

ИП Мурашов Д.В.

Детский сад на 250 мест по адресу: Московская область, г.о  
Ступино, мкр. Дубки, ул.Службина.

Рабочая документация  
Устройство навесной фасадной системы с воздушным  
зазором

101-10-2022-НВФ  
Приложение 3  
Статический расчет элементов подконструкции

г.Санкт-Петербург 2022 г.



Расчет фасадной системы "Альт-Фасад"  
Альт-Фасад-03



Расчет проведен в соответствии с методикой расчета каркаса фасадной системы "Альт-Фасад", разработанной научно-исследовательским и проектным институтом строительных металлоконструкций им. Мельникова. Договор №03-867 от 07 мая 2019 г.

Исходные данные:

Тип облицовки  
Фасадная система  
Ширина облицовки  
Высота облицовки  
Толщина облицовки  
Район строительства  
Ветровой район  
Тип местности  
Гололедный район  
Высота здания  
Класс надежности по ответственности  
Длина направляющей  
Количество кронштейнов на направляющую  
Шаг системы  
Горизонтальная направляющие  
Вертикальные направляющие по русту  
Вертикальные направляющие (дополнительные)  
Марка стали  
Марка применяемого кронштейна

Длина применяемого кронштейна (плечо кронштейна)  
Диаметр применяемой заклепки А2/А2  
Расстояние между кронштейнами (пролет направляющей)  
Шаг вертикальных направляющих по горизонтале (основной)  
Шаг вертикальных направляющих по горизонтале (дополнительной)

1. Расчет гололедной нагрузки:

Толщина наледи в мм по таблицам 3.5 и 3.6 (в соответствии с таблицами 11,12 и карты 4 приложения 5 СНиП 2.01.07-85\*);  
Коэффициент, учитывающий изменение толщины стенки гололеда по высоте по таблице 3.8 методики (или с таблицей 13 СНиП 2.01.07-85\*);  
Плотность льда  
Коэффициент, учитывающий форм обледенения и принимаемый равным для фасадных облицовок  
Ускорение свободного падения  
Коэффициент надежности по гололедной нагрузке  
Коэффициент надежности по ответственности  
Нормативное значение поверхностной гололедной нагрузки определяют в соответствии со СНиП 2.01.07-85\* по формуле:  $i = b \cdot k \cdot \mu_2 \cdot p \cdot g \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n$   
Расстояние между кронштейнами (пролет направляющей)  
Шаг кронштейнов в горизонтальном направлении  
Коэффициент неразрезности, учитывающий передачу нагрузки с облицовки как с многопролетной балки  
Коэффициент обледенения облицовки с двух сторон  
Нагрузка от обледенения конструкции  $P_{\text{гол}} = 2 \cdot i \cdot L_1 \cdot B_k \cdot k_{\text{кнр}}$

Фиброцементная плита (гладкокрашенная)		
Альт-Фасад-03		
$b_{\text{пл}} =$	1200	мм
$h_{\text{пл}} =$	2500	мм
$t_{\text{пл}} =$	8	мм
г.Ступино		
I		
B		
II		
15		
КС-2		
2400		
4		
шт.		
B=	1000	мм
ГО-40х40х1,2		
ZO-40х20х1,2 (40*20*20)		
ZO-40х20х1,2 (40*20*20)		
0811С		
КРУ-2р		
250		
4,0		
$L_1 =$	0,633333333	м
$\mu_2 =$	1,2	м
$B_k =$	1,2	м
$b =$	5	мм
$k =$	1,1	
$p =$	0,9	г/см <sup>3</sup>
$\mu_2 =$	0,6	
$g =$	9,81	м/с <sup>2</sup>
$\gamma_f =$	1,8	
$\gamma_f =$	1	
	52,44	Па
$i =$	5,24	кг/м2
$L_1 =$	0,63	м
$B_k =$	1,00	м
$k_{\text{кнр}} =$	1,10	
	2	
$P_{\text{гол}} =$	7	кг

2. Расчет нагрузки от собственного веса:

Нормативное значение объемного веса,  $\rho_n$   
Толщина облицовочного материала  
Коэффициент надежности по нагрузке  
Коэффициент надежности по ответственности  
Расчетно значение нагрузки от собственного веса облицовки  $g_{\text{обл}} = \rho_n \cdot b_{\text{обл}} \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n$   
Расстояние между кронштейнами (пролет направляющей)  
Коэффициент неразрезности, учитывающий передачу нагрузки с облицовки как с многопролетной балки  
Шаг кронштейнов в горизонтальном (вертикальном) направлении (между горизонталями)  
Нагрузка от веса облицовки  $P_{\text{обл}} = g_{\text{обл}} \cdot L_1 \cdot B_k \cdot k_{\text{кнр}}$   
Масса горизонтальной направляющей  
Масса вертикальной направляющей (по русту)  
Масса вертикальной направляющей (дополнительной)  
Коэффициент надежности по нагрузке  
Коэффициент надежности по ответственности  
Расчетно значение нагрузки от собственного веса горизонтальной направляющей  $g_{\text{напр}} = m_{\text{напр}} \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n$   
Расчетно значение нагрузки от собственного веса вертикальной направляющей  $g_{\text{напр}} = m_{\text{напр}} \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n$   
Расчетно значение нагрузки от собственного веса вертикальной направляющей  $g_{\text{напр}} = m_{\text{напр}} \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n$   
Нагрузка от массы направляющих  $P_{\text{напр}} = g_{\text{напр}} \cdot L_1$   
Нагрузка от облицовки и собственного веса системы  $P = P_{\text{обл}} + P_{\text{напр}}$

$\rho_n =$	1500	кг/м3
$b_{\text{обл}} =$	0,008	м
$\gamma_f =$	1,2	
$\gamma_n =$	1	
$g_{\text{обл}} =$	14,4	кг/м2
$L_1 =$	0,633333333	м
$k_{\text{кнр}} =$	1,1	
$B_k =$	1	м
$P_{\text{обл}} =$	10,032	кг
$m_{\text{напр}} =$	0,75	кг/м
$m_{\text{напр}} =$	0,94	кг/м
$m_{\text{напр}} =$	0,94	кг/м
$\gamma_f =$	1,05	
$\gamma_n =$	1	
$g_{\text{напр}} =$	0,788	кг/м
$g_{\text{напр}} =$	0,987	кг/м
$g_{\text{напр}} =$	0,987	кг/м
$P_{\text{напр}} =$	2,433	кг
$P =$	12,465	кг

3.1 Расчет ветровой нагрузки:

Нормативное значение давления ветра (от ветрового района)  
Коэффициент, учитывающий изменение средней составляющей давления ветра для расчетной высоты на указанном типе местности  
Коэффициент, учитывающий изменение пульсации давления ветра для расчетной высоты на указанном типе местности  
Пиковое значение аэродинамического коэффициента  
Коэффициент корреляции ветровой нагрузки  
Коэффициент надежности по нагрузке для основной и пиковых ветровых нагрузок  
Коэффициент надежности по ответственности  
Пиковые положительные воздействия ветровой нагрузки  $W_+ = W_0 \cdot k_{(z_e)} \cdot (1 + \zeta_{(z_e)}) \cdot C_{pe} \cdot \mu_z \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n$   
Пиковые отрицательные воздействия ветровой нагрузки  $W_- = W_0 \cdot k_{(z_e)} \cdot (1 + \zeta_{(z_e)}) \cdot C_{pe} \cdot \mu_z \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n$

$W_0 =$	23	кг/м2
$k_{(z_e)} =$	0,76	
$\zeta_{(z_e)} =$	0,98	
$C_{pe} =$	1,2	для равных зон
$\mu_z =$	1	
$\gamma_f =$	1,4	
$\gamma_n =$	1	
$W_+ =$	58,41024932	кг/м2
$W_- =$	-107,0854571	кг/м2

3.2 Расчет ветровой нагрузки (относится к блоку 4.1) по РСН 2:

Расчетная ветровая нагрузка (с коэф. 0,6 ветровой и 0,9 коэф. сочетания=коэф.0,54)	W=	31,54	кг/м2
Пролет направляющей между кронштейнами	B1=	0,633333333	м
Коэффициент неразрезности, учитывающий передачу нагрузки с обшивки как с многопролетной балки	k <sub>нер</sub> =	1,1	
Расстояние между кронштейнами (пролет направляющей)	L1=	0,633333333	м
Расчетная погонная ветровая нагрузка на направляющую	q <sub>w</sub> =	21,97	кг/м
Количество точек опорной реакции (схема пролетной балки)		4	шт.
Максимальный опорный момент	M <sub>оп. max</sub> =	0,88	кг*м
Максимальный пролетный момент	M <sub>пр. max</sub> =	0,71	кг*м
Опорная реакция от ветровой нагрузки	N <sub>w max</sub> =	10,93	кг

### 3.3 Расчет ветровой нагрузки (относится к блоку 4.2) по РСЧУ2:

Расчетная ветровая нагрузка (с коэф. 0,6 ветровой и 0,9 коэф. сочетания=коэф.0,54)	W=	31,54	кг/м2
Шаг направляющих по горизонтали (шаг системы)	B2=	0,6	м
Коэффициент неразрезности, учитывающий передачу нагрузки с обшивки как с многопролетной балки	k <sub>нер</sub> =	1	
Расстояние между кронштейнами (пролет направляющей)	L2=	1	м
Расчетная погонная ветровая нагрузка на направляющую	q <sub>w</sub> =	18,92	кг/м
Количество точек опорной реакции (схема пролетной балки)		2	шт.
Максимальный опорный момент	M <sub>оп. max</sub> =	0,00	кг*м
Максимальный пролетный момент	M <sub>пр. max</sub> =	2,37	кг*м
Опорная реакция от ветровой нагрузки	N <sub>w max</sub> =	6,76	кг

### 3.4 Расчет ветровой нагрузки (относится к блоку 4.3) по РСЧУ2:

Расчетная ветровая нагрузка (с коэф. 0,6 ветровой и 0,9 коэф. сочетания=коэф.0,54)	W=	31,54	кг/м2
Шаг направляющих по горизонтали (шаг системы)	B3=	0,6	м
Коэффициент неразрезности, учитывающий передачу нагрузки с обшивки как с многопролетной балки	k <sub>нер</sub> =	1	
Расстояние между кронштейнами (пролет направляющей)	L2=	1	м
Расчетная погонная ветровая нагрузка на направляющую	q <sub>w</sub> =	18,92	кг/м
Количество точек опорной реакции (схема пролетной балки)		2	шт.
Максимальный опорный момент	M <sub>оп. max</sub> =	0,00	кг*м
Максимальный пролетный момент	M <sub>пр. max</sub> =	2,37	кг*м
Опорная реакция от ветровой нагрузки	N <sub>w max</sub> =	6,76	кг

### 4.1 Расчет горизонтальной направляющей:

Нормативная сосредоточенная нагрузка от собственного веса P=Робл+Рнапр+Ргол  
Нормативная сосредоточенная нагрузка от ветра (N<sub>w max</sub> с учетом q<sub>hw</sub>=q<sub>w</sub>/1,4)  
Шаг кронштейнов в горизонтальном направлении (=L1)

Коэффициент прогиба центра направляющих распределенных нагрузок  
Модуль упругости стали  
Предельный прогиб для направляющих, B<sub>k</sub>/150

#### 4.1.1 Расчет полок в напоре:

Момент инерции сечения для горизонтальной полки

Момент инерции сечения для горизонтальной полки

Деформативность направляющей (прогиб в середине пролета)  $f_p = k \cdot P_n \cdot B_k^3 / E \cdot I_x$

**Условие деформативности выполняется f<B<sub>k</sub>/150**

Деформативность направляющей (прогиб в середине пролета)  $f_n = k \cdot N_n \cdot B_k^3 / E \cdot I_y$

**Условие деформативности выполняется f<B<sub>k</sub>/150**

Момент инерции сечения для вертикальной полки

Момент инерции сечения для вертикальной полки

Деформативность направляющей (прогиб в середине пролета)  $f_p = k \cdot P_n \cdot B_k^3 / E \cdot I_x$

**Условие деформативности выполняется f<B<sub>k</sub>/150**

Деформативность направляющей (прогиб в середине пролета)  $f_n = k \cdot N_n \cdot B_k^3 / E \cdot I_y$

**Условие деформативности выполняется f<B<sub>k</sub>/150**

#### 4.1.2 Расчет полок в отсосе:

Момент инерции сечения для горизонтальной полки

Момент инерции сечения для горизонтальной полки

Деформативность направляющей (прогиб в середине пролета)  $f_p = k \cdot P_n \cdot B_k^3 / E \cdot I_x$

**Условие деформативности выполняется f<B<sub>k</sub>/150**

Деформативность направляющей (прогиб в середине пролета)  $f_n = k \cdot N_n \cdot B_k^3 / E \cdot I_y$

**Условие деформативности выполняется f<B<sub>k</sub>/150**

Момент инерции сечения для вертикальной полки

Момент инерции сечения для вертикальной полки

Деформативность направляющей (прогиб в середине пролета)  $f_p = k \cdot P_n \cdot B_k^3 / E \cdot I_x$

**Условие деформативности выполняется f<B<sub>k</sub>/150**

Деформативность направляющей (прогиб в середине пролета)  $f_n = k \cdot N_n \cdot B_k^3 / E \cdot I_y$

**Условие деформативности выполняется f<B<sub>k</sub>/150**

ГО-40х40х1,2			
P <sub>n</sub> =	19,772		кг
N <sub>n</sub> =	10,935		кг
B <sub>k</sub> =	63,33333333		см
k=	0,0068		
E=	2100000		кг/см2
	0,422		см
I <sub>x</sub> =	1,521		см4
I <sub>y</sub> =	1,521		см4
f <sub>p</sub> =	0,011		
	0,011	<	0,422
f <sub>n</sub> =	0,006		
	0,006	<	0,422
I <sub>x</sub> =	1,521		см4
I <sub>y</sub> =	1,521		см4
f <sub>p</sub> =	0,011		
	0,011	<	0,422
f <sub>n</sub> =	0,006		
	0,006	<	0,422
I <sub>x</sub> =	1,521		см4
I <sub>y</sub> =	1,521		см4
f <sub>p</sub> =	0,011		
	0,011	<	0,422
f <sub>n</sub> =	0,006		
	0,006	<	0,422
I <sub>x</sub> =	1,521		см4
I <sub>y</sub> =	1,521		см4
f <sub>p</sub> =	0,011		
	0,011	<	0,422
f <sub>n</sub> =	0,006		
	0,006	<	0,422

### 4.2 Расчет вертикальной направляющей по РСЧУ2:

Нормальная сила в направляющей

Площадь поперечного сечения

Максимальный опорный момент

Максимальный пролетный момент

Момент сопротивления сечения с учетом редукции

Расчетное сопротивление стали

Расчет направляющей на прочность (сечение в опоре)

**Условие прочности доп.<R<sub>y</sub> выполняется**

Расчет направляющей на прочность (сечение в пролете)

**Условие прочности доп.<R<sub>y</sub> выполняется**

Коэффициент прогиба центра направляющих распределенных нагрузок

Расчетная погонная ветровая нагрузка на направляющую

Коэффициент надежности по нагрузке для основной и пиковых ветровых нагрузок

Нормативное значение погонной ветровой нагрузки на направляющую

Расстояние между опорами (пролет направляющей - шаг системы)

Модуль упругости стали

Момент инерции сечения

Деформативность направляющей (прогиб в середине пролета)

Предельный прогиб для направляющих, L<sub>1</sub>/150

**Условие деформативности выполняется f<L<sub>1</sub>/150**

ZO-40х20х1,2 (40*20*20)			
N=	19,772	0	
A=	0,94		см2
M <sub>оп. max</sub> =	0,00		кг*см
M <sub>пр. max</sub> =	236,56		кг*см
W <sub>x</sub> =	0,55		см3
R <sub>y</sub> =	2250		кг/см2
δ <sub>оп.</sub> =	21,034		кг/см2
	21	<	2250
δ <sub>пр.</sub> =	451,146		кг/см2
	451	<	2250
k=	0,013		
q <sub>w</sub> =	18,92		0,422222
γ <sub>f</sub> =	1,4		
q <sub>hw</sub> =	0,14		кг/см
L <sub>1</sub> =	100		см
E=	2100000		кг/см2
I <sub>x</sub> =	0,69		см4
f=	0,121		см
	0,121	<	0,666667

### 4.3 Расчет дополнительной вертикальной направляющей:

Нормальная сила в направляющей

Площадь поперечного сечения

Максимальный опорный момент

Максимальный пролетный момент

Момент сопротивления сечения с учетом редукции

Расчетное сопротивление стали

ZO-40х20х1,2 (40*20*20)			
N=	19,772	0	
A=	0,94		см2
M <sub>оп. max</sub> =	0,00		кг*см
M <sub>пр. max</sub> =	2,37		кг*см
W <sub>x</sub> =	0,55		см3
R <sub>y</sub> =	2250		кг/см2

Расчет направляющей на прочность (сечение в опоре)	$\delta_{оп.} =$	21,034	кг/см <sup>2</sup>
<b>Условие прочности <math>\delta_{оп.} &lt; R_y</math> выполняется</b>	<b>21</b>	<	<b>2250</b>
Расчет направляющей на прочность (сечение в пролете)	$\delta_{пр.} =$	25,335	кг/см <sup>2</sup>
<b>Условие прочности <math>\delta_{пр.} &lt; R_y</math> выполняется</b>	<b>25</b>	<	<b>2250</b>
Коэффициент прогиба центра направляющих распределенных нагрузок	$k =$	0,013	
Расчетная погонная ветровая нагрузка на направляющую	$q_w =$	18,92	кг/см <sup>2</sup>
Коэффициент надежности по нагрузке для основной и пиковых ветровых нагрузок	$\gamma_f =$	1,4	
Нормативное значение погонной ветровой нагрузки на направляющую	$q_{wn} =$	0,14	кг/см
Расстояние между опорами (пролет направляющей - шаг системы)	$L_1 =$	100	см
Модуль упругости стали	$E =$	2100000	кг/см <sup>2</sup>
Момент инерции сечения	$I_x =$	0,69	см <sup>4</sup>
Деформативность направляющей (прогиб в середине пролета)	$f =$	0,121	см
Предельный прогиб для направляющих, $L_1/150$		0,667	см
<b>Условие деформативности выполняется <math>f &lt; L_1/150</math></b>	<b>0,121</b>	<	<b>0,666667</b>

#### 5.1.1 Расчет кронштейна с вертикально ориентированной пл. консоли:

Усилие от ветровой нагрузки в сечении 1-1	$N_{1-1} =$	10,93	кг
Нагрузка от веса облицовки и направляющих	$P =$	19,772	кг
Плечо от приложения силы P до центра массы сечения 1-1	$e_1 =$	25,5	см
Изгибающий момент, от собственного веса	$M_{y_1-1} =$	504,179	кг*см
Плечо от приложения силы N до центра масс сечения 1-1	$e_3 =$	4,6	см
Изгибающий момент, от ветровой нагрузки	$M_{x_1-1} =$	50,299	кг*см
Площадь сечения	$A_{1-1} =$	2,24	см <sup>2</sup>
Момент сопротивления сечения	$W_{x_1-1} =$	0,31	см <sup>3</sup>
Момент сопротивления сечения	$W_{y_1-1} =$	3,39	см <sup>3</sup>
Предел текучести стали	$R_y =$	2250	кг/см <sup>2</sup>
Напряжение, в сечении 1-1	$\delta_{1-1} =$	315,86	кг/см <sup>2</sup>
<b>Условие прочности выполняется</b>	<b>316</b>	<	<b>2250</b>
Плечо от приложения силы N до сечения 2-2	$e_2 =$	4,55	см
Усилие от ветровой нагрузки в сечении 2-2	$N_{2-2} =$	10,93	кг
Изгибающий момент, от ветровой нагрузки	$M_{x_2-2} =$	49,75	кг*см
Момент сопротивления сечения	$W_{x_2-2} =$	0,31	см <sup>3</sup>
Напряжение, в сечении 2-2	$\delta_{2-2} =$	160,49	кг/см <sup>2</sup>
<b>Условие прочности выполняется</b>	<b>160</b>	<	<b>2250</b>

#### 5.1.2 Расчет анкера на вырыв, при крепление 1 анкером:

Осевые характеристики выбранного кронштейна	$e_1 =$	25,5	см
Осевые характеристики выбранного кронштейна	$e_2 =$	4,6	см
Осевые характеристики выбранного кронштейна	$e_3 =$	4,6	см
Осевые характеристики выбранного кронштейна	$e_4 =$	3,5	см
Осевые характеристики выбранного кронштейна	$e_5 =$	4,5	см
Осевые характеристики выбранного кронштейна	$e_6 =$	4,6	см
Нагрузка от веса облицовки и направляющих	$P =$	19,772	кг
Усилие от ветровой нагрузки	$N =$	10,93	кг
Расчет ведется, если $P * e_1 \neq N * (e_6 - e_2)$			
<b>Условие неравенства выполняется</b>	<b>504</b>	$\neq$	<b>0</b>
Расчет вырывающего усилия при $P * e_1 < N * (e_6 - e_2)$	$N_B =$	175,41	кг
Расчет вырывающего усилия при $P * e_1 > N * (e_6 - e_2)$	$N_B =$	214,29	кг
<b>Вырывающее усилие, действующее на анкер</b>	<b><math>N_B =</math></b>	<b>214,29</b>	<b>кг</b>

#### 5.2.1 Расчет кронштейна с горизонтально ориентированной пл. консоли:

Усилие от ветровой нагрузки в сечении 1-1	$N_{1-1} =$	10,93	кг
Нагрузка от веса облицовки и направляющих	$P =$	19,772	кг
Плечо от приложения силы P до центра массы сечения 1-1	$e_1 =$	25,5	см
Изгибающий момент, от собственного веса	$M_{y_1-1} =$	504,179	кг*см
Плечо от приложения силы N до центра масс сечения 1-1	$e_3 =$	4,6	см
Изгибающий момент, от ветровой нагрузки	$M_{x_1-1} =$	554,479	кг*см
Площадь сечения	$A_{1-1} =$	2,24	см <sup>2</sup>
Момент сопротивления сечения	$W_{x_1-1} =$	0,31	см <sup>3</sup>
Момент сопротивления сечения	$W_{y_1-1} =$	3,39	см <sup>3</sup>
Предел текучести стали	$R_y =$	2250	кг/см <sup>2</sup>
Напряжение, в сечении 1-1	$\delta_{1-1} =$	1793,52	кг/см <sup>2</sup>
<b>Условие прочности выполняется</b>	<b>1794</b>	<	<b>2250</b>
Плечо от приложения силы N до сечения 2-2	$e_2 =$	4,55	см
Усилие от ветровой нагрузки в сечении 2-2	$N_{2-2} =$	10,93	кг
Изгибающий момент, от ветровой нагрузки	$M_{x_2-2} =$	553,93	кг*см
Момент сопротивления сечения	$W_{x_2-2} =$	0,31	см <sup>3</sup>
Напряжение, в сечении 2-2	$\delta_{2-2} =$	1791,76	кг/см <sup>2</sup>
<b>Условие прочности выполняется</b>	<b>1792</b>	<	<b>2250</b>

#### 5.2.2 Расчет анкера на вырыв, при крепление 1 анкером:

Осевые характеристики выбранного кронштейна	$e_1 =$	25,5	см
Осевые характеристики выбранного кронштейна	$e_2 =$	4,6	см
Осевые характеристики выбранного кронштейна	$e_3 =$	4,6	см
Осевые характеристики выбранного кронштейна	$e_4 =$	3,5	см
Осевые характеристики выбранного кронштейна	$e_5 =$	4,5	см
Осевые характеристики выбранного кронштейна	$e_6 =$	4,6	см
Нагрузка от веса облицовки и направляющих	$P =$	19,772	кг
Усилие от ветровой нагрузки	$N =$	10,93	кг
<b>Вырывающее усилие, действующее на анкер</b>	<b><math>N_B =</math></b>	<b>120,54</b>	<b>кг</b>
<b>Вырывающее усилие, действующее на анкер</b>	<b><math>N_B =</math></b>	<b>120,54</b>	<b>кг</b>

#### Расчет заклепочного соединения с вертикальной плоскостью:

Нагрузка от веса облицовки и направляющих	$P =$	19,772	кг
Усилие от ветровой нагрузки	$N =$	10,93	кг
Количество заклепок в соединении	$n =$	2	шт.
Число срезов одной заклепки	$n_s =$	1	шт.
Расчетное усилие среза для одной заклепки	$N_{рс} =$	275,32	кг/с