

## Прочностной расчет подсистемы вентилируемого фасада.

|      |   |    |
|------|---|----|
| 1.   | Описание.....                                 | 2  |
| 2.   | Система навесного вентилируемого фасада ..... | 2  |
| 2.1. | Расчетная схема.....                          | 2  |
| 3.   | Сбор нагрузок.....                            | 3  |
| 3.1. | Вес облицовки.....                            | 3  |
| 3.2. | Воздействие ветра.....                        | 3  |
| 3.3. | Жесткости элементов.....                      | 4  |
| 4.   | 1-й расчетный вариант, рядовая зона .....     | 4  |
| 5.   | 1-й расчетный вариант, угловая зона.....      | 7  |
| 6.   | 2-й расчетный вариант, рядовая зона.....      | 10 |
| 7.   | 2-й расчетный вариант, угловая зона .....     | 13 |

|                   |             |               |                |             |                              |            |             |               |
|-------------------|-------------|---------------|----------------|-------------|------------------------------|------------|-------------|---------------|
|                   |             |               |                |             | <b>Valo-НФ.РР1</b>           |            |             |               |
| <i>Изм.</i>       | <i>Лист</i> | <i>№ док.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |                              |            |             |               |
| <b>ГИП</b>        |             |               |                |             | Проект вентилируемого фасада | <i>Лит</i> | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> |
| <i>Разработал</i> | Мальцев     |               |                |             |                              | Р          | 1           | 14            |
| <i>Проверил</i>   | Чекин       |               |                |             | Расчёт элементов подсистемы  |            |             |               |
|                   |             |               |                |             |                              |            |             |               |

## 1. Описание.

В проекте разработано крепление натурального камня и фибробетонных плит на навесную фасадную систему HILTI Hanger system

## 2. Система навесного вентилируемого фасада.

### 2.1. Расчетная схема

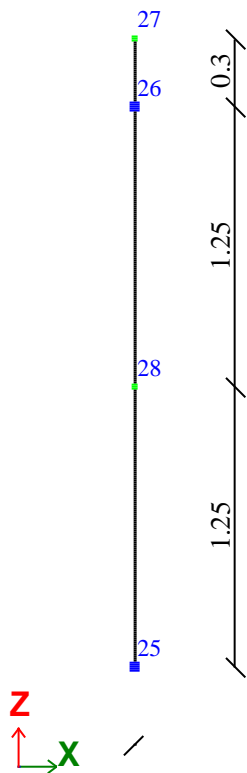
Расчет навесной фасадной системы будем производить как неразрезную балку.

Рассмотрим 2 расчетных случая:

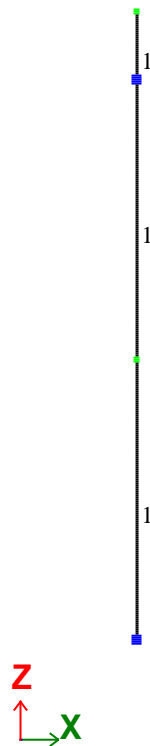
- 1) Направляющая EnVe-H P-I 80x81x1.8 длиной 2,8м, Несущий кронштейн EnVe-H BI L 210. Облицовка керамогранит толщиной 10мм.

Расчетная нагрузка

Расчетная нагрузка



Размеры



Жесткости элементов

| Изм. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
|------|------|--------|-------|------|
|      |      |        |       |      |

Valo-НФ.РР1

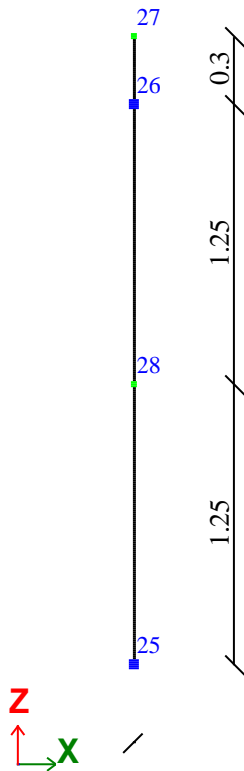
Лист

2

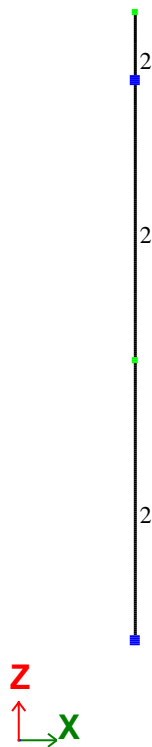
2) Направляющая EnVe-H P-U 80x78x1.8 длиной 2,8м, Несущий кронштейн EnVe-H BI L 210. Облицовка керамогранит толщиной 10мм.

Расчетная нагрузка

Расчетная нагрузка



Размеры



Жесткости элементов

### 3. Сбор нагрузок.

#### 3.1. Вес облицовки.

| Материал                     | Нормативная нагрузка, кг/м <sup>2</sup> | Коэффициент надежности | Расчетная нагрузка, кг/м <sup>2</sup> |
|------------------------------|---|------------------------|---------------------------------------|
| Керамогранитные плиты t=10мм | 25                                      | 1.1                    | 27.5                                  |

#### 3.2. Ветровая нагрузка.

Нормативная нагрузка на высоте 50м в рядовой зоне:

$$w_{\pm}^H = 76,4 \text{ кг/м}^2$$

Расчетная нагрузка на высоте 50м в рядовой зоне:

$$w_{\pm}^D = w_{\pm}^H \cdot \gamma_f = 76,4 \cdot 1,4 = 107 \text{ кг/м}^2$$

Нормативная нагрузка на высоте 50м в угловой зоне:

$$w_{\pm}^H = 140 \text{ кг/м}^2$$

Расчетная нагрузка на высоте 50м в рядовой зоне:

$$w_{\pm}^D = w_{\pm}^H \cdot \gamma_f = 140 \cdot 1,4 = 196 \text{ кг/м}^2$$

|      |      |        |       |      |
|------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
|------|------|--------|-------|------|

Valo-НФ.РР1

Лист

3

### 3.3. Жесткости элементов:

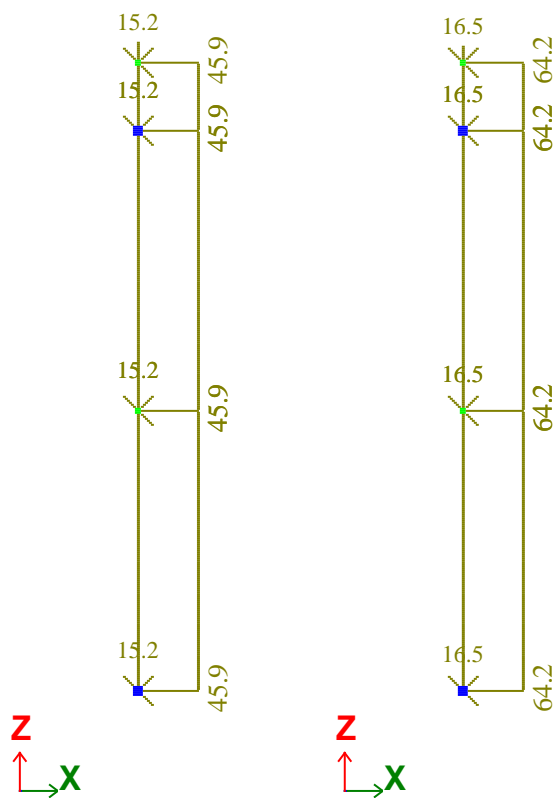
| Тип жесткости | Имя                                      | Параметры<br>(сечения- (см) жесткости- (кг,м) расп.вес- (кг,м)) |
|---------------|--|---|
| 1             | КЭ 2 численное (EnVe-H<br>P-I 80x81x1.8) | q=0   |
|               |  | EF=2.9e+006, EIy=3314.5   |
|               |  | Z1=0.2, Z2=0.2  |
| 2             | КЭ 2 численное (EnVe-L<br>P-U 80x78x1,8) | q=0   |
|               |  | EF=3.9e+006, EIy=3789.1   |
|               |  | Z1=0.2, Z2=0.2  |

### 4. 1-й расчетный вариант, рядовая зона

Шаг направляющих b=0,6м.

Нормативная нагрузка

Расчетная нагрузка



|      |      |        |       |      |
|------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
|------|------|--------|-------|------|

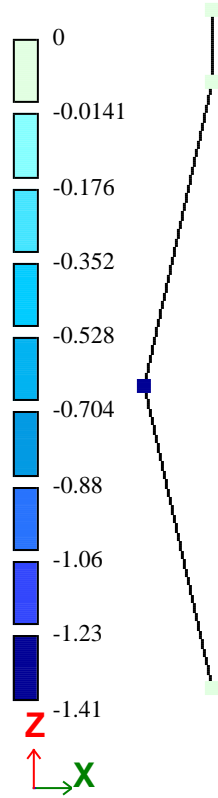
Valo-НФ.РР1

Лист

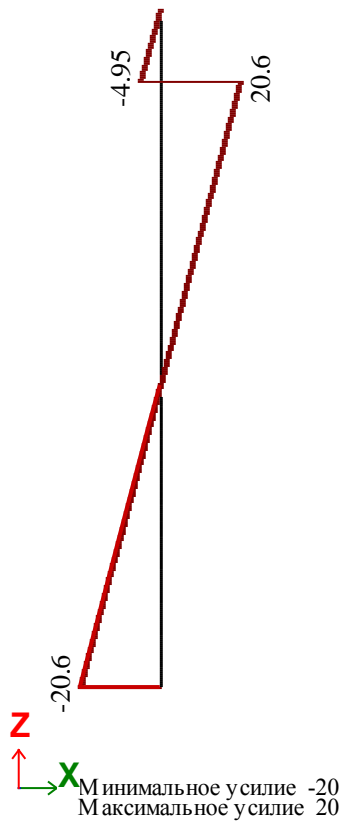
4

## Результаты расчета

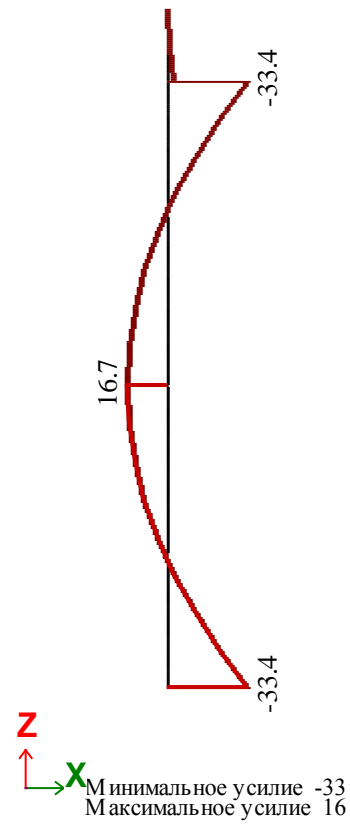
Нормативная нагрузка  
Мозаика перемещений по X(G)  
Единицы измерения - мм



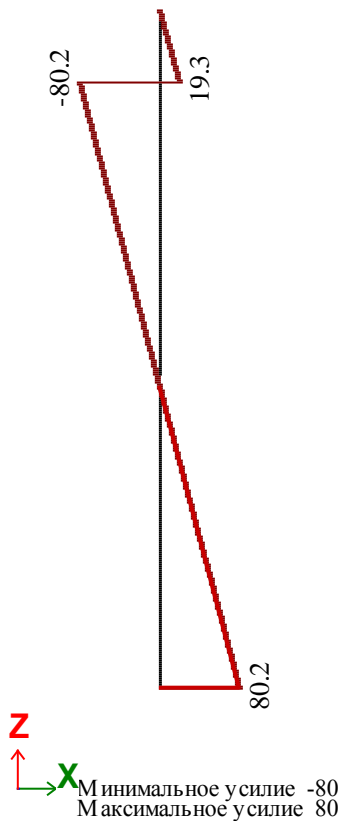
Расчетная нагрузка  
Эпюра N  
Единицы измерения - кг



Расчетная нагрузка  
Эпюра Mu  
Единицы измерения - кг\*м



Расчетная нагрузка  
Эпюра Qz  
Единицы измерения - кг



|      |      |        |       |      |
|------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
|------|------|--------|-------|------|

Valo-НФ.РР1

Лист

5

Прочность направляющей

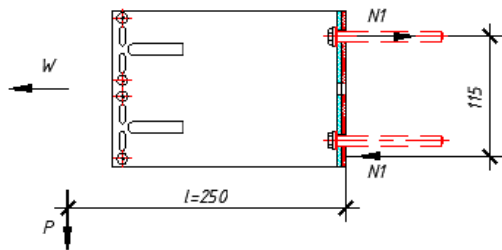
$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{W} = \frac{25,5}{418 \cdot 10^{-6}} + \frac{33,4}{11,3 \cdot 10^{-6}} = 0,3 \cdot 10^7 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} < R_y \cdot \gamma_c = 1,22 \cdot 10^7 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$$

Предельный прогиб направляющей

$$f_u = \frac{l}{150} = \frac{2800}{150} = 18,6 \text{мм} > f = 1,41 \text{мм}$$

Расчет несущего кронштейна

Нагрузка P с эюры N



$$P = 4,95 + 20,6 = 25,5 \text{кг}$$

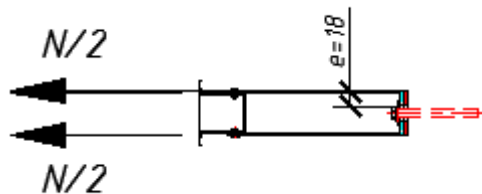
Нагрузка W с эюры Q

$$W = 80,2 + 19,3 = 99,5 \text{кг}$$

$$M = P \cdot l = 25,5 \cdot 0,25 = 6,375 \text{кг} \cdot \text{м}$$

Где  $l = 0,25 \text{м}$  – вылет облицовки

$$N_1 = \frac{M}{e} = \frac{6,375}{0,115} = 55,43 \text{кг}$$



$$\sigma = \frac{W}{2} \cdot e + \frac{N_1}{2} \cdot e = \frac{99,5}{2} \cdot 0,018 + \frac{55,43}{2} \cdot 0,018 = 0,31 \cdot 10^7 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} < R_y \cdot \gamma_c = 1,22 \cdot 10^7 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$$

Нагрузка на анкер

$$N_2 = \frac{W}{2} + N_1 = \frac{99,5}{2} + 55,43 = 105,18 \text{кг}$$

Вывод: прочность системы обеспечена. Нагрузка на анкер 154,93

|      |      |        |       |      |
|------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
|      |      |        |       |      |

Valo-НФ.РР1

Лист

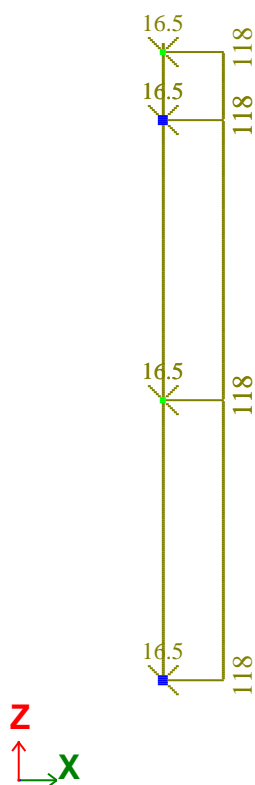
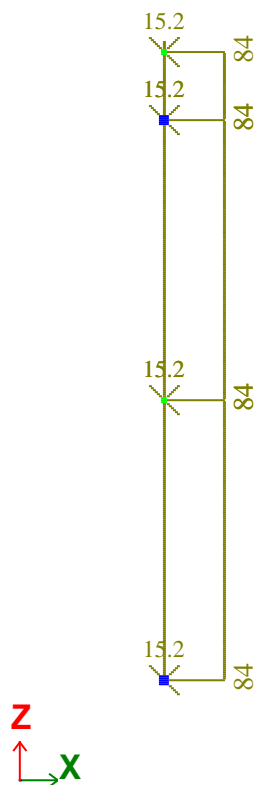
6

## 5. 1-й расчетный вариант, угловая зона

Шаг направляющих  $b=0,6\text{м}$ .

Нормативная нагрузка

Расчетная нагрузка



| Изм. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
|------|------|--------|-------|------|
|      |      |        |       |      |

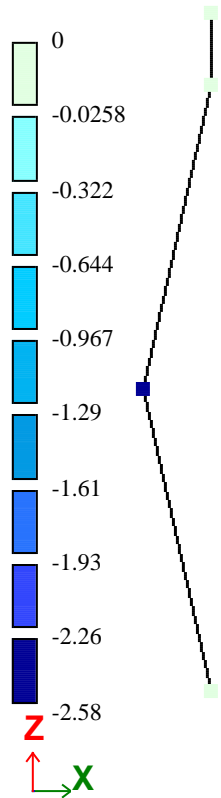
Valo-НФ.РР1

Лист

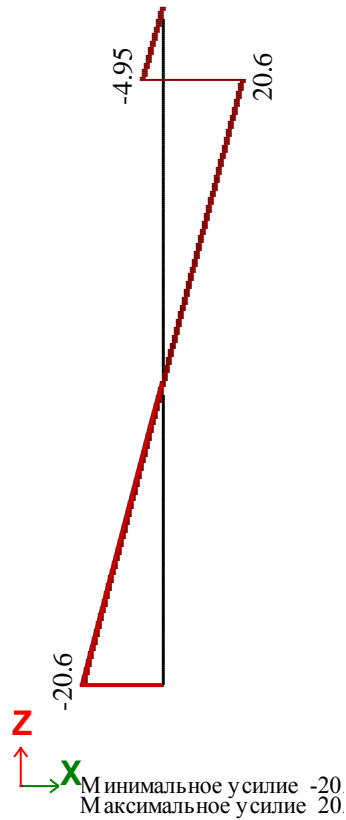
7

## Результаты расчета

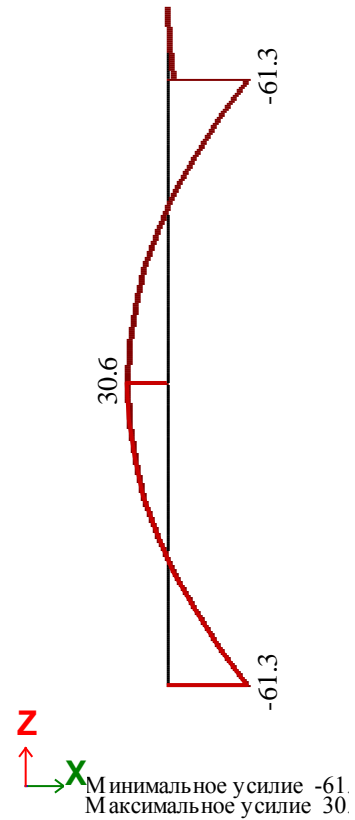
Нормативная нагрузка  
Мозаика перемещений по X(G)  
Единицы измерения - мм



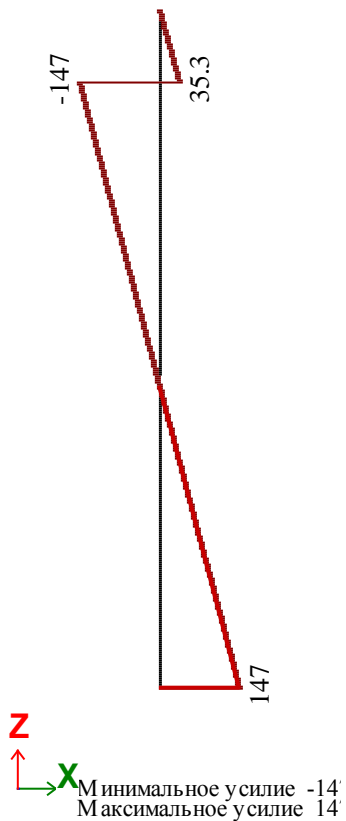
Расчетная нагрузка  
Эпюра N  
Единицы измерения - кг



Расчетная нагрузка  
Эпюра Mu  
Единицы измерения - кг\*м



Расчетная нагрузка  
Эпюра Qz  
Единицы измерения - кг



|      |      |        |       |      |
|------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
|------|------|--------|-------|------|

Valo-НФ.РР1

Лист

8



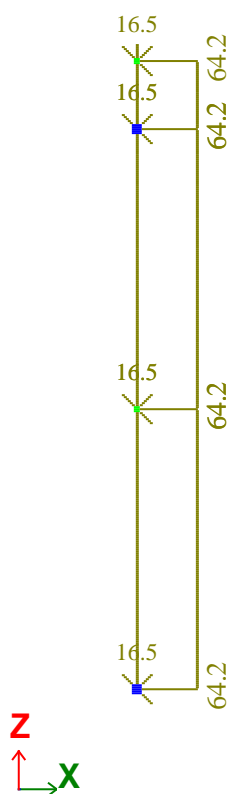
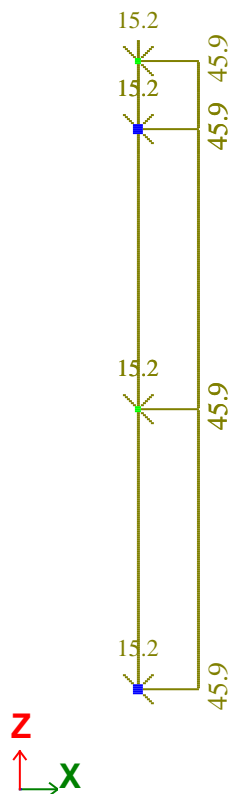


## 6. 2-й расчетный вариант, рядовая зона

Шаг направляющих  $b=0,6\text{м}$ .

Нормативная нагрузка

Расчетная нагрузка



| Изм. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
|------|------|--------|-------|------|
|      |      |        |       |      |

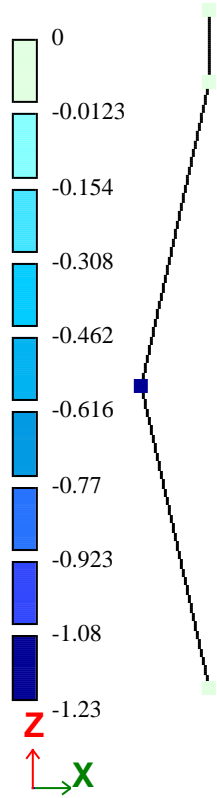
Valo-НФ.РР1

Лист

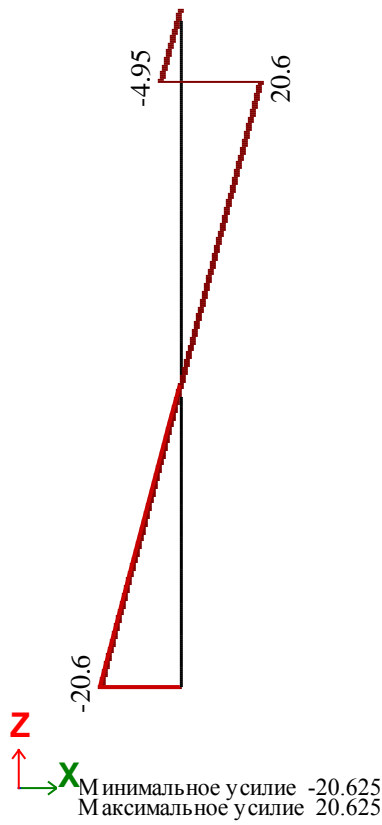
10

# Результаты расчета

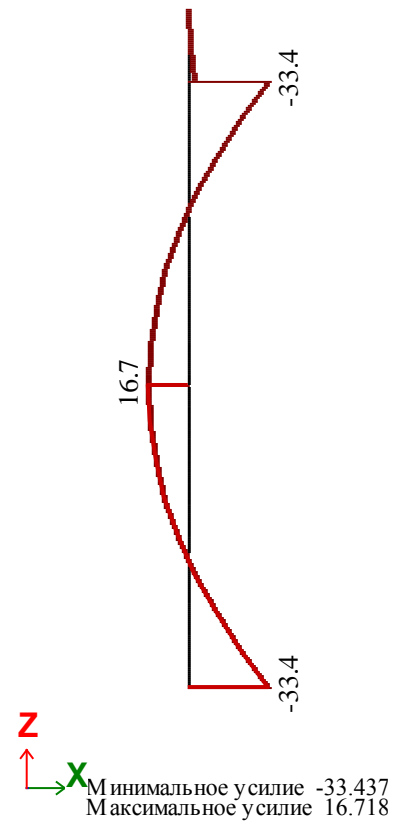
Нормативная нагрузка  
Мозаика перемещений по X(G)  
Единицы измерения - мм



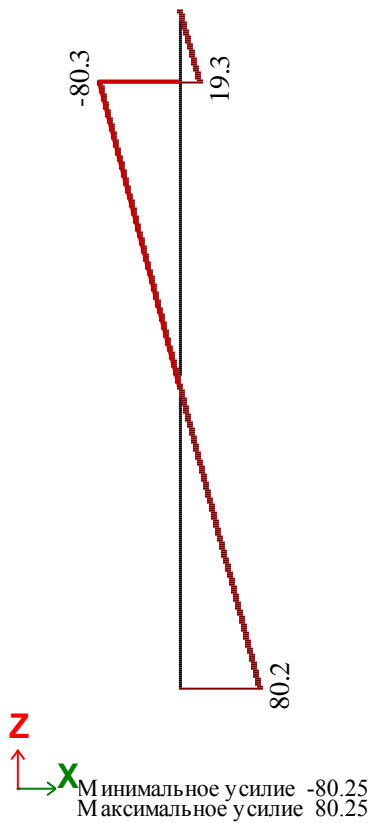
Расчетная нагрузка  
Эпюра N  
Единицы измерения - кг



Расчетная нагрузка  
Эпюра Mu  
Единицы измерения - кг\*м



Расчетная нагрузка  
Эпюра Qz  
Единицы измерения - кг



|      |      |        |       |      |
|------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
|------|------|--------|-------|------|

Valo-НФ.РР1

Лист

11

Прочность направляющей

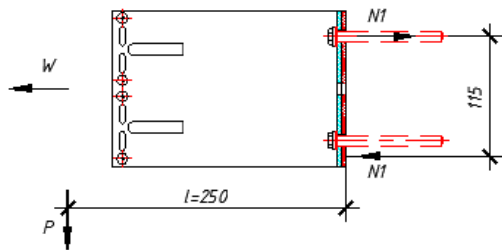
$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{W} = \frac{25,5}{418 \cdot 10^{-6}} + \frac{33,4}{11,3 \cdot 10^{-6}} = 0,3 \cdot 10^7 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} < R_y \cdot \gamma_c = 1,22 \cdot 10^7 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$$

Предельный прогиб направляющей

$$f_u = \frac{l}{150} = \frac{2800}{150} = 18,6 \text{ мм} > f = 1,23 \text{ мм}$$

Расчет несущего кронштейна

Нагрузка P с эюры N



$$P = 4,95 + 20,6 = 25,5 \text{ кг}$$

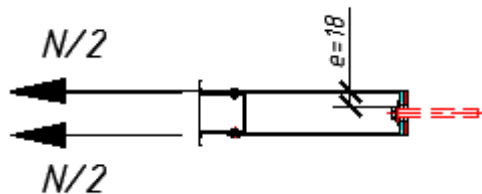
Нагрузка W с эюры Q

$$W = 80,2 + 19,3 = 99,6 \text{ кг}$$

$$M = P \cdot l = 25,5 \cdot 0,25 = 6,375 \text{ кг} \cdot \text{м}$$

Где  $l = 0,25 \text{ м}$  – вылет облицовки

$$N_1 = \frac{M}{e} = \frac{6,375}{0,115} = 55,43 \text{ кг}$$



$$\sigma = \frac{W}{2} \cdot e + \frac{N_1}{2} \cdot e = \frac{99,6}{2} \cdot 0,018 + \frac{55,43}{2} \cdot 0,018 = 0,31 \cdot 10^7 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} < R_y \cdot \gamma_c = 1,22 \cdot 10^7 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$$

Нагрузка на анкер

$$N_2 = \frac{W}{2} + N_1 = \frac{99,6}{2} + 55,43 = 105,18 \text{ кг}$$

Вывод: прочность системы обеспечена. Нагрузка на анкер 105,18

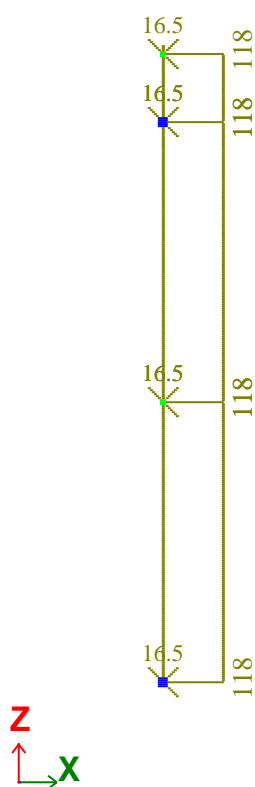
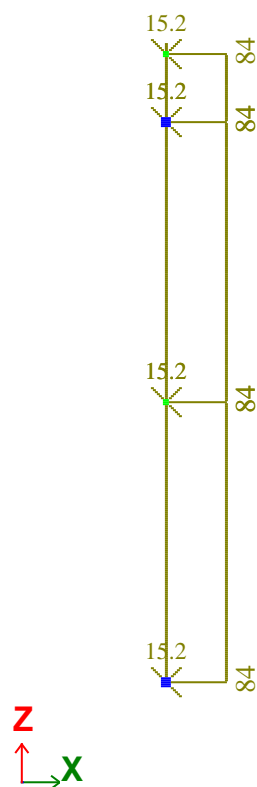
|      |      |        |       |      |             |      |
|------|------|--------|-------|------|-------------|------|
|      |      |        |       |      | Valo-НФ.РР1 | Лист |
| Изм. | Лист | № док. | Подп. | Дата |             | 12   |

## 7. 1-й расчетный вариант, угловая зона

Шаг направляющих  $b=0,6\text{м}$ .

Нормативная нагрузка

Расчетная нагрузка



| Изм. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
|------|------|--------|-------|------|
|      |      |        |       |      |

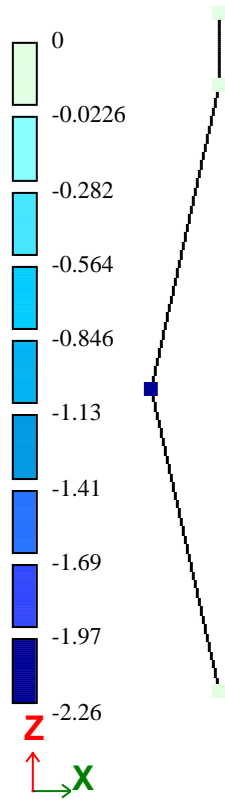
Valo-НФ.РР1

Лист

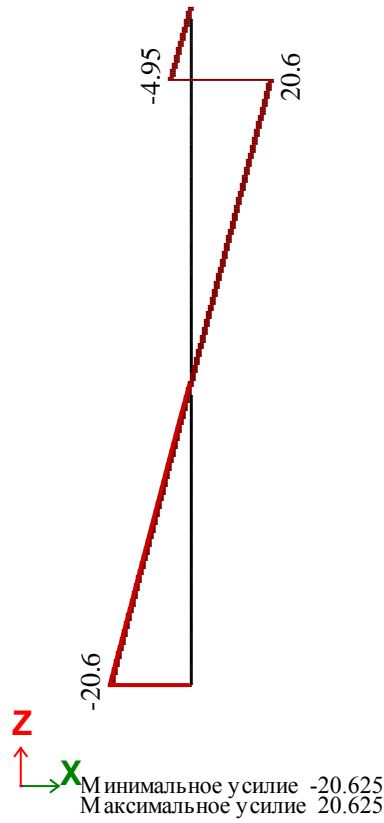
13

## Результаты расчета

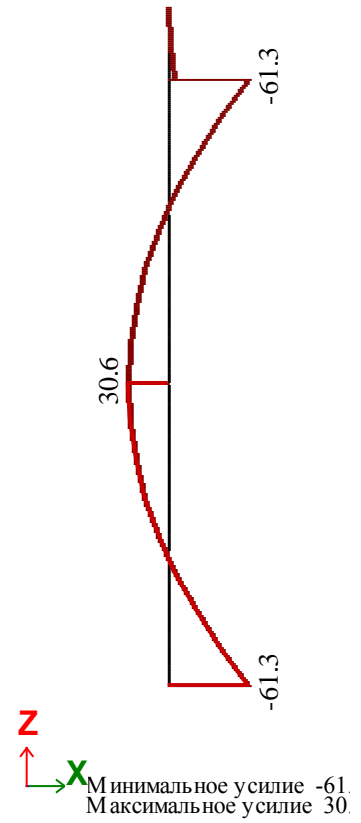
Нормативная нагрузка  
Мозаика перемещений по X(G)  
Единицы измерения - мм



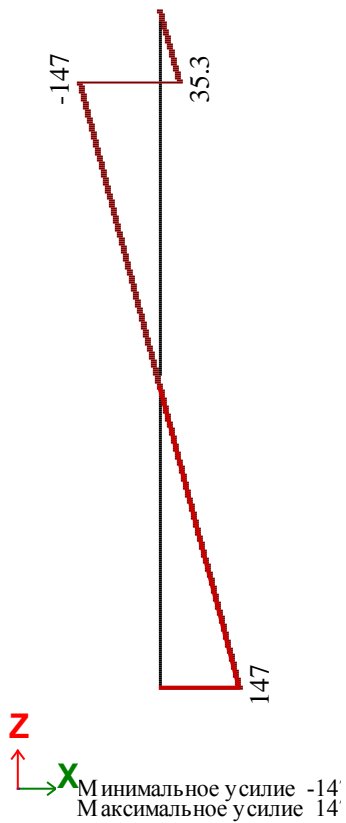
Расчетная нагрузка  
Эпюра N  
Единицы измерения - кг



Расчетная нагрузка  
Эпюра Mu  
Единицы измерения - кг\*м



Расчетная нагрузка  
Эпюра Qz  
Единицы измерения - кг



|      |      |        |       |      |
|------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Лист | № док. | Подп. | Дата |
|------|------|--------|-------|------|

Valo-НФ.РР1

Лист

14

Прочность направляющей

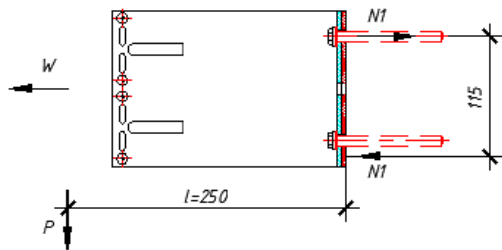
$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{W} = \frac{25,5}{418 \cdot 10^{-6}} + \frac{61,3}{11,3 \cdot 10^{-6}} = 0,55 \cdot 10^7 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} < R_y \cdot \gamma_c = 1,22 \cdot 10^7 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$$

Предельный прогиб направляющей

$$f_u = \frac{l}{150} = \frac{2800}{150} = 18,6 \text{ мм} > f = 2,26 \text{ мм}$$

Расчет несущего кронштейна

Нагрузка P с эюры N



$$P = 4,95 + 20,6 = 25,5 \text{ кг}$$

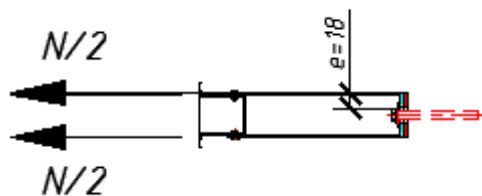
Нагрузка W с эюры Q

$$W = 147 + 35,3 = 182,3 \text{ кг}$$

$$M = P \cdot l = 25,5 \cdot 0,25 = 6,375 \text{ кг} \cdot \text{м}$$

Где  $l = 0,25 \text{ м}$  – вылет облицовки

$$N_1 = \frac{M}{e} = \frac{6,375}{0,115} = 55,43 \text{ кг}$$



$$\sigma = \frac{W}{2} \cdot e + \frac{N_1}{2} \cdot e = \frac{182,3}{2} \cdot 0,018 + \frac{55,43}{2} \cdot 0,018 = 0,58 \cdot 10^7 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} < R_y \cdot \gamma_c = 1,22 \cdot 10^7 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$$

Нагрузка на анкер

$$N_2 = \frac{W}{2} + N_1 = \frac{182,3}{2} + 55,43 = 146,58 \text{ кг}$$

Вывод: прочность системы обеспечена. Нагрузка на анкер 146,58

|      |      |        |       |      |  |             |      |
|------|------|--------|-------|------|--|-------------|------|
|      |      |        |       |      |  | Valo-НФ.РР1 | Лист |
| Изм. | Лист | № док. | Подп. | Дата |  |             | 15   |