

## ПРОЧНОСТНОЙ РАСЧЕТ

ЭЛЕМЕНТОВ КАРКАСА НАВЕСНОЙ ФАСАДНОЙ СИСТЕМЫ  
С ВОЗДУШНЫМ ЗАЗОРОМ "VENFAS"  
ПРОИЗВОДСТВА ООО "ВЕНФАС"

Тип крепления: в междуэтажные перекрытия

Тип облицовочного материала: Фасадные HPL панели

Ветровой район:	I
Гололедный район:	II
Шаг кронштейнов по вертикали (H)	3000
Шаг кронштейнов по горизонтали (S)	600

Города I ветрового района:

Москва, Брянск, Смоленск, Великий Новгород, Рязань, Ярославль, Владимир, Вологда,  
Сыктывкар, Нижний Новгород, Йошкар-Ола, Ижевск, Пермь, Екатеринбург, Тюмень,  
Ханты-Мансийск

## СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	2
1. Исходные данные	3
2. Характеристики материалов	3
2.1. Облицовочный материал	3
2.2. Материал несущих конструкций фасадной системы	3
2.3. Заклепки	4
3. Расчет внешних воздействий на фасадную систему для прямоугольного в плане здания	4
3.1. Определение пиковой ветровой нагрузки	4
3.2. Определение гололедной нагрузки	7
3.3. Вес облицовочного материала	7
3.4. Собственный вес направляющего профиля	8
4. Параметры и коэффициенты принимаемые в расчетах	8
4.1. Определение расчетной ветровой и гололедной нагрузки на п.м. для указанной зоны:	9
5. Расчет прочности и прогиба направляющего профиля	9
6. Расчет усилия в анкерных болтах и фасадной системе	10
6.1. Крепление основного кронштейна и талрепа с использованием одного анкера	10
6.2. Крепление основного кронштейна и талрепа с использованием двух анкеров	11
6.3. Усилие на анкер в дополнительном кронштейне	11
7. Расчет по прочности элементов фасадной системы	11
7.1. Выдвижная вставка кронштейна.	11
7.2. Кронштейн.	12
7.3. Талреп	13
7.4. Второстепенные элементы фасадной системы	14
8. Расчет заклепочных соединений	15
8.1. Соединение кронштейна с выносной планкой (направляющим профилем).	15
8.2. Соединение скобы талрепа с направляющим профилем	15
8.3. Расчет заклепочных соединений направляющих профилей (при необходимости)	17
9. Подбор анкерных болтов фирмы "..."	17
9.1. Подбор анкерного болта для основного крепления в бетоне	17
9.2. Подбор анкерного болта для дополнительного крепления в кирпичной кладке	18
ПЕРЕЧЬ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ	19

## 1. Исходные данные

VENFAS представляет собой систему навесных вентилируемых фасадов, предназначенную для наружной отделки и утепления зданий. Особенностью применения вентилируемых фасадов является наличие воздушной прослойки между облицовочным материалом и утеплителем, что обеспечивает свободную циркуляцию воздуха и как следствие усиленное испарение влаги и конденсата с элементов конструкции фасада и утеплителя, что обеспечивает их долговечность. Система отличается простотой монтажа и возможностью применения разнообразных облицовочных материалов для достижения необходимого облика и архитектурной эстетичности зданий.

Каркас системы состоит из направляющих вертикальных профилей, обеспечивающих крепление элементов облицовки, стальных кронштейнов, позволяющих при их использовании с выдвижными планками относить каркас на необходимое расстояние от здания. Соединение элементов каркаса производится с применением вытяжных заклепок. Отличительной чертой фасадной системы VENFAS является возможность ее крепления не только к вертикальным несущим и ограждающим конструкциям, но и к конструкциям перекрытий. Это обеспечивается использованием талрепа, который позволяет снять вертикальную нагрузку с кронштейна и передать ее на несущую конструкцию здания.

Шаг кронштейнов по горизонтали (S)	600 мм
Высота этажа	3000 мм
Шаг кронштейнов по вертикали (H)	3000 мм
Вылет кронштейна от основания	180 мм
Длина вертикальных направляющих	3000 мм

## 2. Характеристики материалов

### 2.1. Облицовочный материал

Тип облицовочного материала	Фасадные HPL панели
Плотность материала облицовки	1625 кг/м <sup>3</sup>
Толщина материала облицовки	9 мм
Вес квадратного метра	14.6 кг/м <sup>2</sup>

### 2.2. Материал несущих конструкций фасадной системы

Все элементы каркаса фасадной системы выполнены из:

1. Сталь листовая холоднокат. оцинкованная СТ08пс-ХП-НР-1 с полимерным покрытием

Марка стали	ГОСТ	Механические характеристики		$\gamma_m$	Расчетные сопротивления		Модуль упругости
		$R_{yn}$ , МПа	$R_{un}$ , МПа		$R_y$ , МПа	$R_s$ , МПа	$E_s$ , МПа
СТ08пс-ХП-НР-1	14918-80	230	295	1.05	219.0	127.0	200000

### 2.3. Заклепки

Для крепления элементов каркаса используются заклепки, согласно ISO 15983.

Вытяжные нержавеющие заклепки A2/A2 диаметром 4 мм

Расчетное сопротивление срезу и растяжению заклепок определяется согласно гарантированным пределам разрушающей нагрузки на срез и растяжение для указанных диаметров заклепок, составляет:

$R_{\text{срез}} = 198.9$  МПа - срез  $R_{\text{раст}} = 278.5$  МПа - растяжение

## 3. Расчет внешних воздействий на фасадную систему для прямоугольного в плане здания

Элементы конструкции фасадной системы испытывают нагрузки от собственного веса конструкций в пределах установки опорных кронштейнов, а так же воздействия окружающей среды, вызванные ветровой нагрузкой (активной и пассивной составляющей) и возможностью образования ледовой корки.

Данные о размерах здания:

- высота	H=	30	м.	} размеры здания в плане
- длина	L=	60	м.	
- ширина	B=	20	м.	

### 3.1. Определение пиковой ветровой нагрузки

Для элементов ограждения и узлов их крепления необходимо учитывать пиковые положительные и отрицательные воздействия ветровой нагрузки, согласно п.11.2 [1]:

Город строительства здания [ ]  
 Расположение здания в ветровых и гололедных районах:  
 Ветровой район: I см. приложение Ж [1]  
 Гололедный район: II см. приложение Ж [1]  
 Тип местности: B см. п.11.1.6 [1]

B - городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10м.

Пиковые положительные и отрицательные воздействия ветровой нагрузки определяются по формуле 11.10 [1]:

Нормативно значение ветрового давления  $w_0$  принимается в зависимости от ветрового

$$w_{+(-)} = w_0 \cdot k(z_e) \cdot [1 + \zeta(z_e)] \cdot c_{p,+(-)} \cdot v_{+(-)} \text{ : ветрового района I}$$

Эквивалентная высота  $z_e$  для зданий определяется согласно п.11.1.5 [1]:

В зависимости от высоты и размера здания в плане (в направлении действия ветра)

Количество зон по высоте здания		$h \leq d$	1 зона
фронтальная ст.	торцевая ст.	$h \leq 2d$	2 зоны
1	2	$h > 2d$	3 зоны

h- высота здания; d- размер здания в плане в направление ветра

Значения  $z_e$  для зон по высоте

Зона по высоте	Значения $z_e$ и высота зоны, м.		Правила определения $z_e$		
	фронтальная ст.	торцевая ст.	1 зона	2 зоны	3 зоны
1	30	30	$z_{e1}=h$	$z_{e1}=h$	$z_{e1}=h$
2	нет	20	нет	$z_{e2}=d$	$z_{e2}=h-d$
3	нет	нет	нет	нет	$z_{e3}=d$

Коэффициент изменения давления ветра на высоте  $z_e$  согласно п.11.1.6 [1]:

$$k(z_e) = k_{10}(z_e / 10)^{2-\alpha}$$

Коэффициент изменения пульсации давления ветра на высоте  $z_e$  согласно п.11.1.6 [1]:

$$\zeta(z_e) = \zeta_{10}(z_e / 10)^{-\alpha}$$

Значения параметров  $k_{10}$ ,  $\zeta_{10}$ ,  $\alpha$  для различных типов местностей, согласно табл.11.3 [1]:

Параметр	Тип местности		
	А	В	С
$\alpha$	0.15	0.2	0.25
$k_{10}$	1	0.65	0.4
$\zeta_{10}$	0.76	1.06	1.78

Пиковые значения аэродинамических коэффициентов положительного давления (+) или отсоса (-) определяются согласно приложения Д.1 [1] по схеме Д.1.17:

- для стен прямоугольных в плане зданий пиковое положительное значение аэродинамического коэффициента

$$c_{p,+} = 1.2$$

- для стен прямоугольных в плане зданий пиковое отрицательное значение аэродинамического коэффициента

$$c_{p,-} = -2.2 \quad \text{- для зоны В (угловая)}$$

$$c_{p,-} = -1.2 \quad \text{- для зоны А (центральная)}$$

Коэффициенты корреляции ветровой нагрузки приняты согласно табл. 11.8 [1]:

- для положительного давления (+)

$$v_+ = 1$$

- для отрицательного давления (отсос) (-)

$$v_- = 1$$

Входные параметры			
$w_0$ , кПа	0.23	$v_-$	1
$c_{p,-}$ центр.	-1.2	$\alpha$	0.2
$c_{p,-}$ угл.	-2.2	$k_{10}$	0.65
$c_{p,+}$	1.2	$\zeta_{10}$	1.06
$v_+$	1		

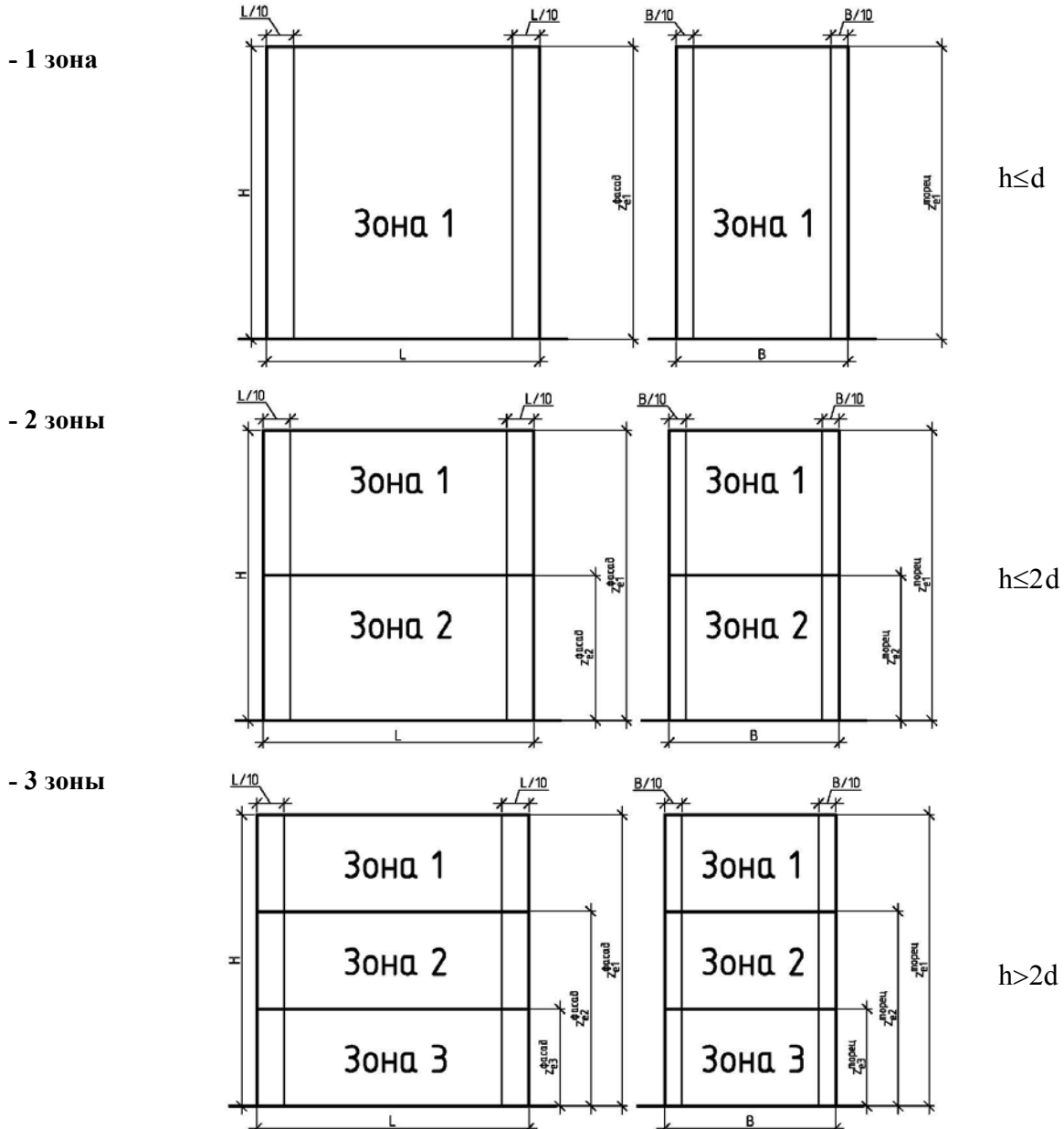
Пиковые положительные и отрицательные воздействия ветровой нагрузки

Параметры	Зоны по высоте здания			Параметры	Зоны по высоте здания		
	зона 1	зона 2	зона 3		зона 1	зона 2	зона 3
<b>фронтальная сторона</b>				<b>торцевая сторона</b>			
$z_e$ , м	30	нет	нет	$z_e$ , м	30	20	нет
$k(z_e)$	1.01	нет	нет	$k(z_e)$	1.01	0.86	нет
$\zeta(z_e)$	0.85	нет	нет	$\zeta(z_e)$	0.85	0.92	нет
$w_{+,кПа}$	0.52	нет	нет	$w_{+,кПа}$	0.52	0.46	нет
$w_{(-),цкПа}$	-0.52	нет	нет	$w_{(-),цкПа}$	-0.52	-0.46	нет
$w_{(-),угкПа}$	-0.94	нет	нет	$w_{(-),угкПа}$	-0.94	-0.83	нет

Коэффициент надежности по ветровой нагрузке, согласно п.11.1.12 [1]

$$\gamma_F = 1.4$$

В зависимости от высоты и размера здания в плане (в направлении действия ветра) разбивается на следующее количество зон по высоте:



### 3.2. Определение гололедной нагрузки

Нормативное значение поверхностной гололедной нагрузки  $i'$  для вентилируемых фасадов зданий определяется по ф.12.2 [1]:

$$i' = b \cdot k \cdot \mu_2 \cdot \rho \cdot g$$

Толщина стенки гололеда  $b$ , мм принимается по табл.12.1 [1]:

$$b = 5 \text{ мм}$$

Коэффициент  $k$ , учитывающий изменение толщины стенки гололеда по высоте и принимаемый по табл. 12.3 [1]:

Параметры	Зоны по высоте здания					
	фронтальная сторона			торцевая сторона		
	зона 1	зона 2	зона 3	зона 1	зона 2	зона 3
$z_e$ , м	30	нет	нет	30	20	нет
$k$	1.4	нет	нет	1.4	1.2	нет

Коэффициент  $\mu_2$ , учитывающий отношение площади поверхности элемента, подверженной обледенению, к полной площади поверхности элемента.

$$\mu_2 = 0.6$$

Плотность льда  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>

$$\rho = 900 \text{ кг/м}^3$$

Ускорение свободного падения  $g$ , м/с<sup>2</sup>

$$g = 9.83 \text{ м/с}^2$$

Параметры	Зоны по высоте здания					
	фронтальная сторона			торцевая сторона		
	зона 1	зона 2	зона 3	зона 1	зона 2	зона 3
$z_e$ , м	30	нет	нет	30	20	нет
$i'$ , кПа	0.037	нет	нет	0.037	0.032	нет

Коэффициент надежности по гололедной нагрузке, согласно п.12.5 [1]

$$\gamma_f = 1.3$$

### 3.3. Вес облицовочного материала

Согласно выбранного типа облицовочного материала и его толщины в п.2.1 определяется расчетная нагрузка от собственного веса

$$q_{обл} = S \cdot \rho \cdot g \cdot \gamma_f = 0.10 \text{ кН/м}$$

- где  $S = 600 \text{ мм}$  - шаг вертикальных профилей;  
 $\rho = 14.625 \text{ кг/м}^2$  - вес квадратного метра облицовочного материала;  
 $g = 9.81 \text{ м/с}^2$  - ускорение свободного падения;  
 $\gamma_f = 1.2$  - коэффициент надежности по нагрузке [1].

### 3.4. Собственный вес направляющего профиля

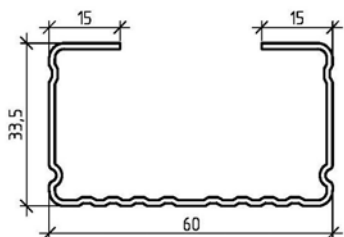
Основным несущим элементом, воспринимающим нагрузки, является С-образный равнополочный стальной гнутый профиль. Профиль имеет следующие геометрические характеристики:

Тип профиля: **Профиль №4, толщиной 1.2мм.**

$A_{п} = 240.88 \text{ мм}^2$  - площадь поперечного сечения профиля

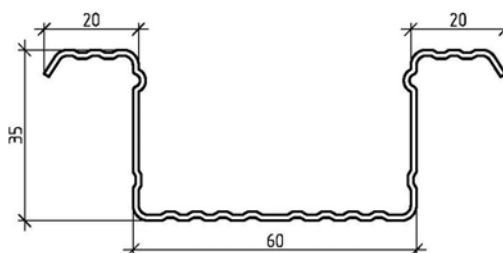
$J_{п} = 122153 \text{ мм}^4$  - момент инерции

$W_{п} = 3551.6 \text{ мм}^3$  - момент сопротивления



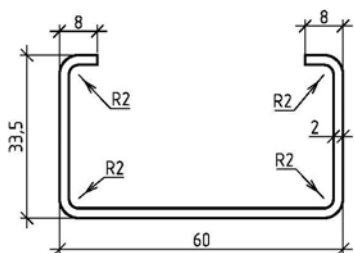
Ап, мм2
184.2
Jп, мм4
31205.7
Wп, мм3
1543.62

Профиль №1, толщиной 1.2мм



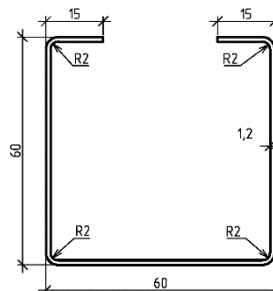
Ап, мм2
205.6
Jп, мм4
40189.1
Wп, мм3
2090.13

Профиль №2, толщиной 1.2мм



Ап, мм2
259.7
Jп, мм4
36158.6
Wп, мм3
1637.11

Профиль №3, толщиной 2,0мм



Ап, мм2
240.9
Jп, мм4
122153
Wп, мм3
3551.6

Профиль №4, толщиной 1.2мм

Определим нагрузку на систему, вызванную собственным весом направляющего профиля:

$$q_{np} = A_n \cdot \rho_{ст} \cdot g \cdot \gamma_f = 0.02 \text{ кН/м,}$$

где  $\rho_{ст} = 7850 \text{ кг/м}^3$  - плотность стали;

$g = 9.81 \text{ м/с}^2$  - ускорение свободного падения;

$\gamma_f = 1.1$  - коэффициент надежности по нагрузке [1].

## 4. Параметры и коэффициенты принимаемые в расчетах

Коэффициенты условия работы, согласно табл.1 [2]:

$$\gamma_c = 1$$

Коэффициент надежности по ответственности, согласно табл.2 [6]:

Уровень ответственности **2**  $\gamma_n = 1$

Коэффициент надежности по материалу

$$\gamma_m = 1.05 \text{ для проката, согласно табл.3 [2]}$$

Предельные прогибы, согласно табл. Е.1 приложения Е [1]:

Пролет элементов **до 3м** Параметр прогиба  $f_{max} / l = 0.0067 \quad 1/150$



#### 4.1. Определение расчетной ветровой и гололедной нагрузки на п.м. для указанной зоны:

Зона:

**Фронтальная (торцевая) сторона фасада, зона 1, угловая часть. (ОСНОВНОЙ)**

- ветровая нагрузка

$$w_a = 0.433 \text{ кН/м} \quad w_a = w_+ \cdot S \cdot \gamma_f$$

$$w_n = -0.794 \text{ кН/м} \quad w_n = w_- \cdot S \cdot \gamma_f$$

- гололедная нагрузка

$$i = 0.029 \text{ кН/м} \quad i = i' \cdot S \cdot \gamma_f$$

При действии ветровой и гололедной нагрузки совместно в зимний период времени не учитывался понижающий коэффициент 0,25 для ветровой нагрузки согласно п.12.3 [1].

### 5. Расчет прочности и прогиба направляющего профиля

Расчетная схема направляющего профиля представляет собой многопролетную неразрезную балку, опорами которой служат кронштейны крепления фасадной системы. Кронштейны крепятся к монолитным плитам перекрытия, а также при установке дополнительного кронштейна к ограждающим конструкциям. Расчет профиля производится как для растянуто-изгибаемого стержня. Усилие растяжения вызвано собственным весом конструкций, изгибающий момент активной составляющей ветровой нагрузки.

Количество дополнительных кронштейнов	<b>0</b>
Шаг кронштейнов по вертикали с учетом дополнительных кронштейнов (H <sub>2</sub> )	<b>3000</b> мм
Также при определении шага кронштейнов необходимо учитывать смещение	
Смещение принимается равным	<b>150</b> мм
Учитывать смещение кронштейнов	<b>нет</b>

Ветровое давление по модулю

$$|w_{\max}| = 0.79 \text{ кН/м}$$

Момент возникающий в профиле от действия ветровой нагрузки

$$M = |w_{\max}| \cdot H^2 / 11 = 0.65 \text{ кНм}$$

Продольное усилие в профиле

$$N = (q_{\text{обл}} + q_{\text{нр}} + i) \cdot H = 0.46 \text{ кН}$$

Определение действующих напряжений в профиле:

$$\sigma = \frac{N}{A_n} + \frac{M}{W_n} = 184.7 \text{ МПа} < R_y = 219.0 \text{ МПа}$$

**Напряжения действующие в сечении меньше предельных. Прочность элемента обеспечена.**

Под действием ветровой нагрузки происходит изгиб направляющего профиля в горизонтальном направлении. Производим расчет прогиба для многопролетной неразрезной балки:

$$f = 0,0063 \cdot \frac{q \cdot H^4}{E \cdot J_n} = 16.6 \text{ мм} < f_{\max} = 20 \text{ мм}$$

**Прогиб направляющего профиля в пределах нормы. Жесткость обеспечена.**

## 6. Расчет усилия в анкерных болтах и фасадной системе

Горизонтальная составляющая нагрузки, вызванная ветром, воспринимается кронштейном. Вертикальная составляющая, связанная с собственным весом элементов и гололедной нагрузкой, воспринимается элементами талрепа. Кроме того в связи с расположением талрепа под углом  $25^\circ$  возникает дополнительное горизонтальное усилие, действующее на анкерное крепление талрепа к несущим конструкция здания. На рисунке 1 приведена схема распределения усилий от направляющего профиля к анкеру.

### Итоговый шаг кронштейнов по вертикали (H):

Определяется из условия использования междуэтажной системы "с" и "без" дополнительного кронштейна.

$$H = 3000 \text{ мм.}$$

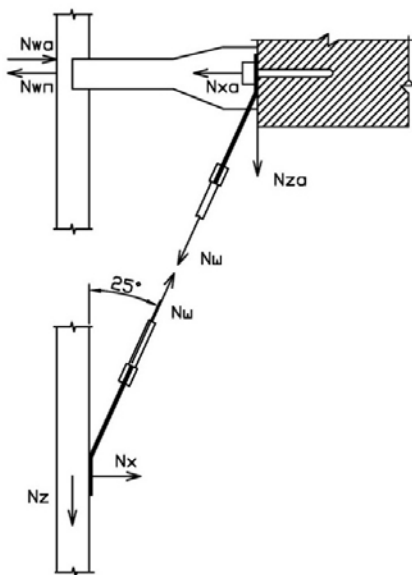
### Итоговый момент M, кНм:

$$M = 0.65 \text{ кНм}$$

### Итоговое продольное усилие N, кН:

$$N = 0.46 \text{ кН}$$

### 6.1. Крепление основного кронштейна и талрепа с использованием одного анкера



Величины, определяемые по расчету и обозначенные на рис.1.:

$N_z$  - вертикальная составляющая;

$N_x$  - горизонтальная составляющая, вызванная отпором талрепа;

$N_{ш}$  - усилие в шпильке талрепа;

$N_{wa}$  - усилие от активного ветрового давления;

$N_{wn}$  - усилие от активного ветрового давления:

$$N_z = (q_{обл} + q_{np} + i) \cdot H = 0.46 \text{ кН}$$

$$N_{ш} = N_z / \cos(25^\circ) = 0.51 \text{ кН}$$

$$N_x = N_{ш} \cdot \sin(25^\circ) = 0.21 \text{ кН}$$

$$N_{wa} = w_a \cdot H = 1.30 \text{ кН}$$

$$N_{wn} = -w_n \cdot H = 2.38 \text{ кН}$$

Рис. 1 Схема распределения усилий в системе.

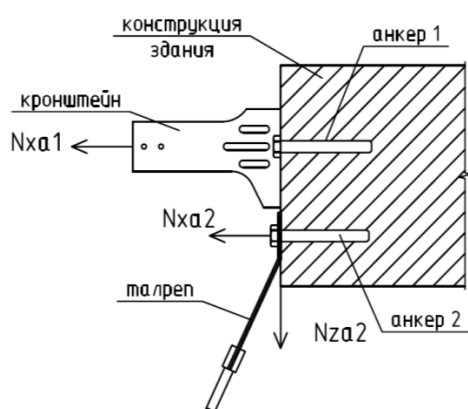
Определяем усилия отрыва  $N_{xa}$  и среза  $N_{za}$ , действующие на анкер:

$$N_{xa} = N_{wn} + N_x = 2.59 \text{ кН}$$

$$N_{za} = N_z = 0.46 \text{ кН}$$

## 6.2. Крепление основного кронштейна и талрепа с использованием двух анкеров

В случае, когда прочности анкерного соединения недостаточно или требуемый диаметр анкера превышает допустимый допускается применять схему крепления фасадной системы с использованием двух анкеров. В данном варианте одним анкером осуществляется крепление кронштейна, вторым - талреп (рис.2). Анкер №1 воспринимает усилие отрыва от действия пассивной составляющей ветровой нагрузки, анкер №2 - вертикальную составляющую всей нагрузки (собственный вес конструкций фасадной системы) и силу отрыва вызванную отпором талрепа.



Определяем усилия отрыва  $N_{xa1}$ , действующие на анкер №1:

$$N_{xa1} = N_{wn} = 2.38 \text{ кН}$$

Определяем усилия отрыва  $N_{xa2}$  и среза  $N_{za2}$ , действующие на анкер №2:

$$N_{xa2} = N_x = 0.21 \text{ кН}$$

$$N_{za2} = N_z = 0.46 \text{ кН}$$

Рис.2 Схема анкерования фасадной системы с использованием двух анкеров

## 6.3. Усилие на анкер в дополнительном кронштейне

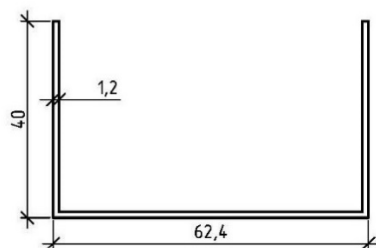
Усилие в анкре  $N_{xa3}$  соответствует усилию в анкре №1  $N_{xa1}$  из крепления основного кронштейна и талрепа с использованием двух анкеров.

$$N_{xa3} = N_{xa1} = N_{wn} = 2.38 \text{ кН}$$

## 7. Расчет по прочности элементов фасадной системы

### 7.1. Выдвижная вставка кронштейна.

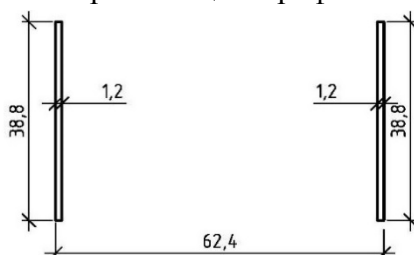
Геометрические характеристики поперечного сечения



Ап, мм <sup>2</sup>
168
J <sub>п</sub> , мм <sup>4</sup>
28293.2
W <sub>п</sub> , мм <sup>3</sup>
999.4

Выдвижная вставка №1, толщиной 1.2мм

Геометрические характеристики поперечного сечения в месте стыковки с направляющим профилем



Ап, мм <sup>2</sup>
93.12
J <sub>п</sub> , мм <sup>4</sup>
11682.2
W <sub>п</sub> , мм <sup>3</sup>
602.2

Выдвижная вставка №1, толщиной 1.2мм

Опасное сечение выдвигной вставки является в месте стыковки с направляющим профилем

На выдвигную вставку действует только горизонтальные ветровые нагрузки (вертикальные нагрузки воспринимаются талрепом).

Наибольшее горизонтальное усилие на соединение:

$$N_{xa} = 2.59 \text{ кН}$$

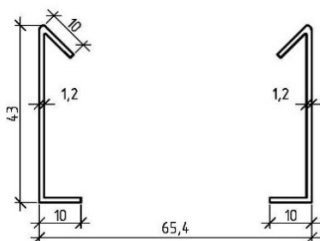
Расчет выдвигной вставки по нормальным напряжениям:

$$\frac{N_{xa}}{A_n} \cdot \gamma_n = 27.9 \text{ МПа} < R_y \cdot \gamma_c = 219.0 \text{ МПа}$$

**Напряжения действующие в сечении меньше предельных. Прочность элемента обеспечена.**

## 7.2. Кронштейн.

Геометрические характеристики поперечного сечения кронштейна в месте стыковки с выдвигной вставкой



Ап, мм <sup>2</sup>	146.4
Јп, мм <sup>4</sup>	31755.8
Wп, мм <sup>3</sup>	1449.4

Кронштейн №1, толщиной 1.2мм

Опасное сечение кронштейна является в месте стыковки с выдвигной вставкой.

На кронштейн действует только горизонтальные ветровые нагрузки (вертикальные нагрузки воспринимаются талрепом).

Наибольшее горизонтальное усилие на соединение:

$$N_{xa} = 2.59 \text{ кН}$$

Расчет выдвигной вставки по нормальным напряжениям:

$$\frac{N_{xa}}{A_n} \cdot \gamma_n = 17.7 \text{ МПа} < R_y \cdot \gamma_c = 219.0 \text{ МПа}$$

**Напряжения действующие в сечении меньше предельных. Прочность элемента обеспечена.**

## 7.3. Талреп

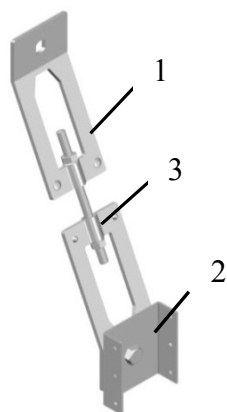


Рис.3 Талреп в сборе со скобой

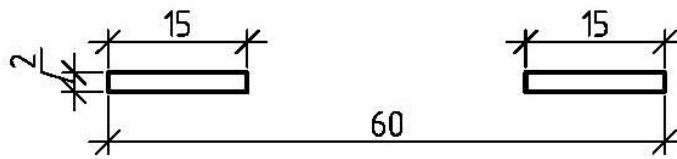
- 1 - верхняя пластина тарлепа
- 2 - нижняя пластина тарлепа
- 3 - шпилька М8

На талреп действует только растягивающая нагрузка от собственного веса фасадной системы и гололедной нагрузки.

Наибольшее растягивающее усилие на талреп:

$$N_{uu} = 0.51 \text{ кН}$$

Геометрические характеристики поперечного сечения верхней (нижней) пластины тарлепа в месте наименьшего сечения



Ап, мм <sup>2</sup>
60
J <sub>п</sub> , мм <sup>4</sup>
20
W <sub>п</sub> , мм <sup>3</sup>
20.0

Талреп №1, толщиной 2.0мм

Расчет верхней (нижней) пластины тарлепа по нормальным напряжениям:

$$\frac{N_{ш}}{A_n} \cdot \gamma_n = 8.4 \text{ МПа} < R_y \cdot \gamma_c = 219.0 \text{ МПа}$$

**Напряжения действующие в сечении меньше предельных. Прочность элемента обеспечена.**

Расчет шпильки М8 тарлепа по нормальным напряжениям: **Ап= 50.3 мм<sup>2</sup>**

$$\frac{N_{ш}}{A_n} \cdot \gamma_n = 10.1 \text{ МПа} < R_y \cdot \gamma_c = 219.0 \text{ МПа}$$

**Напряжения действующие в сечении меньше предельных. Прочность элемента обеспечена.**

#### 7.4. Второстепенные элементы фасадной системы

Прочность нижеуказанных элементов обеспечена натурными испытаниями:

- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| 1 Распорная салазка со штифтом               | 10 Икля правая для салазки со штифтом |
| 2 Распорная салазка с полками                | 11 Икля левая для салазки с полками   |
| 3 Кляммер угловой концевой                   | 12 Икля правая для салазки с полками  |
| 4 Кляммер угловой                            | 13 Петля                              |
| 5 Кляммер рядный концевой                    | 14 Усилитель угловой                  |
| 6 Кляммер рядный                             | 15 Терморазрыв дополнительный         |
| 7 Икля левая угловая для салазки со штифтом  | 16 Уголок вспомогательный             |
| 8 Икля правая угловая для салазки со штифтом | 17 Пластина вспомогательный           |
| 9 Икля левая для салазки со штифтом          |                                       |

## 8. Расчет заклепочных соединений

### 8.1. Соединение кронштейна с выносной планкой (направляющим профилем).

Крепление выносной планки к кронштейну и направляющему профилю (направляющего профиля к ронштейну) осуществляется посредством заклепочного соединения с использованием стальных заклепок Ø4 мм. Определим прочность заклепочного соединения группы №1 и №2 на действие горизонтальной силы  $N_x$ :

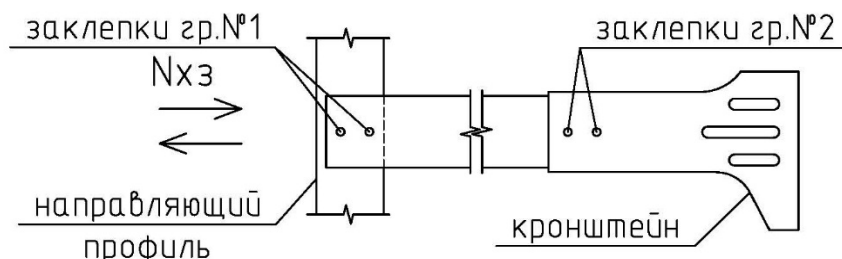


Рис. 4 Схема приложения усилия на кронштейн

$$\tau = \frac{N_x a}{A_z \cdot n} = 103.2 \text{ МПа} < R_s = 198.9 \text{ МПа}$$

где  $A_z = 12.57 \text{ мм}^2$  - площадь поперечного сечения заклепок.

$\varnothing = 4$  мм - диаметр заклепки

$n = 2$  шт. - кол. заклепок на обе стороны одного соединения

**Напряжения действующие в сечении меньше предельных. Прочность соединения обеспечена.**

### 8.2. Соединение скобы талрепа с направляющим профилем

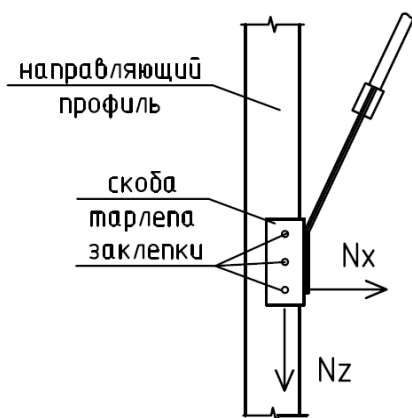


Рис. 5 Схема приложения усилия на соединительную скобу талрепа

Заклепочное соединение скобы талрепа с направляющим профилем воспринимает полную вертикальную составляющую усилий  $N_z$  и горизонтальную составляющую, вызванную отпором талрепа.

$$N = \sqrt{N_z^2 + N_x^2} = 0.51 \text{ кН}$$

$$\tau = \frac{N}{A_z \cdot n} = 10.1 \text{ МПа} < R_s = 198.9 \text{ МПа}$$

где  $A_z = 12.57 \text{ мм}^2$  - площадь поперечного сечения заклепок.

$\varnothing = 4$  мм - диаметр заклепки

$n = 4$  шт. - количество заклепок на обе стороны

**!!!Рекомендовано использование 2 заклепок на одну сторону!!!**

**Напряжения действующие в сечении меньше предельных. Прочность соединения обеспечена.**

### 8.3. Расчет заклепочных соединений направляющих профилей (при необходимости в наращивании-удлиннении профилей)

Рассматривается два варианта стыковки направляющих профилей: жесткий (обеспечивает совместность работы двух профилей) и подвижный (обеспечивает передачу изгибающего момента, но препятствует передачи вертикального усилия с профиля на профиль). Расчет производится для наиболее неблагоприятных места расположения соединения - по середине между выше и ниже расположенными кронштейнами (в зоне действия максимального изгибающего момента).

Выполняем расчет жесткого соединения открытого направляющего профиля (рис. 6б).

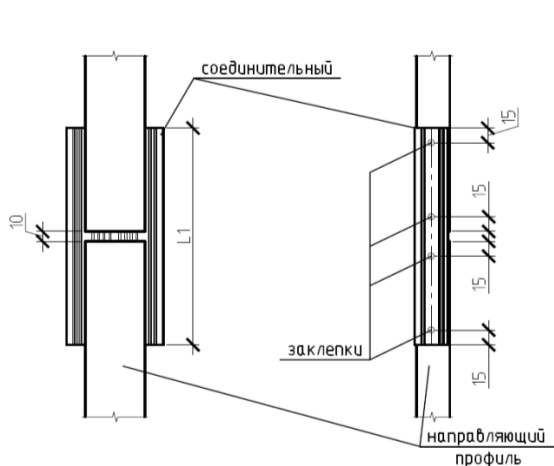


Рис. 6 а

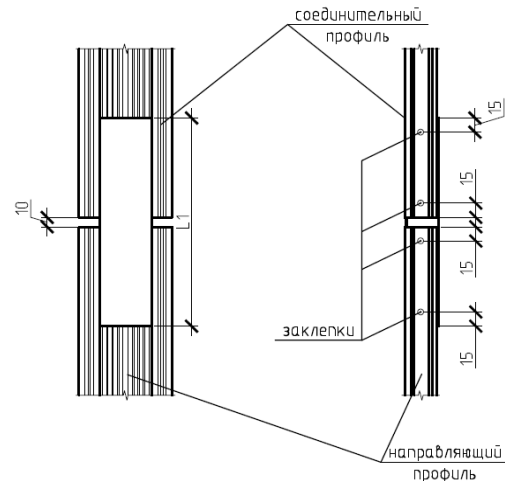


Рис. 6 б

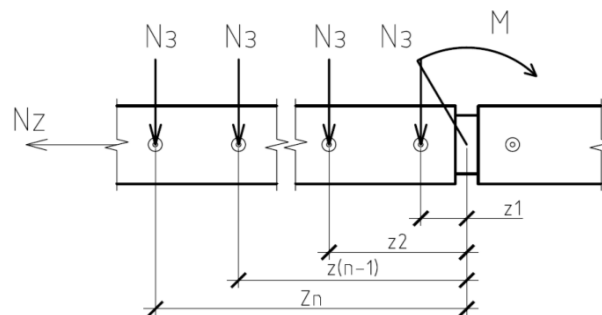


Рис. 6 К расчету прочности заклепочного соединения.

Расчет производится на одновременное действие изгибающего момента и продольной силы. При этом предполагается, что усилия возникающие в соединении равномерно распределяются между всеми заклепками.

момента:

$$N_s = \frac{M}{(z_1 + z_2 + \dots + z_{n-1} + z_n) \cdot 2} = 2.405 \text{ кН}$$

где  $M = 0.65$  кНм - изгибающий момент, действующий в сечении;

$z_i = S_3 \cdot (i - 1) + 20_{\text{мм}}$  - расстояние от рассматриваемой заклепки до центра соединения;

$S_3 = 30$  мм - шаг заклепок;

$S_k = 15$  мм - расстояние от края элементов до первой заклепки

$n = 3$  шт. - количество заклепок на одной стороне стыкуемого профиля

$$N = \sqrt{\left(\frac{N_z}{n \cdot 2}\right)^2 + N_3^2} = 2.406 \text{ кН} - \text{итоговое усилие в одной заклепке.}$$

Определяем величину касательных напряжений возникающих в заклепках:

$$\tau = \frac{N}{A_3} = 191.5 \text{ МПа} < R_s = 198.9 \text{ МПа}$$

где  $A_3 = 12.6 \text{ мм}^2$  - площадь поперечного сечения заклепок.  
 $\varnothing = 4 \text{ мм}$  - диаметр заклепки.

**Прочность соединения обеспечена.**

Длина соединительно профиля  $L1 = 0.18 \text{ м}$  Но не более 220мм

Подвижный способ соединения, ввиду невозможности передачи через него вертикальной составляющей нагрузки, действующей на систему и малой (в сравнении с жестким способом) сопротивляемостью изгибающему моменту рекомендуется располагать не далее чем на 1/6 шага кронштейнов по высоте здания (зона наименьшего влияния изгибающего момента).

## 9. Подбор анкерных болтов фирмы "..."

### 9.1. Подбор анкерного болта для основного крепления в бетоне

Класс прочности бетона в перекрытии: **C16/20**  $f_{ck,cube} = 20 \text{ МПа}$   
Толщина монолитной плиты перекрытия: **200** мм  
Подбор: Анкер-шпилька "..."

Установочная деталь:

Размер анкера	M10
Диаметр бура $d_0$ , мм	10
Рекомендуемый момент затяжки $T_{inst}$ , Нм	45
Размер под ключ, мм	17
Отверстие в закреп. детали, мм	10.2
Мин. глубина отверстия, мм	80
Эффективная глубина посадки $hef$ , мм	60
Мин. толщина закр. материала, мм	2

Механические свойства анкерного болта:

Номинальный предел прочности на разрыв, Н/мм <sup>2</sup>	800
Минимальный предел текучести, Н/мм <sup>2</sup>	640
Критическое поперечное сечение в конусе, мм <sup>2</sup>	41.3
Критическое поперечное сечение в разьбе, мм <sup>2</sup>	58
Момент инерции сопротивления, мм <sup>3</sup>	62.3
Расчетный изгибающий момент, Нм	47.8



## Вырыв

Сопротивление вырыву:

$$N_{Rd,p} = N_{Rd,p}^0 \cdot f_B = 5.37 \text{ кН}$$

Расчетное сопротивление вырыву из бетона с трещинами:

$$N_{Rd,p}^0 = 6 \text{ кН}$$

Сопротивление конуса бетона:

$$N_{Rd,c} = N_{Rd,c}^0 \cdot f_B \cdot f_{AN} \cdot f_{RN} = 10.02 \text{ кН}$$

Расчетное сопротивление конуса бетона с трещинами:

$$N_{Rd,c}^0 = 11.2 \text{ кН}$$

Влияние прочности бетона

$$f_B = \sqrt{f_{ck,cube} / 25} = 0.89$$

Влияние межосевых расстояний анкеров

$$f_{AN} = 1 \text{ - один анкер}$$

Влияние расстояния до кромки

$$f_{RN} = 0.25 + 0.5 \cdot c / h_{ef} = 1$$

$$c = 90 \text{ мм} \quad c_{\min} \leq c \leq c_{cr,N}$$

$$c_{\min} = 55 \text{ мм} \quad \text{- табличные данные}$$

$$c_{cr,N} = 90 \text{ мм} \quad c_{cr,N} = 1,5 \cdot h_{ef}$$

Расчетное сопротивление системы вырыву:

$$N_{Rd} = 5.37 \text{ кН}$$

Проверка прочности анкерного соединения на выров

$$N_{xa} \leq N_{Rd} \quad 2.59 < 5.37$$

**Вырывающее усилие действующие на анкер меньше предельного на вырыв. Прочность соединения обеспечена.**

## Срез

Сопротивление кромки бетона:

$$V_{Rd,c} = V_{Rd,c}^0 \cdot f_B \cdot f_{\beta,V} \cdot f_{AR,V} = 5.24 \text{ кН}$$

Расчетная прочность кромки бетона с трещинами

$$V_{Rd,c}^0 = 2.8 \text{ кН}$$

Минимальное расстояние до кромки  $c_{\min}$  55 мм

Влияние направления срезающего усилия:

$$f_{\beta,V} = 1$$

Влияние межосевых расстояний и расстояния до кромки:

$$f_{AR,V} = c / c_{\min} \cdot \sqrt{c / c_{\min}} = 2.09$$

Сопротивление срезу по металлу:

$$V_{Rd,s} = 16 \text{ кН}$$

Расчетное сопротивление системы срезу:

$$V_{Rd} = 5.24 \text{ кН}$$

Проверка прочности анкерного соединения на срез

$$V_{za} \leq V_{Rd} \quad 0.46 < 5.24$$

**Срезающие усилие действующие на анкер меньше предельного на срез. Прочность соединения обеспечена.**

## 9.2. Подбор анкерного болта для дополнительного крепления в кирпичной кладке

Усилие на анкер в дополнительном кронштейне

$$N_{\text{хаз}} = 2.38 \text{ кН}$$

Тип анкера: Фасадный анкер "..."

Расчетное сопротивление,  $R_d$  [кН]:

Размер анкера		HRD-U 10	HRD-U 14	HRD-S 10
Базовый материал				
Бетон без трещин $f_{\text{сж,кубе}} = 20 \text{ Н/мм}^2$	$N_{Rd}$	2,5	3,2	2,0
	$V_{Rd}$	2,8	3,5	2,5
Полнотелый кирпич Mz 12	$N_{Rd}$	1,1	1,7	0,8
	$V_{Rd}$	1,4	1,75	1,1
Полнотелый кирпич Mz 20	$N_{Rd}$	1,7	2,2	1,1
	$V_{Rd}$	1,7	1,75	1,4
Монолитный силикатный кирпич KS 12 – 1.6 – 2DF	$N_{Rd}$	2,1	2,4	1,7
	$V_{Rd}$	1,7	2,1	1,4
Пустотелый силикатный кир- пич KSL 6 (U 10) KSL 12 (U 14)	$N_{Rd}$	1,1	1,4	0,6
	$V_{Rd}$	1,4	1,75	0,7
Пустотелый легкий цементный блок (D) KНБ 1-4	$N_{Rd}$	0,35	0,4	0,35
	$V_{Rd}$	0,35	0,4	0,35
Монолитный легкий цементный блок (D) V 2	$N_{Rd}$	0,35	0,7	0,35
	$V_{Rd}$	0,35	0,4	0,35
Газобетон <sup>1)</sup> PB 2	$N_{Rd}$	0,4	0,4	0,3
	$V_{Rd}$	0,7	0,8	0,5
Газобетон PB 4	$N_{Rd}$	0,8	0,8	0,5
	$V_{Rd}$	1,1	1,4	0,7
Газобетон PB 6	$N_{Rd}$	1,1	1,1	0,7
	$V_{Rd}$	1,4	1,75	0,9

Выбор типа анкера по нагрузке и по характеристики основания крепления согласовать с фирмой поставщиком анкеров

## ПЕРЕЧЬ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

1. СП 20.13330.2011. Свод правил. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*. М.: МПРРФ. 2011 - 85 с.
2. СП 16.13330.2011. Свод правил. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81\*. М.: МПРРФ. 2011. - 177 с.
3. СП 128.13330.2012. Свод правил. Алюминиевые конструкции. Актуализированная редакция СНиП 2.03.06-85. М.: МПРРФ. 2012 - 90 с.
4. Федеральный закон от 25.12.2009г. № 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений"
5. Градостроительный кодекс Российской Федерации
6. ГОСТ Р 54257-2010. Надежность строительных конструкций и оснований. М.: Стандартиформ. 2011 - 18 с.
7. Госстрой России. ФЦС. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. Фасадные теплоизоляционные системы с воздушным зазором. Рекомендации по составу и содержанию документов и материалов, представляемых для технической оценки пригодности продукции. Москва, 2004 г.
8. Руководство по анкерному крепежу
9. Протокол лабораторных испытаний кронштейнов из коррозионно-стойкой стали ООО "Венфас". № 065 от "21" ноября 2011г. М.: Испытательная лаборатория ООО "Технополис". 2011 - 15 с.
10. Протокол лабораторных испытаний узла (вертикальная направляющая - скоба талрепа - тарлеп) навесной фасадной системы "VENFAS" производства ООО "Венфас". № 036 от "08" июль 2011г. М.: Испытательная лаборатория ООО "Технополис". 2011 - 8 с.