Расчётная погонная нагрузка от веса облицовки и профиля определяется по формуле (1):

$$P_z \text{ м.п.} = (P_o \cdot \gamma_f \cdot l_x + P_n \cdot \gamma_f) \cdot u_n, \text{ кН/м}$$

$$P_z \text{ м.п.} = (0,078 \cdot 1,1 \cdot 0,4 + 0,004 \cdot 1,05) \cdot 1,1 = 0,042 \text{ кН/м}$$

2.2 Продольные усилия в профиле:

$$N_z = P_z \text{ м.п.} \cdot l_z, \text{ кН}$$

где: l_z – длина направляющей, с которой собирается нагрузка, м.

$$N_{za1} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{za1} = 0,042 \cdot 0,3 = 0,013 \text{ кН}$$

$$N_{zl1} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{zl1} = 0,042 \cdot 4,5 = 0,189 \text{ кН}$$

$$N_{zl2} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{zl2} = 0,042 \cdot 3,45 = 0,145 \text{ кН}$$

$$N_{zl3} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{zl3} = 0,042 \cdot 2,4 = 0,101 \text{ кН}$$

$$N_{zl4} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{zl4} = 0,042 \cdot 1,35 = 0,057 \text{ кН}$$

$$N_{za2} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{za2} = 0,042 \cdot 0,3 = 0,013 \text{ кН}$$

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.

2.3 Расчётная пиковая погонная нагрузка от отрицательного давления ветра определяется по формуле (2):

$$w_p \text{ м.п.} = w_p(\text{усх}) \cdot \gamma_n \cdot l_x \cdot K_{нер}, \text{ кН/м}$$

$$w_p \text{ м.п.} = 0,96 \cdot 1,1 \cdot 0,4 \cdot 1,1 = 0,465 \text{ кН/м}$$

2.4 Определяем изгибающий момент на опоре от горизонтальной нагрузки:

$$M_x = k \cdot w \cdot l^2, \text{ кН·м}$$

где: k – коэффициент по п.8.1.7 Справочника проектировщика [5].

$$M_{xa1} = 0,5 \cdot 0,465 \cdot 0,3^2 = 0,021 \text{ кН·м}$$

$$M_{xl1} = 0,107 \cdot 0,465 \cdot 1,05^2 = 0,055 \text{ кН·м}$$

$$M_{xl2} = 0,107 \cdot 0,465 \cdot 1,05^2 = 0,055 \text{ кН·м}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							76
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$M_{x13} = 0,107 \cdot 0,465 \cdot 1,05^2 = 0,055 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x14} = 0,107 \cdot 0,465 \cdot 1,05^2 = 0,055 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x\alpha 2} = 0,5 \cdot 0,465 \cdot 0,3^2 = 0,021 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

2.5 Нормальные напряжения на опоре во внешнем сечении направляющей (полка):

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} \cdot 1000 + \frac{N_z}{A} \cdot 10 \leq R - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma_{\alpha 1} = \frac{0,021}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,013}{1,477} \cdot 10 = 14,4 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{11} = \frac{0,055}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,189}{1,477} \cdot 10 = 38,8 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{12} = \frac{0,055}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,145}{1,477} \cdot 10 = 38,5 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{13} = \frac{0,055}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,101}{1,477} \cdot 10 = 38,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{14} = \frac{0,055}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,057}{1,477} \cdot 10 = 37,9 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\alpha 2} = \frac{0,021}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,013}{1,477} \cdot 10 = 14,4 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.6 Определяем изгибающий момент в пролёте от горизонтальной нагрузки:

$M_{x\alpha 1}$ - отсутствует

$$M_{x11} = 0,077 \cdot 0,465 \cdot 1,05^2 = 0,039 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x12} = 0,037 \cdot 0,465 \cdot 1,05^2 = 0,019 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x13} = 0,037 \cdot 0,465 \cdot 1,05^2 = 0,019 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x14} = 0,077 \cdot 0,465 \cdot 1,05^2 = 0,039 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$M_{x\alpha 2}$ - отсутствует

2.7 Нормальные напряжения в пролёте во внутреннем сечении направляющей (стенка):

$$\sigma_{\alpha 1} = \frac{0}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,013}{1,207} \cdot 10 = 0,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{11} = \frac{0,039}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,189}{1,207} \cdot 10 = 66,9 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{12} = \frac{0,019}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,145}{1,207} \cdot 10 = 33 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{13} = \frac{0,019}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,101}{1,207} \cdot 10 = 32,7 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{14} = \frac{0,039}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,057}{1,207} \cdot 10 = 65,8 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\alpha 2} = \frac{0}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,013}{1,207} \cdot 10 = 0,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							77
Изм.	Кол.уч	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

2.8 Расчётная пиковая погонная нагрузка от положительного давления ветра численно равна отрицательной (см. пункт 2.3).

2.9 Нормальные напряжения на опоре во внутреннем сечении направляющей (стенка):

$$\sigma_{a1} = \frac{0,021}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,013}{1,207} \cdot 10 = 35,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{11} = \frac{0,055}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,189}{1,207} \cdot 10 = 93,7 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{12} = \frac{0,055}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,145}{1,207} \cdot 10 = 93,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{13} = \frac{0,055}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,101}{1,207} \cdot 10 = 93 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{14} = \frac{0,055}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,057}{1,207} \cdot 10 = 92,6 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a2} = \frac{0,021}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,013}{1,207} \cdot 10 = 35,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.10 Нормальные напряжения в пролёте во внешнем сечении направляющей (полка):

$$\sigma_{a1} = \frac{0}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,013}{1,477} \cdot 10 = 0,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{11} = \frac{0,039}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,189}{1,477} \cdot 10 = 27,9 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{12} = \frac{0,019}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,145}{1,477} \cdot 10 = 14 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{13} = \frac{0,019}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,101}{1,477} \cdot 10 = 13,7 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{14} = \frac{0,039}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,057}{1,477} \cdot 10 = 27 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a2} = \frac{0}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,013}{1,477} \cdot 10 = 0,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.11 Нормативная погонная нагрузка от отрицательного давления ветра определяется по формуле:

$$w_{н \text{ м.п.}} = \frac{w_p \text{ м.п.}}{\gamma_f - \gamma_n}, \text{ кН/м}$$

$$w_{н \text{ м.п.}} = \frac{0,465}{1,4 - 1,1} = 0,302 \text{ кН/м}$$

2.12 Расчет прогиба профиля:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{w_n \cdot l^4}{I_x \cdot E} - \frac{M1 + M2}{16 \cdot I_x \cdot E} \cdot \left(\frac{w_n}{w_p} \right) \cdot l^2 - 10 \cdot \frac{l}{200}, \text{ см}$$

где: l – длина пролёта, см

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							78
Изм.	Кол.уч	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

w_p – расчётная нагрузка

M_1, M_2 – момент сверху и снизу от пролёта, кН · м.

допустимый прогиб определяется по СП 20.13330.2016 [7]

$$f_{l1} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,302 \cdot 10^4}{1,72 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,055 \cdot 100}{16 \cdot 1,72 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,302}{0,465} \right) \cdot 10^2 \cdot 10 = 0,19 \leq \frac{105}{200} = 0,52 \text{ см}$$

$$f_{l2} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,302 \cdot 10^4}{1,72 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,055 \cdot 100 + 0,055 \cdot 100}{16 \cdot 1,72 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,302}{0,465} \right) \cdot 10^2 \cdot 10 = 0,01 \leq \frac{105}{200} = 0,52 \text{ см}$$

$$f_{l3} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,302 \cdot 10^4}{1,72 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,055 \cdot 100 + 0,055 \cdot 100}{16 \cdot 1,72 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,302}{0,465} \right) \cdot 10^2 \cdot 10 = 0,01 \leq \frac{105}{200} = 0,52 \text{ см}$$

$$f_{l4} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,302 \cdot 10^4}{1,72 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,055 \cdot 100}{16 \cdot 1,72 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,302}{0,465} \right) \cdot 10^2 \cdot 10 = 0,19 \leq \frac{105}{200} = 0,52 \text{ см}$$

2.13 Нормативная погонная нагрузка от положительного давления ветра численно равна отрицательной (см. пункт 2.11).

2.14 Расчет прогиба профиля:

$$f_{l1} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,302 \cdot 10^4}{5,93 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,055 \cdot 100}{16 \cdot 5,93 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,302}{0,465} \right) \cdot 10^2 \cdot 10 = 0,06 \leq \frac{105}{200} = 0,52 \text{ см}$$

$$f_{l2} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,302 \cdot 10^4}{5,93 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,055 \cdot 100 + 0,055 \cdot 100}{16 \cdot 5,93 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,302}{0,465} \right) \cdot 10^2 \cdot 10 = 0 \leq \frac{105}{200} = 0,52 \text{ см}$$

$$f_{l3} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,302 \cdot 10^4}{5,93 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,055 \cdot 100 + 0,055 \cdot 100}{16 \cdot 5,93 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,302}{0,465} \right) \cdot 10^2 \cdot 10 = 0 \leq \frac{105}{200} = 0,52 \text{ см}$$

$$f_{l4} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,302 \cdot 10^4}{5,93 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,055 \cdot 100}{16 \cdot 5,93 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,302}{0,465} \right) \cdot 10^2 \cdot 10 = 0,06 \leq \frac{105}{200} = 0,52 \text{ см}$$

Вывод: Направляющая МFT-Та 60x42x1.8 отвечает требованиям прочности.

3. Расчет реакций, передающихся на кронштейны:

3.1 Реакции от вертикальной нагрузки:

$$N_z = P_z \text{ м.п.} \cdot l_z, \text{ кН}$$

где: P_z м.п. – вертикальная нагрузка на вертикальный профиль, кН/м

l_z – длина вертикального профиля, с которого собирается нагрузка, м

$$N_z = P_z \text{ м.п.} \cdot l_z = 0,042 \cdot 4,8 = 0,202 \text{ кН}$$

3.2 Реакции от горизонтальной нагрузки:

Для кронштейна между пролётом и консолью вертикального профиля:

$$N_y = w_p \text{ м.п.} \cdot (k \cdot l + a), \text{ кН}$$

Для кронштейна между пролётами вертикального профиля:

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 79
Изм.	Коп.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$N_y = w_p \text{ м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_1 + l_{1-1}}{2}, \text{ кН}$$

где: k – коэффициент по п.8.1.7 Справочника проектировщика [5].

$$N_{y1} = w_p \text{ м.п.} \cdot (k \cdot l_1 + a_1) = 0,465 \cdot (0,393 \cdot 1,05 + 0,3) = 0,331 \text{ кН}$$

$$N_{y2} = w_p \text{ м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_{11} + l_{12}}{2} = 0,465 \cdot 1,143 \cdot \frac{1,05 + 1,05}{2} = 0,558 \text{ кН}$$

$$N_{y3} = w_p \text{ м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_{12} + l_{13}}{2} = 0,465 \cdot 0,929 \cdot \frac{1,05 + 1,05}{2} = 0,454 \text{ кН}$$

$$N_{y4} = w_p \text{ м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_{13} + l_{14}}{2} = 0,465 \cdot 1,143 \cdot \frac{1,05 + 1,05}{2} = 0,558 \text{ кН}$$

$$N_{y5} = w_p \text{ м.п.} \cdot (k \cdot l_{14} + a_2) = 0,465 \cdot (0,393 \cdot 1,05 + 0,3) = 0,331 \text{ кН}$$

4. Расчет кронштейна "MFT-MF2.0 190LM"

Сплав: AlMgSi 6060 T66 Hilti

Кронштейн	Сечение	A, см ²	Jx, см ⁴	Wx, см ³	Jy, см ⁴	Wy, см ³	Wn, см ³	Wш, см ³	E, МПа	Ry, МПа
MFT-MF2.0 190LM	1-1	1,323	16,6622	3,174	0,0153	0,113	0,221	0,06	70000	120
	2-2	3,255	29,905	5,696	0,0261	0,168				

4.1 Расчет консоли кронштейна по сечению 1-1:

Изгибающий момент в консоли кронштейна от вертикальной нагрузки:

$$M_x = N_z \cdot e_y = 0,202 \cdot 0,095 = 0,01919 \text{ кН·м}$$

Изгибающий момент в консоли кронштейна от горизонтальной нагрузки:

$$M_z = N_y \cdot e_{x3} = 0,331 \cdot 0,0151 = 0,005 \text{ кН·м}$$

e_{x3} – расстояние от оси ветровой нагрузки до консоли, м

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 1-1:

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} \cdot 1000 + \frac{M_z}{W_y} \cdot 1000 + \frac{N_y}{A} \cdot 10 \leq R_y - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma = \frac{0,01919}{3,174} \cdot 1000 + \frac{0,005}{0,113} \cdot 1000 + \frac{0,331}{1,323} \cdot 10 = 52,8 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

4.2 Расчет консоли кронштейна по сечению 2-2:

Изгибающий момент в консоли кронштейна от вертикальной нагрузки:

$$M_x = N_z \cdot e_y = 0,202 \cdot 0,28 = 0,05656 \text{ кН·м}$$

Изгибающий момент в консоли кронштейна от горизонтальной нагрузки:

$$M_z = N_y \cdot e_{x3} = 0,331 \cdot 0,0151 = 0,005 \text{ кН·м}$$

e_{x3} – расстояние от оси ветровой нагрузки до консоли, м

Согласовано				
Взам. Инв. №				
Подпись и дата				
Инв. № подл.				

						Расчёт по несущей способности	Лист 80
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 2-2:

$$\sigma = \frac{0,05656}{5,696} \cdot 1000 + \frac{0,005}{0,168} \cdot 1000 + \frac{0,331}{3,255} \cdot 10 = 40,7 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

4.3 Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$M_z = N_y \cdot e_{x1}, \text{ кН}\cdot\text{м}$$

где: e_{x1} – расстояние от оси ветровой нагрузки до края шляпки анкера, м

$$M_z = 0,331 \cdot 0,0018 = 0,0006 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$\sigma = \frac{M_z}{W_n + n \cdot W_{ш}} \cdot 1000 \leq R_y - \text{ус, МПа}$$

где: W_n – момент сопротивления пяты кронштейна, см^3

n – количество шайб анкера, шт;

$W_{ш}$ – момент сопротивления шайбы MFT-BFW 30x40x3, см^3

$$\sigma = \frac{0,0006}{0,221 + 1 \cdot 0,06} \cdot 1000 = 2,1 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

4.4 Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$M_z = N_y \cdot e_{x2}, \text{ кН}\cdot\text{м}$$

где: e_{x2} – расстояние от оси ветровой нагрузки до края шайбы, м

$$M_z = 0,331 \cdot 0,0078 = 0,00258 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$\sigma = \frac{M_z}{W_n} \cdot 1000 \leq R_y - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma = \frac{0,00258}{0,221} \cdot 1000 = 11,7 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

4.5 Расчет напряжения на стыке пяты и консоли кронштейна:

Изгибающий момент на стыке пяты и консоли кронштейна:

$$M_z = N_y \cdot e_{x3}, \text{ кН}\cdot\text{м}$$

где: e_{x3} – расстояние от оси ветровой нагрузки до полки кронштейна, м

$$M_z = 0,331 \cdot 0,0151 = 0,005 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения на стыке пяты и консоли кронштейна:

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 81
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$\sigma = \frac{0,005}{0,221} \cdot 1000 = 22,6 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

4.6 Прогиб кронштейна от вертикальной нагрузки:

$$f = \frac{Nz \cdot ey^3 - 10}{3 \cdot E \cdot Ix} \leq \frac{ey}{100}, \text{ см}$$

где: ey – Вылет, см

допустимый прогиб определяется по СП 20.13330.2016 [7]

$$fz = \frac{0,202 \cdot 28^3 - 10}{3 \cdot 70000 \cdot 29,905} = 0,007 \leq \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

Вывод: Кронштейн MFT-MF2.0 190LM отвечает требованиям прочности.

5. Расчет кронштейна "MFT-MF 190HS"

Сплав: AlMgSi 6060 T66 Hilti

Кронштейн	Сечение	A, см ²	Jx, см ⁴	Wx, см ³	Jy, см ⁴	Wy, см ³	Wп, см ³	Wш, см ³	E, МПа	Ry, МПа
MFT-MF 190HS	1-1	1,418	0,0106	0,071	3,12	1,25	0,145	0,06	70000	135
	2-2	1,15	0,005	0,044	2,3958	0,958				

5.1 Расчет консоли кронштейна по сечению 1-1:

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 1-1:

$$\sigma = \frac{Ny}{A} \cdot 10 \leq Ry - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma_2 = \frac{0,558}{1,418} \cdot 10 = 3,9 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{0,454}{1,418} \cdot 10 = 3,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,558}{1,418} \cdot 10 = 3,9 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,331}{1,418} \cdot 10 = 2,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

5.2 Расчет консоли кронштейна по сечению 2-2:

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 2-2:

$$\sigma_2 = \frac{0,558}{1,15} \cdot 10 = 4,9 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{0,454}{1,15} \cdot 10 = 3,9 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 82
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$\sigma_4 = \frac{0,558}{1,15} \cdot 10 = 4,9 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,331}{1,15} \cdot 10 = 2,9 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

5.3 Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$M_z = N_y \cdot e_{x1}, \text{ кН}\cdot\text{м}$$

где: e_{x1} – расстояние от оси ветровой нагрузки до края шляпки анкера, м

$$M_{z2} = 0,558 \cdot 0,0095 = 0,0053 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z3} = 0,454 \cdot 0,0095 = 0,00431 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z4} = 0,558 \cdot 0,0095 = 0,0053 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z5} = 0,331 \cdot 0,0095 = 0,00314 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$\sigma = \frac{M_z}{W_n + n \cdot W_{ш}} \cdot 1000 \leq R_y - \text{ус, МПа}$$

где: W_n – момент сопротивления пяты кронштейна, см^3

n – количество шайб анкера, шт;

$W_{ш}$ – момент сопротивления шайбы MFT-BFW 30x40x3, см^3

$$\sigma_2 = \frac{0,0053}{0,145 + 1 \cdot 0,06} \cdot 1000 = 25,9 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{0,00431}{0,145 + 1 \cdot 0,06} \cdot 1000 = 21 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,0053}{0,145 + 1 \cdot 0,06} \cdot 1000 = 25,9 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,00314}{0,145 + 1 \cdot 0,06} \cdot 1000 = 15,3 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

5.4 Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$M_z = N_y \cdot e_{x2}, \text{ кН}\cdot\text{м}$$

где: e_{x2} – расстояние от оси ветровой нагрузки до края шайбы, м

$$M_{z2} = 0,558 \cdot 0,0035 = 0,00195 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z3} = 0,454 \cdot 0,0035 = 0,00159 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z4} = 0,558 \cdot 0,0035 = 0,00195 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z5} = 0,331 \cdot 0,0035 = 0,00116 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							83
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$\sigma = \frac{Mz}{W_n} \cdot 1000 \leq R_y - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma_2 = \frac{0,00195}{0,145} \cdot 1000 = 13,4 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{0,00159}{0,145} \cdot 1000 = 11 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,00195}{0,145} \cdot 1000 = 13,4 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,00116}{0,145} \cdot 1000 = 8 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

5.5 Проверка пяты кронштейна с результатами исследований:

$$\frac{N_y}{N_{yдоп}} \leq 1$$

где: $N_{yдоп}$ – допустимое осевое усилие на пяту, кН

$$\frac{N_{y2}}{N_{yдоп2}} = \frac{0,558}{1,62} = 0,344 \leq 1 \text{ (34,4\%)}$$

$$\frac{N_{y3}}{N_{yдоп3}} = \frac{0,454}{1,62} = 0,28 \leq 1 \text{ (28\%)}$$

$$\frac{N_{y4}}{N_{yдоп4}} = \frac{0,558}{1,62} = 0,344 \leq 1 \text{ (34,4\%)}$$

$$\frac{N_{y5}}{N_{yдоп5}} = \frac{0,331}{1,62} = 0,204 \leq 1 \text{ (20,4\%)}$$

Вывод: Кронштейн MFT-MF 190HS отвечает требованиям прочности.

6. Расчет соединения кронштейна MF2.0 190LM с профилем

Тип крепления: Закlepка вытяжная диаметром 4.8мм A/A2.

Допустимое усилие на срез: 1,2 кН.

Допустимое усилие на разрыв: 1,7 кН.

Механические характеристики см. таблицу 3 ГОСТ Р ИСО 15977-2017

Количество соединений в креплении: различное

6.1 Расчет на срез от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$N_s = \frac{\sqrt{N_z^2 + N_y^2}}{n_z} \cdot \gamma_m \leq N_{nrs}, \text{ кН}$$

где: N_z – вертикальная нагрузка на соединение, кН

N_y – горизонтальная нагрузка на соединение, кН

n_z – количество заклепок, шт

γ_m – коэффициент надёжности соединения

N_{nrs} – расчётное усилие на срез, кН

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата	Расчёт по несущей способности	Лист
							84

$$N_{s1} = \frac{\sqrt{0,202^2 + 0,331^2}}{4} \cdot 1,25 = 0,121 \leq 1,2 \text{ кН}$$

6.2 Расчет на смятие от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$\frac{\sqrt{(N_z)^2 + (N_y)^2}}{n_z \cdot d \cdot t} \cdot 1000 \leq R_{gr}, \text{ МПа}$$

где: d – диаметр отверстия для заклёпки (самореза), мм

t – толщина стенки направляющей, мм

R_{gr} – расчётное сопротивление смятию элементов, соединяемых заклёпками, МПа

$$\frac{\sqrt{0,202^2 + 0,331^2}}{4 \cdot 4,8 \cdot 1,5} \cdot 1000 = 13,5 \leq 190 \text{ МПа}$$

Вывод: Соединение кронштейна MF2.0 190LM с профилем отвечает требованиям прочности.

7. Расчет соединения кронштейна MF 190HS с профилем

Тип крепления: Шуруп 5,5х50 A2.

Допустимое усилие на срез: 9,76 кН.

Допустимое усилие на разрыв: 9,76 кН.

Количество соединений в креплении: различное

7.1 Расчет на срез от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$N_s = \frac{\sqrt{N_z^2 + N_y^2}}{n_z} \cdot \gamma_m \leq N_{nrs}, \text{ кН}$$

где: N_z – вертикальная нагрузка на соединение, кН

N_y – горизонтальная нагрузка на соединение, кН

n_z – количество заклепок, шт

γ_m – коэффициент надёжности соединения

N_{nrs} – расчётное усилие на срез, кН

$$N_{s2} = \frac{\sqrt{0^2 + 0,558^2}}{1} \cdot 1,25 = 0,698 \leq 9,76 \text{ кН}$$

$$N_{s3} = \frac{\sqrt{0^2 + 0,454^2}}{1} \cdot 1,25 = 0,568 \leq 9,76 \text{ кН}$$

$$N_{s4} = \frac{\sqrt{0^2 + 0,558^2}}{1} \cdot 1,25 = 0,698 \leq 9,76 \text{ кН}$$

$$N_{s5} = \frac{\sqrt{0^2 + 0,331^2}}{1} \cdot 1,25 = 0,414 \leq 9,76 \text{ кН}$$

7.2 Расчет на смятие от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$\frac{\sqrt{(N_z)^2 + (N_y)^2}}{n_z \cdot d \cdot t} \cdot 1000 \leq R_{gr}, \text{ МПа}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 85
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

R_{pr} – расчётное сопротивление смятию элементов, соединяемых заклёпками, МПа.

$$\frac{\sqrt{0^2 + 0,331^2}}{1 - 5,5 - 1,5} \cdot 1000 = 40,1 \leq 190 \text{ MPa}$$

8. Расчет прочности крепления кронштейна "MFT-MF2.0 190LM" к конструкциям здания

$$N_a = \frac{M_x}{h_z} + N_y - \frac{e\theta}{e\theta}, \text{ кН}$$

ea – плечо анкера по осі X, м

Ось анкера находится выше оси ветровой нагрузки, поэтому необходимо проводить проверку вырыва анкера для случая когда момент от ветровой нагрузки относительно точки анкеровки превышает момент от веса (опрокидывание кронштейна)

$$N_a = N_y \cdot \frac{e\beta - e\alpha}{e\alpha} + \frac{N_y \cdot az - Mx}{bz}, \text{ кН}$$

b_z – расстояние от верхнего края кронштейна до оси анкера по оси z , м

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. Име. №	Согласовано		

						Расчёт по несущей способности	Лист
							86
Изм.	Коп.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

Момент от ветровой нагрузки меньше момента от веса:

$0,331 \cdot 0,0525 = 0,01738 < 0,05656$, проверка не требуется.

Вывод: Крепление кронштейна MFT-MF2.0 190LM в железобетон на один анкер в верхнее отверстие отвечает требованиям прочности.

9. Расчет прочности крепления кронштейна "MFT-MF 190HS" к конструкциям здания

Крепление в ячеистые блоки на один анкер. Расчётное усилие анкера на вырыв: 1 кН.

9 Вырывающее усилие анкера:

$$N_{a2} = N_y \cdot \frac{e_b}{e_a}, \text{ кН}$$

где: e_b – плечо ветровой нагрузки по оси X, м
 e_a – плечо анкера по оси X, м

$$N_{a2} = 0,558 \cdot \frac{0,047}{0,0285} = 0,92 \leq 1 \text{ кН}$$

$$N_{a3} = 0,454 \cdot \frac{0,047}{0,0285} = 0,75 \leq 1 \text{ кН}$$

$$N_{a4} = 0,558 \cdot \frac{0,047}{0,0285} = 0,92 \leq 1 \text{ кН}$$

$$N_{a5} = 0,331 \cdot \frac{0,047}{0,0285} = 0,55 \leq 1 \text{ кН}$$

Вывод: Крепление кронштейна MFT-MF 190HS в ячеистые блоки на один анкер отвечает требованиям прочности.

Согласовано					
Инв. № подл.	Взам. Инв. №				
	Подпись и дата				
Изм.	Кол.уч	Лист	№Док.	Подпись	Дата

Расчет прочности монтажной схемы №5 (Расчетная схема 5)

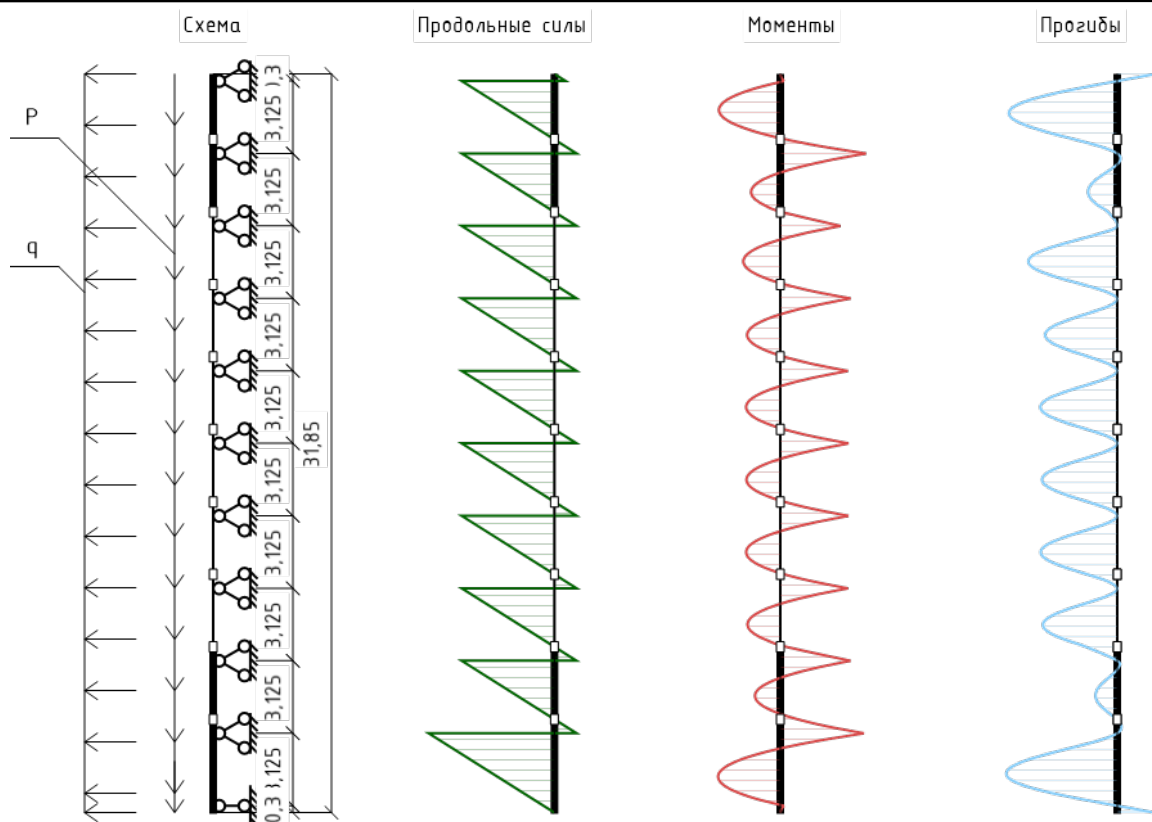
1. Исходные данные:

1. Район строительства:
2. Расчётная ветровая нагрузка: $1,44 \text{ кН/м}^2$
3. Высота применения: 120 м
4. Гололёдный район: II
5. Уровень ответственности здания: КС-2
6. Единый коэффициент надёжности по ответственности: 1,1
7. Материал облицовки:
8. Вес облицовки: 8 кг/м^2 ($0,078 \text{ кН/м}^2$)
9. Вертикальный профиль: MFT-RP58 95x50L, MFT-RP58 77x50L
10. Шаг вертикального профиля по горизонтали: 0,7 м
11. Схема вертикального профиля: десятипролетная балка $2 \times (\text{RP58 95x50L_RB2.0 190L[2]})$
 $6 \times (\text{RP58 77x50L_RB2.0 190L[2]})$
 $2 \times (\text{RP58 95x50L_RB2.0 190L[2]})_ \text{RB2.0 190L[2]} \text{ } 0,3|10 \times (3,125)|0,3$
12. Вылет: 0,28 м
13. Несущие кронштейны:
-MFT-RB2.0 190L с креплением на два анкера в крайние отверстия в железобетон. Расчётное усилие анкера на вырыв: 4 кН.
14. Опорные кронштейны:
-MFT-RB2.0 190L с креплением на два анкера в крайние отверстия в ячеистые блоки. Расчётное усилие анкера на вырыв: 1 кН.

С О П Л А С О В А Н О		

Инв.№ подл.	Подпись и дата	Взам. Инв. №
-------------	----------------	--------------

						Расчёт по несущей способности	Лист
							88
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		



2. Расчет вертикального профиля "MFT-RP58 95x50L"

Сплав: AlMgSi 6060 T66 Hilti

Профиль	Вес, кг/м	Сжаты волокна	A, см ²	Ix, см ⁴	Wx, см ³	E, МПа	Ry, МПа
RP58 95x50L	1,33	Полка	4,854	59,403	12,456	70000	135
		Полка	4,461	53,248	10,198		

2.1 Расчет при сочетании Вес + Ветер (далее [ВВ])

2.1.1 [ВВ] Расчётная погонная нагрузка от веса облицовки и профиля определяется по формуле (1):

$$P_z \text{ м.п.} = (P_o \cdot \gamma_f \cdot l_x + P_n \cdot \gamma_f) \cdot y_n, \text{ кН/м}$$

$$P_z \text{ м.п.} = (0,078 \cdot 1,1 \cdot 0,7 + 0,013 \cdot 1,05) \cdot 1,1 = 0,081 \text{ кН/м}$$

2.1.2 [ВВ] Продольные усилия в профиле:

$$N_z = P_z \text{ м.п.} \cdot l_z, \text{ кН}$$

где: l_z – длина направляющей, с которой собирается нагрузка, м.

$$N_{za1} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{za1} = 0,081 \cdot 0,3 = 0,024 \text{ кН}$$

$$N_{zl1} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{zl1} = 0,081 \cdot 2,525 = 0,205 \text{ кН}$$

$$N_{zl2} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{zl2} = 0,081 \cdot 2,525 = 0,205 \text{ кН}$$

$$N_{zl9} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{zl9} = 0,081 \cdot 2,525 = 0,205 \text{ кН}$$

Расчёт по несущей способности

Лист

89

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата

$$N_{z10} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{z10} = 0,081 \cdot 3,425 = 0,277 \text{ кН}$$

$$N_{za2} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{za2} = 0,081 \cdot 0,3 = 0,024 \text{ кН}$$

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.

2.1.3 [BB] Расчётная пиковая погонная нагрузка от отрицательного давления ветра определяется по формуле (2):

$$w_p \text{ м.п.} = w_p(\text{усх}) \cdot \gamma_p \cdot l_x \cdot K_{нер}, \text{ кН/м}$$

$$w_p \text{ м.п.} = 1,44 \cdot 1,1 \cdot 0,7 \cdot 1,143 = 1,267 \text{ кН/м}$$

2.1.4 [BB] Определяем изгибающий момент на опоре от горизонтальной нагрузки:

$$M_x = k \cdot w \cdot l^2, \text{ кН·м}$$

где: k – коэффициент по п.8.1.7 Справочника проектировщика [5].

$$M_{xa1} = 0,5 \cdot 1,267 \cdot 0,3^2 = 0,057 \text{ кН·м}$$

$$M_{x11} = 0,106 \cdot 1,267 \cdot 3,125^2 = 1,312 \text{ кН·м}$$

$$M_{x12} = 0,106 \cdot 1,267 \cdot 3,125^2 = 1,312 \text{ кН·м}$$

$$M_{x19} = 0,106 \cdot 1,267 \cdot 3,125^2 = 1,312 \text{ кН·м}$$

$$M_{x10} = 0,106 \cdot 1,267 \cdot 3,125^2 = 1,312 \text{ кН·м}$$

$$M_{xa2} = 0,5 \cdot 1,267 \cdot 0,3^2 = 0,057 \text{ кН·м}$$

2.1.5 [BB] Нормальные напряжения на опоре во внешнем сечении направляющей (полка):

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} \cdot 1000 + \frac{N_z}{A} \cdot 10 < R - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma_{a1} = \frac{0,057}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,024}{4,854} \cdot 10 = 4,6 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{11} = \frac{1,312}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,205}{4,854} \cdot 10 = 105,8 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{12} = \frac{1,312}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,205}{4,854} \cdot 10 = 105,8 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{19} = \frac{1,312}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,205}{4,854} \cdot 10 = 105,8 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{10} = \frac{1,312}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,277}{4,854} \cdot 10 = 105,9 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a2} = \frac{0,057}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,024}{4,854} \cdot 10 = 4,6 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.1.6 [BB] Определяем изгибающий момент в пролёте от горизонтальной нагрузки:

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							90
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

Инв.№ подл.	Подпись и дата	Взам. Инв.№	Согласовано		

Мха2 – отсумствуем

$$\sigma_{a2} = \frac{0}{10,198} \cdot 1000 + \frac{0,024}{4,461} \cdot 10 = 0,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.1.9 [BB] Нормальные напряжения на опоре во внутреннем сечении направляющей (полка):

$$\sigma_{a2} = \frac{0,057}{10,198} \cdot 1000 + \frac{0,024}{4,461} \cdot 10 = 5,6 \pm 135 \cdot 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a1} = \frac{0}{12.456} \cdot 1000 + \frac{0,024}{4,854} \cdot 10 = 0 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{11} = \frac{0,965}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,205}{4,854} \cdot 10 = 77,9 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{12} = \frac{0,421}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,205}{4,854} \cdot 10 = 34,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{19} = \frac{0,421}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,205}{4,854} \cdot 10 = 34,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{10} = \frac{0,965}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,277}{4,854} \cdot 10 = 78 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a2} = \frac{0}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,024}{4,854} \cdot 10 = 0 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.1.11 [BB] Нормативная погонная нагрузка от отрицательного давления ветра определяется по формуле:

$$w_{н.н.п.} = \frac{w_p \text{ н.п.}}{\gamma_f - \gamma_n}, \text{ кН/м}$$

$$w_{н.н.п.} = \frac{1,267}{1,4 - 1,1} = 0,823 \text{ кН/м}$$

2.1.12 [BB] Расчет прогиба профиля:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{w_n \cdot l^4}{I_x - E \cdot 10} - \frac{M1 + M2}{16 \cdot I_x - E} \cdot \left(\frac{w_n}{w_p} \right) \cdot l^2 \cdot 10 \leq \frac{l}{200}, \text{ см}$$

где: l – длина пролета, см

w – расчётная нагрузка

M1, M2 – момент сверху и снизу от пролета, кН · м.

допустимый прогиб определяется по СП 20.13330.2016 [7]

$$f_{11} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,823 \cdot 312,5^4}{53,248 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{1,312 \cdot 100}{16 \cdot 53,248 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,823}{1,267} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 1,35 \leq \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{12} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,823 \cdot 312,5^4}{53,248 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{1,312 \cdot 100 + 1,052 \cdot 100}{16 \cdot 53,248 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,823}{1,267} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 0,23 \leq \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{19} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,823 \cdot 312,5^4}{53,248 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{1,052 \cdot 100 + 1,312 \cdot 100}{16 \cdot 53,248 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,823}{1,267} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 0,23 \leq \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{10} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,823 \cdot 312,5^4}{53,248 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{1,312 \cdot 100}{16 \cdot 53,248 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,823}{1,267} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 1,35 \leq \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

2.1.13 [BB] Нормативная погонная нагрузка от положительного давления ветра численно равна отрицательной (см. пункт 2.1.11 [BB]).

2.1.14 [BB] Расчет прогиба профиля:

$$f_{11} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,823 \cdot 312,5^4}{59,403 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{1,312 \cdot 100}{16 \cdot 59,403 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,823}{1,267} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 1,21 \leq \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 92
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$f_{12} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,823 - 312,5^4}{59,403 - 70000 \cdot 10} - \frac{1,312 - 100 + 1,052 - 100}{16 - 59,403 - 70000} \cdot \left(\frac{0,823}{1,267} \right) - 312,5^2 \cdot 10 = 0,2 \pm \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{19} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,823 - 312,5^4}{59,403 - 70000 \cdot 10} - \frac{1,052 - 100 + 1,312 - 100}{16 - 59,403 - 70000} \cdot \left(\frac{0,823}{1,267} \right) - 312,5^2 \cdot 10 = 0,2 \pm \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{110} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,823 - 312,5^4}{59,403 - 70000 \cdot 10} - \frac{1,312 - 100}{16 - 59,403 - 70000} \cdot \left(\frac{0,823}{1,267} \right) - 312,5^2 \cdot 10 = 1,21 \pm \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

2.2 Расчет при сочетании Вес + Ветер + Гололёд (далее [ВВГ])

2.2.1 [ВВГ] Расчётная погонная нагрузка от веса облицовки и профиля равна 0,081 кН/м (см. пункт 2.1.1 [ВВ]).

2.2.2 [ВВГ] Расчётная погонная нагрузка от гололёда определяется по формуле (3):

$$i \text{ м.п.} = b \cdot k \cdot \mu_z \cdot p \cdot g \cdot \gamma_f \cdot l_x \cdot \gamma_n / 1000, \text{ кН/м}$$

Коэффициент, учитывающий изменение толщины стенки гололеда по высоте, при этом вычисляется по формуле:

$$k = e^{0,007 \cdot h} = 2,718^{0,007 \cdot 100} = 2,32$$

$$i \text{ м.п.} = 5 \cdot 2,32 \cdot 0,6 \cdot 0,9 \cdot 9,81 \cdot 1,8 \cdot 0,7 \cdot 1,1 / 1000 = 0,085 \text{ кН/м}$$

2.2.3 [ВВГ] Суммарная вертикальная расчётная погонная нагрузка:

$$q_{zp} \text{ м.п.} = P_{zp} \text{ м.п.} + i_{p} \text{ м.п.} = 0,081 + 0,085 = 0,166 \text{ кН/м}$$

2.2.4 [ВВГ] Продольные усилия в профиле:

$$N_{za1} = q_z \text{ м.п.} \cdot l_{za1} = 0,166 \cdot 0,3 = 0,05 \text{ кН}$$

$$N_{zl1} = q_z \text{ м.п.} \cdot l_{zl1} = 0,166 \cdot 2,525 = 0,419 \text{ кН}$$

$$N_{zl2} = q_z \text{ м.п.} \cdot l_{zl2} = 0,166 \cdot 2,525 = 0,419 \text{ кН}$$

$$N_{zl9} = q_z \text{ м.п.} \cdot l_{zl9} = 0,166 \cdot 2,525 = 0,419 \text{ кН}$$

$$N_{zl10} = q_z \text{ м.п.} \cdot l_{zl10} = 0,166 \cdot 3,425 = 0,569 \text{ кН}$$

$$N_{za2} = q_z \text{ м.п.} \cdot l_{za2} = 0,166 \cdot 0,3 = 0,05 \text{ кН}$$

2.2.5 [ВВГ] Расчётная погонная нагрузка от отрицательного давления ветра:

$$q_{wp} \text{ м.п.} = 0,6 \cdot w_p \text{ м.п.} = 0,6 \cdot 1,267 = 0,76 \text{ кН/м}$$

где: w_p м.п. – нагрузка от давления ветра при сочетании Вес+Ветер, кН/м (см. пункт 2.1.3 [ВВ]).

2.2.6 [ВВГ] Определяем изгибающий момент на опоре от горизонтальной нагрузки:

$$M_{xa1} = 0,5 \cdot 0,76 \cdot 0,3^2 = 0,034 \text{ кН·м}$$

$$M_{xl1} = 0,106 \cdot 0,76 \cdot 3,125^2 = 0,787 \text{ кН·м}$$

$$M_{xl2} = 0,106 \cdot 0,76 \cdot 3,125^2 = 0,787 \text{ кН·м}$$

$$M_{xl9} = 0,106 \cdot 0,76 \cdot 3,125^2 = 0,787 \text{ кН·м}$$

$$M_{xl10} = 0,106 \cdot 0,76 \cdot 3,125^2 = 0,787 \text{ кН·м}$$

$$M_{xa2} = 0,5 \cdot 0,76 \cdot 0,3^2 = 0,034 \text{ кН·м}$$

2.2.7 [ВВГ] Нормальные напряжения на опоре во внешнем сечении направляющей (полка):

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							93
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$\sigma_{a1} = \frac{0,034}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,05}{4,854} \cdot 10 = 2,8 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{11} = \frac{0,787}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,419}{4,854} \cdot 10 = 64 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{12} = \frac{0,787}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,419}{4,854} \cdot 10 = 64 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{19} = \frac{0,787}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,419}{4,854} \cdot 10 = 64 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{110} = \frac{0,787}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,569}{4,854} \cdot 10 = 64,4 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a2} = \frac{0,034}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,05}{4,854} \cdot 10 = 2,8 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.2.8 [ВВГ] Определяем изгибающий момент в пролёте от горизонтальной нагрузки:

M_{xa1} - отсутствует

$$M_{x11} = 0,078 \cdot 0,76 \cdot 3,125^2 = 0,579 \text{ кН·м}$$

$$M_{x12} = 0,034 \cdot 0,76 \cdot 3,125^2 = 0,252 \text{ кН·м}$$

$$M_{x19} = 0,034 \cdot 0,76 \cdot 3,125^2 = 0,252 \text{ кН·м}$$

$$M_{x110} = 0,078 \cdot 0,76 \cdot 3,125^2 = 0,579 \text{ кН·м}$$

M_{xa2} - отсутствует

2.2.9 [ВВГ] Нормальные напряжения в пролёте во внутреннем сечении направляющей (полка):

$$\sigma_{a1} = \frac{0}{10,198} \cdot 1000 + \frac{0,05}{4,461} \cdot 10 = 0,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{11} = \frac{0,579}{10,198} \cdot 1000 + \frac{0,419}{4,461} \cdot 10 = 57,7 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{12} = \frac{0,252}{10,198} \cdot 1000 + \frac{0,419}{4,461} \cdot 10 = 25,6 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{19} = \frac{0,252}{10,198} \cdot 1000 + \frac{0,419}{4,461} \cdot 10 = 25,6 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{110} = \frac{0,579}{10,198} \cdot 1000 + \frac{0,569}{4,461} \cdot 10 = 58,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a2} = \frac{0}{10,198} \cdot 1000 + \frac{0,05}{4,461} \cdot 10 = 0,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.2.10 [ВВГ] Расчётная пиковая погонная нагрузка от положительного давления ветра:

$$q_{вр \text{ м.п.}} = 0,6 \cdot w_{р \text{ м.п.}} = 0,6 \cdot 1,267 = 0,76 \text{ кН/м}$$

где: $w_{р \text{ м.п.}}$ - нагрузка от давления ветра при сочетании Вес+Ветер, кН/м (см. пункт 2.1.3 [ВВ]).

2.2.11 [ВВГ] Нормальные напряжения на опоре во внутреннем сечении направляющей (полка):

$$\sigma_{a1} = \frac{0,034}{10,198} \cdot 1000 + \frac{0,05}{4,461} \cdot 10 = 3,4 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

Согласовано			
Взам. Инв. №			
Подпись и дата			
Инв. № подл.			

						Расчёт по несущей способности	Лист
							94
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$\sigma_{11} = \frac{0,787}{10,198} \cdot 1000 + \frac{0,419}{4,461} \cdot 10 = 78,1 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{12} = \frac{0,787}{10,198} \cdot 1000 + \frac{0,419}{4,461} \cdot 10 = 78,1 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{19} = \frac{0,787}{10,198} \cdot 1000 + \frac{0,419}{4,461} \cdot 10 = 78,1 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{110} = \frac{0,787}{10,198} \cdot 1000 + \frac{0,569}{4,461} \cdot 10 = 78,4 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a2} = \frac{0,034}{10,198} \cdot 1000 + \frac{0,05}{4,461} \cdot 10 = 3,4 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.2.12 [ВВГ] Нормальные напряжения в пролёте во внешнем сечении направляющей (полка):

$$\sigma_{a1} = \frac{0}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,05}{4,854} \cdot 10 = 0,1 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{11} = \frac{0,579}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,419}{4,854} \cdot 10 = 47,3 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{12} = \frac{0,252}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,419}{4,854} \cdot 10 = 21,1 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{19} = \frac{0,252}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,419}{4,854} \cdot 10 = 21,1 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{110} = \frac{0,579}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,569}{4,854} \cdot 10 = 47,7 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a2} = \frac{0}{12,456} \cdot 1000 + \frac{0,05}{4,854} \cdot 10 = 0,1 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.2.13 [ВВГ] Нормативная погонная нагрузка от отрицательного давления ветра:

$$q_{\text{ун м.п.}} = 0,6 \cdot \text{wn м.п.} = 0,6 \cdot 0,823 = 0,494 \text{ кН/м}$$

где: wn м.п. – нагрузка от давления ветра при сочетании Вес+Ветер, кН/м (см. пункт 2.1.11 [ВВ]).

2.2.14 [ВВГ] Расчет прогиба профиля:

$$f_{11} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,494 \cdot 312,5^4}{53,248 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,787 \cdot 100}{16 \cdot 53,248 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,494}{0,76} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 0,81 \pm \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{12} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,494 \cdot 312,5^4}{53,248 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,787 \cdot 100 + 0,631 \cdot 100}{16 \cdot 53,248 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,494}{0,76} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 0,14 \pm \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{19} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,494 \cdot 312,5^4}{53,248 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,631 \cdot 100 + 0,787 \cdot 100}{16 \cdot 53,248 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,494}{0,76} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 0,14 \pm \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{110} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,494 \cdot 312,5^4}{53,248 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,787 \cdot 100}{16 \cdot 53,248 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,494}{0,76} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 0,81 \pm \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

2.2.15 [ВВГ] Нормативная погонная нагрузка от положительного давления ветра:

$$q_{\text{ун м.п.}} = 0,6 \cdot \text{wn м.п.} = 0,6 \cdot 0,823 = 0,494 \text{ кН/м}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							95
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

Инв.№ подл.	Подпись и дата	Взам. Инв.№	Согласовано		

$$f_{I1} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,494 \cdot 312,5^4}{59,403 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,787 \cdot 100}{16 \cdot 59,403 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,494}{0,76} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 0,72 \leq \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ cm}$$

$$f_{I2} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,494 \cdot 312,5^4}{59,403 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,787 \cdot 100 + 0,631 \cdot 100}{16 \cdot 59,403 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,494}{0,76} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 0,12 \leq \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ cm}$$

$$f_{I9} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,494 \cdot 312,5^4}{59,403 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,631 \cdot 100 + 0,787 \cdot 100}{16 \cdot 59,403 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,494}{0,76} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 0,12 \leq \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ cm}$$

$$f_{I10} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,494 \cdot 312,5^4}{59,403 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,787 \cdot 100}{16 \cdot 59,403 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,494}{0,76} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 0,72 \leq \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ cm}$$

3. Расчет вертикального профиля "MFT-RP58 77x50L"

Профиль	Вес, кг/м	A, см ²	Ix, см ⁴	Wx, см ³	E, МПа	Ry, МПа
RP58 77x50L	1,12	4,15	35,17	8,98	70000	135

3.1.1 [BB] Расчётная погонная нагрузка от веса облицовки и профиля определяется по формуле (1):

$$P_z \text{ м.п.} = (0.078 \cdot 1.1 \cdot 0.7 + 0.011 \cdot 1.05) \cdot 1.1 = 0.079 \text{ кН/м}$$

$$N_z = P_z \text{ м.п.} \cdot l_z, \text{ кН}$$
[illegible]
$$w_p \text{ м.п.} = w_p(\text{исх}) \cdot \gamma_n \cdot l_x \cdot K_{\text{нер}}, \text{ кН/м}$$

$$\text{wp м.п.} = 1,44 \cdot 1,1 \cdot 0,7 \cdot 1,143 = 1,267 \text{ кН/м}$$

						Расчёт по несущей способности	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		96

3.1.4 [BB] Определяем изгибающий момент от горизонтальной нагрузки:

$$M_x = k \cdot w \cdot l^2, \text{ кН}\cdot\text{м}$$

где: k – коэффициент по п.8.1.7 Справочника проектировщика [5].

$$M_{x13} = 0,085 \cdot 1,267 \cdot 3,125^2 = 1,052 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x14} = 0,085 \cdot 1,267 \cdot 3,125^2 = 1,052 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x15} = 0,083 \cdot 1,267 \cdot 3,125^2 = 1,027 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x16} = 0,083 \cdot 1,267 \cdot 3,125^2 = 1,027 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x17} = 0,085 \cdot 1,267 \cdot 3,125^2 = 1,052 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x18} = 0,085 \cdot 1,267 \cdot 3,125^2 = 1,052 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

3.1.5 [BB] Нормальные напряжения в сечении направляющей:

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} \cdot 1000 + \frac{N_z}{A} \cdot 10 \leq R - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma_{13} = \frac{1,052}{8,98} \cdot 1000 + \frac{0,199}{4,15} \cdot 10 = 117,6 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{14} = \frac{1,052}{8,98} \cdot 1000 + \frac{0,199}{4,15} \cdot 10 = 117,6 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{15} = \frac{1,027}{8,98} \cdot 1000 + \frac{0,199}{4,15} \cdot 10 = 114,8 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{16} = \frac{1,027}{8,98} \cdot 1000 + \frac{0,199}{4,15} \cdot 10 = 114,8 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{17} = \frac{1,052}{8,98} \cdot 1000 + \frac{0,199}{4,15} \cdot 10 = 117,6 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{18} = \frac{1,052}{8,98} \cdot 1000 + \frac{0,199}{4,15} \cdot 10 = 117,6 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

3.1.6 [BB] Нормативная погонная нагрузка от давления ветра определяется по формуле:

$$w_{н.н.п.} = \frac{w_p \text{ м.п.}}{\gamma_f \cdot \gamma_n}, \text{ кН/м}$$

$$w_{н.н.п.} = \frac{1,267}{1,4 \cdot 1,1} = 0,823 \text{ кН/м}$$

3.1.7 [BB] Расчет прогиба профиля:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{w_n \cdot l^4}{I_x \cdot E \cdot 10} - \frac{M1 + M2}{16 \cdot I_x \cdot E} \cdot \left(\frac{w_n}{w_p} \right) \cdot l^2 \cdot 10 \leq \frac{l}{200}, \text{ см}$$

где: l – длина пролета, см

w_p – расчётная нагрузка

M1, M2 – момент сверху и снизу от пролета, кН · м.

допустимый прогиб определяется по СП 20.13330.2016 [7]

Согласовано			
Взам. Инв. №			
Подпись и дата			
Инв. № подл.			

						Расчёт по несущей способности	Лист
							97
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$f_{13} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,823 - 312,5^4}{35,17 - 70000 - 10} - \frac{1,312 - 100 + 1,052 - 100}{16 - 35,17 - 70000} \cdot \left(\frac{0,823}{1,267} \right) - 312,5^2 - 10 = 0,34 \pm \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{14} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,823 - 312,5^4}{35,17 - 70000 - 10} - \frac{1,052 - 100 + 1,027 - 100}{16 - 35,17 - 70000} \cdot \left(\frac{0,823}{1,267} \right) - 312,5^2 - 10 = 0,8 \pm \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{15} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,823 - 312,5^4}{35,17 - 70000 - 10} - \frac{1,052 - 100 + 1,027 - 100}{16 - 35,17 - 70000} \cdot \left(\frac{0,823}{1,267} \right) - 312,5^2 - 10 = 0,8 \pm \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{16} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,823 - 312,5^4}{35,17 - 70000 - 10} - \frac{1,027 - 100 + 1,052 - 100}{16 - 35,17 - 70000} \cdot \left(\frac{0,823}{1,267} \right) - 312,5^2 - 10 = 0,8 \pm \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{17} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,823 - 312,5^4}{35,17 - 70000 - 10} - \frac{1,027 - 100 + 1,052 - 100}{16 - 35,17 - 70000} \cdot \left(\frac{0,823}{1,267} \right) - 312,5^2 - 10 = 0,8 \pm \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{18} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,823 - 312,5^4}{35,17 - 70000 - 10} - \frac{1,052 - 100 + 1,312 - 100}{16 - 35,17 - 70000} \cdot \left(\frac{0,823}{1,267} \right) - 312,5^2 - 10 = 0,34 \pm \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

3.2 Расчет при сочетании Вес + Ветер + Гололёд (далее [ВВГ])

3.2.1 [ВВГ] Расчётная погонная нагрузка от веса облицовки и профиля равна 0,079 кН/м (см. пункт 3.1.1 [ВВ]).

3.2.2 [ВВГ] Расчётная погонная нагрузка от гололёда определяется по формуле (3):

$$i \text{ м.п.} = b \cdot k \cdot \mu_2 \cdot p \cdot g \cdot \gamma_f \cdot l_x \cdot \gamma_n / 1000, \text{ кН/м}$$

Коэффициент, учитывающий изменение толщины стенки гололеда по высоте, при этом вычисляется по формуле:

$$k = e^{0,0007 \cdot h} = 2,718^{0,0007 \cdot 120} = 2,32$$

$$i \text{ м.п.} = 5 \cdot 2,32 \cdot 0,6 \cdot 0,9 \cdot 9,81 \cdot 1,8 \cdot 0,7 \cdot 1,1 / 1000 = 0,085 \text{ кН/м}$$

3.2.3 [ВВГ] Суммарная вертикальная расчётная погонная нагрузка:

$$q_{zp} \text{ м.п.} = P_{zp} \text{ м.п.} + i_{p} \text{ м.п.} = 0,079 + 0,085 = 0,164 \text{ кН/м}$$

3.2.4 [ВВГ] Продольные усилия в профиле:

$$N_z = q_z \text{ м.п.} \cdot l_z = 0,164 \cdot 2,525 = 0,414 \text{ кН}$$

$$N_z = q_z \text{ м.п.} \cdot l_z = 0,164 \cdot 2,525 = 0,414 \text{ кН}$$

$$N_z = q_z \text{ м.п.} \cdot l_z = 0,164 \cdot 2,525 = 0,414 \text{ кН}$$

$$N_z = q_z \text{ м.п.} \cdot l_z = 0,164 \cdot 2,525 = 0,414 \text{ кН}$$

$$N_z = q_z \text{ м.п.} \cdot l_z = 0,164 \cdot 2,525 = 0,414 \text{ кН}$$

$$N_z = q_z \text{ м.п.} \cdot l_z = 0,164 \cdot 2,525 = 0,414 \text{ кН}$$

3.2.5 [ВВГ] Расчётная погонная нагрузка от давления ветра:

$$q_{wp} \text{ м.п.} = 0,6 \cdot w_p \text{ м.п.} = 0,6 \cdot 1,267 = 0,76 \text{ кН/м}$$

где: w_p м.п. – нагрузка от давления ветра при сочетании Вес+Ветер, кН/м (см. пункт 2.1.3 [ВВ]).

3.2.6 [ВВГ] Определяем изгибающий момент от горизонтальной нагрузки:

$$M_{x13} = 0,085 \cdot 0,76 \cdot 3,125^2 = 0,631 \text{ кН·м}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							98
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$M_{x14} = 0,085 \cdot 0,76 \cdot 3,125^2 = 0,631 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x15} = 0,083 \cdot 0,76 \cdot 3,125^2 = 0,616 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x16} = 0,083 \cdot 0,76 \cdot 3,125^2 = 0,616 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x17} = 0,085 \cdot 0,76 \cdot 3,125^2 = 0,631 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x18} = 0,085 \cdot 0,76 \cdot 3,125^2 = 0,631 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

3.2.7 [ВВГ] Нормальные напряжения в сечении направляющей:

$$\sigma_{13} = \frac{0,631}{8,98} \cdot 1000 + \frac{0,414}{4,15} \cdot 10 = 71,3 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{14} = \frac{0,631}{8,98} \cdot 1000 + \frac{0,414}{4,15} \cdot 10 = 71,3 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{15} = \frac{0,616}{8,98} \cdot 1000 + \frac{0,414}{4,15} \cdot 10 = 69,6 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{16} = \frac{0,616}{8,98} \cdot 1000 + \frac{0,414}{4,15} \cdot 10 = 69,6 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{17} = \frac{0,631}{8,98} \cdot 1000 + \frac{0,414}{4,15} \cdot 10 = 71,3 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{18} = \frac{0,631}{8,98} \cdot 1000 + \frac{0,414}{4,15} \cdot 10 = 71,3 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

3.2.8 [ВВГ] Нормативная погонная нагрузка от давления ветра:

$$q_{\text{н м.п.}} = 0,6 \cdot \text{н м.п.} = 0,6 \cdot 0,823 = 0,494 \text{ кН/м}$$

где: н м.п. – нагрузка от давления ветра при сочетании Вес+Ветер, кН/м (см. пункт 2.1.11 [ВВ]).

3.2.9 [ВВГ] Расчет прогиба профиля:

$$f_{13} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,494 \cdot 312,5^4}{35,17 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,787 \cdot 100 + 0,631 \cdot 100}{16 \cdot 35,17 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,494}{0,76} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 0,21 \pm \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{14} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,494 \cdot 312,5^4}{35,17 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,631 \cdot 100 + 0,616 \cdot 100}{16 \cdot 35,17 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,494}{0,76} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 0,48 \pm \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{15} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,494 \cdot 312,5^4}{35,17 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,631 \cdot 100 + 0,616 \cdot 100}{16 \cdot 35,17 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,494}{0,76} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 0,48 \pm \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{16} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,494 \cdot 312,5^4}{35,17 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,616 \cdot 100 + 0,631 \cdot 100}{16 \cdot 35,17 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,494}{0,76} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 0,48 \pm \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{17} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,494 \cdot 312,5^4}{35,17 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,616 \cdot 100 + 0,631 \cdot 100}{16 \cdot 35,17 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,494}{0,76} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 0,48 \pm \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

$$f_{18} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,494 \cdot 312,5^4}{35,17 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,631 \cdot 100 + 0,787 \cdot 100}{16 \cdot 35,17 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,494}{0,76} \right) \cdot 312,5^2 \cdot 10 = 0,21 \pm \frac{312,5}{200} = 1,56 \text{ см}$$

Вывод: Направляющая MFT-RP58 77x50L отвечает требованиям прочности.

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 99
Изм.	Код.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

5. Расчет реакций, передающихся на кронштейны:

5.1 Расчет реакций при сочетании Вес + Ветер (далее [ВВ]):

5.1.1 [ВВ] Реакции от вертикальной нагрузки:

$$N_z = P_z \text{ м.п.} \cdot l_z, \text{ кН}$$

где: P_z м.п. – вертикальная нагрузка на вертикальный профиль, кН/м

l_z – длина вертикального профиля, с которого собирается нагрузка, м

$$N_{z1} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{z1} = 0,081 \cdot 2,825 = 0,229 \text{ кН}$$

$$N_{z2} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{z2} = 0,081 \cdot 3,125 = 0,253 \text{ кН}$$

$$N_{z3} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{z3} = 0,081 \cdot 3,125 = 0,253 \text{ кН}$$

$$N_{z4} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{z4} = 0,079 \cdot 3,125 = 0,247 \text{ кН}$$

$$N_{z5} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{z5} = 0,079 \cdot 3,125 = 0,247 \text{ кН}$$

$$N_{z6} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{z6} = 0,079 \cdot 3,125 = 0,247 \text{ кН}$$

$$N_{z7} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{z7} = 0,079 \cdot 3,125 = 0,247 \text{ кН}$$

$$N_{z8} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{z8} = 0,079 \cdot 3,125 = 0,247 \text{ кН}$$

$$N_{z9} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{z9} = 0,079 \cdot 3,125 = 0,247 \text{ кН}$$

$$N_{z10.1} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{z10.1} = 0,081 \cdot 4,025 = 0,326 \text{ кН}$$

$N_{z10.2}$ – отсутствует

5.1.2 [ВВ] Реакции от горизонтальной нагрузки:

Для кронштейна между пролетом и консолью вертикального профиля:

$$N_y = w_p \text{ м.п.} \cdot (k - l + a), \text{ кН}$$

Для кронштейна между пролетами вертикального профиля:

$$N_y = w_p \text{ м.п.} \cdot k - \frac{l_i + l_{i-1}}{2}, \text{ кН}$$

где: k – коэффициент по п.8.1.7 Справочника проектировщика [5].

$$N_{y1} = w_p \text{ м.п.} \cdot (k - l_1 + a_1) = 1,267 \cdot (0,39 - 3,125 + 0,3) = 1,924 \text{ кН}$$

$$N_{y2} = w_p \text{ м.п.} \cdot k - \frac{l_{i1} + l_{i2}}{2} = 1,267 \cdot 1,13 - \frac{3,125 + 3,125}{2} = 4,474 \text{ кН}$$

$$N_{y3} = w_p \text{ м.п.} \cdot k - \frac{l_{i2} + l_{i3}}{2} = 1,267 \cdot 0,96 - \frac{3,125 + 3,125}{2} = 3,801 \text{ кН}$$

$$N_{y4} = w_p \text{ м.п.} \cdot k - \frac{l_{i3} + l_{i4}}{2} = 1,267 \cdot 1,01 - \frac{3,125 + 3,125}{2} = 3,999 \text{ кН}$$

$$N_{y5} = w_p \text{ м.п.} \cdot k - \frac{l_{i4} + l_{i5}}{2} = 1,267 \cdot 1 - \frac{3,125 + 3,125}{2} = 3,959 \text{ кН}$$

$$N_{y6} = w_p \text{ м.п.} \cdot k - \frac{l_{i5} + l_{i6}}{2} = 1,267 \cdot 1 - \frac{3,125 + 3,125}{2} = 3,959 \text{ кН}$$

$$N_{y7} = w_p \text{ м.п.} \cdot k - \frac{l_{i6} + l_{i7}}{2} = 1,267 \cdot 1 - \frac{3,125 + 3,125}{2} = 3,959 \text{ кН}$$

$$N_{y8} = w_p \text{ м.п.} \cdot k - \frac{l_{i7} + l_{i8}}{2} = 1,267 \cdot 1,01 - \frac{3,125 + 3,125}{2} = 3,999 \text{ кН}$$

$$N_{y9} = w_p \text{ м.п.} \cdot k - \frac{l_{i8} + l_{i9}}{2} = 1,267 \cdot 0,96 - \frac{3,125 + 3,125}{2} = 3,801 \text{ кН}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							100
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$Ny_{10.1} = \text{вр м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_{i9} + l_{i10}}{2} = 1,267 \cdot 1,13 \cdot \frac{3,125 + 3,125}{2} = 4,474 \text{ кН}$$

$$Ny_{10.2} = \text{вр м.п.} \cdot (k \cdot l_{i10} + a_2) = 1,267 \cdot (0,39 \cdot 3,125 + 0,3) = 1,924 \text{ кН}$$

5.2 Расчет реакций при сочетании Вес + Ветер + Гололёд (далее [ВВГ]):

5.2.1 [ВВГ] Реакции от вертикальной нагрузки:

$$Nz1 = qz \text{ м.п.} \cdot lz1 = 0,166 \cdot 2,825 = 0,469 \text{ кН}$$

$$Nz2 = qz \text{ м.п.} \cdot lz2 = 0,166 \cdot 3,125 = 0,519 \text{ кН}$$

$$Nz3 = qz \text{ м.п.} \cdot lz3 = 0,166 \cdot 3,125 = 0,519 \text{ кН}$$

$$Nz4 = qz \text{ м.п.} \cdot lz4 = 0,164 \cdot 3,125 = 0,513 \text{ кН}$$

$$Nz5 = qz \text{ м.п.} \cdot lz5 = 0,164 \cdot 3,125 = 0,513 \text{ кН}$$

$$Nz6 = qz \text{ м.п.} \cdot lz6 = 0,164 \cdot 3,125 = 0,513 \text{ кН}$$

$$Nz7 = qz \text{ м.п.} \cdot lz7 = 0,164 \cdot 3,125 = 0,513 \text{ кН}$$

$$Nz8 = qz \text{ м.п.} \cdot lz8 = 0,164 \cdot 3,125 = 0,513 \text{ кН}$$

$$Nz9 = qz \text{ м.п.} \cdot lz9 = 0,164 \cdot 3,125 = 0,513 \text{ кН}$$

$$Nz_{10.1} = qz \text{ м.п.} \cdot lz_{10.1} = 0,166 \cdot 4,025 = 0,668 \text{ кН}$$

$Nz_{10.2}$ – отсутствует

5.2.2 [ВВГ] Реакции от горизонтальной нагрузки:

$$Ny1 = \text{вр м.п.} \cdot (k \cdot l_1 + a_1) = 0,76 \cdot (0,39 \cdot 3,125 + 0,3) = 1,154 \text{ кН}$$

$$Ny2 = \text{вр м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_{i1} + l_{i2}}{2} = 0,76 \cdot 1,13 \cdot \frac{3,125 + 3,125}{2} = 2,684 \text{ кН}$$

$$Ny3 = \text{вр м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_{i2} + l_{i3}}{2} = 0,76 \cdot 0,96 \cdot \frac{3,125 + 3,125}{2} = 2,28 \text{ кН}$$

$$Ny4 = \text{вр м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_{i3} + l_{i4}}{2} = 0,76 \cdot 1,01 \cdot \frac{3,125 + 3,125}{2} = 2,399 \text{ кН}$$

$$Ny5 = \text{вр м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_{i4} + l_{i5}}{2} = 0,76 \cdot 1 \cdot \frac{3,125 + 3,125}{2} = 2,375 \text{ кН}$$

$$Ny6 = \text{вр м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_{i5} + l_{i6}}{2} = 0,76 \cdot 1 \cdot \frac{3,125 + 3,125}{2} = 2,375 \text{ кН}$$

$$Ny7 = \text{вр м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_{i6} + l_{i7}}{2} = 0,76 \cdot 1 \cdot \frac{3,125 + 3,125}{2} = 2,375 \text{ кН}$$

$$Ny8 = \text{вр м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_{i7} + l_{i8}}{2} = 0,76 \cdot 1,01 \cdot \frac{3,125 + 3,125}{2} = 2,399 \text{ кН}$$

$$Ny9 = \text{вр м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_{i8} + l_{i9}}{2} = 0,76 \cdot 0,96 \cdot \frac{3,125 + 3,125}{2} = 2,28 \text{ кН}$$

$$Ny_{10.1} = \text{вр м.п.} \cdot k \cdot \frac{l_{i9} + l_{i10}}{2} = 0,76 \cdot 1,13 \cdot \frac{3,125 + 3,125}{2} = 2,684 \text{ кН}$$

$$Ny_{10.2} = \text{вр м.п.} \cdot (k \cdot l_{i10} + a_2) = 0,76 \cdot (0,39 \cdot 3,125 + 0,3) = 1,154 \text{ кН}$$

6. Расчет кронштейна "MFT-RB2.0 190L"

Сплавы: AlMgSi 6060 T66 Hilti

Кронштейн	Сечение	A, см ²	Jx, см ⁴	Wx, см ³	Jy, см ⁴	Wy, см ³	Wn, см ³	Wnш, см ³	E, МПа	Ry, МПа
MFT-RB2.0	1-1	2,918	58,0223	8,927	19,3034	7,189	0,737	0,857	70000	120

Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата	Расчёт по несущей способности	Лист 101

Согласовано				
Взам. Инв. №				
Подпись и дата				
Инв. № подл.				

190L	2-2	7,592	106,9207	16,449	54,9496	19,383				
------	-----	-------	----------	--------	---------	--------	--	--	--	--

6.1 Расчет кронштейна при сочетании Вес + Ветер (далее [ВВ]).

6.1.1 [ВВ] Расчет консоли кронштейна по сечению 1-1:

Изгибающий момент в консоли кронштейна от вертикальной нагрузки:

$$M_{x1} = N_{z1} \cdot e_y = 0,229 \cdot 0,095 = 0,02176 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x2} = N_{z2} \cdot e_y = 0,253 \cdot 0,095 = 0,02404 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x3} = N_{z3} \cdot e_y = 0,253 \cdot 0,095 = 0,02404 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x4} = N_{z4} \cdot e_y = 0,247 \cdot 0,095 = 0,02346 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x5} = N_{z5} \cdot e_y = 0,247 \cdot 0,095 = 0,02346 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x6} = N_{z6} \cdot e_y = 0,247 \cdot 0,095 = 0,02346 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x7} = N_{z7} \cdot e_y = 0,247 \cdot 0,095 = 0,02346 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x8} = N_{z8} \cdot e_y = 0,247 \cdot 0,095 = 0,02346 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x9} = N_{z9} \cdot e_y = 0,247 \cdot 0,095 = 0,02346 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x10.1} = N_{z10.1} \cdot e_y = 0,326 \cdot 0,095 = 0,03097 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$M_{x10.2}$ – отсутствует

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 1-1:

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} \cdot 1000 + \frac{N_y}{A} \cdot 10 \leq R_y - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma_1 = \frac{0,02176}{8,927} \cdot 1000 + \frac{1,924}{2,918} \cdot 10 = 9 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_2 = \frac{0,02404}{8,927} \cdot 1000 + \frac{4,474}{2,918} \cdot 10 = 18 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{0,02404}{8,927} \cdot 1000 + \frac{3,801}{2,918} \cdot 10 = 15,7 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,02346}{8,927} \cdot 1000 + \frac{3,999}{2,918} \cdot 10 = 16,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,02346}{8,927} \cdot 1000 + \frac{3,959}{2,918} \cdot 10 = 16,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_6 = \frac{0,02346}{8,927} \cdot 1000 + \frac{3,959}{2,918} \cdot 10 = 16,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_7 = \frac{0,02346}{8,927} \cdot 1000 + \frac{3,959}{2,918} \cdot 10 = 16,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_8 = \frac{0,02346}{8,927} \cdot 1000 + \frac{3,999}{2,918} \cdot 10 = 16,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_9 = \frac{0,02346}{8,927} \cdot 1000 + \frac{3,801}{2,918} \cdot 10 = 15,7 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{10.1} = \frac{0,03097}{8,927} \cdot 1000 + \frac{4,474}{2,918} \cdot 10 = 18,8 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

Согласовано				
Взам. Инв. №				
Подпись и дата				
Инв. № подл.				

						Расчёт по несущей способности	Лист
							102
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$\sigma_{10.2} = \frac{1,924}{2,918} \cdot 10 = 6,6 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

6.1.2 [ВВ] Расчет консоли кронштейна по сечению 2-2:

Изгибающий момент в консоли кронштейна от вертикальной нагрузки:

$$M_{x1} = N_{z1} \cdot e_y = 0,229 \cdot 0,28 = 0,06412 \text{ кН·м}$$

$$M_{x2} = N_{z2} \cdot e_y = 0,253 \cdot 0,28 = 0,07084 \text{ кН·м}$$

$$M_{x3} = N_{z3} \cdot e_y = 0,253 \cdot 0,28 = 0,07084 \text{ кН·м}$$

$$M_{x4} = N_{z4} \cdot e_y = 0,247 \cdot 0,28 = 0,06916 \text{ кН·м}$$

$$M_{x5} = N_{z5} \cdot e_y = 0,247 \cdot 0,28 = 0,06916 \text{ кН·м}$$

$$M_{x6} = N_{z6} \cdot e_y = 0,247 \cdot 0,28 = 0,06916 \text{ кН·м}$$

$$M_{x7} = N_{z7} \cdot e_y = 0,247 \cdot 0,28 = 0,06916 \text{ кН·м}$$

$$M_{x8} = N_{z8} \cdot e_y = 0,247 \cdot 0,28 = 0,06916 \text{ кН·м}$$

$$M_{x9} = N_{z9} \cdot e_y = 0,247 \cdot 0,28 = 0,06916 \text{ кН·м}$$

$$M_{x10.1} = N_{z10.1} \cdot e_y = 0,326 \cdot 0,28 = 0,09128 \text{ кН·м}$$

$M_{x10.2}$ - отсутствует

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 2-2:

$$\sigma_1 = \frac{0,06412}{16,449} \cdot 1000 + \frac{1,924}{7,592} \cdot 10 = 6,4 \pm 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_2 = \frac{0,07084}{16,449} \cdot 1000 + \frac{4,474}{7,592} \cdot 10 = 10,2 \pm 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{0,07084}{16,449} \cdot 1000 + \frac{3,801}{7,592} \cdot 10 = 9,3 \pm 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,06916}{16,449} \cdot 1000 + \frac{3,999}{7,592} \cdot 10 = 9,5 \pm 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,06916}{16,449} \cdot 1000 + \frac{3,959}{7,592} \cdot 10 = 9,4 \pm 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_6 = \frac{0,06916}{16,449} \cdot 1000 + \frac{3,959}{7,592} \cdot 10 = 9,4 \pm 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_7 = \frac{0,06916}{16,449} \cdot 1000 + \frac{3,959}{7,592} \cdot 10 = 9,4 \pm 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_8 = \frac{0,06916}{16,449} \cdot 1000 + \frac{3,999}{7,592} \cdot 10 = 9,5 \pm 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_9 = \frac{0,06916}{16,449} \cdot 1000 + \frac{3,801}{7,592} \cdot 10 = 9,2 \pm 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{10.1} = \frac{0,09128}{16,449} \cdot 1000 + \frac{4,474}{7,592} \cdot 10 = 11,4 \pm 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{10.2} = \frac{1,924}{7,592} \cdot 10 = 2,5 \pm 120 - 1, \text{ МПа}$$

6.1.3 [ВВ] Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							103
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$M_z = \frac{N_y}{nn} \cdot ex1, \text{ кН}\cdot\text{м}$$

где: nn – количество полок кронштейна

ex1 – расстояние от оси ветровой нагрузки до края шляпки анкера, м

$$M_{z1} = 1,924 / 2 \cdot 0,0232 = 0,02232 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z2} = 4,474 / 2 \cdot 0,0232 = 0,0519 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z3} = 3,801 / 2 \cdot 0,0232 = 0,04409 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z4} = 3,999 / 2 \cdot 0,0232 = 0,04639 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z5} = 3,959 / 2 \cdot 0,0232 = 0,04592 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z6} = 3,959 / 2 \cdot 0,0232 = 0,04592 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z7} = 3,959 / 2 \cdot 0,0232 = 0,04592 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z8} = 3,999 / 2 \cdot 0,0232 = 0,04639 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z9} = 3,801 / 2 \cdot 0,0232 = 0,04409 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z10.1} = 4,474 / 2 \cdot 0,0232 = 0,0519 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z10.2} = 1,924 / 2 \cdot 0,0232 = 0,02232 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$\sigma = \frac{M_z}{W_{nnt}} \cdot 1000 < R_y - \text{ус, МПа}$$

где: W_{nnt} – момент сопротивления пяты кронштейна с шайбой MFT-BFW 30x40x3, см³.

$$\sigma_1 = \frac{0,02232}{0,857} \cdot 1000 = 26 \leq 120 - \text{т, МПа}$$

$$\sigma_2 = \frac{0,0519}{0,857} \cdot 1000 = 60,6 \leq 120 - \text{т, МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{0,04409}{0,857} \cdot 1000 = 51,4 \leq 120 - \text{т, МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,04639}{0,857} \cdot 1000 = 54,1 \leq 120 - \text{т, МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,04592}{0,857} \cdot 1000 = 53,6 \leq 120 - \text{т, МПа}$$

$$\sigma_6 = \frac{0,04592}{0,857} \cdot 1000 = 53,6 \leq 120 - \text{т, МПа}$$

$$\sigma_7 = \frac{0,04592}{0,857} \cdot 1000 = 53,6 \leq 120 - \text{т, МПа}$$

$$\sigma_8 = \frac{0,04639}{0,857} \cdot 1000 = 54,1 \leq 120 - \text{т, МПа}$$

$$\sigma_9 = \frac{0,04409}{0,857} \cdot 1000 = 51,4 \leq 120 - \text{т, МПа}$$

Согласовано					
Изм. № подл.	Взам. Инв. №				
	Подпись и дата				

						Расчёт по несущей способности	Лист
							104
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$\sigma_{10.1} = \frac{0,0519}{0,857} \cdot 1000 = 60,6 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{10.2} = \frac{0,02232}{0,857} \cdot 1000 = 26 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

6.1.4 [BB] Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$M_z = N_y / n_n \cdot e_{x2}, \text{ кН}\cdot\text{м}$$

где: n_n – количество полок кронштейна

e_{x2} – расстояние от оси ветровой нагрузки до края шайбы, м

$$M_{z1} = 1,924 / 2 \cdot 0,0172 = 0,01655 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z2} = 4,474 / 2 \cdot 0,0172 = 0,03848 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z3} = 3,801 / 2 \cdot 0,0172 = 0,03269 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z4} = 3,999 / 2 \cdot 0,0172 = 0,03439 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z5} = 3,959 / 2 \cdot 0,0172 = 0,03405 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z6} = 3,959 / 2 \cdot 0,0172 = 0,03405 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z7} = 3,959 / 2 \cdot 0,0172 = 0,03405 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z8} = 3,999 / 2 \cdot 0,0172 = 0,03439 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z9} = 3,801 / 2 \cdot 0,0172 = 0,03269 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z10.1} = 4,474 / 2 \cdot 0,0172 = 0,03848 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z10.2} = 1,924 / 2 \cdot 0,0172 = 0,01655 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$\sigma = \frac{M_z}{W_n} \cdot 1000 \leq R_y - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma_1 = \frac{0,01655}{0,737} \cdot 1000 = 22,5 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_2 = \frac{0,03848}{0,737} \cdot 1000 = 52,2 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{0,03269}{0,737} \cdot 1000 = 44,4 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,03439}{0,737} \cdot 1000 = 46,7 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,03405}{0,737} \cdot 1000 = 46,2 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_6 = \frac{0,03405}{0,737} \cdot 1000 = 46,2 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_7 = \frac{0,03405}{0,737} \cdot 1000 = 46,2 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_8 = \frac{0,03439}{0,737} \cdot 1000 = 46,7 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							105
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$\sigma_9 = \frac{0,03269}{0,737} \cdot 1000 = 44,4 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{10.1} = \frac{0,03848}{0,737} \cdot 1000 = 52,2 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{10.2} = \frac{0,01655}{0,737} \cdot 1000 = 22,5 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

6.1.5 [ВВ] Прогиб кронштейна от вертикальной нагрузки:

$$f = \frac{Nz \cdot ey^3 - 10}{3 \cdot E \cdot Ix} \leq \frac{ey}{100}, \text{ см}$$

где: ey – Вылет, см

допустимый прогиб определяется по СП 20.13330.2016 [7]

$$f_{z1} = \frac{0,229 \cdot 28^3 - 10}{3 \cdot 70000 \cdot 106,9207} = 0,002 \leq \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

$$f_{z2} = \frac{0,253 \cdot 28^3 - 10}{3 \cdot 70000 \cdot 106,9207} = 0,002 \leq \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

$$f_{z3} = \frac{0,253 \cdot 28^3 - 10}{3 \cdot 70000 \cdot 106,9207} = 0,002 \leq \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

$$f_{z4} = \frac{0,247 \cdot 28^3 - 10}{3 \cdot 70000 \cdot 106,9207} = 0,002 \leq \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

$$f_{z5} = \frac{0,247 \cdot 28^3 - 10}{3 \cdot 70000 \cdot 106,9207} = 0,002 \leq \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

$$f_{z6} = \frac{0,247 \cdot 28^3 - 10}{3 \cdot 70000 \cdot 106,9207} = 0,002 \leq \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

$$f_{z7} = \frac{0,247 \cdot 28^3 - 10}{3 \cdot 70000 \cdot 106,9207} = 0,002 \leq \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

$$f_{z8} = \frac{0,247 \cdot 28^3 - 10}{3 \cdot 70000 \cdot 106,9207} = 0,002 \leq \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

$$f_{z9} = \frac{0,247 \cdot 28^3 - 10}{3 \cdot 70000 \cdot 106,9207} = 0,002 \leq \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

$$f_{z10.1} = \frac{0,326 \cdot 28^3 - 10}{3 \cdot 70000 \cdot 106,9207} = 0,003 \leq \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

$f_{z10.2}$ – отсутствует

6.2 Расчет кронштейна при сочетании Вес + Ветер + Гололёд (далее [ВВГ]).

6.2.1 [ВВГ] Расчет консоли кронштейна по сечению 1-1:

Изгибающий момент в консоли кронштейна от вертикальной нагрузки:

Согласовано			
Взам. Инв. №			
Подпись и дата			
Инв. № подл.			

						Расчёт по несущей способности	Лист
							106
Изм.	Кол.уч	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$M_{x1} = N_{z1} \cdot e_y = 0,469 \cdot 0,095 = 0,04456 \text{ кН}\cdot\text{м}$
 $M_{x2} = N_{z2} \cdot e_y = 0,519 \cdot 0,095 = 0,0493 \text{ кН}\cdot\text{м}$
 $M_{x3} = N_{z3} \cdot e_y = 0,519 \cdot 0,095 = 0,0493 \text{ кН}\cdot\text{м}$
 $M_{x4} = N_{z4} \cdot e_y = 0,513 \cdot 0,095 = 0,04874 \text{ кН}\cdot\text{м}$
 $M_{x5} = N_{z5} \cdot e_y = 0,513 \cdot 0,095 = 0,04874 \text{ кН}\cdot\text{м}$
 $M_{x6} = N_{z6} \cdot e_y = 0,513 \cdot 0,095 = 0,04874 \text{ кН}\cdot\text{м}$
 $M_{x7} = N_{z7} \cdot e_y = 0,513 \cdot 0,095 = 0,04874 \text{ кН}\cdot\text{м}$
 $M_{x8} = N_{z8} \cdot e_y = 0,513 \cdot 0,095 = 0,04874 \text{ кН}\cdot\text{м}$
 $M_{x9} = N_{z9} \cdot e_y = 0,513 \cdot 0,095 = 0,04874 \text{ кН}\cdot\text{м}$
 $M_{x10.1} = N_{z10.1} \cdot e_y = 0,668 \cdot 0,095 = 0,06346 \text{ кН}\cdot\text{м}$
 $M_{x10.2}$ – отсутствует

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 1-1:

$$\sigma_1 = \frac{0,04456}{8,927} \cdot 1000 + \frac{1,154}{2,918} \cdot 10 = 8,9 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_2 = \frac{0,0493}{8,927} \cdot 1000 + \frac{2,684}{2,918} \cdot 10 = 14,7 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{0,0493}{8,927} \cdot 1000 + \frac{2,28}{2,918} \cdot 10 = 13,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,04874}{8,927} \cdot 1000 + \frac{2,399}{2,918} \cdot 10 = 13,7 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,04874}{8,927} \cdot 1000 + \frac{2,375}{2,918} \cdot 10 = 13,6 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_6 = \frac{0,04874}{8,927} \cdot 1000 + \frac{2,375}{2,918} \cdot 10 = 13,6 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_7 = \frac{0,04874}{8,927} \cdot 1000 + \frac{2,375}{2,918} \cdot 10 = 13,6 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_8 = \frac{0,04874}{8,927} \cdot 1000 + \frac{2,399}{2,918} \cdot 10 = 13,7 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_9 = \frac{0,04874}{8,927} \cdot 1000 + \frac{2,28}{2,918} \cdot 10 = 13,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{10.1} = \frac{0,06346}{8,927} \cdot 1000 + \frac{2,684}{2,918} \cdot 10 = 16,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{10.2} = \frac{1,154}{2,918} \cdot 10 = 4 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

6.2.2 [ВВГ] Расчет консоли кронштейна по сечению 2-2:

Изгибающий момент в консоли кронштейна от вертикальной нагрузки:

$$M_{x1} = N_{z1} \cdot e_y = 0,469 \cdot 0,28 = 0,13132 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x2} = N_{z2} \cdot e_y = 0,519 \cdot 0,28 = 0,14532 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x3} = N_{z3} \cdot e_y = 0,519 \cdot 0,28 = 0,14532 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x4} = N_{z4} \cdot e_y = 0,513 \cdot 0,28 = 0,14364 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата	Расчёт по несущей способности	Лист 107

$M_{x5} = N_{z5} \cdot e_y = 0,513 \cdot 0,28 = 0,14364 \text{ кН}\cdot\text{м}$
 $M_{x6} = N_{z6} \cdot e_y = 0,513 \cdot 0,28 = 0,14364 \text{ кН}\cdot\text{м}$
 $M_{x7} = N_{z7} \cdot e_y = 0,513 \cdot 0,28 = 0,14364 \text{ кН}\cdot\text{м}$
 $M_{x8} = N_{z8} \cdot e_y = 0,513 \cdot 0,28 = 0,14364 \text{ кН}\cdot\text{м}$
 $M_{x9} = N_{z9} \cdot e_y = 0,513 \cdot 0,28 = 0,14364 \text{ кН}\cdot\text{м}$
 $M_{x10.1} = N_{z10.1} \cdot e_y = 0,668 \cdot 0,28 = 0,18704 \text{ кН}\cdot\text{м}$
 $M_{x10.2} - \text{отсутствует}$

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 2-2:

$$\sigma_1 = \frac{0,13132}{16,449} \cdot 1000 + \frac{1,154}{7,592} \cdot 10 = 9,5 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_2 = \frac{0,14532}{16,449} \cdot 1000 + \frac{2,684}{7,592} \cdot 10 = 12,4 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{0,14532}{16,449} \cdot 1000 + \frac{2,28}{7,592} \cdot 10 = 11,8 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,14364}{16,449} \cdot 1000 + \frac{2,399}{7,592} \cdot 10 = 11,9 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,14364}{16,449} \cdot 1000 + \frac{2,375}{7,592} \cdot 10 = 11,9 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_6 = \frac{0,14364}{16,449} \cdot 1000 + \frac{2,375}{7,592} \cdot 10 = 11,9 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_7 = \frac{0,14364}{16,449} \cdot 1000 + \frac{2,375}{7,592} \cdot 10 = 11,9 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_8 = \frac{0,14364}{16,449} \cdot 1000 + \frac{2,399}{7,592} \cdot 10 = 11,9 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_9 = \frac{0,14364}{16,449} \cdot 1000 + \frac{2,28}{7,592} \cdot 10 = 11,7 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{10.1} = \frac{0,18704}{16,449} \cdot 1000 + \frac{2,684}{7,592} \cdot 10 = 14,9 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{10.2} = \frac{1,154}{7,592} \cdot 10 = 1,5 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

6.2.3 [ВВГ] Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$M_{z1} = 1,154 / 2 \cdot 0,0232 = 0,01339 \text{ кН}\cdot\text{м}$
 $M_{z2} = 2,684 / 2 \cdot 0,0232 = 0,03113 \text{ кН}\cdot\text{м}$
 $M_{z3} = 2,28 / 2 \cdot 0,0232 = 0,02645 \text{ кН}\cdot\text{м}$
 $M_{z4} = 2,399 / 2 \cdot 0,0232 = 0,02783 \text{ кН}\cdot\text{м}$
 $M_{z5} = 2,375 / 2 \cdot 0,0232 = 0,02755 \text{ кН}\cdot\text{м}$
 $M_{z6} = 2,375 / 2 \cdot 0,0232 = 0,02755 \text{ кН}\cdot\text{м}$
 $M_{z7} = 2,375 / 2 \cdot 0,0232 = 0,02755 \text{ кН}\cdot\text{м}$
 $M_{z8} = 2,399 / 2 \cdot 0,0232 = 0,02783 \text{ кН}\cdot\text{м}$

Согласовано							Лист
Взам. Инв. №							Лист
Подпись и дата							Лист
Инв. № подл.							Лист
Изм. Кол.уч. Лист №Док. Подпись Дата Расчёт по несущей способности							108

$$Mz9 = 2,28 / 2 \cdot 0,0232 = 0,02645 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz10.1 = 2,684 / 2 \cdot 0,0232 = 0,03113 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz10.2 = 1,154 / 2 \cdot 0,0232 = 0,01339 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$\sigma_1 = \frac{0,01339}{0,857} \cdot 1000 = 15,6 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_2 = \frac{0,03113}{0,857} \cdot 1000 = 36,3 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{0,02645}{0,857} \cdot 1000 = 30,9 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,02783}{0,857} \cdot 1000 = 32,5 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,02755}{0,857} \cdot 1000 = 32,1 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_6 = \frac{0,02755}{0,857} \cdot 1000 = 32,1 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_7 = \frac{0,02755}{0,857} \cdot 1000 = 32,1 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_8 = \frac{0,02783}{0,857} \cdot 1000 = 32,5 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_9 = \frac{0,02645}{0,857} \cdot 1000 = 30,9 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{10.1} = \frac{0,03113}{0,857} \cdot 1000 = 36,3 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{10.2} = \frac{0,01339}{0,857} \cdot 1000 = 15,6 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

6.2.4 [ВВГ] Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$Mz1 = 1,154 / 2 \cdot 0,0172 = 0,00992 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz2 = 2,684 / 2 \cdot 0,0172 = 0,02308 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz3 = 2,28 / 2 \cdot 0,0172 = 0,01961 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz4 = 2,399 / 2 \cdot 0,0172 = 0,02063 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz5 = 2,375 / 2 \cdot 0,0172 = 0,02042 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz6 = 2,375 / 2 \cdot 0,0172 = 0,02042 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz7 = 2,375 / 2 \cdot 0,0172 = 0,02042 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz8 = 2,399 / 2 \cdot 0,0172 = 0,02063 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz9 = 2,28 / 2 \cdot 0,0172 = 0,01961 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz10.1 = 2,684 / 2 \cdot 0,0172 = 0,02308 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz10.2 = 1,154 / 2 \cdot 0,0172 = 0,00992 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Согласовано					
Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. Инв. №			

Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата	Расчёт по несущей способности	Лист
							109

Напряжения в плите кронштейна по краю шайбы анкера:

$$\sigma_1 = \frac{0,00992}{0,737} \cdot 1000 = 13,5 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_2 = \frac{0,02308}{0,737} \cdot 1000 = 31,3 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{0,01961}{0,737} \cdot 1000 = 26,6 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,02063}{0,737} \cdot 1000 = 28 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,02042}{0,737} \cdot 1000 = 27,7 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_6 = \frac{0,02042}{0,737} \cdot 1000 = 27,7 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_7 = \frac{0,02042}{0,737} \cdot 1000 = 27,7 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_8 = \frac{0,02063}{0,737} \cdot 1000 = 28 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_9 = \frac{0,01961}{0,737} \cdot 1000 = 26,6 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{10.1} = \frac{0,02308}{0,737} \cdot 1000 = 31,3 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{10.2} = \frac{0,00992}{0,737} \cdot 1000 = 13,5 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

6.2.5 [ВВГ] Прогиб кронштейна от вертикальной нагрузки:

$$f_{z1} = \frac{0,469 \cdot 28^3 \cdot 10}{3 \cdot 70000 \cdot 106,9207} = 0,005 \leq \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

$$f_{z2} = \frac{0,519 \cdot 28^3 \cdot 10}{3 \cdot 70000 \cdot 106,9207} = 0,005 \leq \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

$$f_{z3} = \frac{0,519 \cdot 28^3 \cdot 10}{3 \cdot 70000 \cdot 106,9207} = 0,005 \leq \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

$$f_{z4} = \frac{0,513 \cdot 28^3 \cdot 10}{3 \cdot 70000 \cdot 106,9207} = 0,005 \leq \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

$$f_{z5} = \frac{0,513 \cdot 28^3 \cdot 10}{3 \cdot 70000 \cdot 106,9207} = 0,005 \leq \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

$$f_{z6} = \frac{0,513 \cdot 28^3 \cdot 10}{3 \cdot 70000 \cdot 106,9207} = 0,005 \leq \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

$$f_{z7} = \frac{0,513 \cdot 28^3 \cdot 10}{3 \cdot 70000 \cdot 106,9207} = 0,005 \leq \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							110
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$fz8 = \frac{0,513 - 28^3 \cdot 10}{3 - 70000 - 106,9207} = 0,005 \pm \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

$$fz9 = \frac{0,513 - 28^3 \cdot 10}{3 - 70000 - 106,9207} = 0,005 \pm \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

$$fz10.1 = \frac{0,668 - 28^3 \cdot 10}{3 - 70000 - 106,9207} = 0,007 \pm \frac{28}{100} = 0,28 \text{ см}$$

fz10.2 – отсутствует

Вывод: Кронштейн MFT-RB2.0 190L отвечает требованиям прочности.

7. Расчет соединения кронштейна RB2.0 190L с профилем

Тип крепления: Закlepка вытяжная диаметром 4.8мм А/А2.

Допустимое усилие на срез: 1,2 кН.

Допустимое усилие на разрыв: 1,7 кН.

Механические характеристики см. таблицу 3 ГОСТ Р ИСО 15977-2017

Количество соединений в креплении: различное

7.1 Расчет при сочетании Вес + Ветер (далее [ВВ])

7.1.1 [ВВ] Расчет на срез от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$N_s = \frac{\sqrt{N_z^2 + N_y^2}}{n_z} \cdot \gamma_m \leq N_{nrs}, \text{ кН}$$

где: N_z – вертикальная нагрузка на соединение, кН

N_y – горизонтальная нагрузка на соединение, кН

n_z – количество заклепок, шт

γ_m – коэффициент надёжности соединения

N_{nrs} – расчётное усилие на срез, кН

$$N_{s1} = \frac{\sqrt{0,229^2 + 1,924^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,303 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$N_{s2} = \frac{\sqrt{0,253^2 + 4,474^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,7 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$N_{s3} = \frac{\sqrt{0,253^2 + 3,801^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,595 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$N_{s4} = \frac{\sqrt{0,247^2 + 3,999^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,626 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$N_{s5} = \frac{\sqrt{0,247^2 + 3,959^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,62 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$N_{s6} = \frac{\sqrt{0,247^2 + 3,959^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,62 \leq 1,2 \text{ кН}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							111
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$N_{s7} = \frac{\sqrt{0,247^2 + 3,959^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,62 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$N_{s8} = \frac{\sqrt{0,247^2 + 3,999^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,626 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$N_{s9} = \frac{\sqrt{0,247^2 + 3,801^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,595 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$N_{s10.1} = \frac{\sqrt{0,326^2 + 4,474^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,701 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$N_{s10.2} = \frac{\sqrt{0^2 + 1,924^2}}{4} \cdot 1,25 = 0,601 \leq 1,2 \text{ кН}$$

7.1.2 [BB] Расчет на смятие от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$\frac{\sqrt{(N_z)^2 + (N_y)^2}}{n_s \cdot d \cdot t} \cdot 1000 \leq R_{gr}, \text{ МПа}$$

где: d – диаметр отверстия для заклёпки (самореза), мм

t – толщина стенки направляющей, мм

R_{gr} – расчётное сопротивление смятию элементов, соединяемых заклёпками, МПа

$$\frac{\sqrt{0,229^2 + 1,924^2}}{8 \cdot 4,8 \cdot 1,2} \cdot 1000 = 4,2 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,253^2 + 4,474^2}}{8 \cdot 4,8 \cdot 1,2} \cdot 1000 = 97,2 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,253^2 + 3,801^2}}{8 \cdot 4,8 \cdot 1,2} \cdot 1000 = 82,7 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,247^2 + 3,999^2}}{8 \cdot 4,8 \cdot 1,2} \cdot 1000 = 86,9 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,247^2 + 3,959^2}}{8 \cdot 4,8 \cdot 1,2} \cdot 1000 = 86,1 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,247^2 + 3,959^2}}{8 \cdot 4,8 \cdot 1,2} \cdot 1000 = 86,1 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,247^2 + 3,959^2}}{8 \cdot 4,8 \cdot 1,2} \cdot 1000 = 86,1 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,247^2 + 3,999^2}}{8 \cdot 4,8 \cdot 1,2} \cdot 1000 = 86,9 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,247^2 + 3,801^2}}{8 \cdot 4,8 \cdot 1,2} \cdot 1000 = 82,7 \leq 190 \text{ МПа}$$

Согласовано					
Изм. № подл.	Взам. Инв. №				
	Подпись и дата				
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата

Расчёт по несущей способности

Лист

112

$$\frac{\sqrt{0,326^2 + 4,474^2}}{8 - 4,8 - 1,2} \cdot 1000 = 97,3 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0^2 + 1,924^2}}{4 - 4,8 - 1,2} \cdot 1000 = 83,5 \leq 190 \text{ МПа}$$

7.2 Расчет при сочетании Вес + Ветер + Гололёд (далее [ВВГ])

7.2.1 [ВВГ] Расчет на срез от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$Ns1 = \frac{\sqrt{0,469^2 + 1,154^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,195 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$Ns2 = \frac{\sqrt{0,519^2 + 2,684^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,427 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$Ns3 = \frac{\sqrt{0,519^2 + 2,28^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,365 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$Ns4 = \frac{\sqrt{0,513^2 + 2,399^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,383 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$Ns5 = \frac{\sqrt{0,513^2 + 2,375^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,38 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$Ns6 = \frac{\sqrt{0,513^2 + 2,375^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,38 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$Ns7 = \frac{\sqrt{0,513^2 + 2,375^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,38 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$Ns8 = \frac{\sqrt{0,513^2 + 2,399^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,383 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$Ns9 = \frac{\sqrt{0,513^2 + 2,28^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,365 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$Ns10.1 = \frac{\sqrt{0,668^2 + 2,684^2}}{8} \cdot 1,25 = 0,432 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$Ns10.2 = \frac{\sqrt{0^2 + 1,154^2}}{4} \cdot 1,25 = 0,361 \leq 1,2 \text{ кН}$$

7.2.2 [ВВГ] Расчет на смятие от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$\frac{\sqrt{0,469^2 + 1,154^2}}{8 - 4,8 - 1,2} \cdot 1000 = 27 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,519^2 + 2,684^2}}{8 - 4,8 - 1,2} \cdot 1000 = 59,3 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,519^2 + 2,28^2}}{8 - 4,8 - 1,2} \cdot 1000 = 50,7 \leq 190 \text{ МПа}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							113
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$\frac{\sqrt{0,513^2 + 2,399^2}}{8 - 4,8 - 1,2} \cdot 1000 = 53,2 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,513^2 + 2,375^2}}{8 - 4,8 - 1,2} \cdot 1000 = 52,7 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,513^2 + 2,375^2}}{8 - 4,8 - 1,2} \cdot 1000 = 52,7 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,513^2 + 2,375^2}}{8 - 4,8 - 1,2} \cdot 1000 = 52,7 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,513^2 + 2,399^2}}{8 - 4,8 - 1,2} \cdot 1000 = 53,2 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,513^2 + 2,28^2}}{8 - 4,8 - 1,2} \cdot 1000 = 50,7 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,668^2 + 2,684^2}}{8 - 4,8 - 1,2} \cdot 1000 = 60 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0^2 + 1,154^2}}{4 - 4,8 - 1,2} \cdot 1000 = 50,1 \leq 190 \text{ МПа}$$

Вывод: Соединение кронштейна RB2.0 190L с профилем отвечает требованиям прочности.

8. Расчет прочности крепления кронштейна "MFT-RB2.0 190L" к конструкциям здания

8.1 Крепление в железобетон на два анкера в крайние отверстия. Расчётное усилие анкера на вырыв: 4 кН.

8.2.1 [ВВ] Вырывающее усилие анкера при сочетании Вес + Ветер:

$$N_a = \frac{M_x}{b_z} + \frac{N_y}{n_b}, \text{ кН}$$

где: b_z – опорное плечо анкера по оси Z, м

n_b – количество анкеров, воспринимающих ветровую нагрузку, шт

$$N_{a1} = \frac{0,06412}{0,1025} + \frac{1,924}{2} = 1,59 \leq 4 \text{ кН}$$

$$N_{a2} = \frac{0,07084}{0,1025} + \frac{4,474}{2} = 2,93 \leq 4 \text{ кН}$$

$$N_{a3} = \frac{0,07084}{0,1025} + \frac{3,801}{2} = 2,59 \leq 4 \text{ кН}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							114
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$Na4 = \frac{0,06916}{0,1025} + \frac{3,999}{2} = 2,67 \pm 4 \text{ кН}$$

$$Na5 = \frac{0,06916}{0,1025} + \frac{3,959}{2} = 2,65 \pm 4 \text{ кН}$$

$$Na6 = \frac{0,06916}{0,1025} + \frac{3,959}{2} = 2,65 \pm 4 \text{ кН}$$

$$Na7 = \frac{0,06916}{0,1025} + \frac{3,959}{2} = 2,65 \pm 4 \text{ кН}$$

$$Na8 = \frac{0,06916}{0,1025} + \frac{3,999}{2} = 2,67 \pm 4 \text{ кН}$$

$$Na9 = \frac{0,06916}{0,1025} + \frac{3,801}{2} = 2,58 \pm 4 \text{ кН}$$

$$Na10.1 = \frac{0,09128}{0,1025} + \frac{4,474}{2} = 3,13 \pm 4 \text{ кН}$$

8.2.2 [ВВГ] Вырывающее усилие анкера при сочетании Вес + Ветер + Гололёд:

$$Na1 = \frac{0,13132}{0,1025} + \frac{1,154}{2} = 1,86 \pm 4 \text{ кН}$$

$$Na2 = \frac{0,14532}{0,1025} + \frac{2,684}{2} = 2,76 \pm 4 \text{ кН}$$

$$Na3 = \frac{0,14532}{0,1025} + \frac{2,28}{2} = 2,56 \pm 4 \text{ кН}$$

$$Na4 = \frac{0,14364}{0,1025} + \frac{2,399}{2} = 2,6 \pm 4 \text{ кН}$$

$$Na5 = \frac{0,14364}{0,1025} + \frac{2,375}{2} = 2,59 \pm 4 \text{ кН}$$

$$Na6 = \frac{0,14364}{0,1025} + \frac{2,375}{2} = 2,59 \pm 4 \text{ кН}$$

$$Na7 = \frac{0,14364}{0,1025} + \frac{2,375}{2} = 2,59 \pm 4 \text{ кН}$$

$$Na8 = \frac{0,14364}{0,1025} + \frac{2,399}{2} = 2,6 \pm 4 \text{ кН}$$

$$Na9 = \frac{0,14364}{0,1025} + \frac{2,28}{2} = 2,54 \pm 4 \text{ кН}$$

$$Na10.1 = \frac{0,18704}{0,1025} + \frac{2,684}{2} = 3,17 \pm 4 \text{ кН}$$

Вывод: Крепление кронштейна MFT-RB2.0 190L в железобетон на два анкера в крайние отверстия отвечает требованиям прочности.

8.2.1 [ВВ] Вырывающее усилие анкера при сочетании Вес + Ветер:

Согласовано			

Взам. Инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

						Расчёт по несущей способности	Лист 115
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$N_a = \frac{1,924}{2} = 0,96 \pm 1 \text{ кН}$$

8.2.2 [ВВГ] Вырывающее усилие анкера при сочетании Вес + Ветер + Гололёд:

$$N_a = \frac{1,154}{2} = 0,58 \pm 1 \text{ кН}$$

Вывод: Крепление кронштейна MFT-RB2.0 190L в ячеистые блоки на два анкера в крайние отверстия отвечает требованиям прочности.

Согласовано							Изм. Кол.уч Лист №Док. Подпись Дата Расчёт по несущей способности	Лист
								116
	Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. Инв. №					

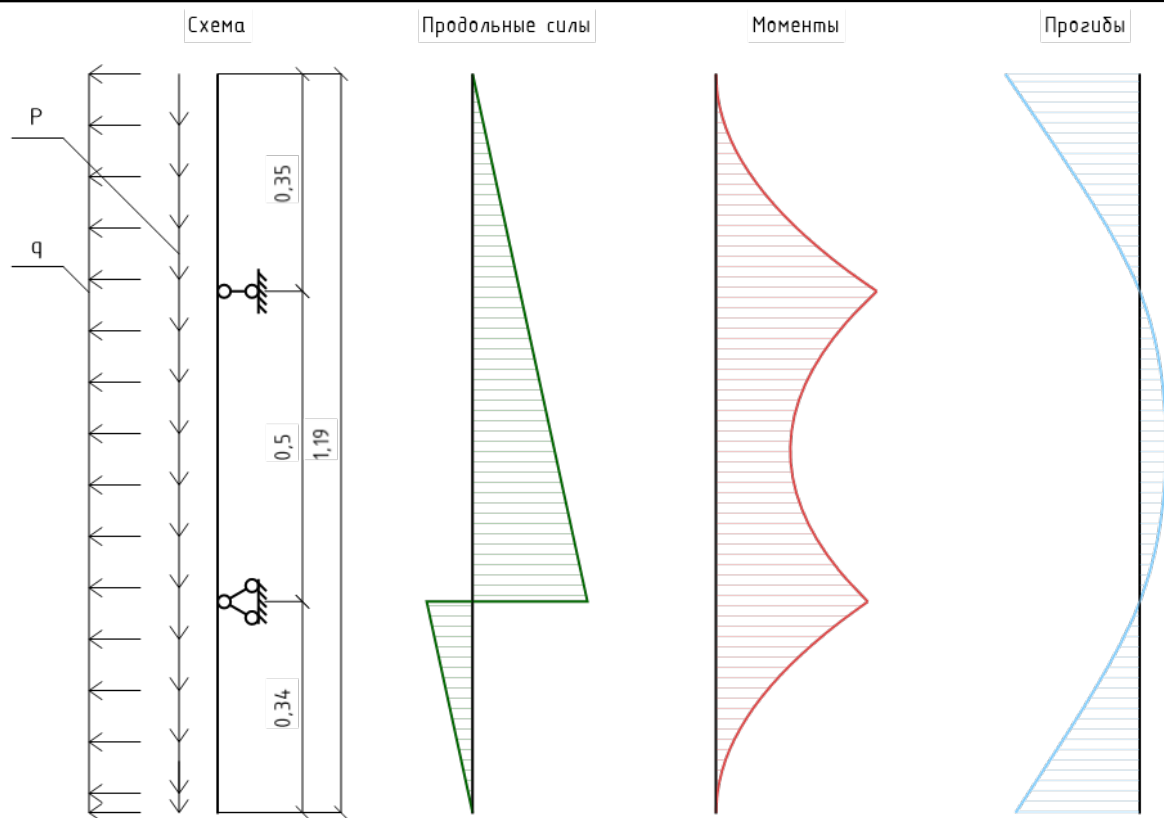
Расчет прочности монтажной схемы №6 (Расчетная схема 6
(угловая и рядовая))

1. Исходные данные:

- 1. Район строительства:
- 2. Расчётная ветровая нагрузка: 2 кН/м²
- 3. Высота применения: 120 м
- 4. Гололёдный район: II
- 5. Уровень ответственности здания: КС-2
- 6. Единый коэффициент надежности по ответственности: 1,1
- 7. Материал облицовки:
- 8. Вес облицовки: 8 кг/м² (0,078 кН/м²)
- 9. Вертикальный профиль: MFT-Та 60x42x1.8
- 10. Шаг вертикального профиля по горизонтали: 0,51 м
- 11. Схема вертикального профиля: однопролетная балка Та 60x42x1.8_MF2.0 190LM[2]_MF2.0 190LM[2] 0,35|0,5|0,34
- 12. Вылет: 0,48 м
- 13. Несущие кронштейны:
-MFT-MF2.0 190LM с креплением на два анкера в крайние отверстия в железобетон. Расчётное усилие анкера на вырыв: 4 кН.
- 14. Опорные кронштейны:
-MFT-MF2.0 190LM с креплением на два анкера в крайние отверстия в ячеистые блоки. Расчётное усилие анкера на вырыв: 1 кН.

Согласовано					
Инв. № подл.	Взам. Инв. №				
	Подпись и дата				

						Расчёт по несущей способности	Лист 117
Изм.	Кол.уч	Лист	№Док.	Подпись	Дата		



2. Расчет вертикального профиля "MFT-Ta 60x42x1.8"

Сплав: AlMgSi 6060 T66 Hilti

Профиль	Вес, кг/м	Сжаты волокна	A, см ²	Ix, см ⁴	Wx, см ³	E, МПа	Ry, МПа
Та 60x42x1.8	0,42	Полка	1,477	5,93	1,465	70000	135
		Стенка	1,207	1,72	0,597		

2.1 Расчет при сочетании Вес + Ветер (далее [ВВ])

2.1.1 [ВВ] Расчётная погонная нагрузка от веса облицовки и профиля определяется по формуле (1):

$$P_z \text{ м.п.} = (P_o \cdot \gamma_f \cdot l_x + P_n \cdot \gamma_f) \cdot y_n, \text{ кН/м}$$

$$P_z \text{ м.п.} = (0,078 \cdot 1,1 \cdot 0,51 + 0,004 \cdot 1,05) \cdot 1,1 = 0,053 \text{ кН/м}$$

2.1.2 [ВВ] Продольные усилия в профиле:

$$N_z = P_z \text{ м.п.} \cdot l_z, \text{ кН}$$

где: l_z – длина направляющей, с которой собирается нагрузка, м.

$$N_{za} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{za} = 0,053 \cdot 0,35 = 0,019 \text{ кН}$$

$$N_{zl} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{zl} = 0,053 \cdot 0,85 = 0,045 \text{ кН}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата	Расчёт по несущей способности	Лист
							118

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.

2.1.3 [BB] Расчётная пиковая погонная нагрузка от отрицательного давления ветра определяется по формуле (2):

$$w_{p \text{ м.п.}} = w_p(\text{усх}) \cdot \gamma_n \cdot l_x \cdot K_{нер}, \text{ кН/м}$$

$$w_{p \text{ м.п.}} = 2 \cdot 1,1 \cdot 0,51 \cdot 1,133 = 1,271 \text{ кН/м}$$

2.1.4 [BB] Определяем изгибающий момент на опоре от горизонтальной нагрузки:

$$M_x = k \cdot w \cdot l^2, \text{ кН}\cdot\text{м}$$

где: k – коэффициент по п.8.1.7 Справочника проектировщика [5].

$$M_{xa1} = 0,5 \cdot 1,271 \cdot 0,35^2 = 0,078 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

M_{xl1} – отсутствует

$$M_{xa2} = 0,5 \cdot 1,271 \cdot 0,34^2 = 0,073 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

2.1.5 [BB] Нормальные напряжения на опоре во внешнем сечении направляющей (полка):

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} \cdot 1000 + \frac{N_z}{A} \cdot 10 \leq R - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma_{a1} = \frac{0,078}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,019}{1,477} \cdot 10 = 53,4 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l1} = \frac{0}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,045}{1,477} \cdot 10 = 0,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a2} = \frac{0,073}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,018}{1,477} \cdot 10 = 50 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.1.6 [BB] Определяем изгибающий момент в пролёте от горизонтальной нагрузки:

M_{xa} – отсутствует

$$M_{xl} = 0,125 \cdot 1,271 \cdot 0,5^2 = 0,04 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

2.1.7 [BB] Нормальные напряжения в пролёте во внутреннем сечении направляющей (стенка):

$$\sigma_{a1} = \frac{0}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,019}{1,207} \cdot 10 = 0,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l1} = \frac{0,04}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,045}{1,207} \cdot 10 = 67,4 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a2} = \frac{0}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,018}{1,207} \cdot 10 = 0,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 119
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

2.1.8 [BB] Расчётная пиковая погонная нагрузка от положительного давления ветра численно равна отрицательной (см. пункт 2.1.3 [BB]).

2.1.9 [BB] Нормальные напряжения на опоре во внутреннем сечении направляющей (стенка):

$$\sigma_{a1} = \frac{0,078}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,019}{1,207} \cdot 10 = 130,8 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l1} = \frac{0}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,045}{1,207} \cdot 10 = 0,4 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a2} = \frac{0,073}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,018}{1,207} \cdot 10 = 122,4 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.1.10 [BB] Нормальные напряжения в пролёте во внешнем сечении направляющей (полка):

$$\sigma_a = \frac{0}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,019}{1,477} \cdot 10 = 0,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_l = \frac{0,04}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,045}{1,477} \cdot 10 = 27,6 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.1.11 [BB] Нормативная погонная нагрузка от отрицательного давления ветра определяется по формуле:

$$w_{н \text{ м.п.}} = \frac{w_p \text{ м.п.}}{\gamma_f \cdot \gamma_n}, \text{ кН/м}$$

$$w_{н \text{ м.п.}} = \frac{1,271}{1,4 \cdot 1,1} = 0,825 \text{ кН/м}$$

2.1.12 [BB] Расчет прогиба профиля:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{w_n \cdot l^4}{I_x \cdot E \cdot 10} \leq \frac{l}{200}, \text{ см}$$

где: l – длина пролёта, см

w_p – расчётная нагрузка

допустимый прогиб определяется по СП 20.13330.2016 [7]

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,825 \cdot 50^4}{1,72 \cdot 70000 \cdot 10} = 0,06 \leq \frac{50}{200} = 0,25 \text{ см}$$

2.1.13 [BB] Нормативная погонная нагрузка от положительного давления ветра численно равна отрицательной (см. пункт 2.1.11 [BB]).

2.1.14 [BB] Расчет прогиба профиля:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,825 \cdot 50^4}{5,93 \cdot 70000 \cdot 10} = 0,02 \leq \frac{50}{200} = 0,25 \text{ см}$$

2.2 Расчет при сочетании Вес + Ветер + Гололёд (далее [BBГ])

2.2.1 [BBГ] Расчётная погонная нагрузка от веса облицовки и профиля равна 0,053 кН/м (см. пункт 2.1.1 [BB]).

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 120
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

2.2.2 [ВВГ] Расчётная погонная нагрузка от гололёда определяется по формуле (3):

$$i \text{ м.п.} = b \cdot k \cdot \mu_z \cdot p \cdot g \cdot \chi_f \cdot l_x \cdot \chi_n / 1000, \text{ кН/м}$$

Коэффициент, учитывающий изменение толщины стенки гололёда по высоте, при этом вычисляется по формуле:

$$k = e^{\frac{0,007}{h}} = 2,718^{\frac{0,007}{100}} = 2,32$$

$$i \text{ м.п.} = 5 \cdot 2,32 \cdot 0,6 \cdot 0,9 \cdot 9,81 \cdot 1,8 \cdot 0,51 \cdot 1,1 / 1000 = 0,062 \text{ кН/м}$$

2.2.3 [ВВГ] Суммарная вертикальная расчётная погонная нагрузка:

$$q_{zp} \text{ м.п.} = P_{zp} \text{ м.п.} + i_{p} \text{ м.п.} = 0,053 + 0,062 = 0,115 \text{ кН/м}$$

2.2.4 [ВВГ] Продольные усилия в профиле:

$$N_{za} = q_z \text{ м.п.} \cdot l_{za} = 0,115 \cdot 0,35 = 0,04 \text{ кН}$$

$$N_{zl} = q_z \text{ м.п.} \cdot l_{zl} = 0,115 \cdot 0,85 = 0,098 \text{ кН}$$

2.2.5 [ВВГ] Расчётная погонная нагрузка от отрицательного давления ветра:

$$q_{wp} \text{ м.п.} = 0,6 \cdot w_p \text{ м.п.} = 0,6 \cdot 1,271 = 0,763 \text{ кН/м}$$

где: $w_p \text{ м.п.}$ – нагрузка от давления ветра при сочетании Вес+Ветер, кН/м (см. пункт 2.1.3 [ВВ]).

2.2.6 [ВВГ] Определяем изгибающий момент на опоре от горизонтальной нагрузки:

$$M_{xa1} = 0,5 \cdot 0,763 \cdot 0,35^2 = 0,047 \text{ кН-м}$$

M_{xl1} – отсутствует

$$M_{xa2} = 0,5 \cdot 0,763 \cdot 0,34^2 = 0,044 \text{ кН-м}$$

2.2.7 [ВВГ] Нормальные напряжения на опоре во внешнем сечении направляющей (полка):

$$\sigma_{a1} = \frac{0,047}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,04}{1,477} \cdot 10 = 32,4 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l1} = \frac{0}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,098}{1,477} \cdot 10 = 0,7 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a2} = \frac{0,044}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,039}{1,477} \cdot 10 = 30,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.2.8 [ВВГ] Определяем изгибающий момент в пролёте от горизонтальной нагрузки:

M_{xa} – отсутствует

$$M_{xl} = 0,125 \cdot 0,763 \cdot 0,5^2 = 0,024 \text{ кН-м}$$

2.2.9 [ВВГ] Нормальные напряжения в пролёте во внутреннем сечении направляющей (стенка):

$$\sigma_a = \frac{0}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,04}{1,207} \cdot 10 = 0,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_l = \frac{0,024}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,098}{1,207} \cdot 10 = 41 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.2.10 [ВВГ] Расчётная пиковая погонная нагрузка от положительного давления ветра:

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 121
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$q_{\text{н м.п.}} = 0,6 \cdot w_{\text{н м.п.}} = 0,6 \cdot 1,271 = 0,763 \text{ кН/м}$$

где: $w_{\text{н м.п.}}$ – нагрузка от давления ветра при сочетании Вес+Ветер, кН/м (см. пункт 2.1.3 [BB]).

2.2.11 [ВВГ] Нормальные напряжения на опоре во внутреннем сечении направляющей (стенка):

$$\sigma_{a1} = \frac{0,047}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,04}{1,207} \cdot 10 = 79,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{l1} = \frac{0}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,098}{1,207} \cdot 10 = 0,8 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a2} = \frac{0,044}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,039}{1,207} \cdot 10 = 74 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.2.12 [ВВГ] Нормальные напряжения в пролёте во внешнем сечении направляющей (полка):

$$\sigma_a = \frac{0}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,04}{1,477} \cdot 10 = 0,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_l = \frac{0,024}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,098}{1,477} \cdot 10 = 17 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.2.13 [ВВГ] Нормативная погонная нагрузка от отрицательного давления ветра:

$$q_{\text{н м.п.}} = 0,6 \cdot w_{\text{н м.п.}} = 0,6 \cdot 0,825 = 0,495 \text{ кН/м}$$

где: $w_{\text{н м.п.}}$ – нагрузка от давления ветра при сочетании Вес+Ветер, кН/м (см. пункт 2.1.11 [BB]).

2.2.14 [ВВГ] Расчет прогиба профиля:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,495 \cdot 50^4}{1,72 \cdot 70000 \cdot 10} = 0,03 \leq \frac{50}{200} = 0,25 \text{ см}$$

2.2.15 [ВВГ] Нормативная погонная нагрузка от положительного давления ветра:

$$q_{\text{н м.п.}} = 0,6 \cdot w_{\text{н м.п.}} = 0,6 \cdot 0,825 = 0,495 \text{ кН/м}$$

где: $w_{\text{н м.п.}}$ – нагрузка от давления ветра при сочетании Вес+Ветер, кН/м (см. пункт 2.1.11 [BB]).

2.2.16 [ВВГ] Расчет прогиба профиля:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,495 \cdot 50^4}{5,93 \cdot 70000 \cdot 10} = 0,01 \leq \frac{50}{200} = 0,25 \text{ см}$$

Вывод: Направляющая МФТ-Та 60x42x1.8 отвечает требованиям прочности.

3. Расчет реакций, передающихся на кронштейны:

3.1 Расчет реакций при сочетании Вес + Ветер (далее [BB]):

3.1.1 [BB] Реакции от вертикальной нагрузки:

$$N_z = P_z \text{ м.п.} \cdot l_z, \text{ кН}$$

где: $P_z \text{ м.п.}$ – вертикальная нагрузка на вертикальный профиль, кН/м

l_z – длина вертикального профиля, с которого собирается нагрузка, м

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 122
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

Nz1 – отсутствует

$$Nz2 = Pz \text{ м.п.} \cdot lz2 = 0,053 \cdot 1,19 = 0,063 \text{ кН}$$

3.1.2 [BB] Реакции от горизонтальной нагрузки:

Для кронштейна между пролетом и консолью вертикального профиля:

$$Ny = w_p \text{ м.п.} \cdot (k - l + a), \text{ кН}$$

где: k – коэффициент по п.8.1.7 Справочника проектировщика [5].

$$Ny1 = w_p \text{ м.п.} \cdot (k - l_1 + a_1) = 1,271 \cdot (0,5 - 0,5 + 0,35) = 0,453 \text{ кН}$$

$$Ny2 = w_p \text{ м.п.} \cdot (k - l_{II} + a_2) = 1,271 \cdot (0,5 - 0,5 + 0,34) = 0,43 \text{ кН}$$

3.2 Расчет реакций при сочетании Вес + Ветер + Гололёд (далее [BBГ]):

3.2.1 [BBГ] Реакции от вертикальной нагрузки:

Nz1 – отсутствует

$$Nz2 = qz \text{ м.п.} \cdot lz2 = 0,115 \cdot 1,19 = 0,137 \text{ кН}$$

3.2.2 [BBГ] Реакции от горизонтальной нагрузки:

$$Ny1 = w_p \text{ м.п.} \cdot (k - l_1 + a_1) = 0,763 \cdot (0,5 - 0,5 + 0,35) = 0,267 \text{ кН}$$

$$Ny2 = w_p \text{ м.п.} \cdot (k - l_{II} + a_2) = 0,763 \cdot (0,5 - 0,5 + 0,34) = 0,26 \text{ кН}$$

4. Расчет кронштейна "MFT-MF2.0 190LM"

Сплав: AlMgSi 6060 T66 Hilti

Кронштейн	Сечение	A, см ²	Jx, см ⁴	Wx, см ³	Jy, см ⁴	Wy, см ³	Wп, см ³	Wпш, см ³	E, МПа	Ry, МПа
MFT-MF2.0 190LM	1-1	1,323	16,6622	3,174	0,0153	0,113	0,221	0,281	70000	120
	2-2	3,255	29,905	5,696	0,0261	0,168				

4.1 Расчет кронштейна при сочетании Вес + Ветер (далее [BB]).

4.1.1 [BB] Расчет консоли кронштейна по сечению 1-1:

Изгибающий момент в консоли кронштейна от вертикальной нагрузки:

Mx1 – отсутствует

$$Mx2 = Nz2 \cdot ey = 0,063 \cdot 0,295 = 0,01858 \text{ кН·м}$$

Изгибающий момент в консоли кронштейна от горизонтальной нагрузки:

$$Mz1 = Ny1 \cdot ex3 = 0,453 \cdot 0,0151 = 0,00684 \text{ кН·м}$$

$$Mz2 = Ny2 \cdot ex3 = 0,43 \cdot 0,0151 = 0,0065 \text{ кН·м}$$

ex3 – расстояние от оси ветровой нагрузки до консоли, м

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 1-1:

						Расчёт по несущей способности	Лист 123
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

Согласовано

Взам. Инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} \cdot 1000 + \frac{M_z}{W_y} \cdot 1000 + \frac{N_y}{A} \cdot 10 \leq R_y - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma_1 = \frac{0,01152}{0,113} \cdot 1000 + \frac{0,763}{1,323} \cdot 10 = 107,7 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_2 = \frac{0,01858}{3,174} \cdot 1000 + \frac{0,01132}{0,113} \cdot 1000 + \frac{0,75}{1,323} \cdot 10 = 111,7 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

4.1.2 [BB] Расчет консоли кронштейна по сечению 2-2:

Изгибающий момент в консоли кронштейна от вертикальной нагрузки:

M_{x1} - отсутствует

$$M_{x2} = N_{z2} \cdot e_y = 0,063 \cdot 0,48 = 0,03024 \text{ кН·м}$$

Изгибающий момент в консоли кронштейна от горизонтальной нагрузки:

$$M_{z1} = N_{y1} \cdot e_{x3} = 0,763 \cdot 0,0151 = 0,01152 \text{ кН·м}$$

$$M_{z2} = N_{y2} \cdot e_{x3} = 0,75 \cdot 0,0151 = 0,01132 \text{ кН·м}$$

e_{x3} - расстояние от оси ветровой нагрузки до консоли, м

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 2-2:

$$\sigma_1 = \frac{0,01152}{0,168} \cdot 1000 + \frac{0,763}{3,255} \cdot 10 = 70,9 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_2 = \frac{0,03024}{5,696} \cdot 1000 + \frac{0,01132}{0,168} \cdot 1000 + \frac{0,75}{3,255} \cdot 10 = 75 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

4.1.3 [BB] Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$M_z = N_y \cdot e_{x1}, \text{ кН·м}$$

где: e_{x1} - расстояние от оси ветровой нагрузки до края шляпки анкера, м

$$M_{z1} = 0,763 \cdot 0,0018 = 0,00137 \text{ кН·м}$$

$$M_{z2} = 0,75 \cdot 0,0018 = 0,00135 \text{ кН·м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$\sigma = \frac{M_z}{W_{пш}} \cdot 1000 \leq R_y - \text{ус, МПа}$$

где: $W_{пш}$ - момент сопротивления пяты кронштейна с шайбой MFT-BFW 30x40x3, см³.

$$\sigma_1 = \frac{0,00137}{0,281} \cdot 1000 = 4,9 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_2 = \frac{0,00135}{0,281} \cdot 1000 = 4,8 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

4.1.4 [BB] Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							124
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$M_z = N_y \cdot e_{x2}, \text{ кН}\cdot\text{м}$$

где: e_{x2} – расстояние от оси ветровой нагрузки до края шайбы, м

$$M_{z1} = 0,763 \cdot 0,0078 = 0,00595 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z2} = 0,75 \cdot 0,0078 = 0,00585 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$\sigma = \frac{M_z}{W_n} \cdot 1000 \leq R_y - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma_1 = \frac{0,00595}{0,221} \cdot 1000 = 26,9 \leq 120 - \text{т, МПа}$$

$$\sigma_2 = \frac{0,00585}{0,221} \cdot 1000 = 26,5 \leq 120 - \text{т, МПа}$$

4.1.5 [ВВ] Расчет напряжения на стыке пяты и консоли кронштейна:

Изгибающий момент на стыке пяты и консоли кронштейна:

$$M_z = N_y \cdot e_{x3}, \text{ кН}\cdot\text{м}$$

где: e_{x3} – расстояние от оси ветровой нагрузки до полки кронштейна, м

$$M_{z1} = 0,763 \cdot 0,0151 = 0,01152 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z2} = 0,75 \cdot 0,0151 = 0,01132 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения на стыке пяты и консоли кронштейна:

$$\sigma_1 = \frac{0,01152}{0,221} \cdot 1000 = 52,1 \leq 120 - \text{т, МПа}$$

$$\sigma_2 = \frac{0,01132}{0,221} \cdot 1000 = 51,2 \leq 120 - \text{т, МПа}$$

4.1.6 [ВВ] Прогиб кронштейна от вертикальной нагрузки:

$$f = \frac{N_z \cdot e_y^3 \cdot 10}{3 \cdot E \cdot I_x} \leq \frac{e_y}{100}, \text{ см}$$

где: e_y – Вылет, см

допустимый прогиб определяется по СП 20.13330.2016 [7]

f_z – отсутствует

4.2 Расчет кронштейна при сочетании Вес + Ветер + Гололёд (далее [ВВГ]).

4.2.1 [ВВГ] Расчет консоли кронштейна по сечению 1-1:

Изгибающий момент в консоли кронштейна от вертикальной нагрузки:

M_{x1} – отсутствует

$$M_{x2} = N_{z2} \cdot e_y = 0,137 \cdot 0,295 = 0,04042 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 125
Изм.	Кол.уч	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

Изгибающий момент в консоли кронштейна от горизонтальной нагрузки:

$$Mz1 = Ny1 \cdot ex3 = 0,458 \cdot 0,0151 = 0,00692 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz2 = Ny2 \cdot ex3 = 0,45 \cdot 0,0151 = 0,0068 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$ex3$ – расстояние от оси ветровой нагрузки до консоли, м

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 1-1:

$$\sigma 1 = \frac{0,00692}{0,113} \cdot 1000 + \frac{0,458}{1,323} \cdot 10 = 64,7 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma 2 = \frac{0,04042}{3,174} \cdot 1000 + \frac{0,0068}{0,113} \cdot 1000 + \frac{0,45}{1,323} \cdot 10 = 76,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

4.2.2 [ВВГ] Расчет консоли кронштейна по сечению 2-2:

Изгибающий момент в консоли кронштейна от вертикальной нагрузки:

$Mx1$ – отсутствует

$$Mx2 = Nz2 \cdot ey = 0,137 \cdot 0,48 = 0,06576 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Изгибающий момент в консоли кронштейна от горизонтальной нагрузки:

$$Mz1 = Ny1 \cdot ex3 = 0,458 \cdot 0,0151 = 0,00692 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz2 = Ny2 \cdot ex3 = 0,45 \cdot 0,0151 = 0,0068 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$ex3$ – расстояние от оси ветровой нагрузки до консоли, м

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 2-2:

$$\sigma 1 = \frac{0,00692}{0,168} \cdot 1000 + \frac{0,458}{3,255} \cdot 10 = 42,6 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma 2 = \frac{0,06576}{5,696} \cdot 1000 + \frac{0,0068}{0,168} \cdot 1000 + \frac{0,45}{3,255} \cdot 10 = 53,4 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

4.2.3 [ВВГ] Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$Mz1 = 0,458 \cdot 0,0018 = 0,00082 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz2 = 0,45 \cdot 0,0018 = 0,00081 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$\sigma = \frac{0,00082}{0,281} \cdot 1000 = 2,9 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

4.2.4 [ВВГ] Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$Mz1 = 0,458 \cdot 0,0078 = 0,00357 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Mz2 = 0,45 \cdot 0,0078 = 0,00351 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							126
Изм.	Кол.уч	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

Напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$\sigma_1 = \frac{0,00357}{0,221} \cdot 1000 = 16,2 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_2 = \frac{0,00351}{0,221} \cdot 1000 = 15,9 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

4.2.5 [ВВГ] Расчет напряжения на стыке пяты и консоли кронштейна:

Изгибающий момент на стыке пяты и консоли кронштейна:

$$M_{z1} = 0,458 \cdot 0,0151 = 0,00692 \text{ кН·м}$$

$$M_{z2} = 0,45 \cdot 0,0151 = 0,0068 \text{ кН·м}$$

Напряжения на стыке пяты и консоли кронштейна:

$$\sigma_1 = \frac{0,00692}{0,221} \cdot 1000 = 31,3 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_2 = \frac{0,0068}{0,221} \cdot 1000 = 30,8 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

4.2.6 [ВВГ] Прогиб кронштейна от вертикальной нагрузки:

f_z – отсутствует

Вывод: Кронштейн MFT-MF2.0 190LM отвечает требованиям прочности.

5. Расчет соединения кронштейна MF2.0 190LM с профилем

Тип крепления: Закlepка вытяжная диаметром 4.8мм A/A2.

Допустимое усилие на срез: 1,2 кН.

Допустимое усилие на разрыв: 1,7 кН.

Механические характеристики см. таблицу 3 ГОСТ Р ИСО 15977-2017

Количество соединений в креплении: различное

5.1 Расчет при сочетании Вес + Ветер (далее [ВВ])

5.1.1 [ВВ] Расчет на срез от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$N_s = \frac{\sqrt{N_z^2 + N_y^2}}{n_z} \cdot \gamma_m \leq N_{nrs}, \text{ кН}$$

где: N_z – вертикальная нагрузка на соединение, кН

N_y – горизонтальная нагрузка на соединение, кН

n_z – количество заклепок, шт

γ_m – коэффициент надёжности соединения

N_{nrs} – расчётное усилие на срез, кН

$$N_{s1} = \frac{\sqrt{0^2 + 0,763^2}}{1} \cdot 1,25 = 0,954 \leq 1,2 \text{ кН}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							127
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$Ns2 = \frac{\sqrt{0,063^2 + 0,75^2}}{4} \cdot 1,25 = 0,235 \leq 1,2 \text{ кН}$$

5.1.2 [BB] Расчет на смятие от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$\frac{\sqrt{(Nz)^2 + (Ny)^2}}{nз \cdot d \cdot t} \cdot 1000 \leq R_{гp}, \text{ МПа}$$

где: d – диаметр отверстия для заклёпки (самореза), мм

t – толщина стенки направляющей, мм

R_{гp} – расчётное сопротивление смятию элементов, соединяемых заклёпками, МПа

$$\frac{\sqrt{0^2 + 0,763^2}}{1 \cdot 4,8 \cdot 1,5} \cdot 1000 = 106 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,063^2 + 0,75^2}}{4 \cdot 4,8 \cdot 1,5} \cdot 1000 = 26,1 \leq 190 \text{ МПа}$$

5.2 Расчет при сочетании Вес + Ветер + Гололёд (далее [BBГ])

5.2.1 [BBГ] Расчет на срез от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$Ns1 = \frac{\sqrt{0^2 + 0,458^2}}{1} \cdot 1,25 = 0,572 \leq 1,2 \text{ кН}$$

$$Ns2 = \frac{\sqrt{0,137^2 + 0,45^2}}{4} \cdot 1,25 = 0,147 \leq 1,2 \text{ кН}$$

5.2.2 [BBГ] Расчет на смятие от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$\frac{\sqrt{0^2 + 0,458^2}}{1 \cdot 4,8 \cdot 1,5} \cdot 1000 = 63,6 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0,137^2 + 0,45^2}}{4 \cdot 4,8 \cdot 1,5} \cdot 1000 = 16,3 \leq 190 \text{ МПа}$$

Вывод: Соединение кронштейна MF2.0 190LM с профилем отвечает требованиям прочности.

6. Расчет прочности крепления кронштейна "MFT-MF2.0 190LM" к конструкциям здания

6.1 Крепление в ячеистые блоки на два анкера в крайние отверстия. Расчётное усилие анкера на вырыв: 1 кН.

6.2.1 [BB] Вырывающее усилие анкера при сочетании Вес + Ветер:

$$Na = Ny \cdot \frac{eB}{nB \cdot eH}, \text{ кН}$$

где: eB – плечо ветровой нагрузки по оси X, м

Согласовано					
Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. Инв. №			

						Расчёт по несущей способности	Лист
							128
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

пв – количество анкеров, воспринимающих ветровую нагрузку, шт

ea – плечо анкера по оси X, м

$$N_a = 0,763 \cdot \frac{0,0325}{2 - 0,0253} = 0,49 \pm 1 \text{ кН}$$

6.2.2 [ВВГ] Вырывающее усилие анкера при сочетании Вес + Ветер + Гололёд:

$$N_a = 0,458 \cdot \frac{0,0325}{2 - 0,0253} = 0,29 \pm 1 \text{ кН}$$

Вывод: Крепление кронштейна MFT-MF2.0 190LM в ячеистые блоки на два анкера в крайние отверстия отвечает требованиям прочности.

6.2.1 [ВВ] Вырывающее усилие анкера при сочетании Вес + Ветер:

$$N_a = \frac{0,03024}{0,0775} + 0,75 \cdot \frac{0,0325}{2 - 0,0253} = 0,87 \pm 4 \text{ кН}$$

6.2.2 [ВВГ] Вырывающее усилие анкера при сочетании Вес + Ветер + Гололёд:

$$N_a = \frac{0,06576}{0,0775} + 0,45 \cdot \frac{0,0325}{2 - 0,0253} = 1,14 \pm 4 \text{ кН}$$

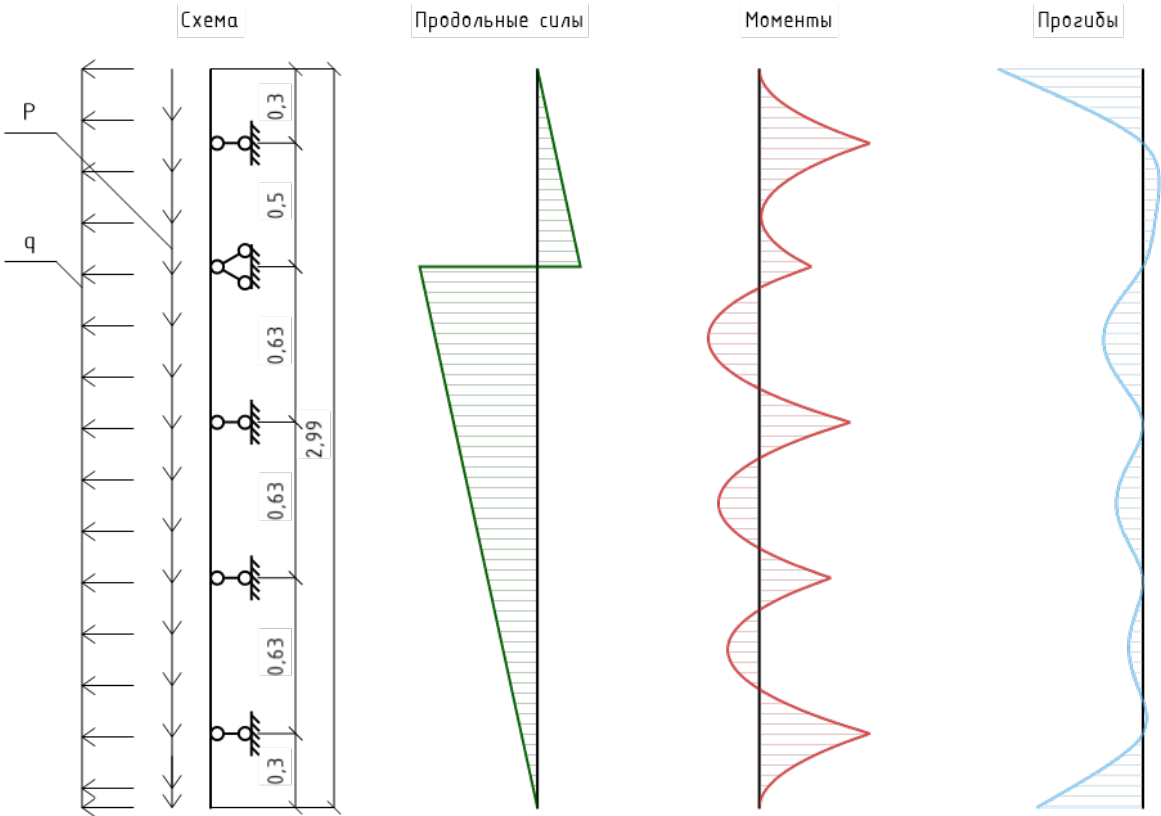
Вывод: Крепление кронштейна MFT-MF2.0 190LM в железобетон на два анкера в крайние отверстия отвечает требованиям прочности.

Согласовано							Изм. Кол.уч Лист №Док. Подпись Дата	Расчёт по несущей способности	Лист
									129
Взам. Инв. №							Изм. Кол.уч Лист №Док. Подпись Дата	Расчёт по несущей способности	Лист
Подпись и дата							Изм. Кол.уч Лист №Док. Подпись Дата	Расчёт по несущей способности	Лист
Инв. № подл.							Изм. Кол.уч Лист №Док. Подпись Дата	Расчёт по несущей способности	Лист

Расчет прочности монтажной схемы №7 (Расчетная схема 7)

1. Исходные данные:

- 1. Район строительства:
- 2. Расчётная ветровая нагрузка: 1,71 кН/м²
- 3. Высота применения: 72 м
- 4. Уровень ответственности здания: КС-2
- 5. Материал облицовки:
- 6. Вес облицовки: 8 кг/м² (0,078 кН/м²)
- 7. Вертикальный профиль: MFT-Та 60x58x1.8
- 8. Шаг вертикального профиля по горизонтали: 0,48 м
- 9. Схема вертикального профиля: четырехпролетная балка Та 60x58x1.8_MF 190HS__MF2.0 190LM[16]_3MF 190HS 0,3|0,5+0,63+0,63+0,63|0,3
- 10. Вылет: 0,48 м
- 11. Несущие кронштейны:
 - MFT-MF2.0 190LM с креплением на один анкер в верхнее отверстие в железобетон. Расчётное усилие анкера на вырыв: 4 кН.
- 12. Опорные кронштейны:
 - MFT-MF 190HS с креплением на один анкер в ячеистые блоки. Расчётное усилие анкера на вырыв: 1 кН.



Согласовано					
Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. Инв. №			

Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата	Расчёт по несущей способности	Лист
							130

2. Расчет вертикального профиля "MFT-Ta 60x58x1.8"

Сплав: AlMgSi 6060 T66 Hilti

Профиль	Вес, кг/м	Сжаты волокна	A, см ²	Ix, см ⁴	Wx, см ³	E, МПа	Ry, МПа
Ta 60x58x1.8	0,48	Полка	1,527	6,101	1,485	70000	135
		Стенка	1,385	1,501	0,532		

2.1 Расчётная погонная нагрузка от веса облицовки и профиля определяется по формуле (1):

$Pz \text{ м.п.} = Po \cdot \gamma_f \cdot lx + Pn \cdot \gamma_f, \text{ кН/м}$

$Pz \text{ м.п.} = 0,078 \cdot 1,1 \cdot 0,48 + 0,005 \cdot 1,05 = 0,046 \text{ кН/м}$

2.2 Продольные усилия в профиле:

$Nz = Pz \text{ м.п.} \cdot lz, \text{ кН}$

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

$Nza1 = Pz \text{ м.п.} \cdot lza1 = 0,046 \cdot 0,3 = 0,014 \text{ кН}$

$Nzl1 = Pz \text{ м.п.} \cdot lzl1 = 0,046 \cdot 0,8 = 0,037 \text{ кН}$

$Nzl2 = Pz \text{ м.п.} \cdot lzl2 = 0,046 \cdot 2,19 = 0,101 \text{ кН}$

$Nzl3 = Pz \text{ м.п.} \cdot lzl3 = 0,046 \cdot 1,56 = 0,072 \text{ кН}$

$Nzl4 = Pz \text{ м.п.} \cdot lzl4 = 0,046 \cdot 0,93 = 0,043 \text{ кН}$

$Nza2 = Pz \text{ м.п.} \cdot lza2 = 0,046 \cdot 0,3 = 0,014 \text{ кН}$

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.

2.3 Расчётная пиковая погонная нагрузка от отрицательного давления ветра определяется по формуле (2):

$wр \text{ м.п.} = wр(усх) \cdot lx \cdot Kнер, \text{ кН/м}$

$wр \text{ м.п.} = 1,71 \cdot 0,48 \cdot 1 = 0,821 \text{ кН/м}$

2.4 Определяем изгибающий момент на опоре от горизонтальной нагрузки:

$Mx = k \cdot w \cdot l^2, \text{ кН·м}$

где: k – коэффициент по п.8.1.7 Справочника проектировщика [5].

$Mxa1 = 0,5 \cdot 0,821 \cdot 0,3^2 = 0,037 \text{ кН·м}$

$Mxl1 = 0,107 \cdot 0,821 \cdot 0,5^2 = 0,022 \text{ кН·м}$

$Mxl2 = 0,107 \cdot 0,821 \cdot 0,63^2 = 0,035 \text{ кН·м}$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							131
Изм.	Кол.уч	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$M_{x13} = 0,107 \cdot 0,821 \cdot 0,63^2 = 0,035 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x14} = 0,107 \cdot 0,821 \cdot 0,63^2 = 0,035 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{xa2} = 0,5 \cdot 0,821 \cdot 0,3^2 = 0,037 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

2.5 Нормальные напряжения на опоре во внешнем сечении направляющей (полка):

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} \cdot 1000 + \frac{N_z}{A} \cdot 10 \leq R - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma_{a1} = \frac{0,037}{1,485} \cdot 1000 + \frac{0,014}{1,527} \cdot 10 = 25 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{11} = \frac{0,022}{1,485} \cdot 1000 + \frac{0,037}{1,527} \cdot 10 = 15,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{12} = \frac{0,035}{1,485} \cdot 1000 + \frac{0,101}{1,527} \cdot 10 = 24,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{13} = \frac{0,035}{1,485} \cdot 1000 + \frac{0,072}{1,527} \cdot 10 = 24 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{14} = \frac{0,035}{1,485} \cdot 1000 + \frac{0,043}{1,527} \cdot 10 = 23,9 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a2} = \frac{0,037}{1,485} \cdot 1000 + \frac{0,014}{1,527} \cdot 10 = 25 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.6 Определяем изгибающий момент в пролёте от горизонтальной нагрузки:

M_{xa1} - отсутствует

$$M_{x11} = 0,077 \cdot 0,821 \cdot 0,5^2 = 0,016 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x12} = 0,037 \cdot 0,821 \cdot 0,63^2 = 0,012 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x13} = 0,037 \cdot 0,821 \cdot 0,63^2 = 0,012 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x14} = 0,077 \cdot 0,821 \cdot 0,63^2 = 0,025 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

M_{xa2} - отсутствует

2.7 Нормальные напряжения в пролёте во внутреннем сечении направляющей (стенка):

$$\sigma_{a1} = \frac{0}{0,532} \cdot 1000 + \frac{0,014}{1,385} \cdot 10 = 0,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{11} = \frac{0,016}{0,532} \cdot 1000 + \frac{0,037}{1,385} \cdot 10 = 30,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{12} = \frac{0,012}{0,532} \cdot 1000 + \frac{0,101}{1,385} \cdot 10 = 23,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{13} = \frac{0,012}{0,532} \cdot 1000 + \frac{0,072}{1,385} \cdot 10 = 23,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{14} = \frac{0,025}{0,532} \cdot 1000 + \frac{0,043}{1,385} \cdot 10 = 47,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a2} = \frac{0}{0,532} \cdot 1000 + \frac{0,014}{1,385} \cdot 10 = 0,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

Согласовано			

Взам. Инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

						Расчёт по несущей способности	Лист 132
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

2.8 Расчётная пиковая погонная нагрузка от положительного давления ветра численно равна отрицательной (см. пункт 2.3).

2.9 Нормальные напряжения на опоре во внутреннем сечении направляющей (стенка):

$$\sigma_{a1} = \frac{0,037}{0,532} \cdot 1000 + \frac{0,014}{1,385} \cdot 10 = 69,6 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{11} = \frac{0,022}{0,532} \cdot 1000 + \frac{0,037}{1,385} \cdot 10 = 41,6 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{12} = \frac{0,035}{0,532} \cdot 1000 + \frac{0,101}{1,385} \cdot 10 = 66,5 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{13} = \frac{0,035}{0,532} \cdot 1000 + \frac{0,072}{1,385} \cdot 10 = 66,3 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{14} = \frac{0,035}{0,532} \cdot 1000 + \frac{0,043}{1,385} \cdot 10 = 66,1 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a2} = \frac{0,037}{0,532} \cdot 1000 + \frac{0,014}{1,385} \cdot 10 = 69,6 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.10 Нормальные напряжения в пролёте во внешнем сечении направляющей (полка):

$$\sigma_{a1} = \frac{0}{1,485} \cdot 1000 + \frac{0,014}{1,527} \cdot 10 = 0,1 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{11} = \frac{0,016}{1,485} \cdot 1000 + \frac{0,037}{1,527} \cdot 10 = 11 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{12} = \frac{0,012}{1,485} \cdot 1000 + \frac{0,101}{1,527} \cdot 10 = 8,7 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{13} = \frac{0,012}{1,485} \cdot 1000 + \frac{0,072}{1,527} \cdot 10 = 8,6 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{14} = \frac{0,025}{1,485} \cdot 1000 + \frac{0,043}{1,527} \cdot 10 = 17,1 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a2} = \frac{0}{1,485} \cdot 1000 + \frac{0,014}{1,527} \cdot 10 = 0,1 \pm 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.11 Нормативная погонная нагрузка от отрицательного давления ветра определяется по формуле:

$$w_{н \text{ м.п.}} = \frac{w_{р \text{ м.п.}}}{\gamma f}, \text{ кН/м}$$

$$w_{н \text{ м.п.}} = \frac{0,821}{1,4} = 0,586 \text{ кН/м}$$

2.12 Расчет прогиба профиля:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{w_{н} \cdot l^4}{I_x \cdot E \cdot 10} - \frac{M1 + M2}{16 \cdot I_x \cdot E} \cdot \left(\frac{w_{н}}{w_{р}} \right) \cdot l^2 \cdot 10 \leq \frac{l}{200}, \text{ см}$$

где: l – длина пролёта, см

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							133
Изм.	Код.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

w_p – расчётная нагрузка

M_1, M_2 – момент сверху и снизу от пролёта, кН · м.

допустимый прогиб определяется по СП 20.13330.2016 [7]

$$f_{l1} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,586 \cdot 50^4}{1,501 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,035 \cdot 100}{16 \cdot 1,501 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,586}{0,821} \right) \cdot 50^2 \cdot 10 = 0,01 \leq \frac{50}{200} = 0,25 \text{ см}$$

$$f_{l2} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,586 \cdot 63^4}{1,501 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,022 \cdot 100 + 0,035 \cdot 100}{16 \cdot 1,501 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,586}{0,821} \right) \cdot 63^2 \cdot 10 = 0,02 \leq \frac{63}{200} = 0,32 \text{ см}$$

$$f_{l3} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,586 \cdot 63^4}{1,501 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,035 \cdot 100 + 0,035 \cdot 100}{16 \cdot 1,501 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,586}{0,821} \right) \cdot 63^2 \cdot 10 = 0 \leq \frac{63}{200} = 0,32 \text{ см}$$

$$f_{l4} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,586 \cdot 63^4}{1,501 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,035 \cdot 100}{16 \cdot 1,501 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,586}{0,821} \right) \cdot 63^2 \cdot 10 = 0,06 \leq \frac{63}{200} = 0,32 \text{ см}$$

2.13 Нормативная погонная нагрузка от положительного давления ветра численно равна отрицательной (см. пункт 2.11).

2.14 Расчет прогиба профиля:

$$f_{l1} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,586 \cdot 50^4}{6,101 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,035 \cdot 100}{16 \cdot 6,101 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,586}{0,821} \right) \cdot 50^2 \cdot 10 = 0 \leq \frac{50}{200} = 0,25 \text{ см}$$

$$f_{l2} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,586 \cdot 63^4}{6,101 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,022 \cdot 100 + 0,035 \cdot 100}{16 \cdot 6,101 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,586}{0,821} \right) \cdot 63^2 \cdot 10 = 0 \leq \frac{63}{200} = 0,32 \text{ см}$$

$$f_{l3} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,586 \cdot 63^4}{6,101 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,035 \cdot 100 + 0,035 \cdot 100}{16 \cdot 6,101 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,586}{0,821} \right) \cdot 63^2 \cdot 10 = 0 \leq \frac{63}{200} = 0,32 \text{ см}$$

$$f_{l4} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,586 \cdot 63^4}{6,101 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,035 \cdot 100}{16 \cdot 6,101 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,586}{0,821} \right) \cdot 63^2 \cdot 10 = 0,01 \leq \frac{63}{200} = 0,32 \text{ см}$$

Вывод: Направляющая МФТ-Та 60х58х18 отвечает требованиям прочности.

3. Расчет реакций, передающихся на кронштейны:

3.1 Реакции от вертикальной нагрузки:

$$N_z = P_z \text{ м.п.} \cdot l_z, \text{ кН}$$

где: P_z м.п. – вертикальная нагрузка на вертикальный профиль, кН/м

l_z – длина вертикального профиля, с которого собирается нагрузка, м

N_{z1} – отсутствует

$$N_{z2} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{z2} = 0,046 \cdot 2,99 = 0,138 \text{ кН}$$

N_{z3} – отсутствует

N_{z4} – отсутствует

N_{z5} – отсутствует

3.2 Реакции от горизонтальной нагрузки:

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 134
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

Для кронштейна между пролетом и консолью вертикального профиля:

$$N_y = w_p \text{ м.п.} \cdot (k - l + a), \text{ кН}$$

Для кронштейна между пролетами вертикального профиля:

$$N_y = w_p \text{ м.п.} \cdot k - \frac{l_1 + l_{i-1}}{2}, \text{ кН}$$

где: k – коэффициент по п.8.1.7 Справочника проектировщика [5].

$$N_{y1} = w_p \text{ м.п.} \cdot (k - l_1 + a_1) = 0,821 \cdot (0,393 - 0,5 + 0,3) = 0,408 \text{ кН}$$

$$N_{y2} = w_p \text{ м.п.} \cdot k - \frac{l_{i1} + l_{i2}}{2} = 0,821 \cdot 1,143 - \frac{0,5 + 0,63}{2} = 0,53 \text{ кН}$$

$$N_{y3} = w_p \text{ м.п.} \cdot k - \frac{l_{i2} + l_{i3}}{2} = 0,821 \cdot 0,929 - \frac{0,63 + 0,63}{2} = 0,481 \text{ кН}$$

$$N_{y4} = w_p \text{ м.п.} \cdot k - \frac{l_{i3} + l_{i4}}{2} = 0,821 \cdot 1,143 - \frac{0,63 + 0,63}{2} = 0,591 \text{ кН}$$

$$N_{y5} = w_p \text{ м.п.} \cdot (k - l_{i4} + a_2) = 0,821 \cdot (0,393 - 0,63 + 0,3) = 0,45 \text{ кН}$$

4. Расчет кронштейна "MFT-MF 190HS"

Сплав: AlMgSi 6060 T66 Hilti

Кронштейн	Сечение	A, см ²	Jx, см ⁴	Wx, см ³	Jy, см ⁴	Wy, см ³	Wп, см ³	Wш, см ³	E, МПа	Ry, МПа
MFT-MF 190HS	1-1	1,418	0,0106	0,071	3,12	1,25	0,145	0,06	70000	135
	2-2	1,15	0,005	0,044	2,3958	0,958				

4.1 Расчет консоли кронштейна по сечению 1-1:

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 1-1:

$$\sigma = \frac{N_y}{A} \cdot 10 \leq R_y - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma_1 = \frac{0,408}{1,418} \cdot 10 = 2,9 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{0,481}{1,418} \cdot 10 = 3,4 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,591}{1,418} \cdot 10 = 4,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,45}{1,418} \cdot 10 = 3,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

4.2 Расчет консоли кронштейна по сечению 2-2:

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 2-2:

$$\sigma_1 = \frac{0,408}{1,15} \cdot 10 = 3,5 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

Согласовано				
Взам. Инв. №				
Подпись и дата				
Инв. № подл.				

						Расчёт по несущей способности	Лист
							135
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$\sigma_3 = \frac{0,481}{1,15} \cdot 10 = 4,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,591}{1,15} \cdot 10 = 5,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,45}{1,15} \cdot 10 = 3,9 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

4.3 Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$M_z = N_y \cdot e_{x1}, \text{ кН}\cdot\text{м}$$

где: e_{x1} – расстояние от оси ветровой нагрузки до края шляпки анкера, м

$$M_{z1} = 0,408 \cdot 0,0095 = 0,00388 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z3} = 0,481 \cdot 0,0095 = 0,00457 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z4} = 0,591 \cdot 0,0095 = 0,00561 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z5} = 0,45 \cdot 0,0095 = 0,00428 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$\sigma = \frac{M_z}{W_n + n \cdot W_{ш}} \cdot 1000 \leq R_y - \text{ус, МПа}$$

где: W_n – момент сопротивления пяты кронштейна, см^3

n – количество шайб анкера, шт;

$W_{ш}$ – момент сопротивления шайбы MFT-BFW 30x40x3, см^3

$$\sigma_1 = \frac{0,00388}{0,145 + 1 \cdot 0,06} \cdot 1000 = 18,9 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{0,00457}{0,145 + 1 \cdot 0,06} \cdot 1000 = 22,3 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,00561}{0,145 + 1 \cdot 0,06} \cdot 1000 = 27,4 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,00428}{0,145 + 1 \cdot 0,06} \cdot 1000 = 20,9 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

4.4 Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$M_z = N_y \cdot e_{x2}, \text{ кН}\cdot\text{м}$$

где: e_{x2} – расстояние от оси ветровой нагрузки до края шайбы, м

$$M_{z1} = 0,408 \cdot 0,0035 = 0,00143 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z3} = 0,481 \cdot 0,0035 = 0,00168 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z4} = 0,591 \cdot 0,0035 = 0,00207 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z5} = 0,45 \cdot 0,0035 = 0,00158 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 136
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

Напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$\sigma = \frac{Mz}{W_n} \cdot 1000 < R_y - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma_1 = \frac{0,00143}{0,145} \cdot 1000 = 9,9 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{0,00168}{0,145} \cdot 1000 = 11,6 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,00207}{0,145} \cdot 1000 = 14,3 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,00158}{0,145} \cdot 1000 = 10,9 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

4.5 Проверка пяты кронштейна с результатами исследований:

$$\frac{N_y}{N_{yдоп}} \leq 1$$

где: $N_{yдоп}$ – допустимое осевое усилие на пяту, кН

$$\frac{N_{y1}}{N_{yдоп1}} = \frac{0,408}{1,62} = 0,252 \leq 1 \text{ (25,2\%)}$$

$$\frac{N_{y3}}{N_{yдоп3}} = \frac{0,481}{1,62} = 0,297 \leq 1 \text{ (29,7\%)}$$

$$\frac{N_{y4}}{N_{yдоп4}} = \frac{0,591}{1,62} = 0,365 \leq 1 \text{ (36,5\%)}$$

$$\frac{N_{y5}}{N_{yдоп5}} = \frac{0,45}{1,62} = 0,278 \leq 1 \text{ (27,8\%)}$$

Вывод: Кронштейн MFT-MF 190HS отвечает требованиям прочности.

5. Расчет кронштейна "MFT-MF2.0 190LM"

Сплав: AlMgSi 6060 T66 Hilti

Кронштейн	Сечение	A, см ²	Jx, см ⁴	Wx, см ³	Jy, см ⁴	Wy, см ³	Wn, см ³	Wш, см ³	E, МПа	Ry, МПа
MFT-MF2.0 190LM	1-1	1,323	16,6622	3,174	0,0153	0,113	0,221	0,06	70000	120
	2-2	3,255	29,905	5,696	0,0261	0,168				

5.1 Расчет консоли кронштейна по сечению 1-1:

Изгибающий момент в консоли кронштейна от вертикальной нагрузки:

$$M_x = N_z \cdot e_y = 0,138 \cdot 0,295 = 0,04071 \text{ кН·м}$$

Изгибающий момент в консоли кронштейна от горизонтальной нагрузки:

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности				Лист
										137
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата					

$$M_z = N_y \cdot e_{x3} = 0,53 \cdot 0,0096 = 0,00509 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

e_{x3} – расстояние от оси ветровой нагрузки до консоли, м

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 1-1:

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} \cdot 1000 + \frac{M_z}{W_y} \cdot 1000 + \frac{N_y}{A} \cdot 10 \leq R_y - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma = \frac{0,04071}{3,174} \cdot 1000 + \frac{0,00509}{0,113} \cdot 1000 + \frac{0,53}{1,323} \cdot 10 = 61,9 \leq 135 - \text{I, МПа}$$

5.2 Расчет консоли кронштейна по сечению 2-2:

Изгибающий момент в консоли кронштейна от вертикальной нагрузки:

$$M_x = N_z \cdot e_y = 0,138 \cdot 0,48 = 0,06624 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Изгибающий момент в консоли кронштейна от горизонтальной нагрузки:

$$M_z = N_y \cdot e_{x3} = 0,53 \cdot 0,0096 = 0,00509 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

e_{x3} – расстояние от оси ветровой нагрузки до консоли, м

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 2-2:

$$\sigma = \frac{0,06624}{5,696} \cdot 1000 + \frac{0,00509}{0,168} \cdot 1000 + \frac{0,53}{3,255} \cdot 10 = 43,6 \leq 120 - \text{I, МПа}$$

5.3 Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$M_z = N_y \cdot e_{x1}, \text{ кН}\cdot\text{м}$$

где: e_{x1} – расстояние от оси ветровой нагрузки до края шляпки анкера, м

$$M_z = 0,53 \cdot 0,0037 = 0,00196 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$\sigma = \frac{M_z}{W_n + n \cdot W_{ш}} \cdot 1000 \leq R_y - \text{ус, МПа}$$

где: W_n – момент сопротивления пяты кронштейна, см^3

n – количество шайб анкера, шт;

$W_{ш}$ – момент сопротивления шайбы MFT-BFW 30x40x3, см^3

$$\sigma = \frac{0,00196}{0,221 + 1 \cdot 0,06} \cdot 1000 = 7 \leq 120 - \text{I, МПа}$$

5.4 Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$M_z = N_y \cdot e_{x2}, \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							138
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

где: e_{x2} – расстояние от оси ветровой нагрузки до края шайбы, м

$$M_z = 0,53 \cdot 0,0023 = 0,00122 \text{ кН·м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$\sigma = \frac{M_z}{W_n} \cdot 1000 \leq R_y - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma = \frac{0,00122}{0,221} \cdot 1000 = 5,5 \leq 120 - \text{т, МПа}$$

5.5 Расчет напряжения на стыке пяты и консоли кронштейна:

Изгибающий момент на стыке пяты и консоли кронштейна:

$$M_z = N_y \cdot e_{x3}, \text{ кН·м}$$

где: e_{x3} – расстояние от оси ветровой нагрузки до полки кронштейна, м

$$M_z = 0,53 \cdot 0,0096 = 0,00509 \text{ кН·м}$$

Напряжения на стыке пяты и консоли кронштейна:

$$\sigma = \frac{0,00509}{0,221} \cdot 1000 = 23 \leq 120 - \text{т, МПа}$$

5.6 Прогиб кронштейна от вертикальной нагрузки:

$$f = \frac{N_z \cdot e_y^3 \cdot 10}{3 \cdot E \cdot I_x} \leq \frac{e_y}{100}, \text{ см}$$

где: e_y – Выем, см

допустимый прогиб определяется по СП 20.13330.2016 [7]

$$f_z = \frac{0,138 \cdot 48^3 \cdot 10}{3 \cdot 70000 \cdot 29,905} = 0,024 \leq \frac{48}{100} = 0,48 \text{ см}$$

Вывод: Кронштейн MFT-MF2.0 190LM отвечает требованиям прочности.

6. Расчет соединения кронштейна MF 190HS с профилем

Тип крепления: Шуруп 5,5х50 A2.

Допустимое усилие на срез: 9,76 кН.

Допустимое усилие на разрыв: 9,76 кН.

Количество соединений в креплении: различное

6.1 Расчет на срез от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$N_s = \frac{\sqrt{N_z^2 + N_y^2}}{n_s} \cdot \gamma_m \leq N_{srs}, \text{ кН}$$

где: N_z – вертикальная нагрузка на соединение, кН

N_y – горизонтальная нагрузка на соединение, кН

n_s – количество заклепок, шт

Согласовано					
Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. Инв. №			

						Расчёт по несущей способности	Лист 139
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

γ_m – коэффициент надёжности соединения

N_{nrs} – расчётное усилие на срез, кН

$$N_{s1} = \frac{\sqrt{0^2 + 0,408^2}}{1} \cdot 1,25 = 0,51 \leq 9,76 \text{ кН}$$

$$N_{s3} = \frac{\sqrt{0^2 + 0,481^2}}{1} \cdot 1,25 = 0,601 \leq 9,76 \text{ кН}$$

$$N_{s4} = \frac{\sqrt{0^2 + 0,591^2}}{1} \cdot 1,25 = 0,739 \leq 9,76 \text{ кН}$$

$$N_{s5} = \frac{\sqrt{0^2 + 0,45^2}}{1} \cdot 1,25 = 0,562 \leq 9,76 \text{ кН}$$

6.2 Расчет на смятие от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$\frac{\sqrt{(N_z)^2 + (N_y)^2}}{n_z \cdot d \cdot t} \cdot 1000 \leq R_{gr}, \text{ МПа}$$

где: d – диаметр отверстия для заклёпки (самореза), мм

t – толщина стенки направляющей, мм

R_{gr} – расчётное сопротивление смятию элементов, соединяемых заклёпками, МПа

$$\frac{\sqrt{0^2 + 0,408^2}}{1 \cdot 5,5 \cdot 1,5} \cdot 1000 = 49,5 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0^2 + 0,481^2}}{1 \cdot 5,5 \cdot 1,5} \cdot 1000 = 58,3 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0^2 + 0,591^2}}{1 \cdot 5,5 \cdot 1,5} \cdot 1000 = 71,6 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0^2 + 0,45^2}}{1 \cdot 5,5 \cdot 1,5} \cdot 1000 = 54,5 \leq 190 \text{ МПа}$$

Вывод: Соединение кронштейна MF 190HS с профилем отвечает требованиям прочности.

7. Расчет соединения кронштейна MF2.0 190LM с профилем

Тип крепления: Заклепка вытяжная диаметром 4.8мм А/А2.

Допустимое усилие на срез: 1,2 кН.

Допустимое усилие на разрыв: 1,7 кН.

Механические характеристики см. таблицу 3 ГОСТ Р ИСО 15977-2017

Количество соединений в креплении: различное

7.1 Расчет на срез от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$N_s = \frac{\sqrt{N_z^2 + N_y^2}}{n_z} \cdot \gamma_m \leq N_{nrs}, \text{ кН}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							140
Изм.	Кол.уч	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

где: Nz – вертикальная нагрузка на соединение, кН

Ny – горизонтальная нагрузка на соединение, кН

nз – количество заклепок, шт

γт – коэффициент надёжности соединения

Nnrs – расчётное усилие на срез, кН

$$N_{s2} = \frac{\sqrt{0,138^2 + 0,53^2}}{4} \cdot 1,25 = 0,171 \leq 1,2 \text{ кН}$$

7.2 Расчет на смятие от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$\frac{\sqrt{(N_z)^2 + (N_y)^2}}{n_z \cdot d \cdot t} \cdot 1000 \leq R_{gr}, \text{ МПа}$$

где: d – диаметр отверстия для заклёпки (самореза), мм

t – толщина стенки направляющей, мм

Rgr – расчётное сопротивление смятию элементов, соединяемых заклёпками, МПа

$$\frac{\sqrt{0,138^2 + 0,53^2}}{4 \cdot 4,8 \cdot 1,5} \cdot 1000 = 19 \leq 190 \text{ МПа}$$

Вывод: Соединение кронштейна MF2.0 190LM с профилем отвечает требованиям прочности.

8. Расчет прочности крепления кронштейна "MFT-MF 190HS" к конструкциям здания

Крепление в ячеистые блоки на один анкер. Расчётное усилие анкера на вырыв: 1 кН.

8 Вырывающее усилие анкера:

$$N_a = N_y \cdot \frac{e_b}{e_a}, \text{ кН}$$

где: eб – плечо ветровой нагрузки по оси X, м

ea – плечо анкера по оси X, м

$$N_{a1} = 0,408 \cdot \frac{0,047}{0,0285} = 0,67 \leq 1 \text{ кН}$$

$$N_{a3} = 0,481 \cdot \frac{0,047}{0,0285} = 0,79 \leq 1 \text{ кН}$$

$$N_{a4} = 0,591 \cdot \frac{0,047}{0,0285} = 0,97 \leq 1 \text{ кН}$$

$$N_{a5} = 0,45 \cdot \frac{0,047}{0,0285} = 0,74 \leq 1 \text{ кН}$$

Согласовано					
Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. Инв. №			
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата

Расчёт по несущей способности

Лист

141

Вывод: Крепление кронштейна MFT-MF 190HS в ячеистые блоки на один анкер отвечает требованиям прочности.

9. Расчет прочности крепления кронштейна "MFT-MF2.0 190LM" к конструкциям здания

Крепление в железобетон на один анкер в верхнее отверстие. Расчётное усилие анкера на вырыв: 4 кН.

9 Вырывающее усилие анкера:

$$N_a = \frac{M_x}{h_z} + N_y \cdot \frac{e_b}{e_n}, \text{ кН}$$

где: b_z – опорное плечо анкера по оси Z, м

e_b – плечо ветровой нагрузки по оси X, м

e_a – плечо анкера по оси X, м

$$N_a = \frac{0,06624}{0,0775} + 0,53 \cdot \frac{0,038}{0,0253} = 1,65 \leq 4 \text{ кН}$$

Ось анкера находится выше оси ветровой нагрузки, поэтому необходимо проводить проверку вырыва анкера для случая когда момент от ветровой нагрузки относительно точки анкерования превышает момент от веса (опрокидывание кронштейна)

9.1 Вырывающее усилие анкера при опрокидывании:

$$N_a = N_y \cdot \frac{e_b - e_a}{e_n} + \frac{N_y \cdot a_z - M_x}{h_z}, \text{ кН}$$

где: a_z – расстояние от верхнего края кронштейна до оси ветровой нагрузки по оси z, м

b_z – расстояние от верхнего края кронштейна до оси анкера по оси z, м

Момент от ветровой нагрузки меньше момента от веса:

$$0,53 \cdot 0,0525 = 0,02782 < 0,06624, \text{ проверка не требуется.}$$

Вывод: Крепление кронштейна MFT-MF2.0 190LM в железобетон на один анкер в верхнее отверстие отвечает требованиям прочности.

Согласовано			

Взам. Инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч	Лист	№Док.	Подпись	Дата

Расчёт по несущей способности

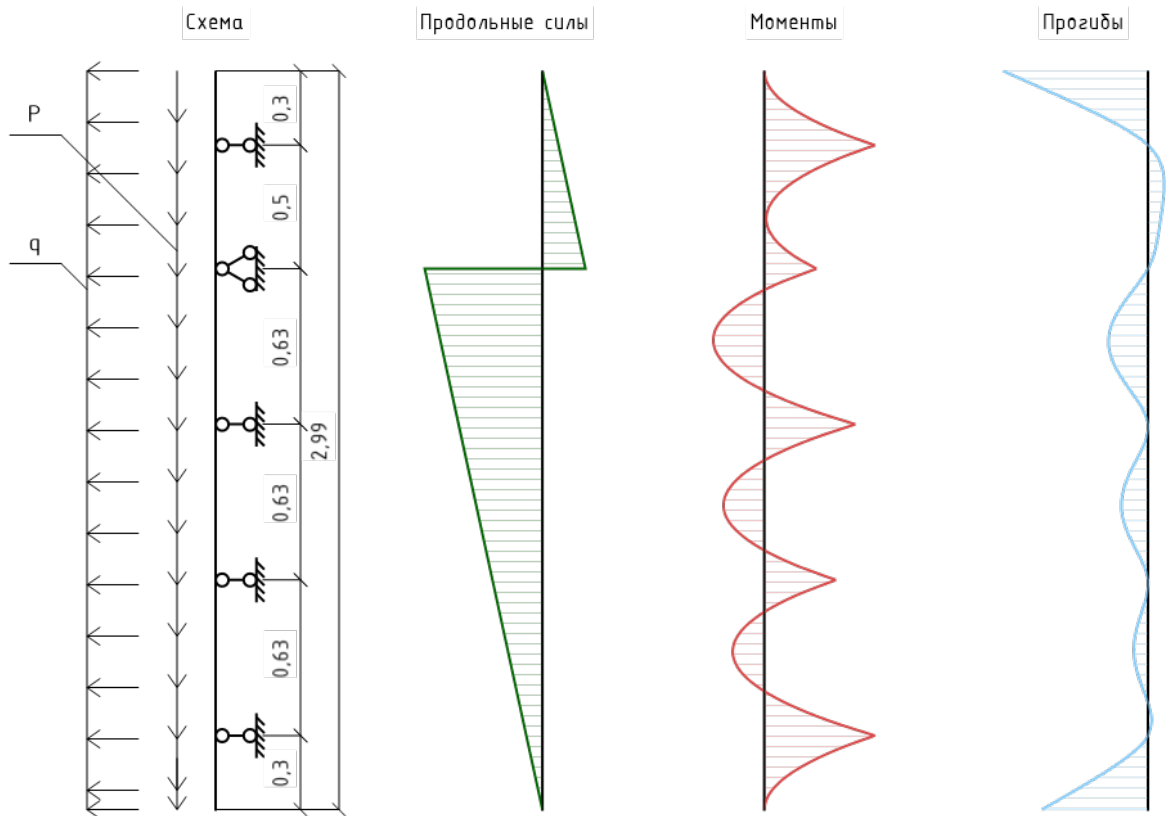
Лист

142

Расчет прочности монтажной схемы №8 (Расчетная схема 8)

1. Исходные данные:

- 1. Район строительства:
- 2. Расчётная ветровая нагрузка: 1,71 кН/м²
- 3. Высота применения: 72 м
- 4. Уровень ответственности здания: КС-2
- 5. Материал облицовки:
- 6. Вес облицовки: 8 кг/м² (0,078 кН/м²)
- 7. Вертикальный профиль: MFT-Та 60x42x1.8
- 8. Шаг вертикального профиля по горизонтали: 0,39 м
- 9. Схема вертикального профиля: четырехпролетная балка Та 60x42x1.8_MF 190HS__MF2.0 190LM[16]__3MF 190HS 0,3|0,5+0,63+0,63+0,63|0,3
- 10. Вылет: 0,48 м
- 11. Несущие кронштейны:
 - MFT-MF2.0 190LM с креплением на один анкер в верхнее отверстие в железобетон. Расчётное усилие анкера на вырыв: 4 кН.
- 12. Опорные кронштейны:
 - MFT-MF 190HS с креплением на один анкер в ячеистые блоки. Расчётное усилие анкера на вырыв: 1 кН.



Согласовано					
Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. Инв. №			

Изм.	Кол.уч	Лист	№Док.	Подпись	Дата	Расчёт по несущей способности	Лист
							143

2. Расчет вертикального профиля "MFT-Ta 60x42x1.8"

Сплав: AlMgSi 6060 T66 Hilti

Профиль	Вес, кг/м	Сжаты волокна	A, см ²	Ix, см ⁴	Wx, см ³	E, МПа	Ry, МПа
Ta 60x42x1.8	0,42	Полка	1,477	5,93	1,465	70000	135
		Стенка	1,207	1,72	0,597		

2.1 Расчётная погонная нагрузка от веса облицовки и профиля определяется по формуле (1):

$$Pz \text{ м.п.} = P_o \cdot \gamma_f \cdot l_x + P_n \cdot \gamma_f, \text{ кН/м}$$

$$Pz \text{ м.п.} = 0,078 \cdot 1,1 \cdot 0,39 + 0,004 \cdot 1,05 = 0,038 \text{ кН/м}$$

2.2 Продольные усилия в профиле:

$$Nz = Pz \text{ м.п.} \cdot l_z, \text{ кН}$$

где: l_z – длина направляющей, с которой собирается нагрузка, м.

$$Nza1 = Pz \text{ м.п.} \cdot lza1 = 0,038 \cdot 0,3 = 0,011 \text{ кН}$$

$$Nzl1 = Pz \text{ м.п.} \cdot lzl1 = 0,038 \cdot 0,8 = 0,03 \text{ кН}$$

$$Nzl2 = Pz \text{ м.п.} \cdot lzl2 = 0,038 \cdot 2,19 = 0,083 \text{ кН}$$

$$Nzl3 = Pz \text{ м.п.} \cdot lzl3 = 0,038 \cdot 1,56 = 0,059 \text{ кН}$$

$$Nzl4 = Pz \text{ м.п.} \cdot lzl4 = 0,038 \cdot 0,93 = 0,035 \text{ кН}$$

$$Nza2 = Pz \text{ м.п.} \cdot lza2 = 0,038 \cdot 0,3 = 0,011 \text{ кН}$$

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.

2.3 Расчётная пиковая погонная нагрузка от отрицательного давления ветра определяется по формуле (2):

$$w_p \text{ м.п.} = w_p(\text{усх}) \cdot l_x \cdot K_{нер}, \text{ кН/м}$$

$$w_p \text{ м.п.} = 1,71 \cdot 0,39 \cdot 1,25 = 0,834 \text{ кН/м}$$

2.4 Определяем изгибающий момент на опоре от горизонтальной нагрузки:

$$M_x = k \cdot w \cdot l^2, \text{ кН·м}$$

где: k – коэффициент по п.8.1.7 Справочника проектировщика [5].

$$Mxa1 = 0,5 \cdot 0,834 \cdot 0,3^2 = 0,038 \text{ кН·м}$$

$$Mxl1 = 0,107 \cdot 0,834 \cdot 0,5^2 = 0,022 \text{ кН·м}$$

$$Mxl2 = 0,107 \cdot 0,834 \cdot 0,63^2 = 0,035 \text{ кН·м}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							14.4
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$M_{x13} = 0,107 \cdot 0,834 \cdot 0,63^2 = 0,035 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x14} = 0,107 \cdot 0,834 \cdot 0,63^2 = 0,035 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x\alpha 2} = 0,5 \cdot 0,834 \cdot 0,3^2 = 0,038 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

2.5 Нормальные напряжения на опоре во внешнем сечении направляющей (полка):

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} \cdot 1000 + \frac{N_z}{A} \cdot 10 \leq R - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma_{\alpha 1} = \frac{0,038}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,011}{1,477} \cdot 10 = 26 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{11} = \frac{0,022}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,03}{1,477} \cdot 10 = 15,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{12} = \frac{0,035}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,083}{1,477} \cdot 10 = 24,5 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{13} = \frac{0,035}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,059}{1,477} \cdot 10 = 24,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{14} = \frac{0,035}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,035}{1,477} \cdot 10 = 24,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\alpha 2} = \frac{0,038}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,011}{1,477} \cdot 10 = 26 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.6 Определяем изгибающий момент в пролёте от горизонтальной нагрузки:

$M_{x\alpha 1}$ - отсутствует

$$M_{x11} = 0,077 \cdot 0,834 \cdot 0,5^2 = 0,016 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x12} = 0,037 \cdot 0,834 \cdot 0,63^2 = 0,012 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x13} = 0,037 \cdot 0,834 \cdot 0,63^2 = 0,012 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{x14} = 0,077 \cdot 0,834 \cdot 0,63^2 = 0,025 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$M_{x\alpha 2}$ - отсутствует

2.7 Нормальные напряжения в пролёте во внутреннем сечении направляющей (стенка):

$$\sigma_{\alpha 1} = \frac{0}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,011}{1,207} \cdot 10 = 0,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{11} = \frac{0,016}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,03}{1,207} \cdot 10 = 27 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{12} = \frac{0,012}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,083}{1,207} \cdot 10 = 20,8 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{13} = \frac{0,012}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,059}{1,207} \cdot 10 = 20,6 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{14} = \frac{0,025}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,035}{1,207} \cdot 10 = 42,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\alpha 2} = \frac{0}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,011}{1,207} \cdot 10 = 0,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист
							145
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

2.8 Расчётная пиковая погонная нагрузка от положительного давления ветра численно равна отрицательной (см. пункт 2.3).

2.9 Нормальные напряжения на опоре во внутреннем сечении направляющей (стенка):

$$\sigma_{a1} = \frac{0,038}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,011}{1,207} \cdot 10 = 63,7 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{11} = \frac{0,022}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,03}{1,207} \cdot 10 = 37,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{12} = \frac{0,035}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,083}{1,207} \cdot 10 = 59,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{13} = \frac{0,035}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,059}{1,207} \cdot 10 = 59,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{14} = \frac{0,035}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,035}{1,207} \cdot 10 = 58,9 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a2} = \frac{0,038}{0,597} \cdot 1000 + \frac{0,011}{1,207} \cdot 10 = 63,7 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.10 Нормальные напряжения в пролёте во внешнем сечении направляющей (полка):

$$\sigma_{a1} = \frac{0}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,011}{1,477} \cdot 10 = 0,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{11} = \frac{0,016}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,03}{1,477} \cdot 10 = 11,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{12} = \frac{0,012}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,083}{1,477} \cdot 10 = 8,8 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{13} = \frac{0,012}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,059}{1,477} \cdot 10 = 8,6 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{14} = \frac{0,025}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,035}{1,477} \cdot 10 = 17,3 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{a2} = \frac{0}{1,465} \cdot 1000 + \frac{0,011}{1,477} \cdot 10 = 0,1 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

2.11 Нормативная погонная нагрузка от отрицательного давления ветра определяется по формуле:

$$w_{н \text{ м.п.}} = \frac{w_{р \text{ м.п.}}}{\gamma f}, \text{ кН/м}$$

$$w_{н \text{ м.п.}} = \frac{0,834}{1,4} = 0,595 \text{ кН/м}$$

2.12 Расчет прогиба профиля:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{w_{н} \cdot l^4}{I_x \cdot E \cdot 10} - \frac{M1 + M2}{16 \cdot I_x \cdot E} \cdot \left(\frac{w_{н}}{w_{р}} \right) \cdot l^2 \cdot 10 \leq \frac{l}{200}, \text{ см}$$

где: l – длина пролёта, см

Согласовано					
Изм. № подл.	Изм. №	Взам. Инв. №	Подпись и дата		
Изм.	Код.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата

Расчёт по несущей способности

Лист

146

w_p – расчётная нагрузка

M_1, M_2 – момент сверху и снизу от пролёта, кН · м.

допустимый прогиб определяется по СП 20.13330.2016 [7]

$$f_{l1} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,595 \cdot 50^4}{1,72 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,035 \cdot 100}{16 \cdot 1,72 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,595}{0,834} \right) \cdot 50^2 \cdot 10 = 0,01 \leq \frac{50}{200} = 0,25 \text{ см}$$

$$f_{l2} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,595 \cdot 63^4}{1,72 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,022 \cdot 100 + 0,035 \cdot 100}{16 \cdot 1,72 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,595}{0,834} \right) \cdot 63^2 \cdot 10 = 0,02 \leq \frac{63}{200} = 0,32 \text{ см}$$

$$f_{l3} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,595 \cdot 63^4}{1,72 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,035 \cdot 100 + 0,035 \cdot 100}{16 \cdot 1,72 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,595}{0,834} \right) \cdot 63^2 \cdot 10 = 0 \leq \frac{63}{200} = 0,32 \text{ см}$$

$$f_{l4} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,595 \cdot 63^4}{1,72 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,035 \cdot 100}{16 \cdot 1,72 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,595}{0,834} \right) \cdot 63^2 \cdot 10 = 0,05 \leq \frac{63}{200} = 0,32 \text{ см}$$

2.13 Нормативная погонная нагрузка от положительного давления ветра численно равна отрицательной (см. пункт 2.11).

2.14 Расчет прогиба профиля:

$$f_{l1} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,595 \cdot 50^4}{5,93 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,035 \cdot 100}{16 \cdot 5,93 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,595}{0,834} \right) \cdot 50^2 \cdot 10 = 0 \leq \frac{50}{200} = 0,25 \text{ см}$$

$$f_{l2} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,595 \cdot 63^4}{5,93 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,022 \cdot 100 + 0,035 \cdot 100}{16 \cdot 5,93 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,595}{0,834} \right) \cdot 63^2 \cdot 10 = 0,01 \leq \frac{63}{200} = 0,32 \text{ см}$$

$$f_{l3} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,595 \cdot 63^4}{5,93 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,035 \cdot 100 + 0,035 \cdot 100}{16 \cdot 5,93 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,595}{0,834} \right) \cdot 63^2 \cdot 10 = 0 \leq \frac{63}{200} = 0,32 \text{ см}$$

$$f_{l4} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,595 \cdot 63^4}{5,93 \cdot 70000 \cdot 10} - \frac{0,035 \cdot 100}{16 \cdot 5,93 \cdot 70000} \cdot \left(\frac{0,595}{0,834} \right) \cdot 63^2 \cdot 10 = 0,01 \leq \frac{63}{200} = 0,32 \text{ см}$$

Вывод: Направляющая МФТ-Та 60x42x1.8 отвечает требованиям прочности.

3. Расчет реакций, передающихся на кронштейны:

3.1 Реакции от вертикальной нагрузки:

$$N_z = P_z \text{ м.п.} \cdot l_z, \text{ кН}$$

где: P_z м.п. – вертикальная нагрузка на вертикальный профиль, кН/м

l_z – длина вертикального профиля, с которого собирается нагрузка, м

N_{z1} – отсутствует

$$N_{z2} = P_z \text{ м.п.} \cdot l_{z2} = 0,038 \cdot 2,99 = 0,114 \text{ кН}$$

N_{z3} – отсутствует

N_{z4} – отсутствует

N_{z5} – отсутствует

3.2 Реакции от горизонтальной нагрузки:

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 147
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

Для кронштейна между пролетом и консолью вертикального профиля:

$$N_y = w_p \text{ м.п.} \cdot (k - l + a), \text{ кН}$$

Для кронштейна между пролетами вертикального профиля:

$$N_y = w_p \text{ м.п.} \cdot k - \frac{l_i + l_{i-1}}{2}, \text{ кН}$$

где: k – коэффициент по п.8.1.7 Справочника проектировщика [5].

$$N_{y1} = w_p \text{ м.п.} \cdot (k - l_1 + a_1) = 0,834 \cdot (0,393 - 0,5 + 0,3) = 0,414 \text{ кН}$$

$$N_{y2} = w_p \text{ м.п.} \cdot k - \frac{l_{i1} + l_{i2}}{2} = 0,834 \cdot 1,143 - \frac{0,5 + 0,63}{2} = 0,539 \text{ кН}$$

$$N_{y3} = w_p \text{ м.п.} \cdot k - \frac{l_{i2} + l_{i3}}{2} = 0,834 \cdot 0,929 - \frac{0,63 + 0,63}{2} = 0,488 \text{ кН}$$

$$N_{y4} = w_p \text{ м.п.} \cdot k - \frac{l_{i3} + l_{i4}}{2} = 0,834 \cdot 1,143 - \frac{0,63 + 0,63}{2} = 0,601 \text{ кН}$$

$$N_{y5} = w_p \text{ м.п.} \cdot (k - l_{i4} + a_2) = 0,834 \cdot (0,393 - 0,63 + 0,3) = 0,457 \text{ кН}$$

4. Расчет кронштейна "MFT-MF 190HS"

Сплав: AlMgSi 6060 T66 Hilti

Кронштейн	Сечение	A, см ²	Jx, см ⁴	Wx, см ³	Jy, см ⁴	Wy, см ³	Wп, см ³	Wш, см ³	E, МПа	Ry, МПа
MFT-MF 190HS	1-1	1,418	0,0106	0,071	3,12	1,25	0,145	0,06	70000	135
	2-2	1,15	0,005	0,044	2,3958	0,958				

4.1 Расчет консоли кронштейна по сечению 1-1:

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 1-1:

$$\sigma = \frac{N_y}{A} \cdot 10 \leq R_y - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma_1 = \frac{0,414}{1,418} \cdot 10 = 2,9 \leq 135 - \text{т, МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{0,488}{1,418} \cdot 10 = 3,4 \leq 135 - \text{т, МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,601}{1,418} \cdot 10 = 4,2 \leq 135 - \text{т, МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,457}{1,418} \cdot 10 = 3,2 \leq 135 - \text{т, МПа}$$

4.2 Расчет консоли кронштейна по сечению 2-2:

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 2-2:

$$\sigma_1 = \frac{0,414}{1,15} \cdot 10 = 3,6 \leq 135 - \text{т, МПа}$$

Согласовано				
Взам. Инв. №				
Подпись и дата				
Инв. № подл.				

						Расчёт по несущей способности	Лист
							148
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

$$\sigma_3 = \frac{0,488}{1,15} \cdot 10 = 4,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,601}{1,15} \cdot 10 = 5,2 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,457}{1,15} \cdot 10 = 4 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

4.3 Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$M_z = N_y \cdot e_{x1}, \text{ кН}\cdot\text{м}$$

где: e_{x1} – расстояние от оси ветровой нагрузки до края шляпки анкера, м

$$M_{z1} = 0,414 \cdot 0,0095 = 0,00393 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z3} = 0,488 \cdot 0,0095 = 0,00464 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z4} = 0,601 \cdot 0,0095 = 0,00571 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z5} = 0,457 \cdot 0,0095 = 0,00434 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$\sigma = \frac{M_z}{W_n + n \cdot W_{ш}} \cdot 1000 \leq R_y - \text{ус, МПа}$$

где: W_n – момент сопротивления пяты кронштейна, см^3

n – количество шайб анкера, шт;

$W_{ш}$ – момент сопротивления шайбы MFT-BFW 30x40x3, см^3

$$\sigma_1 = \frac{0,00393}{0,145 + 1 \cdot 0,06} \cdot 1000 = 19,2 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{0,00464}{0,145 + 1 \cdot 0,06} \cdot 1000 = 22,6 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,00571}{0,145 + 1 \cdot 0,06} \cdot 1000 = 27,9 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,00434}{0,145 + 1 \cdot 0,06} \cdot 1000 = 21,2 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

4.4 Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$M_z = N_y \cdot e_{x2}, \text{ кН}\cdot\text{м}$$

где: e_{x2} – расстояние от оси ветровой нагрузки до края шайбы, м

$$M_{z1} = 0,414 \cdot 0,0035 = 0,00145 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z3} = 0,488 \cdot 0,0035 = 0,00171 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z4} = 0,601 \cdot 0,0035 = 0,0021 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$M_{z5} = 0,457 \cdot 0,0035 = 0,0016 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 149
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

Напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$\sigma = \frac{Mz}{Wn} \cdot 1000 \leq R_y - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma_1 = \frac{0,00145}{0,145} \cdot 1000 = 10 \leq 120 - \text{т, МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{0,00171}{0,145} \cdot 1000 = 11,8 \leq 120 - \text{т, МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,0021}{0,145} \cdot 1000 = 14,5 \leq 120 - \text{т, МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,0016}{0,145} \cdot 1000 = 11 \leq 120 - \text{т, МПа}$$

4.5 Проверка пяты кронштейна с результатами исследований:

$$\frac{N_y}{N_{yдоп}} \leq 1$$

где: $N_{yдоп}$ – допустимое осевое усилие на пяту, кН

$$\frac{N_{y1}}{N_{yдоп1}} = \frac{0,414}{1,62} = 0,256 \leq 1 \text{ (25,6\%)}$$

$$\frac{N_{y3}}{N_{yдоп3}} = \frac{0,488}{1,62} = 0,301 \leq 1 \text{ (30,1\%)}$$

$$\frac{N_{y4}}{N_{yдоп4}} = \frac{0,601}{1,62} = 0,371 \leq 1 \text{ (37,1\%)}$$

$$\frac{N_{y5}}{N_{yдоп5}} = \frac{0,457}{1,62} = 0,282 \leq 1 \text{ (28,2\%)}$$

Вывод: Кронштейн MFT-MF 190HS отвечает требованиям прочности.

5. Расчет кронштейна "MFT-MF2.0 190LM"

Сплав: AlMgSi 6060 T66 Hilti

Кронштейн	Сечение	A, см ²	Jx, см ⁴	Wx, см ³	Jy, см ⁴	Wy, см ³	Wn, см ³	Wш, см ³	E, МПа	Ry, МПа
MFT-MF2.0 190LM	1-1	1,323	16,6622	3,174	0,0153	0,113	0,221	0,06	70000	120
	2-2	3,255	29,905	5,696	0,0261	0,168				

5.1 Расчет консоли кронштейна по сечению 1-1:

Изгибающий момент в консоли кронштейна от вертикальной нагрузки:

$$M_x = N_z \cdot e_y = 0,114 \cdot 0,295 = 0,03363 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Изгибающий момент в консоли кронштейна от горизонтальной нагрузки:

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности				Лист
										150
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата					

$$Mz = Ny \cdot ex3 = 0,539 \cdot 0,0151 = 0,00814 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$ex3$ – расстояние от оси ветровой нагрузки до консоли, м

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 1-1:

$$\sigma = \frac{Mx}{Wx} \cdot 1000 + \frac{Mz}{Wy} \cdot 1000 + \frac{Ny}{A} \cdot 10 \leq Ry - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma = \frac{0,03363}{3,174} \cdot 1000 + \frac{0,00814}{0,113} \cdot 1000 + \frac{0,539}{1,323} \cdot 10 = 86,7 \leq 135 - 1, \text{ МПа}$$

5.2 Расчет консоли кронштейна по сечению 2-2:

Изгибающий момент в консоли кронштейна от вертикальной нагрузки:

$$Mx = Nz \cdot ey = 0,114 \cdot 0,48 = 0,05472 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Изгибающий момент в консоли кронштейна от горизонтальной нагрузки:

$$Mz = Ny \cdot ex3 = 0,539 \cdot 0,0151 = 0,00814 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$ex3$ – расстояние от оси ветровой нагрузки до консоли, м

Напряжения в консоли кронштейна по сечению 2-2:

$$\sigma = \frac{0,05472}{5,696} \cdot 1000 + \frac{0,00814}{0,168} \cdot 1000 + \frac{0,539}{3,255} \cdot 10 = 59,7 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

5.3 Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$Mz = Ny \cdot ex1, \text{ кН}\cdot\text{м}$$

где: $ex1$ – расстояние от оси ветровой нагрузки до края шляпки анкера, м

$$Mz = 0,539 \cdot 0,0018 = 0,00097 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шляпки анкера:

$$\sigma = \frac{Mz}{Wn + n \cdot Wш} \cdot 1000 \leq Ry - \text{ус, МПа}$$

где: Wn – момент сопротивления пяты кронштейна, см^3

n – количество шайб анкера, шт;

$Wш$ – момент сопротивления шайбы MFT-BFW 30x40x3, см^3

$$\sigma = \frac{0,00097}{0,221 + 1 \cdot 0,06} \cdot 1000 = 3,5 \leq 120 - 1, \text{ МПа}$$

5.4 Расчет напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

Изгибающий момент в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$Mz = Ny \cdot ex2, \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

						Расчёт по несущей способности	Лист 151
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

где: e_{x2} – расстояние от оси ветровой нагрузки до края шайбы, м

$$M_z = 0,539 \cdot 0,0078 = 0,0042 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения в пяте кронштейна по краю шайбы анкера:

$$\sigma = \frac{M_z}{W_n} \cdot 1000 \leq R_y - \text{ус, МПа}$$

$$\sigma = \frac{0,0042}{0,221} \cdot 1000 = 19 \leq 120 - \text{т, МПа}$$

5.5 Расчет напряжения на стыке пяты и консоли кронштейна:

Изгибающий момент на стыке пяты и консоли кронштейна:

$$M_z = N_y \cdot e_{x3}, \text{ кН}\cdot\text{м}$$

где: e_{x3} – расстояние от оси ветровой нагрузки до полки кронштейна, м

$$M_z = 0,539 \cdot 0,0151 = 0,00814 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Напряжения на стыке пяты и консоли кронштейна:

$$\sigma = \frac{0,00814}{0,221} \cdot 1000 = 36,8 \leq 120 - \text{т, МПа}$$

5.6 Прогиб кронштейна от вертикальной нагрузки:

$$f = \frac{N_z \cdot e_y^3 \cdot 10}{3 \cdot E \cdot I_x} \leq \frac{e_y}{100}, \text{ см}$$

где: e_y – Вывет, см

допустимый прогиб определяется по СП 20.13330.2016 [7]

$$f_z = \frac{0,114 \cdot 48^3 \cdot 10}{3 \cdot 70000 \cdot 29,905} = 0,02 \leq \frac{48}{100} = 0,48 \text{ см}$$

Вывод: Кронштейн MFT-MF2.0 190LM отвечает требованиям прочности.

6. Расчет соединения кронштейна MF 190HS с профилем

Тип крепления: Шуруп 5,5х50 A2.

Допустимое усилие на срез: 9,76 кН.

Допустимое усилие на разрыв: 9,76 кН.

Количество соединений в креплении: различное

6.1 Расчет на срез от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$N_s = \frac{\sqrt{N_z^2 + N_y^2}}{n_s} \cdot \gamma_m \leq N_{srs}, \text{ кН}$$

где: N_z – вертикальная нагрузка на соединение, кН

N_y – горизонтальная нагрузка на соединение, кН

n_s – количество заклепок, шт

Согласовано					
Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. Инв. №			

						Расчёт по несущей способности	Лист 152
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

γ_m – коэффициент надёжности соединения

N_{nrs} – расчётное усилие на срез, кН

$$N_{s1} = \frac{\sqrt{0^2 + 0,414^2}}{1} \cdot 1,25 = 0,518 \leq 9,76 \text{ кН}$$

$$N_{s3} = \frac{\sqrt{0^2 + 0,488^2}}{1} \cdot 1,25 = 0,61 \leq 9,76 \text{ кН}$$

$$N_{s4} = \frac{\sqrt{0^2 + 0,601^2}}{1} \cdot 1,25 = 0,751 \leq 9,76 \text{ кН}$$

$$N_{s5} = \frac{\sqrt{0^2 + 0,457^2}}{1} \cdot 1,25 = 0,571 \leq 9,76 \text{ кН}$$

6.2 Расчет на смятие от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$\frac{\sqrt{(N_z)^2 + (N_y)^2}}{n_z \cdot d \cdot t} \cdot 1000 \leq R_{gp}, \text{ МПа}$$

где: d – диаметр отверстия для заклёпки (самореза), мм

t – толщина стенки направляющей, мм

R_{gp} – расчётное сопротивление смятию элементов, соединяемых заклёпками, МПа

$$\frac{\sqrt{0^2 + 0,414^2}}{1 \cdot 5,5 \cdot 1,5} \cdot 1000 = 50,2 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0^2 + 0,488^2}}{1 \cdot 5,5 \cdot 1,5} \cdot 1000 = 59,2 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0^2 + 0,601^2}}{1 \cdot 5,5 \cdot 1,5} \cdot 1000 = 72,8 \leq 190 \text{ МПа}$$

$$\frac{\sqrt{0^2 + 0,457^2}}{1 \cdot 5,5 \cdot 1,5} \cdot 1000 = 55,4 \leq 190 \text{ МПа}$$

Вывод: Соединение кронштейна MF 190HS с профилем отвечает требованиям прочности.

7. Расчет соединения кронштейна MF2.0 190LM с профилем

Тип крепления: Заклепка вытяжная диаметром 4.8мм А/А2.

Допустимое усилие на срез: 1,2 кН.

Допустимое усилие на разрыв: 1,7 кН.

Механические характеристики см. таблицу 3 ГОСТ Р ИСО 15977-2017

Количество соединений в креплении: различное

7.1 Расчет на срез от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$N_s = \frac{\sqrt{N_z^2 + N_y^2}}{n_z} \cdot \gamma_m \leq N_{nrs}, \text{ кН}$$

Согласовано					
Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. Инв. №			

						Расчёт по несущей способности	Лист
							153
Изм.	Кол.уч	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

где: Nz – вертикальная нагрузка на соединение, кН

Ny – горизонтальная нагрузка на соединение, кН

nз – количество заклепок, шт

γт – коэффициент надёжности соединения

Nnrs – расчётное усилие на срез, кН

$$N_{s2} = \frac{\sqrt{0,114^2 + 0,539^2}}{4} \cdot 1,25 = 0,172 \leq 1,2 \text{ кН}$$

7.2 Расчет на смятие от вертикальной и горизонтальной нагрузки:

$$\frac{\sqrt{(N_z)^2 + (N_y)^2}}{n_z \cdot d \cdot t} \cdot 1000 \leq R_{gr}, \text{ МПа}$$

где: d – диаметр отверстия для заклёпки (самореза), мм

t – толщина стенки направляющей, мм

Rgr – расчётное сопротивление смятию элементов, соединяемых заклёпками, МПа

$$\frac{\sqrt{0,114^2 + 0,539^2}}{4 \cdot 4,8 \cdot 1,5} \cdot 1000 = 19,1 \leq 190 \text{ МПа}$$

Вывод: Соединение кронштейна MF2.0 190LM с профилем отвечает требованиям прочности.

8. Расчет прочности крепления кронштейна "MFT-MF 190HS" к конструкциям здания

Крепление в ячеистые блоки на один анкер. Расчётное усилие анкера на вырыв: 1 кН.

8 Вырывающее усилие анкера:

$$N_a = N_y \cdot \frac{e_b}{e_a}, \text{ кН}$$

где: eб – плечо ветровой нагрузки по оси X, м

ea – плечо анкера по оси X, м

$$N_{a1} = 0,414 \cdot \frac{0,047}{0,0285} = 0,68 \leq 1 \text{ кН}$$

$$N_{a3} = 0,488 \cdot \frac{0,047}{0,0285} = 0,8 \leq 1 \text{ кН}$$

$$N_{a4} = 0,601 \cdot \frac{0,047}{0,0285} = 0,99 \leq 1 \text{ кН}$$

$$N_{a5} = 0,457 \cdot \frac{0,047}{0,0285} = 0,75 \leq 1 \text{ кН}$$

Согласовано					
Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. Инв. №			

						Расчёт по несущей способности	Лист
							154
Изм.	Кол.уч	Лист	№Док.	Подпись	Дата		

Вывод: Крепление кронштейна MFT-MF 190HS в ячеистые блоки на один анкер отвечает требованиям прочности.

9. Расчет прочности крепления кронштейна "MFT-MF2.0 190LM" к конструкциям здания

Крепление в железобетон на один анкер в верхнее отверстие. Расчётное усилие анкера на вырыв: 4 кН.

9 Вырывающее усилие анкера:

$$N_a = \frac{M_x}{h_z} + N_y \cdot \frac{e_b}{e_n}, \text{ кН}$$

где: b_z – опорное плечо анкера по оси Z, м

e_b – плечо ветровой нагрузки по оси X, м

e_n – плечо анкера по оси X, м

$$N_a = \frac{0,05472}{0,0775} + 0,539 \cdot \frac{0,0325}{0,0253} = 1,4 \leq 4 \text{ кН}$$

Ось анкера находится выше оси ветровой нагрузки, поэтому необходимо проводить проверку вырыва анкера для случая когда момент от ветровой нагрузки относительно точки анкерования превышает момент от веса (опрокидывание кронштейна)

9.1 Вырывающее усилие анкера при опрокидывании:

$$N_a = N_y \cdot \frac{e_b - e_n}{e_n} + \frac{N_y \cdot a_z - M_x}{h_z}, \text{ кН}$$

где: a_z – расстояние от верхнего края кронштейна до оси ветровой нагрузки по оси z, м

b_z – расстояние от верхнего края кронштейна до оси анкера по оси z, м

Момент от ветровой нагрузки меньше момента от веса:

$$0,539 \cdot 0,0525 = 0,0283 < 0,05472, \text{ проверка не требуется.}$$

Вывод: Крепление кронштейна MFT-MF2.0 190LM в железобетон на один анкер в верхнее отверстие отвечает требованиям прочности.

Согласовано			

Взам. Инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата

Расчёт по несущей способности

Лист

155

Сводная таблица расчётных монтажных схем

Высота, м (шаг профиля, м) (вылет, м)	Элемент	Ветровая нагрузка (Кнер)	Напряжения, МПа	Вырывающее усилие анкера, кН	Прогиб, см (Нагрузка от допустимой по результатам испытаний)	Выполнение условий прочности
1) 1,09 м однопролетная балка Та 60x42x1.8_MF 190HS__MF2.0 190LM[18] 0,335 0,575 0,18. (Расчетная схема 1)						
35 (0,6) (0,28)	MFT-Ta 60x42x1.8	0,96 (+=-) кН/м ² (расч.) (1,143)	68,8 ≤ 135		0,06 ≤ 0,29	Выполняются для всех элементов
	MFT-MF 190HS		3,9 ≤ 135 20,9 ≤ 120	0,74 ≤ 1	(27,8%)	
	MFT-MF2.0 190LM		49,7 ≤ 135 34,6 ≤ 120	0,68 ≤ 4	0,004 ≤ 0,28	
2) 3,149 м четырехпролетная балка Та 60x42x1.8__MF2.0 190LM[18]_4MF 190HS 0,3 0,65+0,633+0,633+0,633 0,3. (Расчетная схема 2)						
120 (0,33) (0,28)	MFT-Ta 60x42x1.8	1,44 (+=-) кН/м ² (норм.) (1,1)	61,2 ≤ 135		0,05 ≤ 0,32	Выполняются для всех элементов
	MFT-MF2.0 190LM		66,5 ≤ 135 47,1 ≤ 120	1,21 ≤ 4	0,008 ≤ 0,28	
	MFT-MF 190HS		5,1 ≤ 135 27,3 ≤ 120	0,97 ≤ 1	(36,4%)	
3) 31,85 м десятипролетная балка 2x(RP58 95x50L_RB2.0 190L[2]) 6x(RP58 77x50L_RB2.0 190L[2]) (RP58 95x50L_RB2.0 190L[2]) (RP65 95x50L_RB2.0 190L[2])_RB2.0 190L[2] 0,3 10x(3,125) 0,3. (Расчетная схема 3 (узловая))						
120 (0,54) (0,28)	MFT-RP58 95x50L	2 (+=-) кН/м ² (расч.) (1,1)	133 ≤ 135		1,39 ≤ 1,56	Выполняются для всех элементов
	MFT-RP58 77x50L		121,2 ≤ 135		0,83 ≤ 1,56	
	MFT-RP65 95x50L		77 ≤ 135		0,86 ≤ 1,56	
	MFT-RB2.0 190L		18,6 ≤ 135 62,5 ≤ 120	3,03 ≤ 4 0,99 ≤ 1	0,005 ≤ 0,28	
4) 4,8 м четырехпролетная балка Та 60x42x1.8__MF2.0 190LM[18]_4MF 190HS 0,3 1,05+1,05+1,05+1,05 0,3. (Расчетная схема 4)						
35 (0,4) (0,28)	MFT-Ta 60x42x1.8	0,96 (+=-) кН/м ² (расч.) (1,1)	93,7 ≤ 135		0,19 ≤ 0,52	Выполняются для всех элементов
	MFT-MF2.0 190LM		52,8 ≤ 135 40,7 ≤ 120	1,16 ≤ 4	0,007 ≤ 0,28	
	MFT-MF 190HS		4,9 ≤ 135 25,9 ≤ 120	0,92 ≤ 1	(34,4%)	
5) 31,85 м десятипролетная балка 2x(RP58 95x50L_RB2.0 190L[2]) 6x(RP58 77x50L_RB2.0 190L[2]) 2x(RP58 95x50L_RB2.0 190L[2])_RB2.0 190L[2] 0,3 10x(3,125) 0,3. (Расчетная схема 5)						

Согласовано					
Взам. Инв. №					
Подпись и дата					
Инв. № подл.					

Изм.	Кол.уч	Лист	№Док.	Подпись	Дата	Расчёт по несущей способности	Лист
							156

Согласовано				
Изм. № подл.	Изм.	Код.уч.	Лист	№ Док.
	Подпись	Дата		
Взам. Инв. №				
Подпись и дата				

120 (0,7) (0,28)	MFT-RP58 95x50L	1,44 (+=-) кН/м ² (расч.) (1,143)	129,3 ≤ 135		1,35 ≤ 1,56	Выполняются для всех элементов
	MFT-RP58 77x50L		117,6 ≤ 135		0,8 ≤ 1,56	
	MFT-RB2.0 190L		18,8 ≤ 135 60,6 ≤ 120	3,17 ≤ 4 0,96 ≤ 1	0,007 ≤ 0,28	
6) 1,19 м однопролетная балка Та 60x42x1.8_MF2.0 190LM[2]_MF2.0 190LM[2] 0,35 0,5 0,34. (Расчетная схема 6 (угловая и рядовая))						
120 (0,51) (0,48)	MFT-Ta 60x42x1.8	2 (+=-) кН/м ² (расч.) (1,133)	130,8 ≤ 135		0,06 ≤ 0,25	Выполняются для всех элементов
	MFT-MF2.0 190LM		111,7 ≤ 135 75 ≤ 120	0,49 ≤ 1 1,14 ≤ 4	0,024 ≤ 0,48	
7) 2,99 м четырехпролетная балка Та 60x58x1.8_MF 190HS_'MF2.0 190LM[16]_3MF 190HS 0,3 0,5+0,63+0,63+0,63 0,3. (Расчетная схема 7)						
72 (0,48) (0,48)	MFT-Ta 60x58x1.8	1,71 (+=-) кН/м ² (расч.) (1)	69,6 ≤ 135		0,06 ≤ 0,32	Выполняются для всех элементов
	MFT-MF 190HS		5,1 ≤ 135 27,4 ≤ 120	0,97 ≤ 1	(36,5%)	
	MFT-MF2.0 190LM		61,9 ≤ 135 43,6 ≤ 120	1,65 ≤ 4	0,024 ≤ 0,48	
8) 2,99 м четырехпролетная балка Та 60x42x1.8_MF 190HS_'MF2.0 190LM[16]_3MF 190HS 0,3 0,5+0,63+0,63+0,63 0,3. (Расчетная схема 8)						
72 (0,39) (0,48)	MFT-Ta 60x42x1.8	1,71 (+=-) кН/м ² (расч.) (1,25)	63,7 ≤ 135		0,05 ≤ 0,32	Выполняются для всех элементов
	MFT-MF 190HS		5,2 ≤ 135 27,9 ≤ 120	0,99 ≤ 1	(37,1%)	
	MFT-MF2.0 190LM		86,7 ≤ 135 59,7 ≤ 120	1,4 ≤ 4	0,02 ≤ 0,48	

Примечания:

1. Несимметричные вертикальные направляющие должны крепиться к кронштейну фасадной полкой в сторону анкера

Условные обозначения кронштейнов:

[16] – Крепление на один анкер в верхнее отверстие

' – Несущий кронштейн

[2] – Крепление на два анкера в крайние отверстия

[↔] – кронштейн с горизонтально ориентированной плоскостью консоли

Изм.	Код.уч.	Лист	№ Док.	Подпись	Дата	Расчёт по несущей способности	Лист
							157

Заключение

По результату выполненного расчёта следующие элементы удовлетворяют требованиям 1-й и 2-й группы предельных состояний

- Несущий кронштейн
- Опорный кронштейн
- Вертикальный профиль

Определены усилия в анкерах, сравнены с допустимыми. Несущая способность должна быть подтверждена натурными испытаниями.

Согласовано							Расчёт по несущей способности	Лист
								158
Изм. № подл.	Подпись и дата	Взам. Инв. №						
Изм.	Кол.уч.	Лист	№Док.	Подпись	Дата			

9714048533-20240819-1234

(регистрационный номер выписки)

19.08.2024

(дата формирования выписки)

ВЫПИСКА

из единого реестра сведений о членах саморегулируемых организаций в области инженерных изысканий и в области архитектурно-строительного проектирования и их обязательствах

Настоящая выписка содержит сведения о юридическом лице (индивидуальном предпринимателе), осуществляющем подготовку проектной документации:

Общество с ограниченной ответственностью «ЮДМ Лаб»

(полное наименование юридического лица/ФИО индивидуального предпринимателя)

1247700343835

(основной государственный регистрационный номер)

1. Сведения о члене саморегулируемой организации:

1.1	Идентификационный номер налогоплательщика	9714048533
1.2	Полное наименование юридического лица (Фамилия Имя Отчество индивидуального предпринимателя)	Общество с ограниченной ответственностью «ЮДМ Лаб»
1.3	Сокращенное наименование юридического лица	ООО «ЮДМ Лаб»
1.4	Адрес юридического лица Место фактического осуществления деятельности (для индивидуального предпринимателя)	125040, Россия, Москва, Беговой, г. Москва, вн.тер.г. муниципальный округ Беговой, ул. Нижняя, д. 14, стр. 1
1.5	Является членом саморегулируемой организации	Ассоциация организаций, осуществляющих проектирование энергетических объектов «ЭНЕРГОПРОЕКТ» (СРО-П-068-02122009)
1.6	Регистрационный номер члена саморегулируемой организации	П-068-009714048533-1075
1.7	Дата вступления в силу решения о приеме в члены саморегулируемой организации	19.08.2024
1.8	Дата и номер решения об исключении из членов саморегулируемой организации, основания исключения	

2. Сведения о наличии у члена саморегулируемой организации права осуществлять подготовку проектной документации:

2.1 в отношении объектов капитального строительства (кроме особо опасных, технически сложных и уникальных объектов, объектов использования атомной энергии) (дата возникновения/изменения права)	2.2 в отношении особо опасных, технически сложных и уникальных объектов капитального строительства (кроме объектов использования атомной энергии) (дата возникновения/изменения права)	2.3 в отношении объектов использования атомной энергии (дата возникновения/изменения права)
Да, 19.08.2024	Нет	Нет



3. Компенсационный фонд возмещения вреда

3.1	Уровень ответственности члена саморегулируемой организации по обязательствам по договору подряда на подготовку проектной документации, в соответствии с которым указанным членом внесен взнос в компенсационный фонд возмещения вреда	Первый уровень ответственности (не превышает двадцать пять миллионов рублей)
3.2	Сведения о приостановлении / прекращении права осуществлять подготовку проектной документации объектов капитального строительства	

4. Компенсационный фонд обеспечения договорных обязательств

4.1	Дата, с которой член саморегулируемой организации имеет право осуществлять подготовку проектной документации по договорам подряда, заключаемым с использованием конкурентных способов заключения договоров, в соответствии с которым указанным членом внесен взнос в компенсационный фонд обеспечения договорных обязательств	
4.2	Уровень ответственности члена саморегулируемой организации по обязательствам по договорам подряда на подготовку проектной документации, заключаемым с использованием конкурентных способов заключения договоров, в соответствии с которым указанным членом внесен взнос в компенсационный фонд обеспечения договорных обязательств	Нет
4.3	Дата уплаты дополнительного взноса	Нет
4.4	Сведения о приостановлении / прекращении права осуществлять подготовку проектной документации по договорам подряда, заключаемым с использованием конкурентных способов заключения договоров	

5. Фактический совокупный размер обязательств

5.1	Фактический совокупный размер обязательств по договорам подряда на подготовку проектной документации, заключаемым с использованием конкурентных способов заключения договоров на дату выдачи выписки	Нет
-----	--	-----

Руководитель аппарата



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН УСИЛЕННОЙ КВАЛИФИЦИРОВАННОЙ
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Владелец: Кожуховский Алексей Олегович
123056, г. Москва, ул. 2-я Брестская, д. 5

СЕРТИФИКАТ 0402FE9100C0B0148D4019113D8DEA876F

ДЕЙСТВИТЕЛЕН: С 20.11.2023 ПО 20.11.2024

А.О. Кожуховский





СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

№ РОСС RU.НЕ06.Н13230

Срок действия с 29.09.2023

по 28.09.2026

№ 0034833

ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ RA.RU.11НЕ06

Орган по сертификации продукции ООО "Эксперт-С". Адрес: 300045, РОССИЯ, Тульская обл, Тула г, Новомосковское ш, дом 54, помещение 3, 2 этаж, помещение 14. Телефон 8-487-274-0239, адрес электронной почты: s.eksp@yandex.ru

ПРОДУКЦИЯ Программное обеспечение "StatUs". Серийный выпуск.

код ОК
58.29.1

СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

СП 20.13330.2016 (СНиП 2.01.07-85*), СП 522.1325800.2023, СП 14.13330.2018, СП 128.13330.2016, СП 16.13330.2017, ГОСТ 27751-2014

код ТН ВЭД

ИЗГОТОВИТЕЛЬ Индивидуальный предприниматель Фурманов Сергей Игоревич. ОГРНИП: 323774600556085, ИНН: 344222923191. Адрес: 125504, РОССИЯ, г. Москва, Ильменский пр-д, д. 14, к. 1, кв. 114, телефон: 79161944215, адрес электронной почты: info@statusprogram.ru.

СЕРТИФИКАТ ВЫДАН Индивидуальный предприниматель Фурманов Сергей Игоревич. ОГРНИП: 323774600556085, ИНН: 344222923191. Адрес: 125504, РОССИЯ, г. Москва, Ильменский пр-д, д. 14, к. 1, кв. 114, телефон: 79161944215, адрес электронной почты: info@statusprogram.ru.

НА ОСНОВАНИИ

Протокол испытаний № 001/М-29/09/23 от 29.09.2023 года, выданный Испытательной лабораторией «КвантТест» (аттестат РОСС RU.31578.04ОЛН0.ИЛ32)



ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Схема сертификации: 1с

Руководитель органа

Эксперт


подпись

А.В. Босик

инициалы, фамилия

А.А. Белянин

инициалы, фамилия

Сертификат не применяется при обязательной сертификации

