



# STEEL 2REAL '17

Конкурс студенческих проектов

					К_И_27947890			
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
					Расчетно- пояснительная записка	Стадия	Лист	Листов
							1	54

# СОДЕРЖАНИЕ

1	Исходные данные .....	3
2	Описание конструктивной схемы здания.....	4
3	Расчетная схема .....	5
4	Сбор нагрузок.....	9
4.1	Постоянные нагрузки .....	9
4.2	Временные длительные нагрузки .....	9
4.3	Временные кратковременные нагрузка.....	9
4.3.1	Снег .....	10
4.3.2	Ветер.....	11
5	Схема приложения нагрузок .....	13
6	Параметры конструирования для колонн и ригелей .....	21
7	Результаты расчета.....	22
8	Огнезащита стальных конструкций .....	50

					К_И_27947890			
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
					Расчетно- пояснительная записка	Стадия	Лист	Листов
							2	54

## 1 Исходные данные

Задача конкурсного проекта состоит в разработке конструктивных решений многоэтажных наземной автостоянки на основе стального каркаса

Район строительства – **г. Москва**

Расстояние от пола до низа выступающих строительных конструкций - **2.2 м**

Назначение здания - наземная стоянка автомобилей открытого типа

Кровля - неэксплуатируемая

Количество этажей – **4 этажа**

Количество машиномест – **297 мест**

Типовой размер машиноместа - **5,3 х 2,5 м**

Ограждающие конструкции - легкое металлическое ограждение

Общий расчёт сооружения (статический), динамический расчёт (ветер), определение напряженно-деформированного состояния - выполнены в программном комплексе «ЛИРА- САПР2013».

Эффективность объемно-планировочного решения гаража-стоянки:

- Приведенная площадью машино-места:

$$S_{\text{пр}} = \frac{S_{\text{общ}}}{N} = \frac{6955,2}{257} = 27,06$$

N – количество машино-мест

$S_{\text{общ}}$  – общая площадь автостоянки

- Коэффициентом эффективности  $K_{\text{э}}$  использования площади гаража-стоянки:

$$K_{\text{э}} = \frac{N \cdot S}{S_{\text{общ}}} = \frac{3405,25}{6955,2} = 0,4896$$

$N \cdot S$  – общая площадь мест хранения.

$S_{\text{общ}}$  – общая площадь автостоянки

## 2 Описание конструктивной схемы здания

### 2.1 Общее описание конструктивной схемы здания

Проектируемая автопарковка относится к **нормальному** уровню ответственности. Класс сооружения КС-2, коэффициент надежности по ответственности = 1.0, согласно ГОСТ 27751-2014. Проектируемое здание 4-ех этажное в осях 1-9, А-Д. Отметка пола первого этажа 0,000, отметка пола второго этажа +2,820, отметки пола последующих этажей +5,640, +8,460.

Конструктивная система проектируемого здания представляет собой стальной каркас. Пространственная жесткость, устойчивость и геометрическая неизменяемость обеспечивается совместной работой стальных рам и системой связей в горизонтальных и вертикальных направлениях.

Габариты здания – 52 x 32,2 метра.

### 2.2 Общее описание отдельных элементов

**Фундаменты** - т.к. в условиях конкурса отсутствует задание на проектирование конструкций нулевого цикла, поэтому условно принимаем: монолитная плита толщиной 400мм. Бетон: класс - **B25**, марка по морозостойкости **F100**, марка по водонепроницаемости **W8**, арматура класса **A400, A240**

**Колонны** - Двутавровые сечения из стали ВСт3кп2

**Балки** - Балки двутаврового сечения из стали ВСт3пс6

**Перекрытия** – железобетонная плита перекрытияПБ с монолитными участками. Толщина - 220 мм.

**Покрытия** – профилированный лист оцинкованный Н75-750-0.9 по ГОСТ 24045-94 положенный на прогоны из швеллеров по ГОСТ 8240-97 с уклоном 0.1

**Система связей** - горизонтальные и вертикальные связи. коробка из Швеллеров стальные горячекатаные по ГОСТ 8240-97 из стали для горизонтальных связей ВСт3пс6 и для вертикальных ВСт3кп2

**Конструкции лестниц и лифтов** -т.к. в условиях конкурса прорабатывать конструкции лестниц и лифтовне обязательно , поэтомуконструкции условно примыкают к торцам здания и на чертежах не показаны

**Полурампы**– Уклон ramпы 0.12. Ширина ramпы 6,6 м.

### 3 Расчетная схема

#### -Тип схемы

Расчетная схема здания моделировалась как пространственная система стержневого вида. Стальные колонны и балки моделировались пространственными стержнями (тип элемента 10).

#### -Расчетная модель

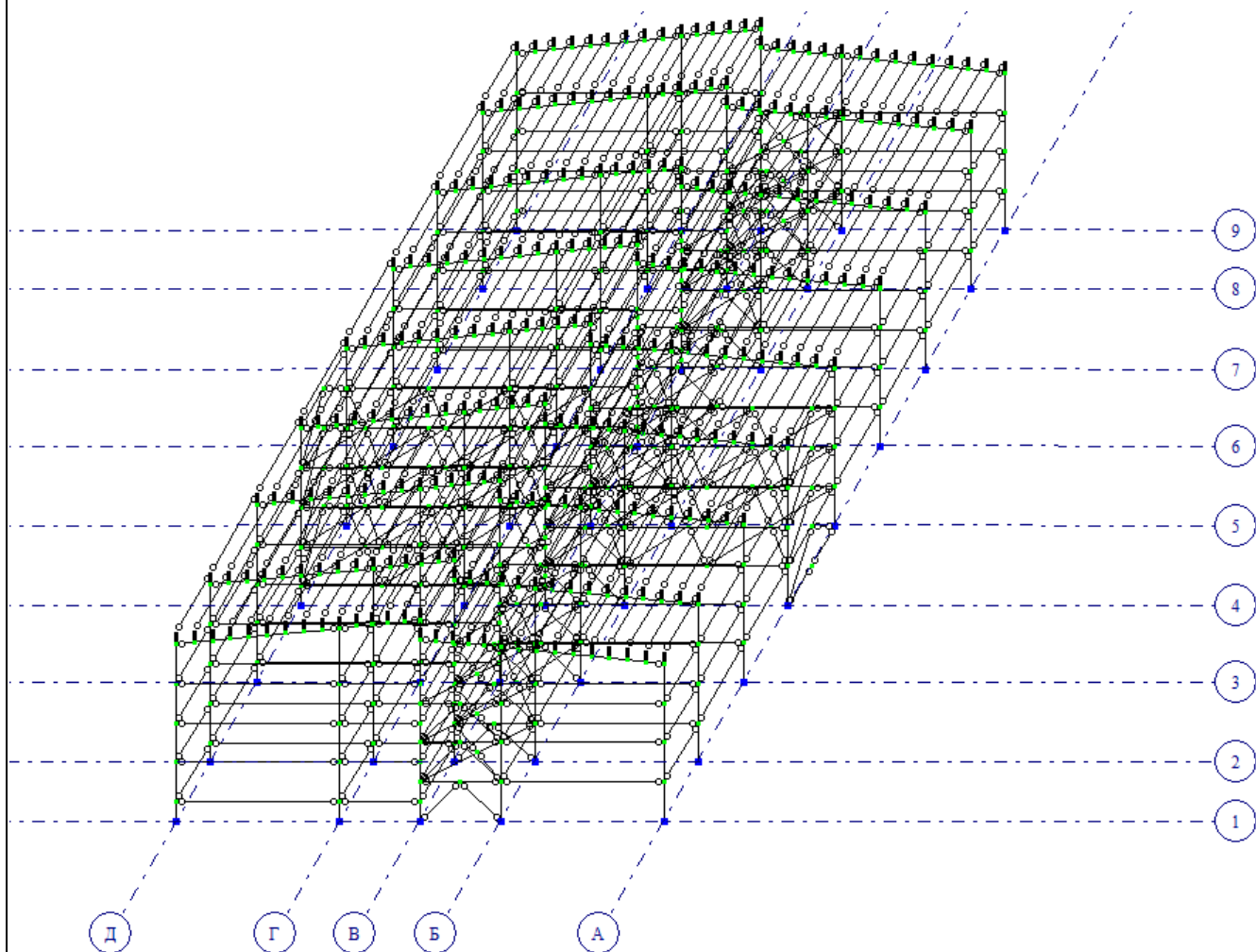
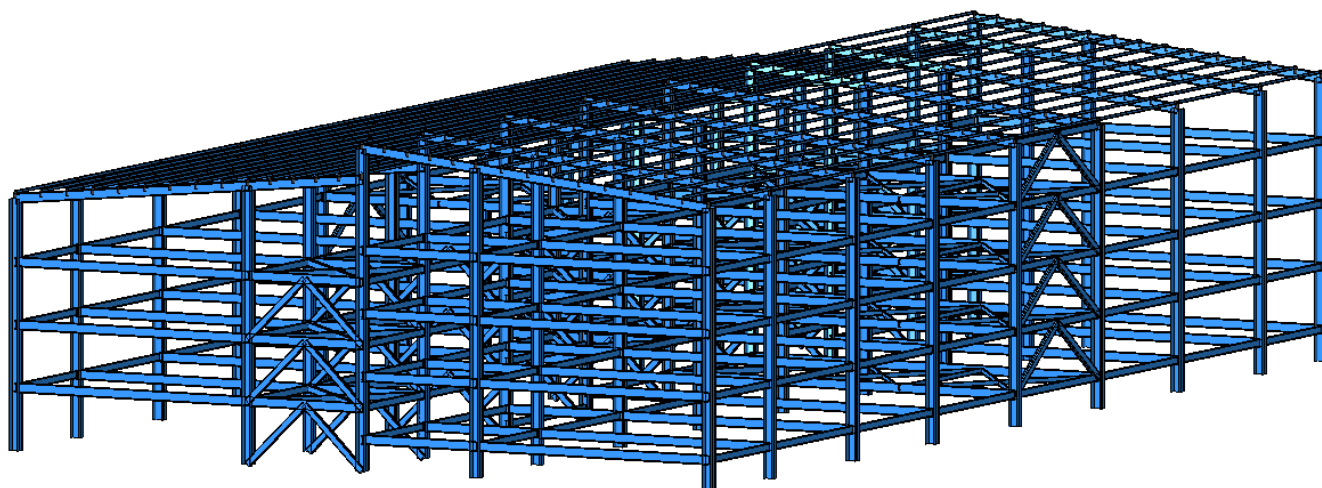
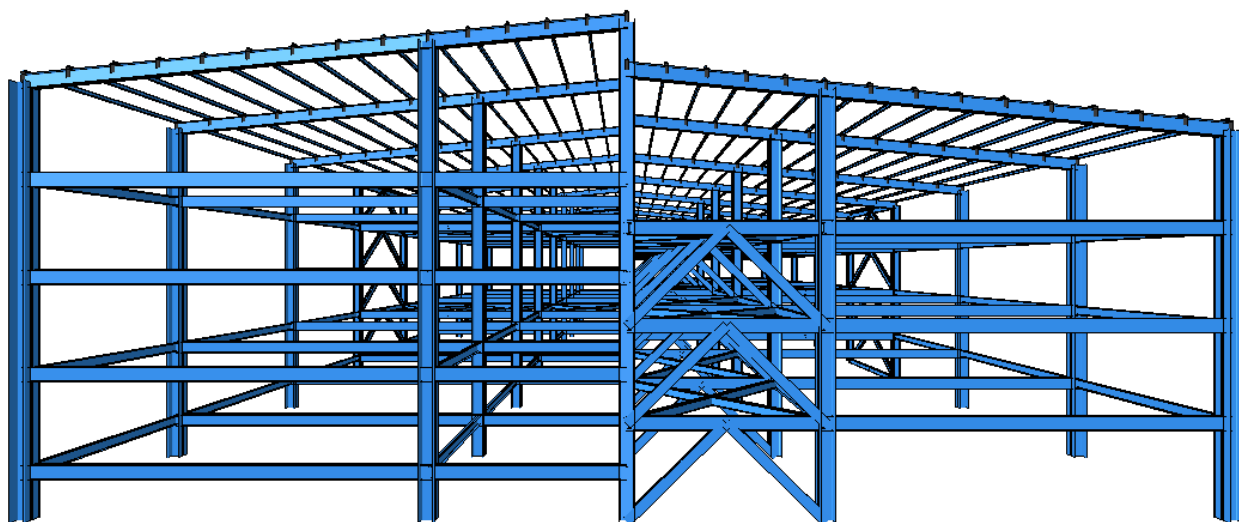


Рис. 3.1 Расчетная модель здания

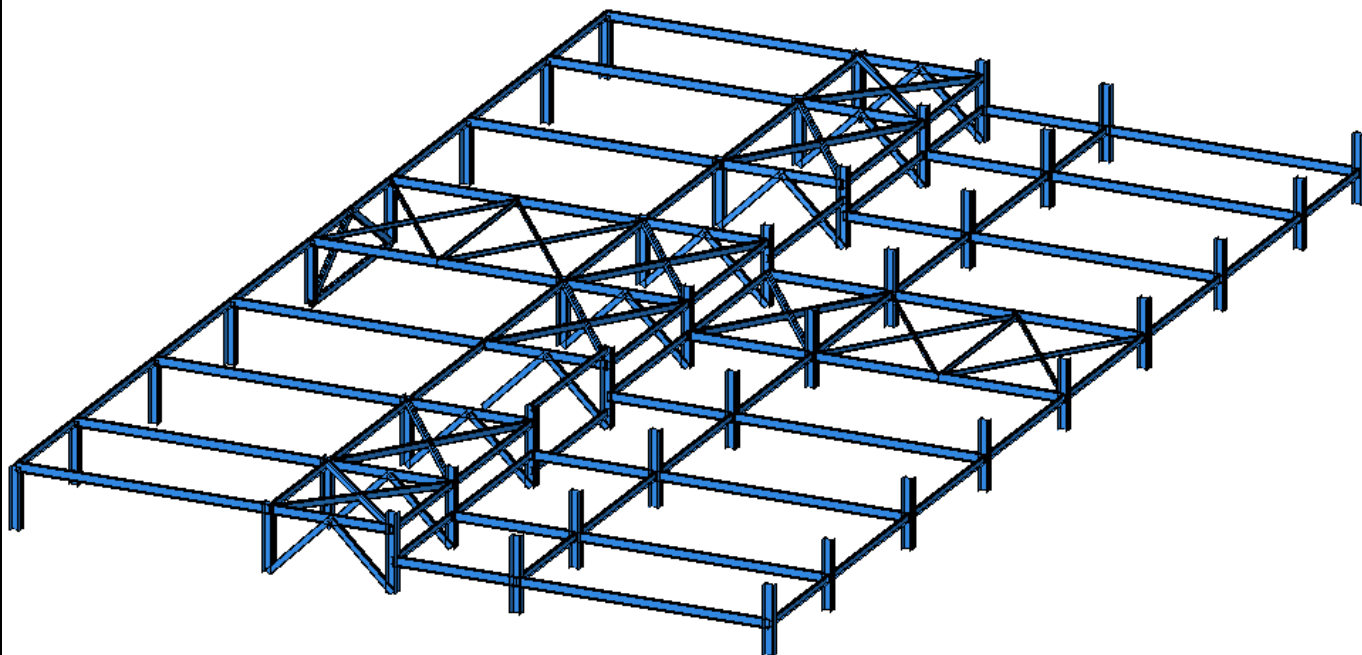
- Построение расчетной схемы и назначение геометрических характеристик здания:



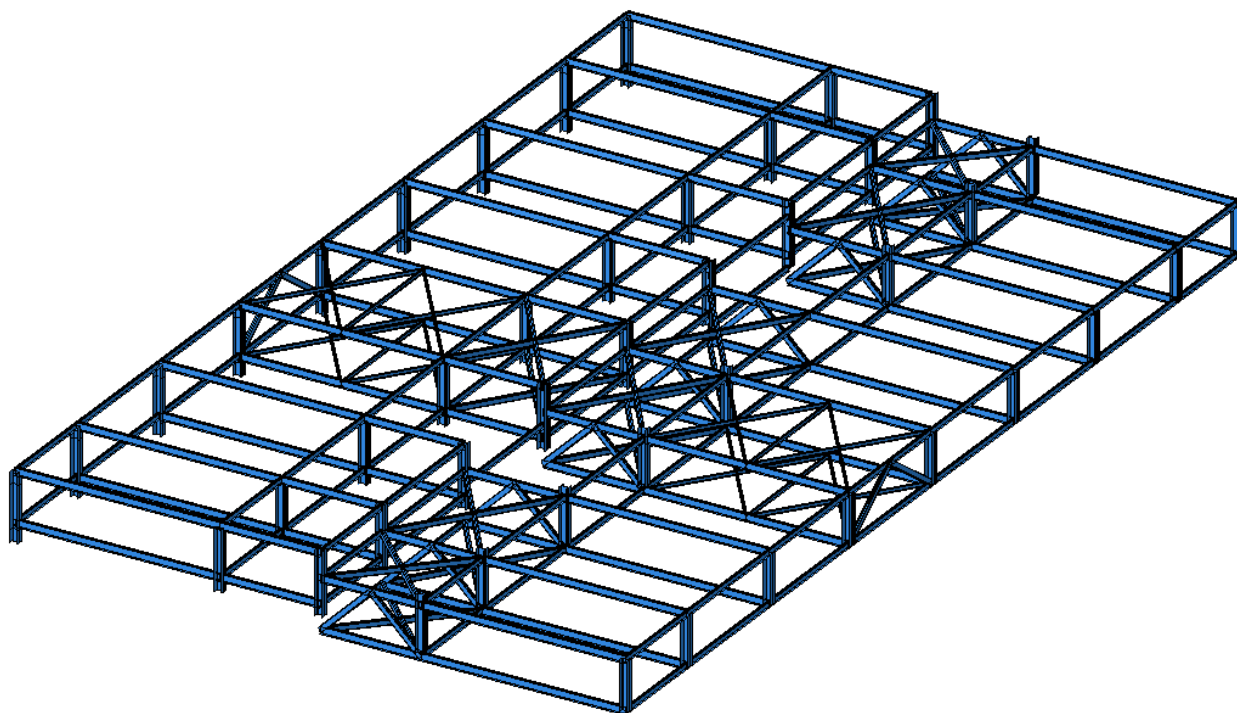
*Рис. 3.1 Расчетная схема, аксонометрия, вид 1*



*Рис. 3.2 Расчетная схема, перспектива, вид 2*



*Рис. 3.3 Схема расположения стальных конструкций первого этажа, вид 3*



*Рис. 3.4 Схема расположения стальных конструкций типового этажа, вид 4*

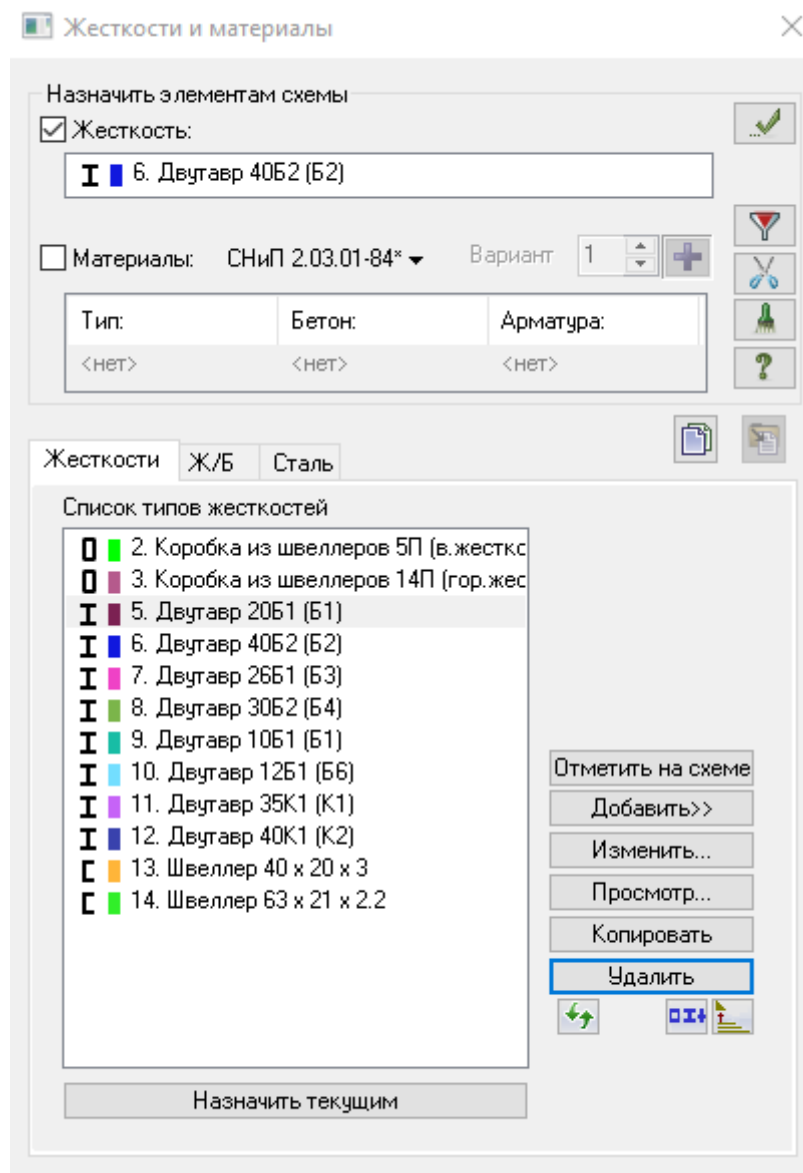


Рис. 3.4

## 4 Сбор нагрузок

### 4.1 Постоянные нагрузки

Вес стальных конструкций высчитывается автоматически. Коэффициент надежности = 1,05

Наименование	Нормативные значения	Коэффициент надежности	Расчетное значение
Вес железобетонных плит, толщиной 220мм	$0,268 \frac{\text{тс}}{\text{м}^2}$	1,1	$0,295 \frac{\text{тс}}{\text{м}^2}$
Вес монолитного участка, толщиной 220мм	$0,275 \frac{\text{тс}}{\text{м}^2}$	1,1	$0,3 \frac{\text{тс}}{\text{м}^2}$

### 4.2 Временные длительные нагрузки

Наименование	Нормативные значения	Коэффициент надежности	Расчетное значение
Вес проф. настила	$0,0125 \frac{\text{тс}}{\text{м}^2}$	1,1	$0,0138 \frac{\text{тс}}{\text{м}^2}$
Вес прописки бетонного пола	$0,0021 \frac{\text{тс}}{\text{м}^2}$	1,3	$0,0027 \frac{\text{тс}}{\text{м}^2}$

### 4.3 Временные кратковременные нагрузка

Наименование	Нормативные значения	Коэффициент надежности	Расчетное значение
Транспортные средства на площади парковки	$0,5099 \frac{\text{тс}}{\text{м}^2}$	1,2	$0,6112 \frac{\text{тс}}{\text{м}^2}$
Транспортные средства на пандусах и подъездные пути	$0,714 \frac{\text{тс}}{\text{м}^2}$	1,2	$0,8568 \frac{\text{тс}}{\text{м}^2}$

### 4.3.1 Снег

Нормативное значение снеговой нагрузки на кровлю

$$S_0 = 0.7 C_e C_t S_g \mu = 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.8 = 1,28 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2} = 0,128 \frac{\text{тс}}{\text{м}^2}$$

где  $\mu = 1$  – на участках плоских покрытий без перепадов

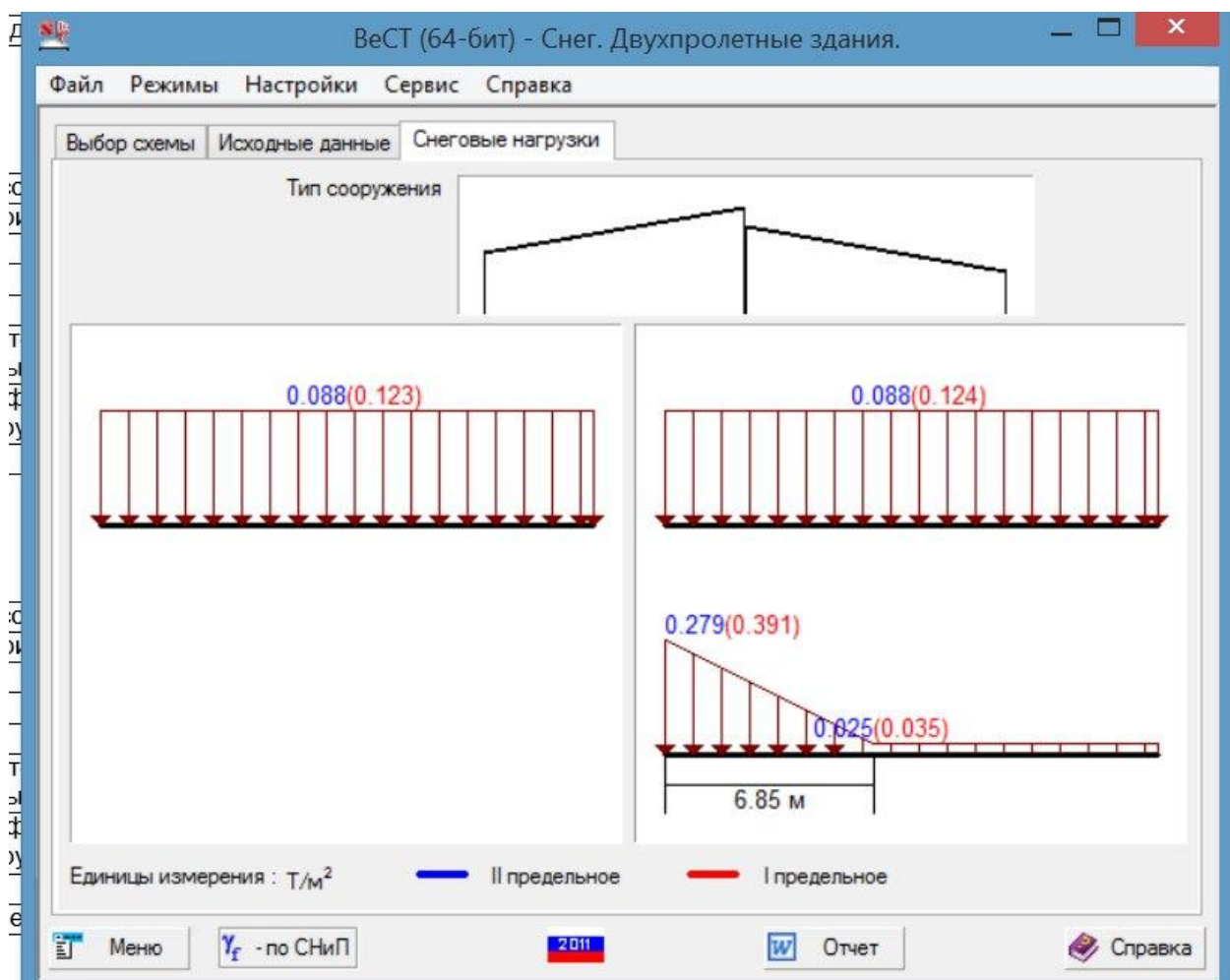
$C_e$  - коэффициент учитывающий снос снега, принимаемый 1;

$C_t$  – термический коэффициент, принимаемый 1;

$S_g$  – вес снегового покрова на 1 м<sup>2</sup> горизонтальной поверхности земли, принимаемый для III снегового района 1,8 кПа.

Расчетное значение снеговой нагрузки в зоне снеговых мешков посчитан в SCADOffice 11

$$S = 0,391 \frac{\text{тс}}{\text{м}^2}$$



## 4.3.2 Ветер

### 4.3.2.1 Ветровая нагрузка по X

Нормативное значение ветровой нагрузки:

$$\omega = \omega_m + \omega_p$$

$\omega_m$ ;  $\omega_p$  – нормативное значение средней и пульсационной составляющей ветровой нагрузки.

$$\omega_m^{0.8} = \omega_0 K(Z_e) c = 0.23 \cdot 0.7220 \cdot 0.8 = 0.1328 \text{ кПа}$$

$$\omega_m^{0.5} = \omega_0 K(Z_e) c = 0.23 \cdot 0.7220 \cdot 0.5 = 0.083 \text{ кПа}$$

Где  $\omega_0$  – нормативное значение ветрового давления для I ветрового района 0,23 кПа;

$K(Z_e)$  – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте, для типа местности В и высоты 13,6 м, принимаем равным 0,7220;

$c$  – аэродинамический коэффициент, для наветренной поверхности 0,8, для подветренной 0,5.

Расчитываем пульсационную нагрузку по формуле, так как у нас здание высотой меньше чем 40 м. П.11.1.8

$$\omega_p = \omega_m \zeta(Z_B) \nu$$

$$\omega_p^{0.8} = \omega_m \zeta(Z_B) \nu = 0.1328 \cdot 1.0096 \cdot 0.7 = 0.0939 \text{ кПа}$$

$$\omega_p^{0.5} = \omega_m \zeta(Z_B) \nu = 0.083 \cdot 1.0096 \cdot 0.7 = 0.0587 \text{ кПа}$$

Где  $\omega_m$  – средняя составляющая ветровой нагрузки

$\zeta(Z_B)$  – коэффициент пульсации давления ветра, для типа местности В и высоты 13,6 м, принимаем равным 1.0096;

$\nu$  – коэффициент пространственной корреляции пульсаций давления ветра, равный 0.7

#### 4.3.2.2 Ветровая нагрузка по Y

Нормативное значение ветровой нагрузки:

$$\omega = \omega_m + \omega_p$$

$\omega_m$ ;  $\omega_p$  – нормативное значение средней и пульсационной составляющей ветровой нагрузки.

$$\omega_m^{0.8} = \omega_0 K(Z_e) c = 0.23 \cdot 0.7220 \cdot 0.8 = 0,1328 \text{ кПа}$$

$$\omega_m^{0.5} = \omega_0 K(Z_e) c = 0.23 \cdot 0.7220 \cdot 0.5 = 0,083 \text{ кПа}$$

Где  $\omega_0$  – нормативное значение ветрового давления для I ветрового района 0,23 кПа;

$K(Z_e)$  – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте, для типа местности В и высоты 13,6 м, принимаем равным 0,7220;

$c$  – аэродинамический коэффициент, для наветренной поверхности 0,8, для подветренной 0,5.

Расчитываем пульсационную нагрузку по формуле, так как у нас здание высотой меньше чем 40 м. П.11.1.8

$$\omega_p = \omega_m \zeta(Z_B) \nu$$

$$\omega_p^{0.8} = \omega_m \zeta(Z_B) \nu = 0,1328 \cdot 1.0096 \cdot 0.52 = 0,0697 \text{ кПа}$$

$$\omega_p^{0.5} = \omega_m \zeta(Z_B) \nu = 0,083 \cdot 1.0096 \cdot 0.52 = 0,0436 \text{ кПа}$$

Где  $\omega_m$  – средняя составляющая ветровой нагрузки

$\zeta(Z_B)$  – коэффициент пульсации давления ветра, для типа местности В и высоты 13,6 м, принимаем равным 1.0096;

$\nu$  – коэффициент пространственной корреляции пульсаций давления ветра, равный 0.52

Козфф. надежности по нагрузке  $\gamma_f = 1,4$

## 5 Схема приложения нагрузок

### 5.1 Собственный вес конструкции

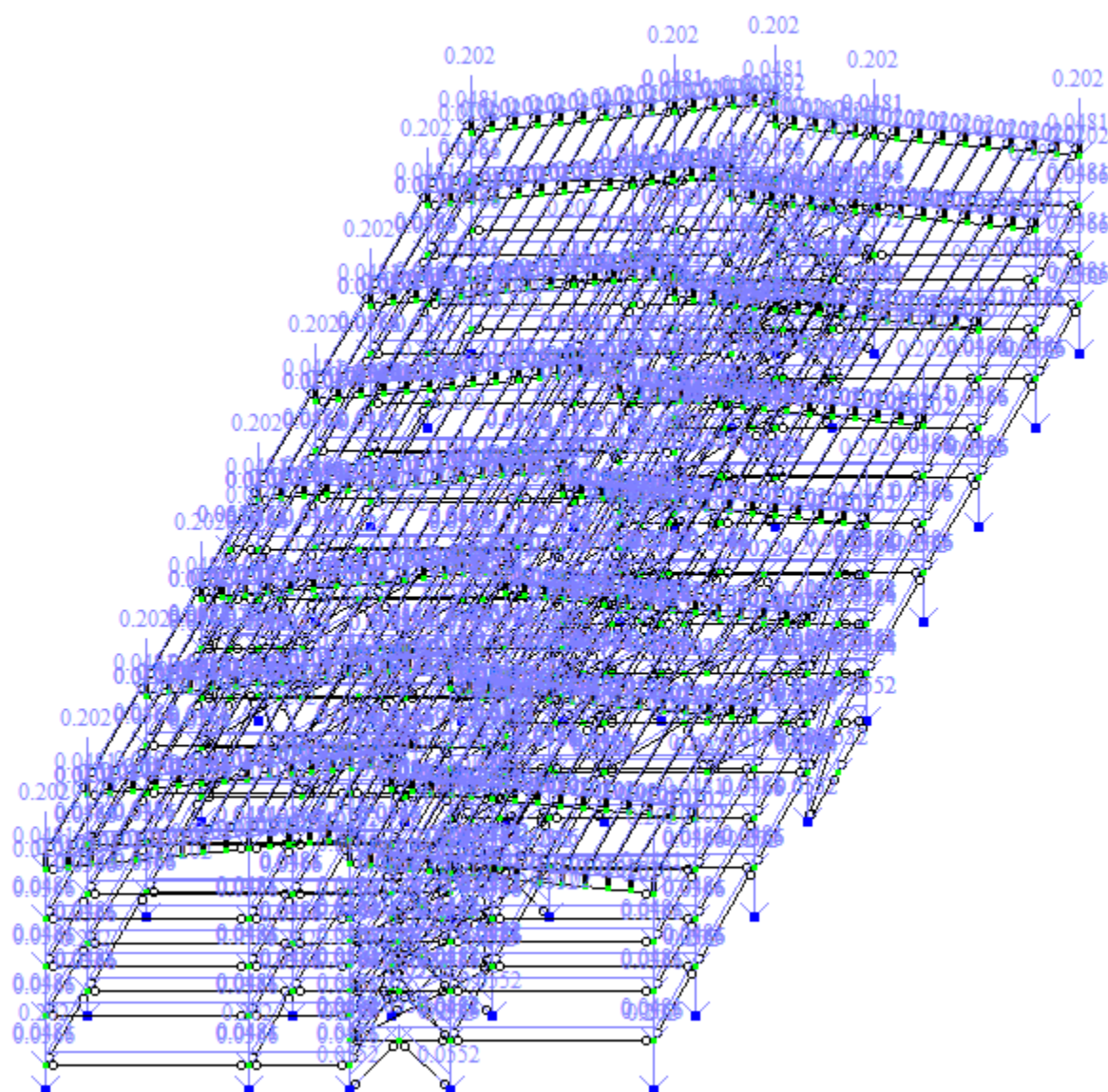


Рис. 5.1.1 Собственный вес конструкции

## 5.2 Снеговая нагрузка

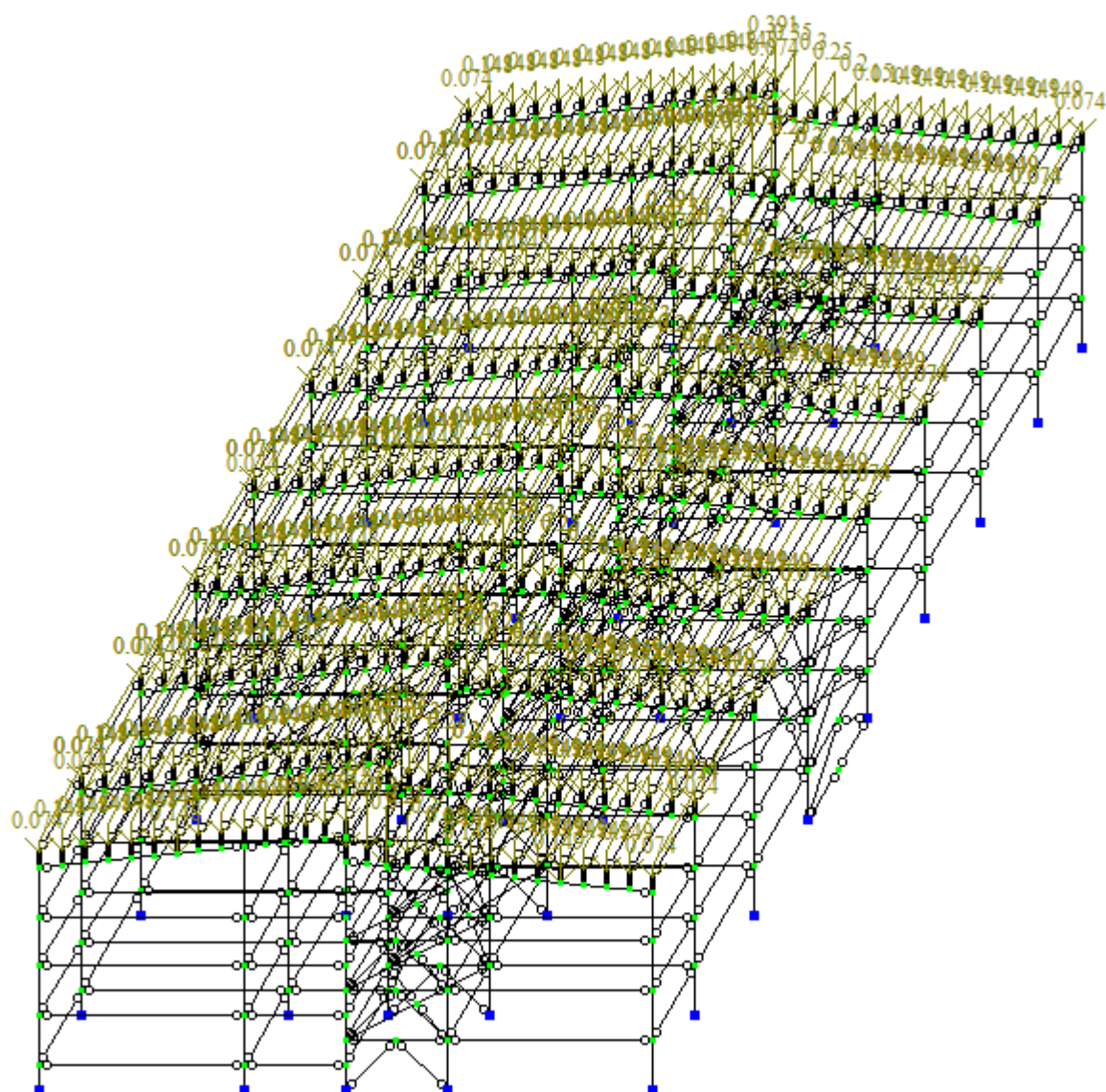


Рис. 5.2.1 Снеговая нагрузка

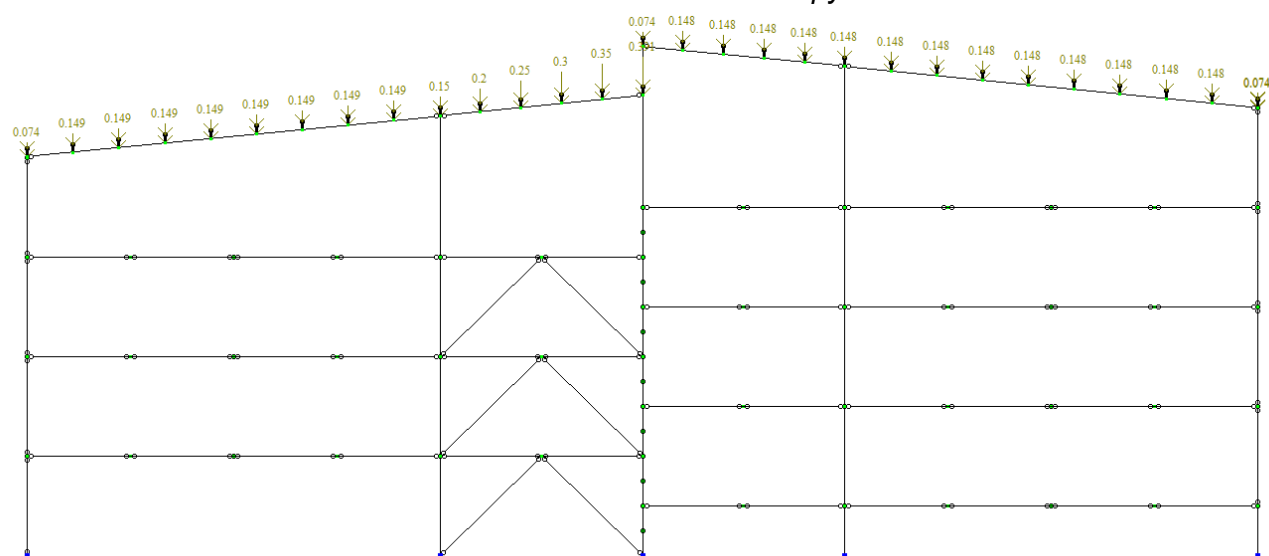


Рис 5.2.2 Снеговая нагрузка

### 5.3 Вес плит перекрытия и монолитных участков

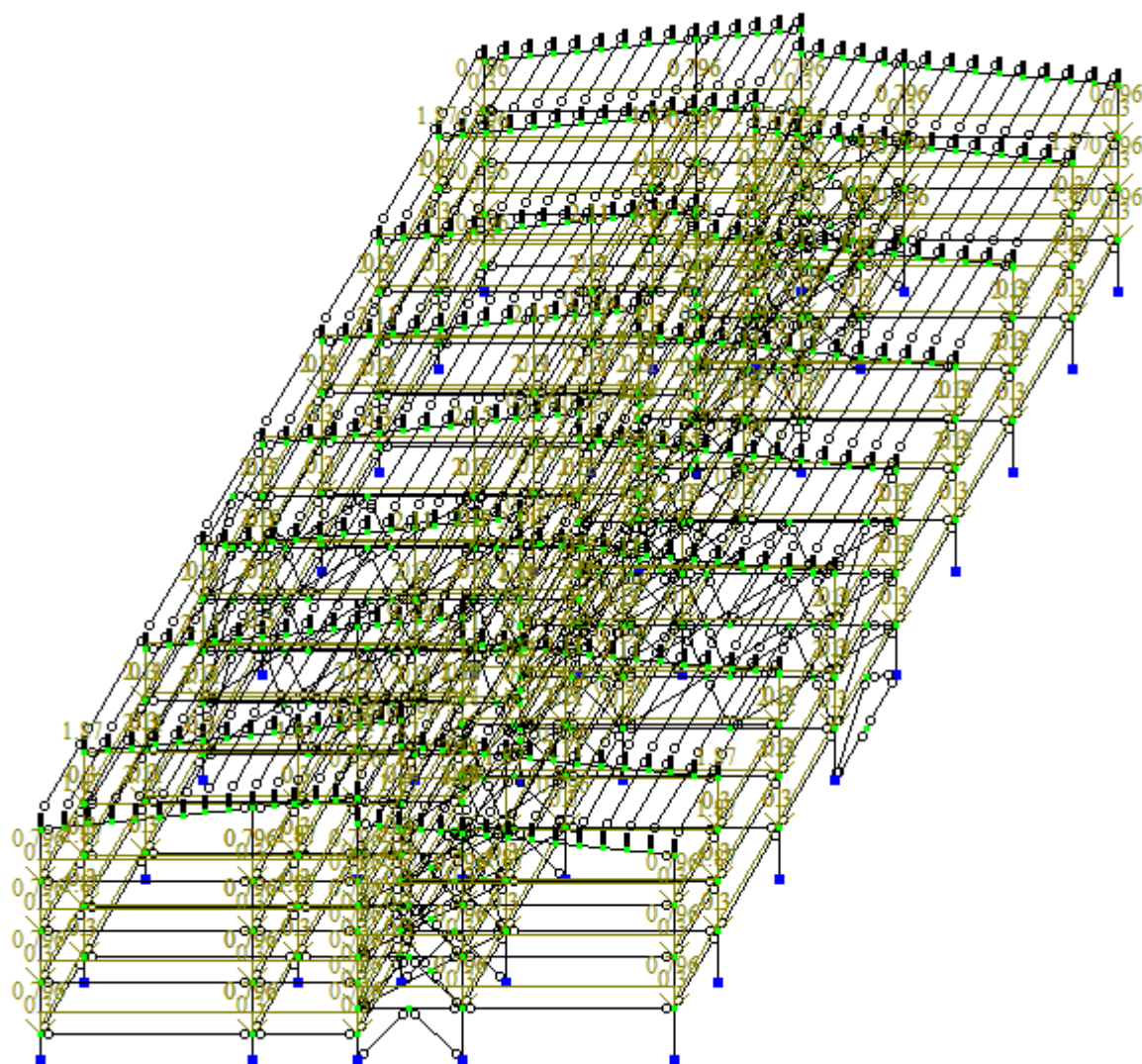


Рис 5.3.1 Вес плит и монолитных участков

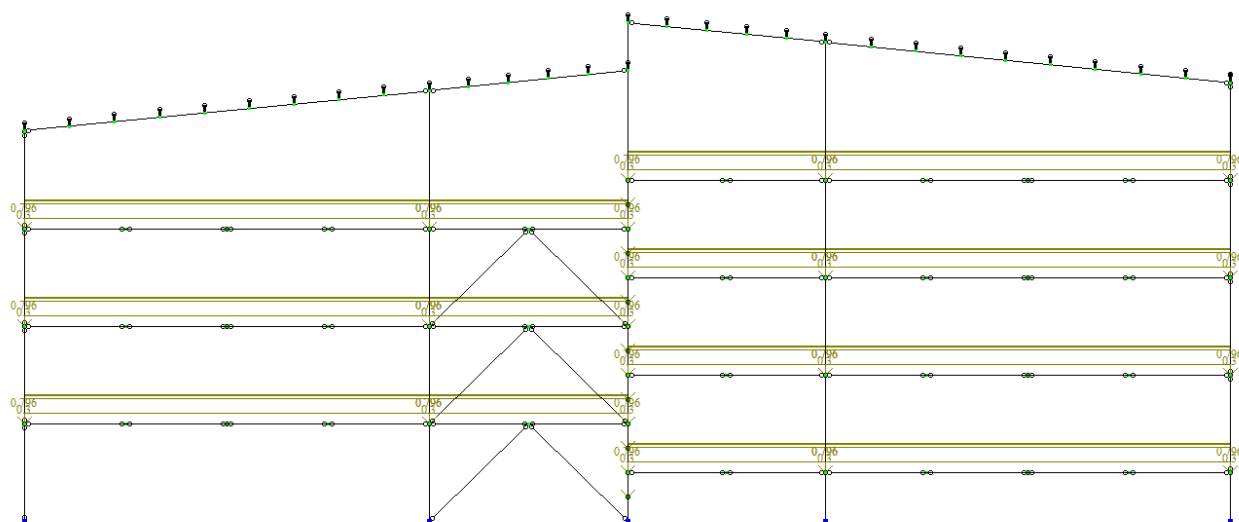


Рис 5.3.2 Вес плит и монолитных участков

## 5.4 Нагрузка от транспорта в пределах осей Д-В

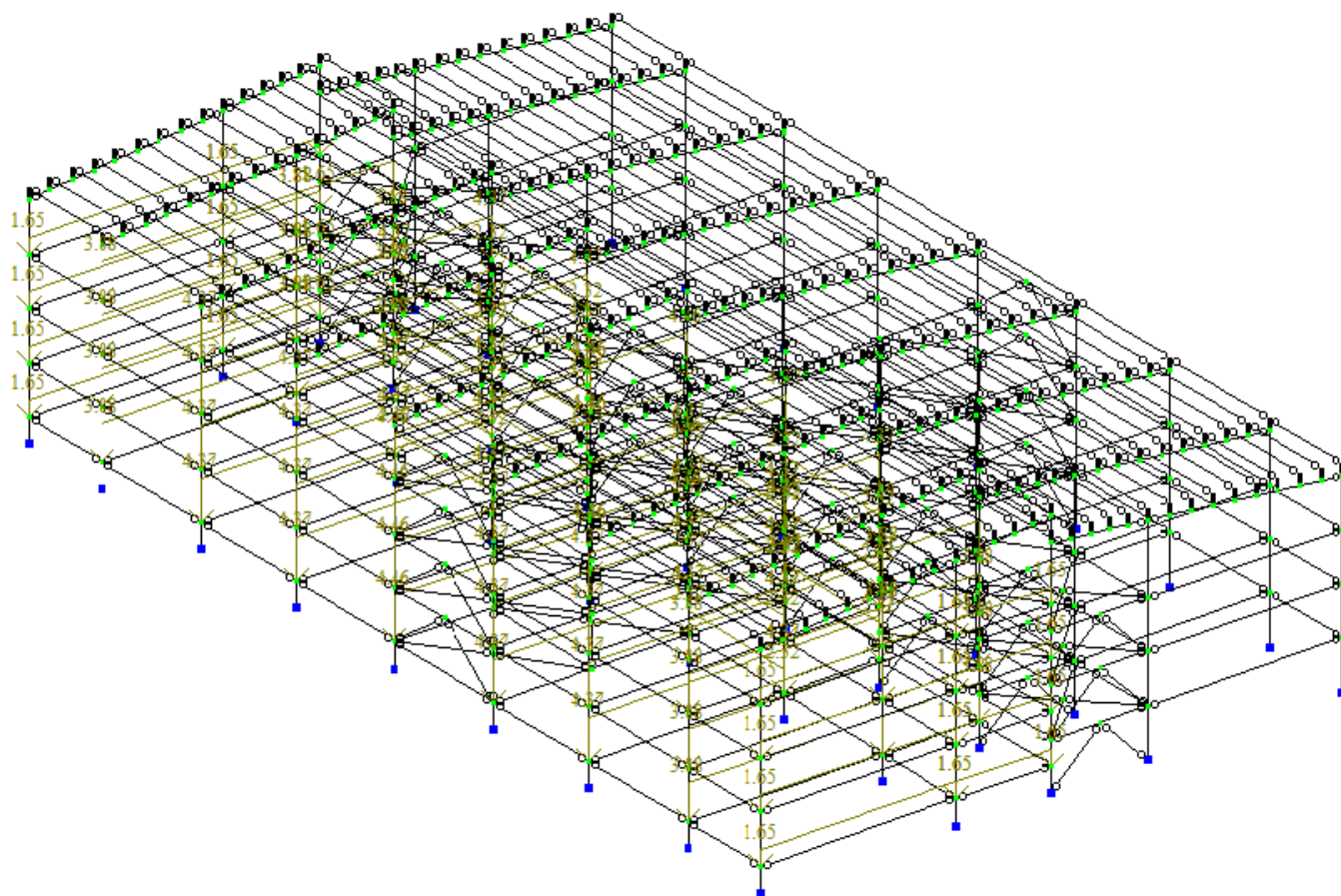
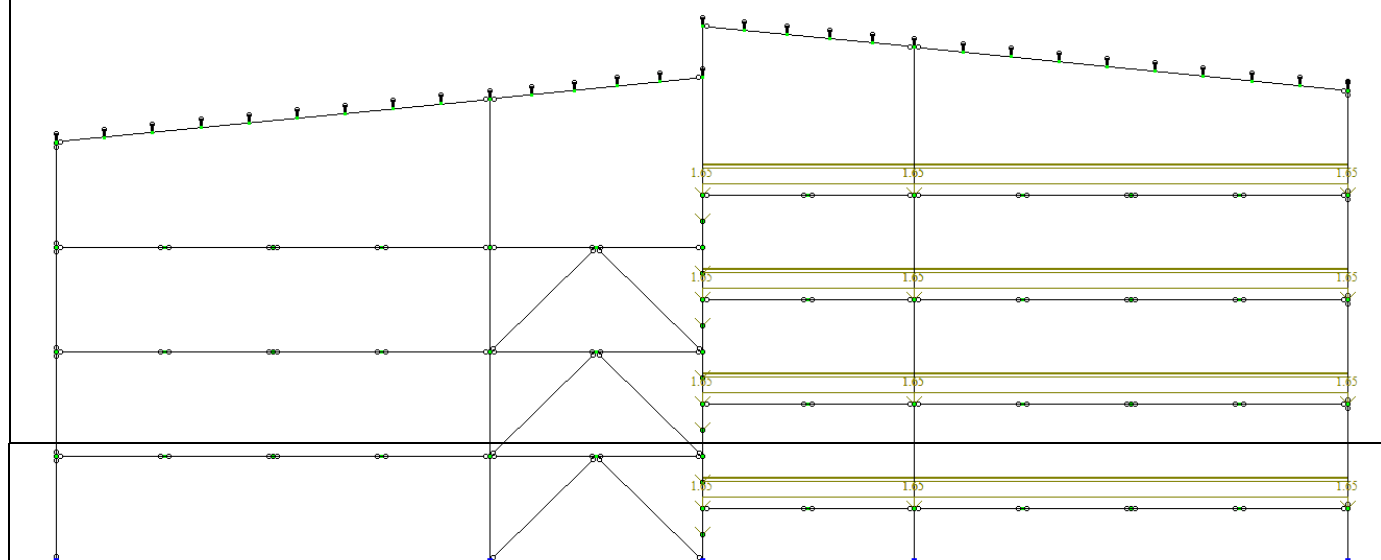


Рис 5.4.1 Нагрузка по осям Д-В

Рис 5.4.2 Нагрузка по осям Д-В



## 5.5 Нагрузка от транспорта в пределах осей А-В

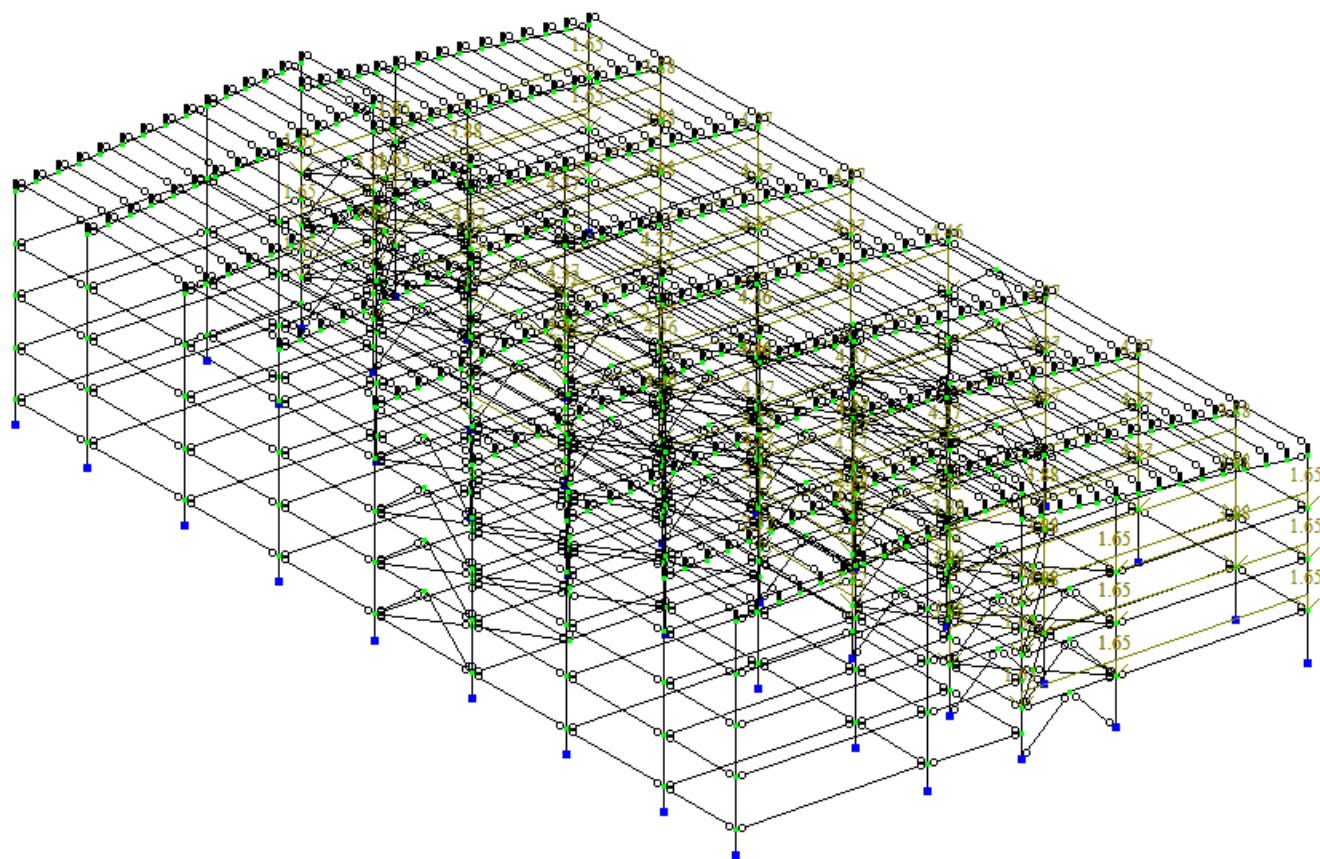
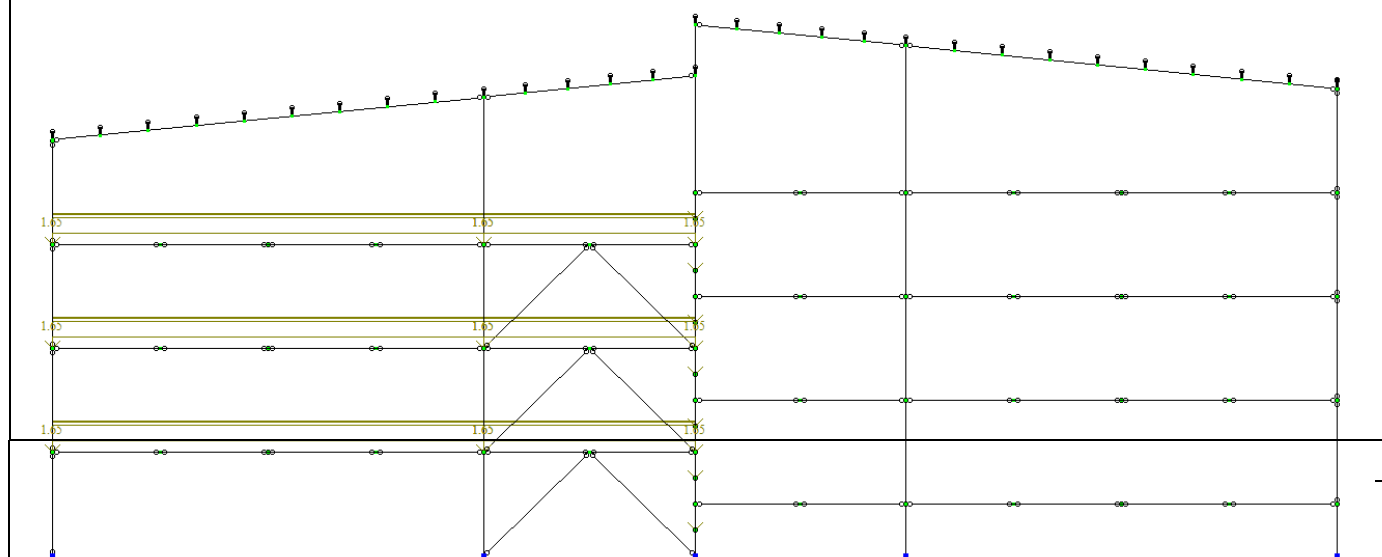


Рис 5.5.1 Нагрузка по осям А-В

Рис 5.5.2 Нагрузка по осям А-В



## 5.6 Ветровая нагрузка по X

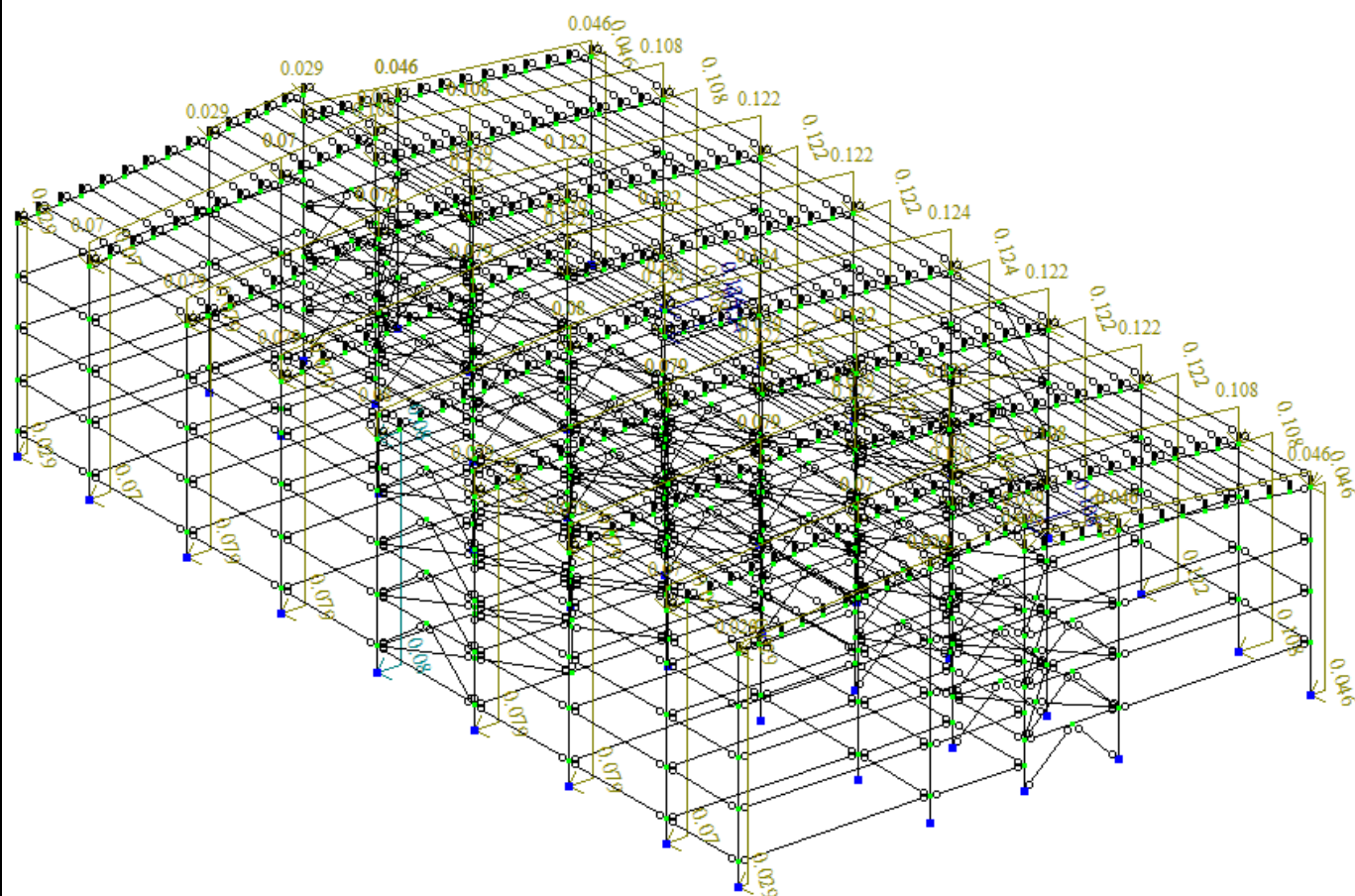
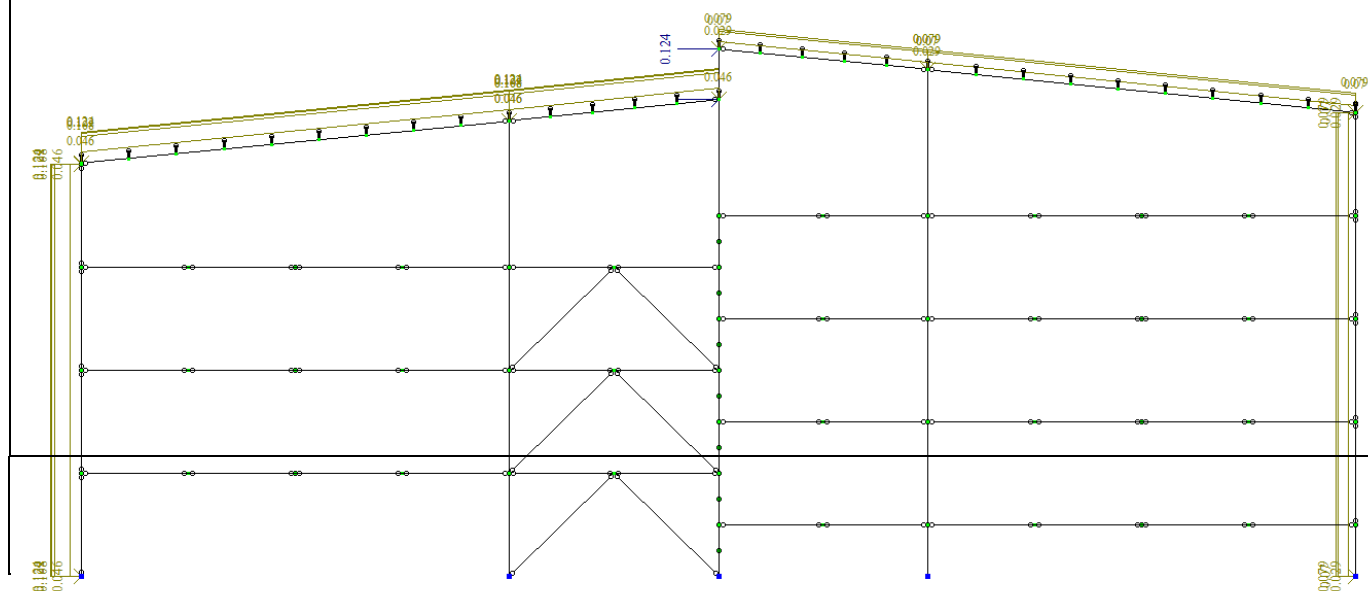


Рис 5.6.1 Ветровая нагрузка по X

Рис 5.6.2 Ветровая нагрузка по X





5.8 Расчетное сочетание нагрузок

Расчетные сочетания нагрузок

СНиП2.01.07-85\*

	N загруз.	Наименование	Вид	Знакоперем.	Взаимоискл.	Козф. надежн.	Доля длительн.	1	2	3
1	1	собственный вес	Постоянное(П)	+		1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2	снеговая нагрузка	Кратковременное(К)	+		1.2	.35	1.0	1.0	1.0
3	3	вес перекрытия и покр	Постоянное(П)	+		1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
4	4	транспорт на оси Д-В	Кратковременное(К)	+		1.2	.35	1.0	.0	1.0
5	5	транспорт на оси В-А (пр	Кратковременное(К)	+		1.2	.35	.0	1.0	1.0
6	6	ветер по X	Кратковременное(К)	+		1.2	.35	1.0	.0	.0
7	7	ветер по Y	Кратковременное(К)	+		1.2	.35	.0	1.0	.0

1 основное

2 основное

Особое (С)

Особое (б/С)

ΣП+Д+К+К(Кр+Т)+М

Козфициенты

Добавить




## 6 Параметры конструирования и условия соединения конечных элементов

Параметры конструирования					
Жесткость элементов	Тип конечного элемента	Материал	Предельные перемещения	Коэффициент расчетной длины	Условия соединения
Двутавр 40Б	№10	ВСт3пс6	$\frac{l}{250}$		Шарнирно
Двутавр 30Б2	№10	ВСт3пс6	$\frac{l}{250}$		Шарнирно
Двутавр 26Б1	№10	ВСт3пс6	$\frac{l}{250}$		Шарнирно
Двутавр 20Б1	№10	ВСт3пс6	$\frac{l}{250}$		Шарнирно
Двутавр 12Б1	№10	ВСт3пс6	$\frac{l}{250}$		Шарнирно
Двутавр 10Б1	№10	ВСт3пс6	$\frac{l}{250}$		Шарнирно
Двутавр 35К1	№10	ВСт3кп2		$K_z=1; K_y=1; K_b=0.85$	Жестко
Двутавр 35К2	№10	ВСт3кп2		$K_z=1; K_y=1; K_b=0.85$	Жестко
Швеллер 40х20х3	№10	C245	$\frac{l}{250}$		Шарнирно
Швеллер 63х21х2.2	№10	C245	$\frac{l}{250}$		Шарнирно
Коробка из швеллеров 5П	№10	ВСт3пс6	$\frac{l}{250}$		Шарнирно
Коробка из швеллеров 14П	№10	ВСт3кп2	$\frac{l}{250}$		Шарнирно

## 7 Результаты расчета

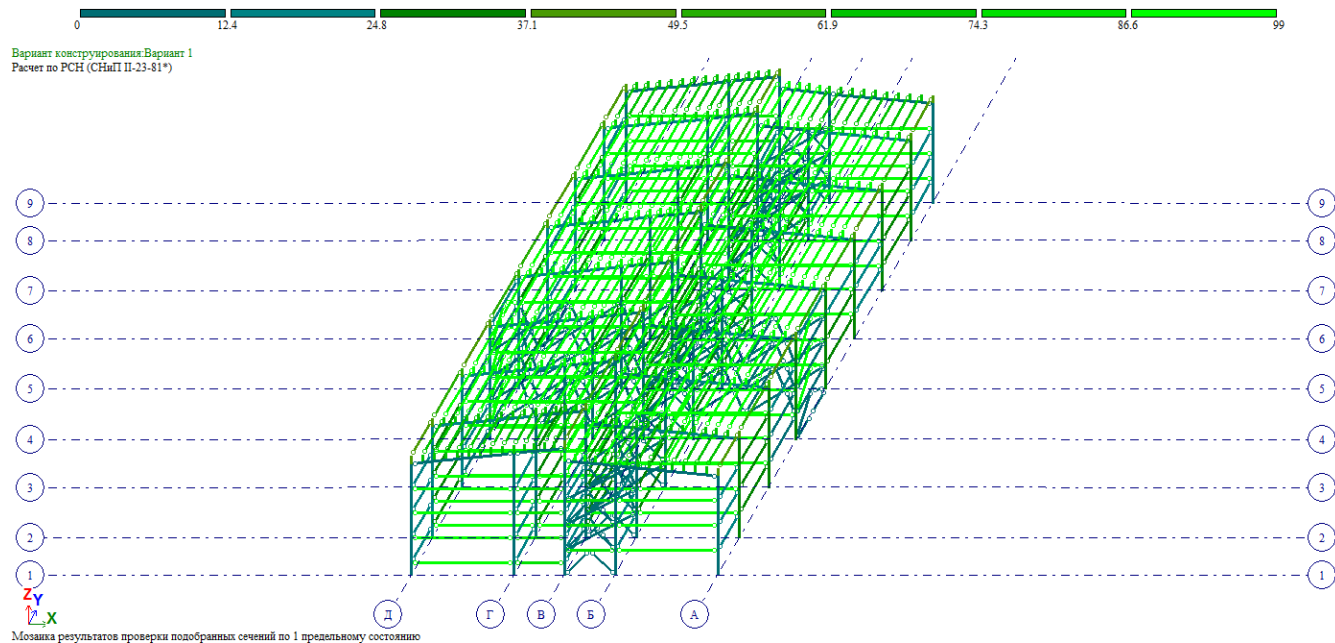
Подобранные сечения (Сталь) ✕

Схема  
Основная схема

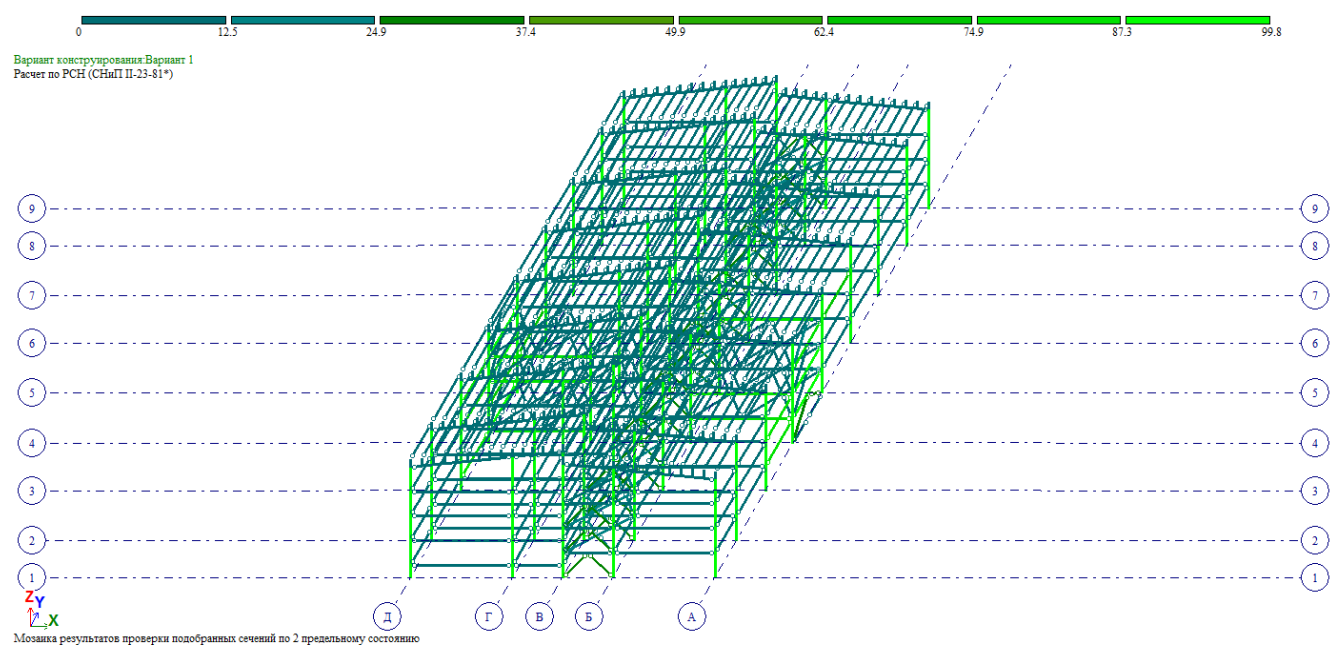
Показать ☒   

Текущие сечения		Подобранные сечения			
2. Коробка из швеллеров 5П		#	Профиль	Сталь	*
3. Коробка из швеллеров 14П		1	[25 x 26 x 2	C245	
5. Двутавр 20Б1 (Б1)		2	[25 x 26 x 2	C245	
6. Двутавр 40Б2 (Б2)		3	[40 x 20 x 2	C245	
7. Двутавр 26Б1 (Б3)		4	[40 x 20 x 3	C245	
8. Двутавр 30Б2 (Б4)		5	[40 x 30 x 2	C245	
9. Двутавр 10Б1 (Б1)		6	[45 x 31 x 2	C245	
10. Двутавр 12Б1 (Б6)		7	[63 x 21 x 2.2	C245	
11. Двутавр 35К1 (К1)		8	2[5П	ВСт3кп2	
12. Двутавр 40К1 (К2)		9	2[14П	ВСт3пс6	
13. Швеллер 40 x 20 x 3		10	2[5П	ВСт3пс6	
14. Швеллер 63 x 21 x 2.2		11	2[5П	ВСт3пс6	
		12	I10Б1	ВСт3пс6	
		13	I30К1	ВСт3кп2	
		14	I35К1	ВСт3кп2	
		15	I40К1	ВСт3кп2	
		16	I16Б1	ВСт3пс6	
		17	I20Б1	ВСт3пс6	
		18	I40Б1	ВСт3пс6	
		19	I40Б2	ВСт3пс6	
		20	I10Б1	ВСт3пс6	
		21	I18Б2	ВСт3пс6	
		22	I23Б1	ВСт3пс6	
		23	I26Б1	ВСт3пс6	
		24	I26Б2	ВСт3пс6	
		25	I30Б1	ВСт3пс6	
		26	I30Б2	ВСт3пс6	
		27	I10Б1	ВСт3пс6	
		28	I14Б1	ВСт3пс6	
		29	I10Б1	ВСт3пс6	

Рис 7.1 Подобранные сечения



**Рис 7.2 Мозаика результатов проверки подобранных сечений по 1 предельному состоянию**



**Рис 7.3 Мозаика результатов проверки подобранных сечений по 2 предельному состоянию**

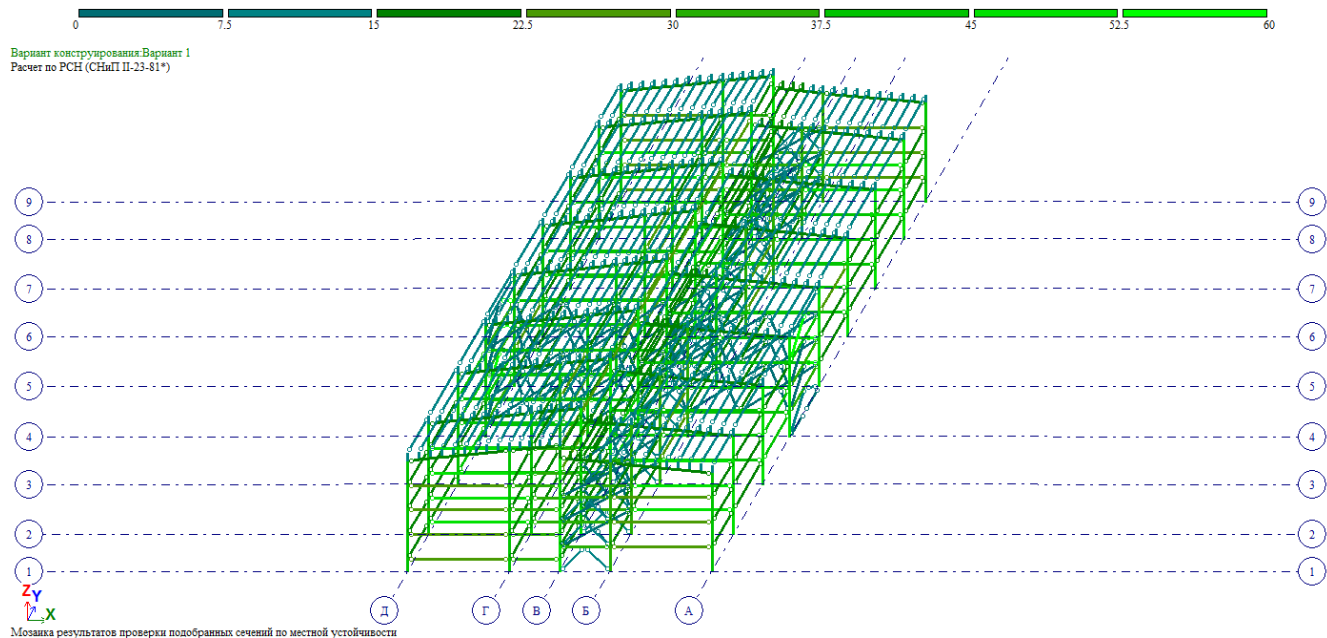


Рис 7.4 Мозаика результатов проверки подобранных сечений по местной устойчивости

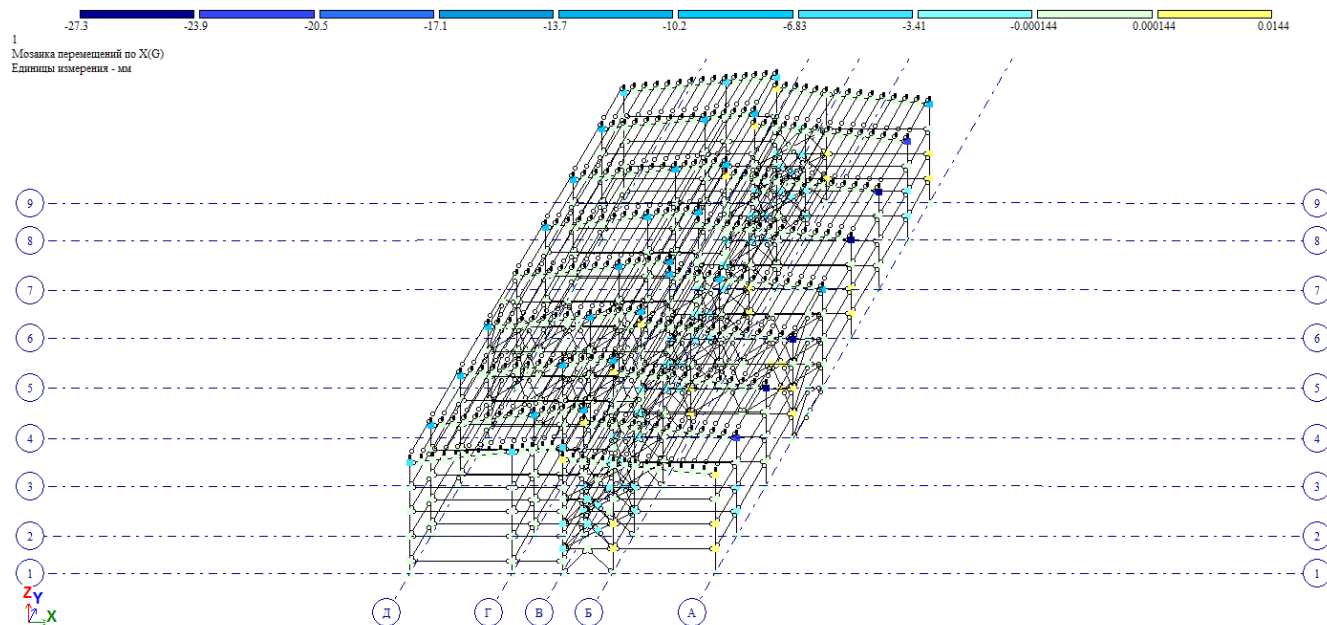


Рис 7.5 Мозаика перемещений по X

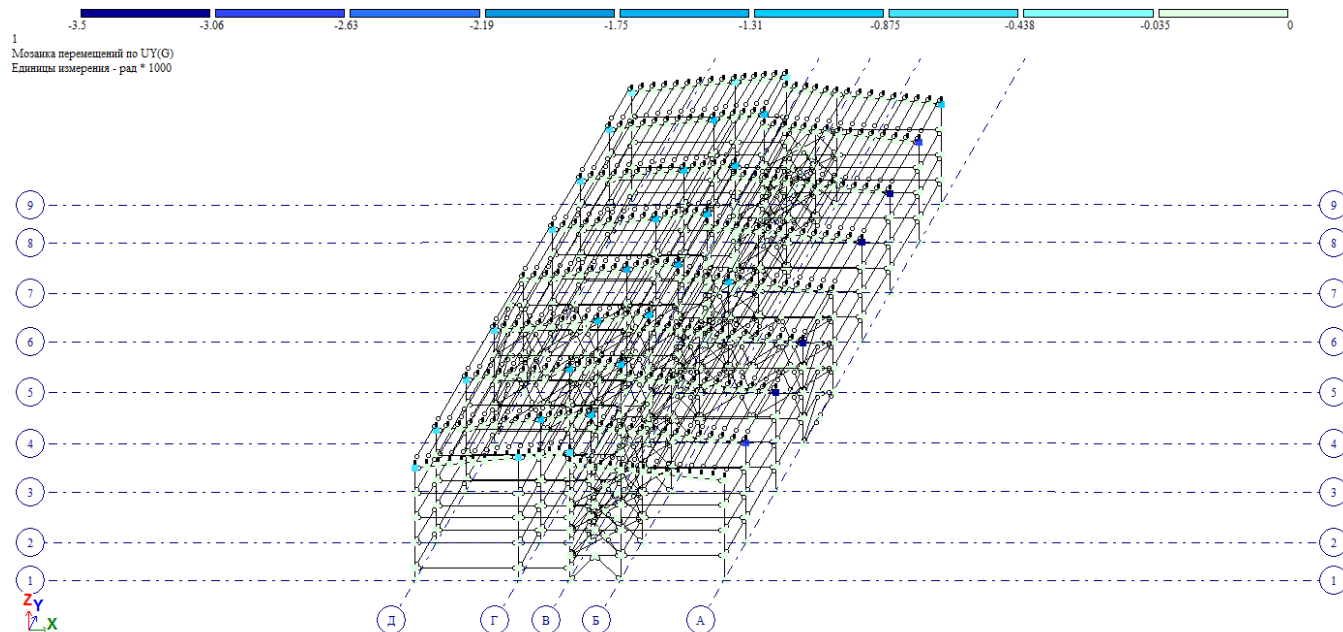


Рис 7.6 Мозаика перемещений по UY

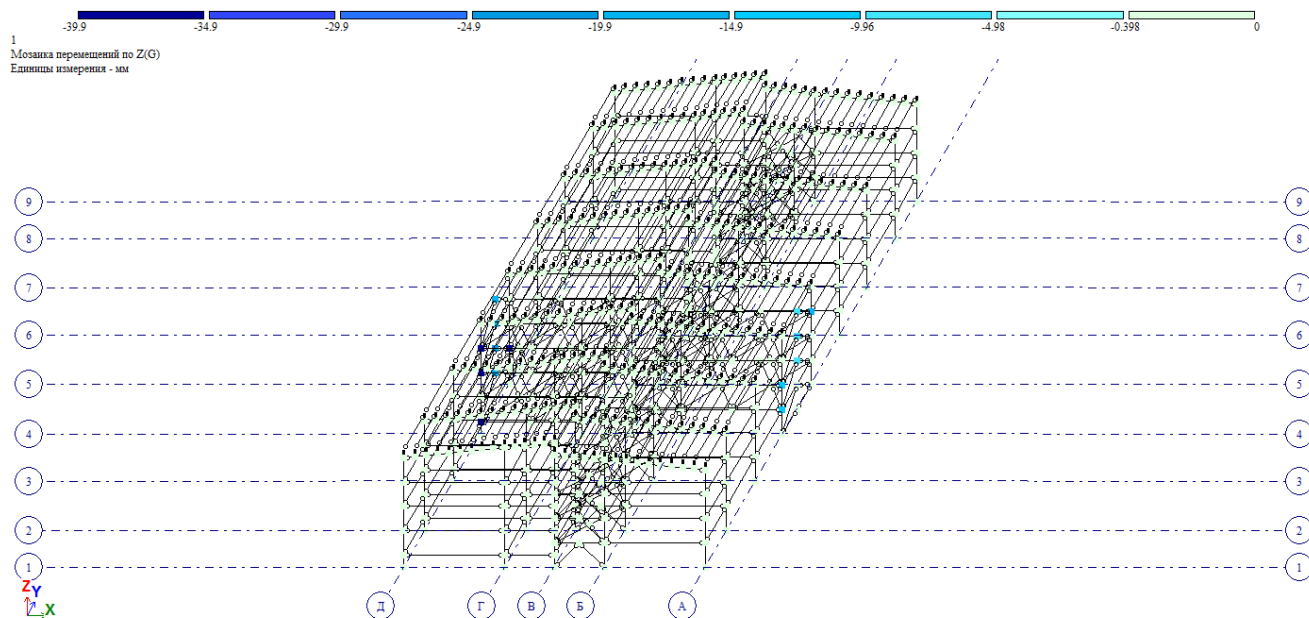


Рис 7.7 Мозаика перемещений по Z



1  
Эпюра  $M_y$   
Единицы измерения - кН\*м

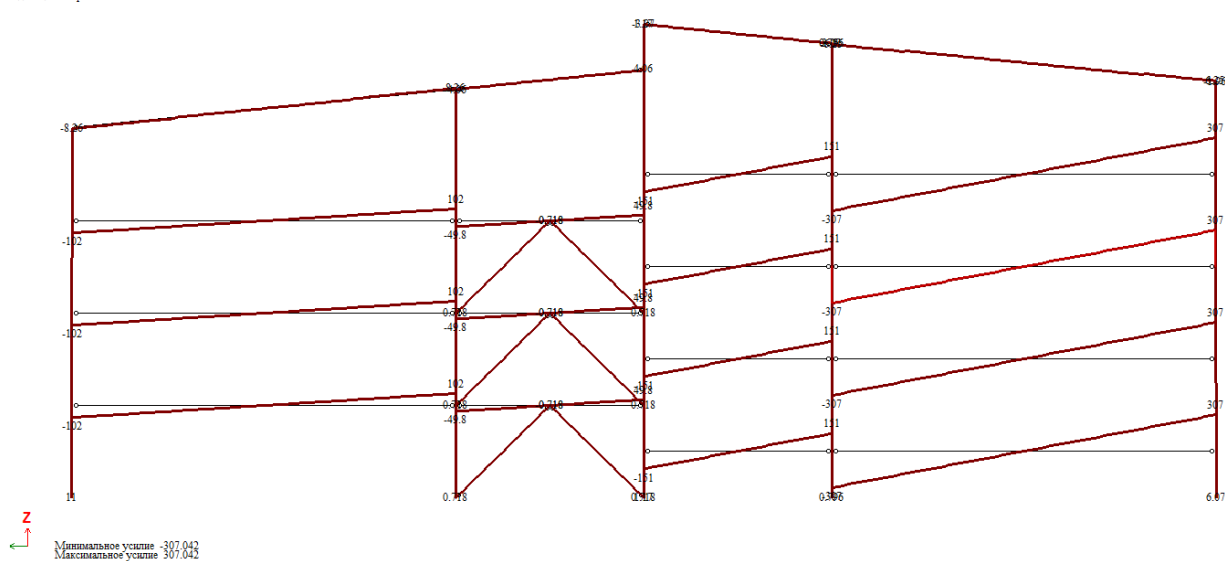
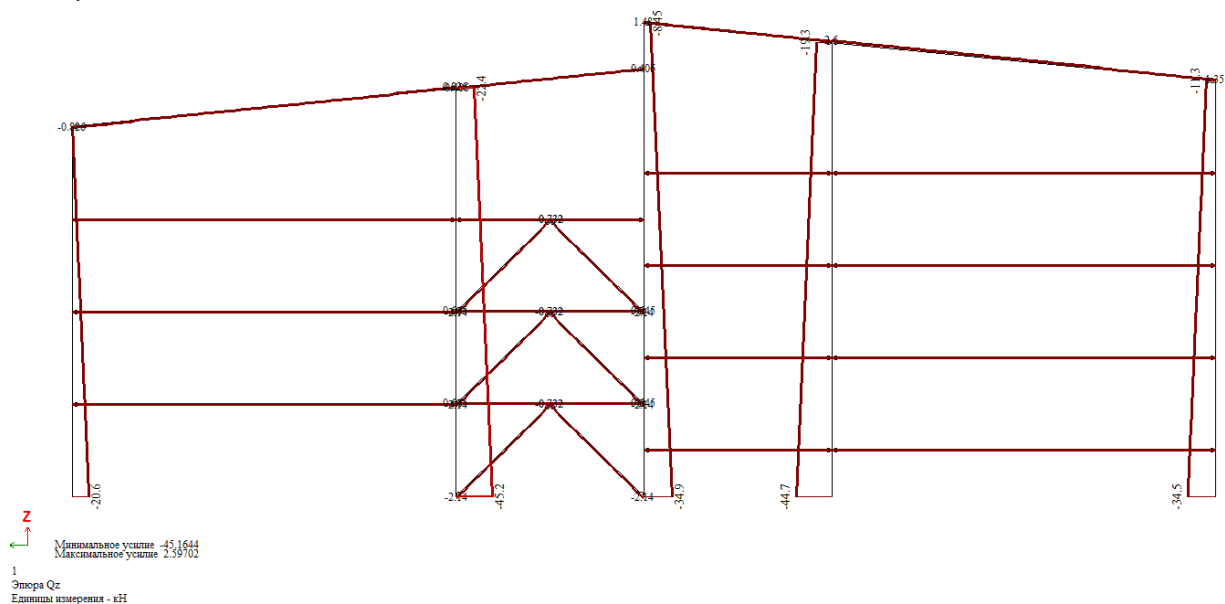
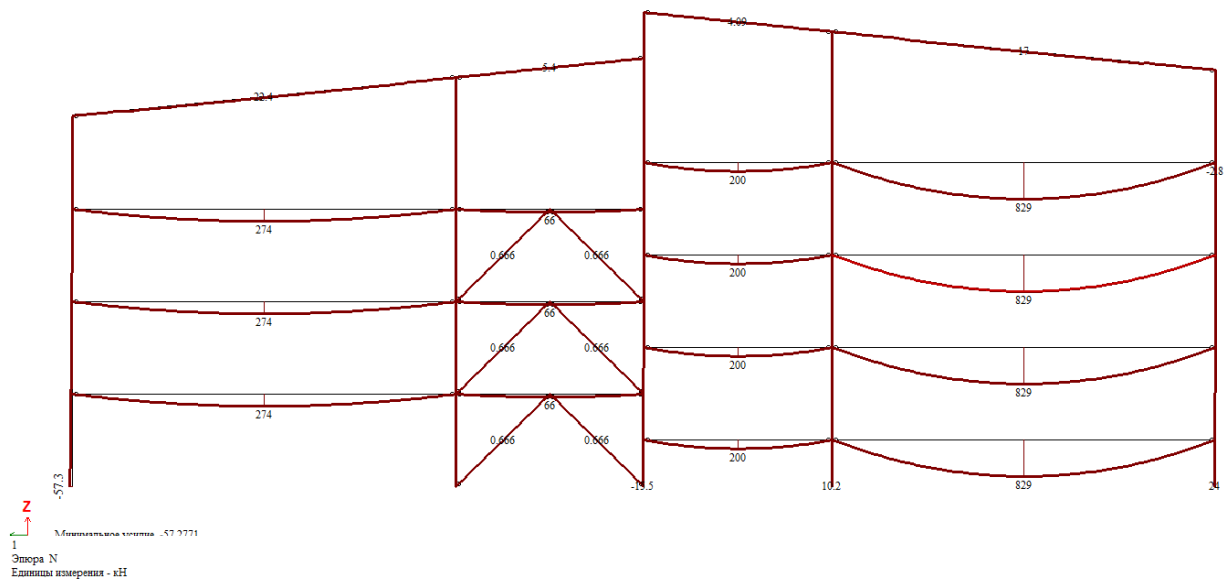


Рис 7.9 Эпюры  $M_y, N, Q$  по оси 2

1  
Эпюра  $M_y$   
Единицы измерения - кН\*м

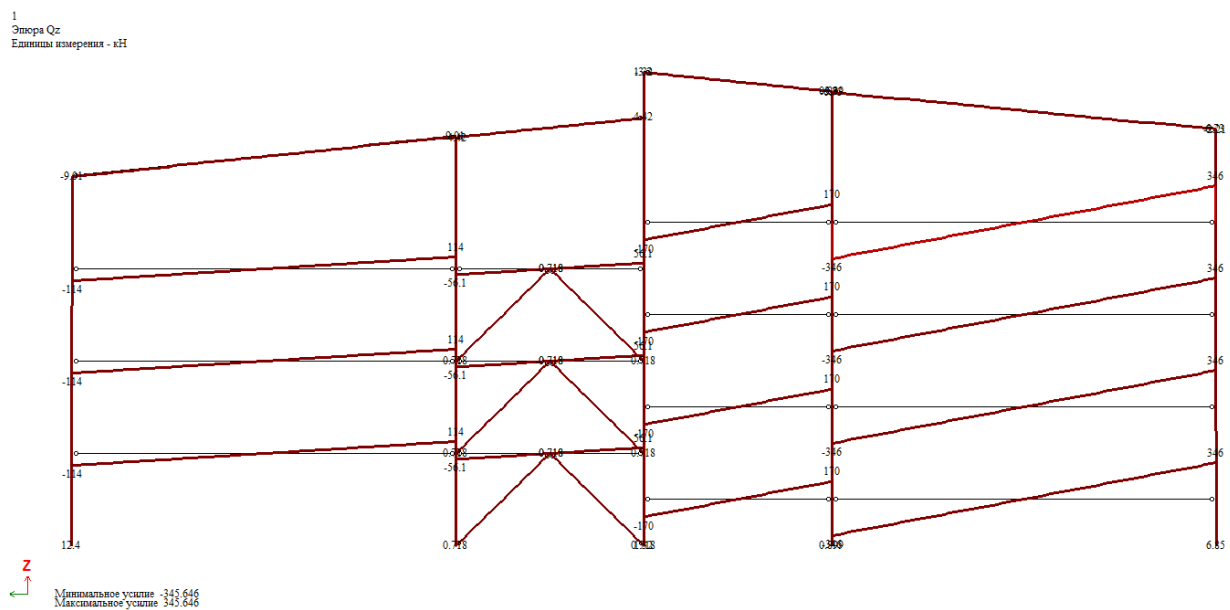
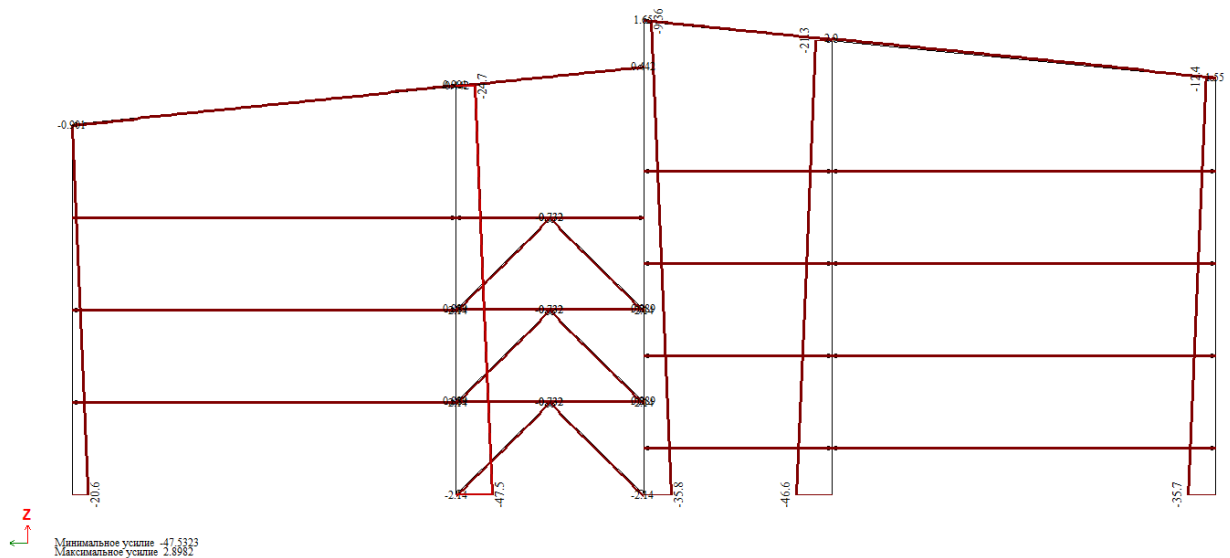
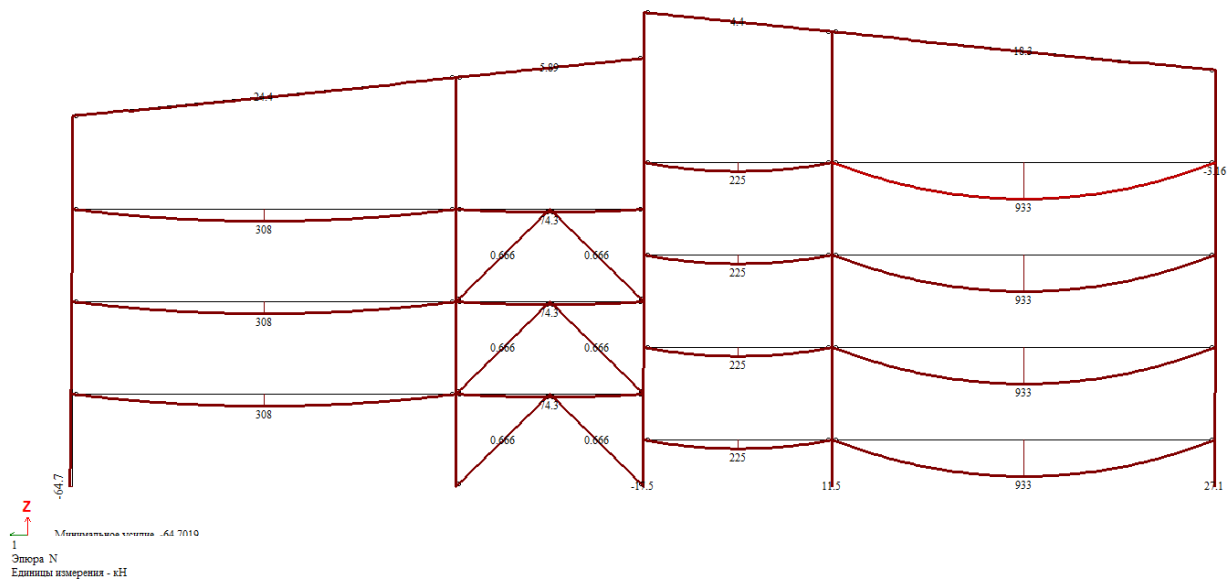


Рис 7.10 Эпюры  $M_y, N, Q$  по оси 3

1  
Эпюра  $M_y$   
Единицы измерения - кН\*м

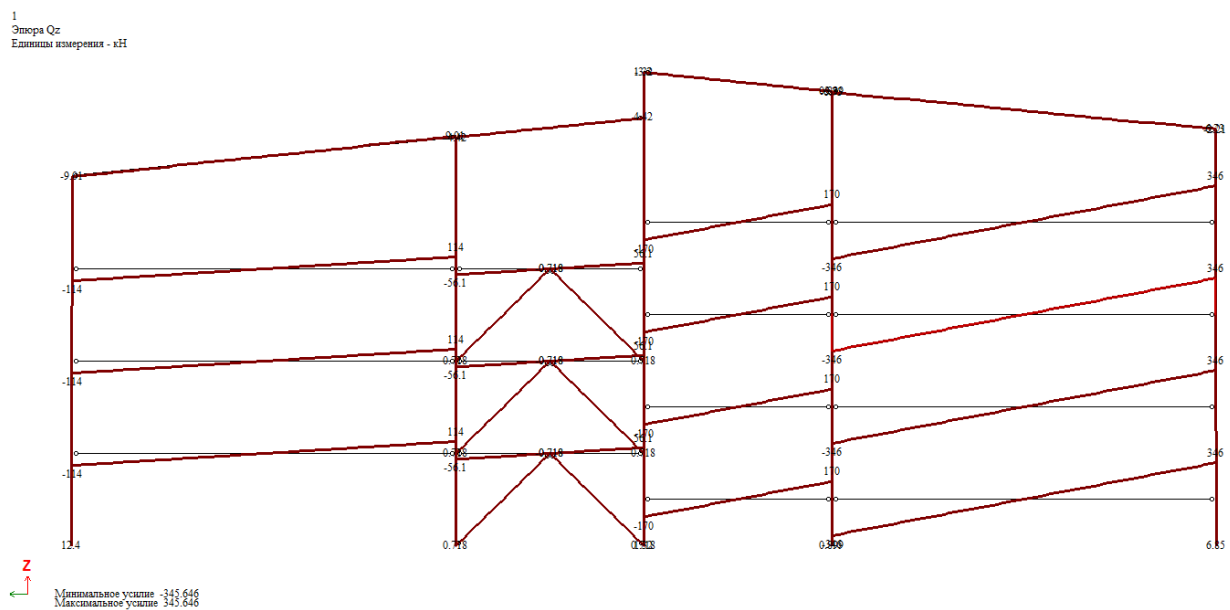
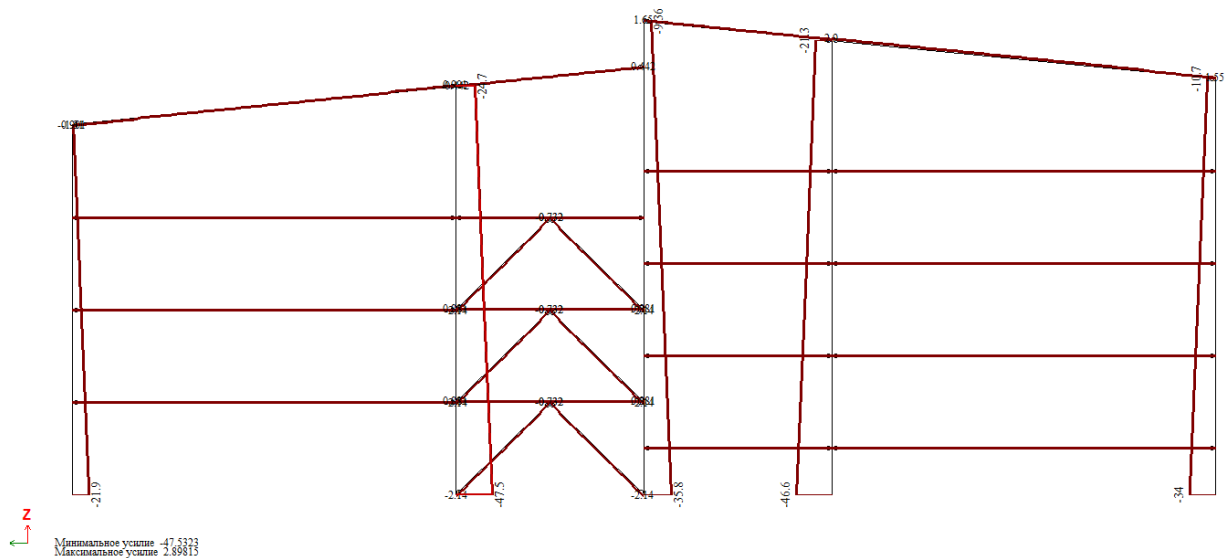
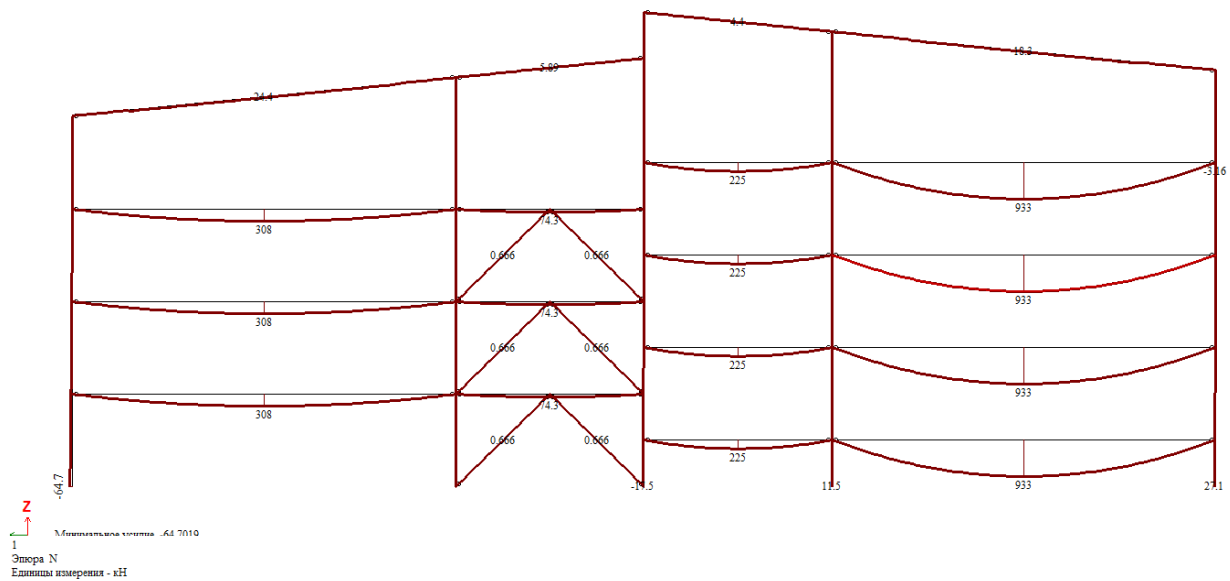
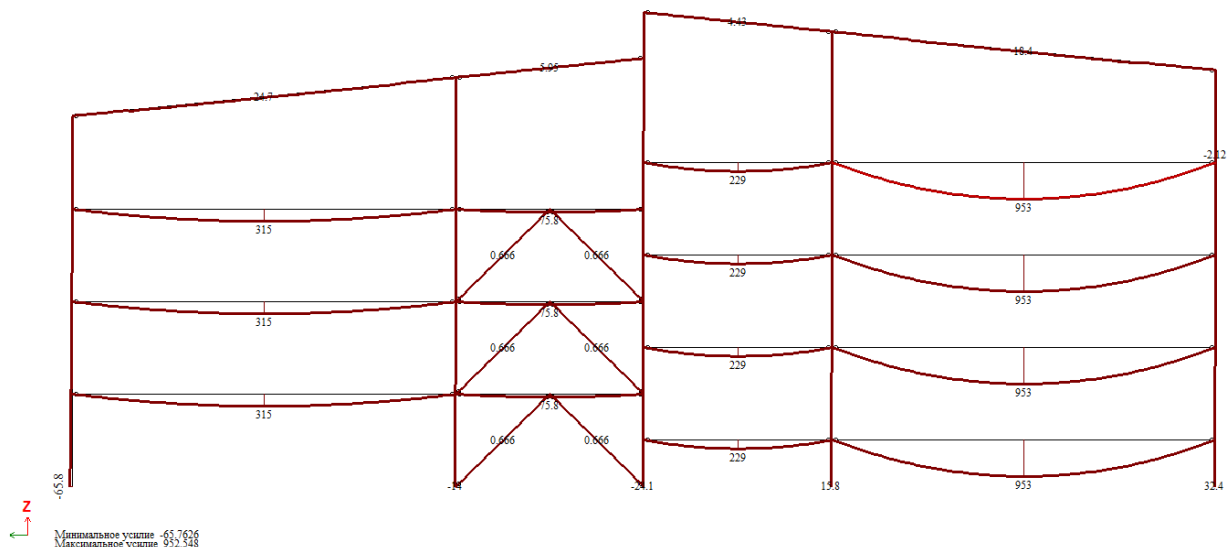
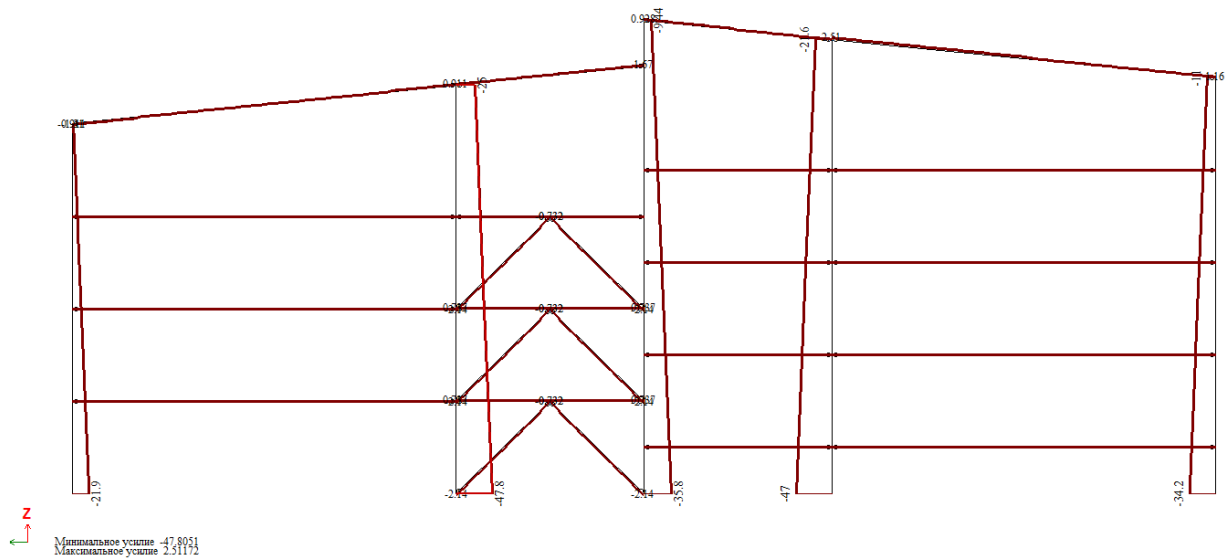


Рис 7.11 Эпюры  $M_y, N, Q$  по оси 4

1  
Эпюра  $M_y$   
Единицы измерения - кН\*м



1  
Эпюра  $N$   
Единицы измерения - кН



1  
Эпюра  $Q_z$   
Единицы измерения - кН

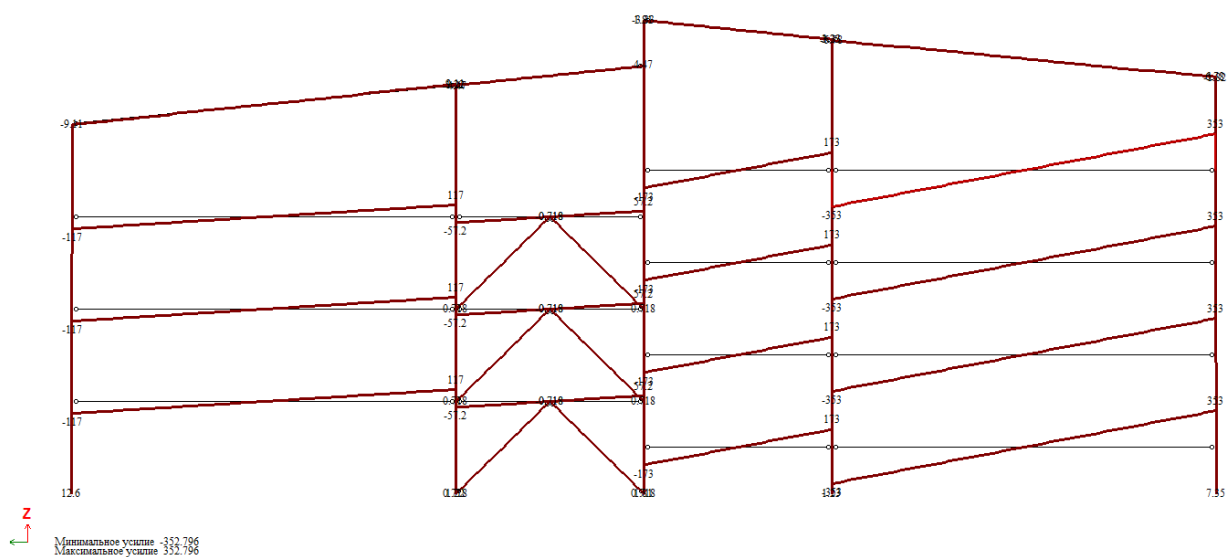


Рис 7.12 Эпюры  $M_y, N, Q$  по оси 5

1  
Эпюра  $M_y$   
Единицы измерения - кН\*м

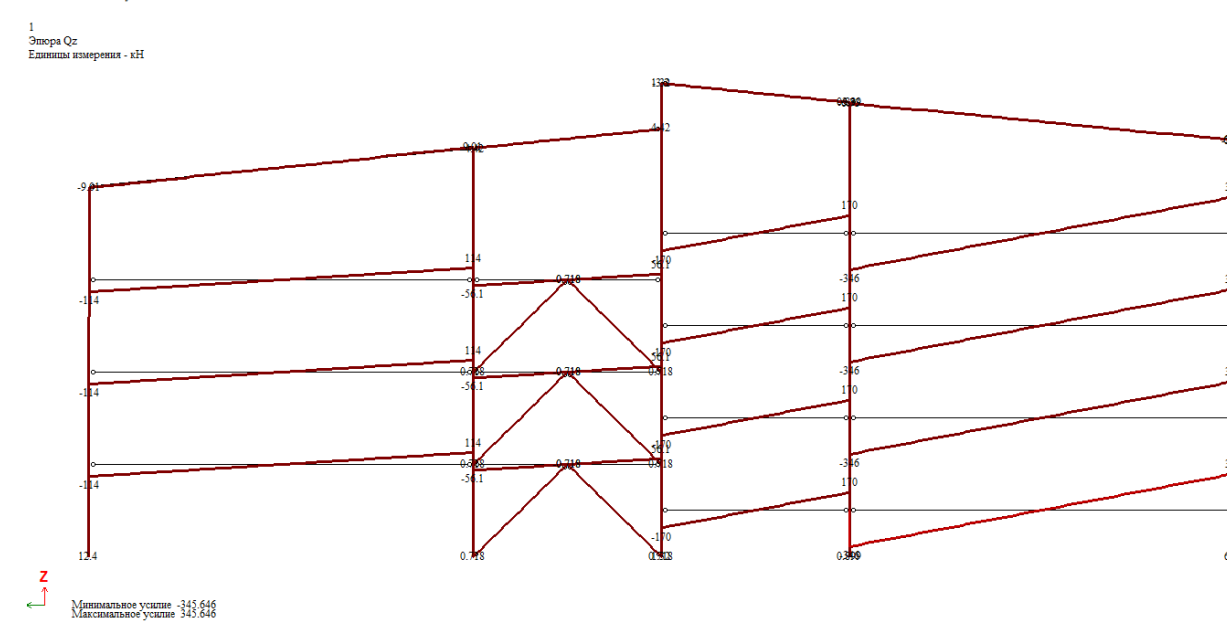
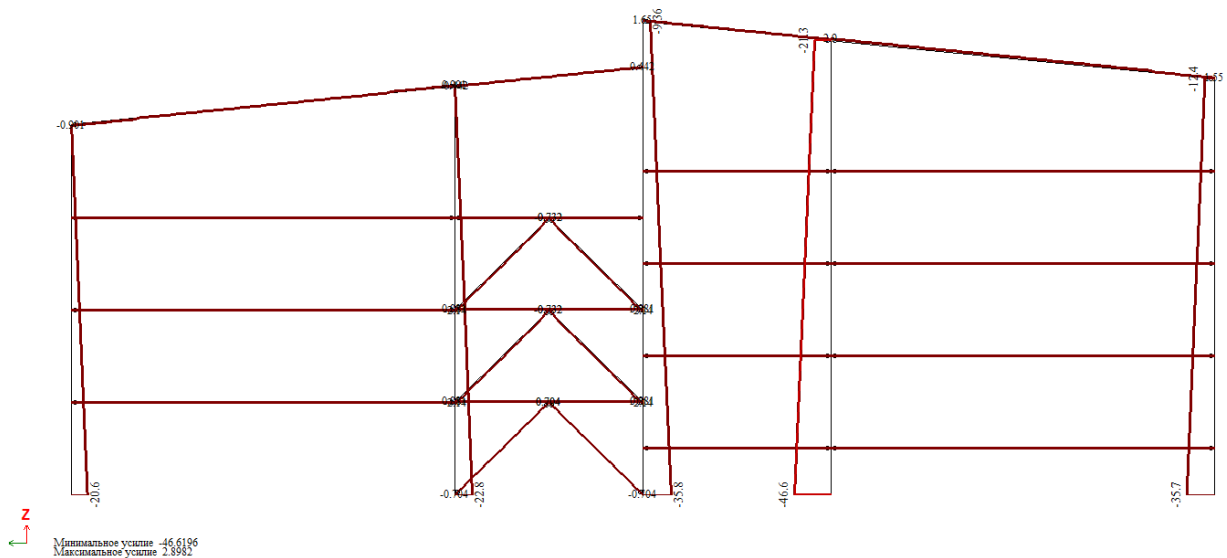
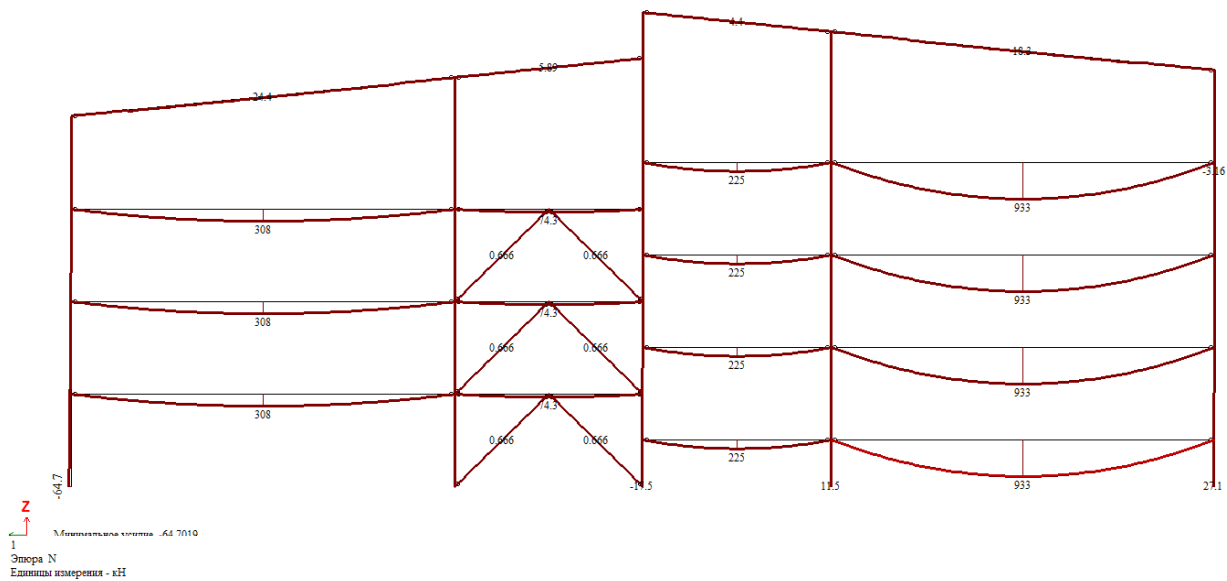


Рис 7.13 Эпюры  $M_y, N, Q$  по оси 6

1  
Эпюра  $M_y$   
Единица измерения - кН\*м

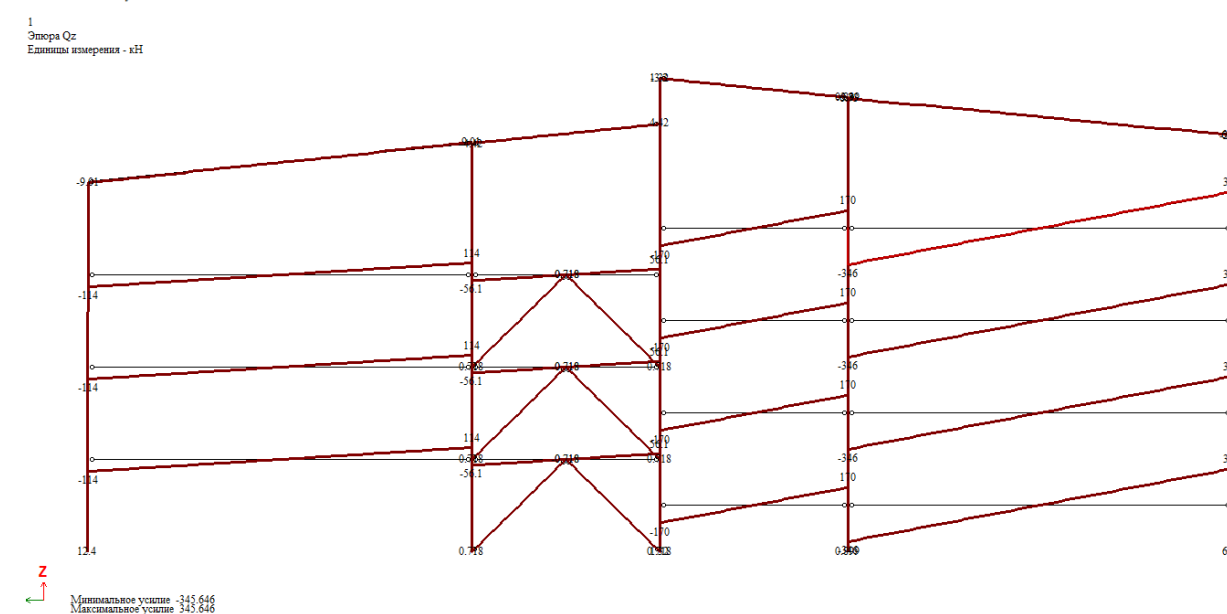
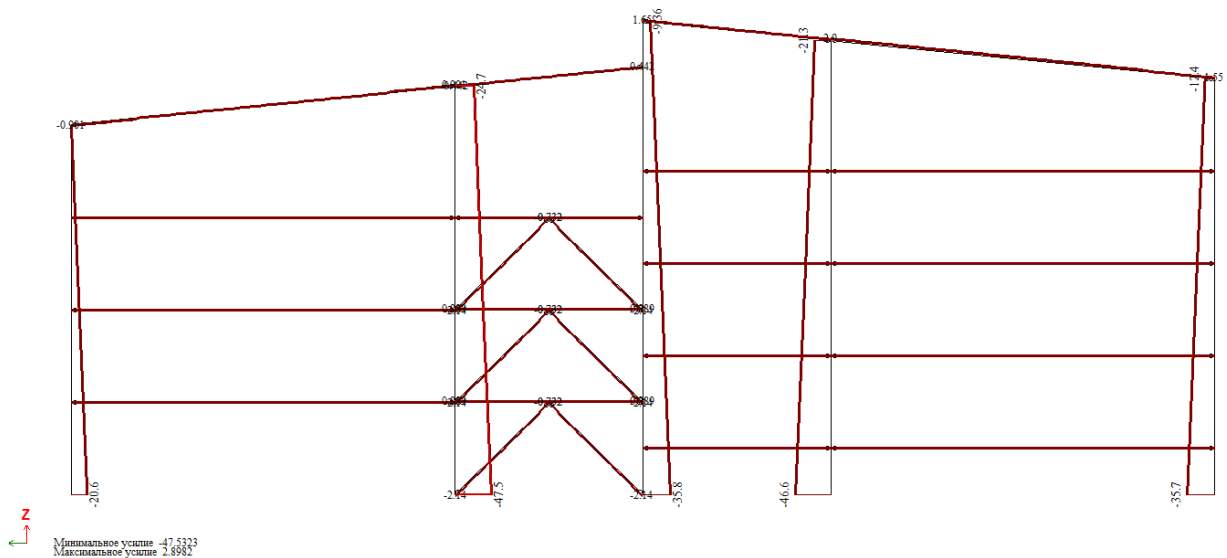
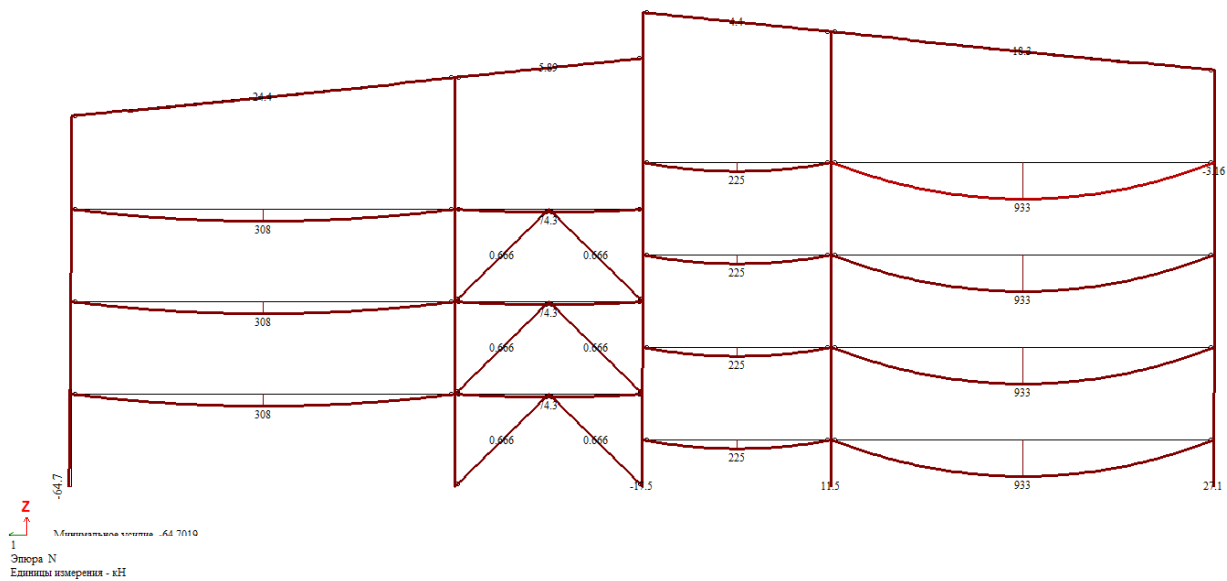


Рис 7.14 Эпюры  $M_y, N, Q$  по оси 7

1  
Эпюра  $M_y$   
Единицы измерения - кН\*м

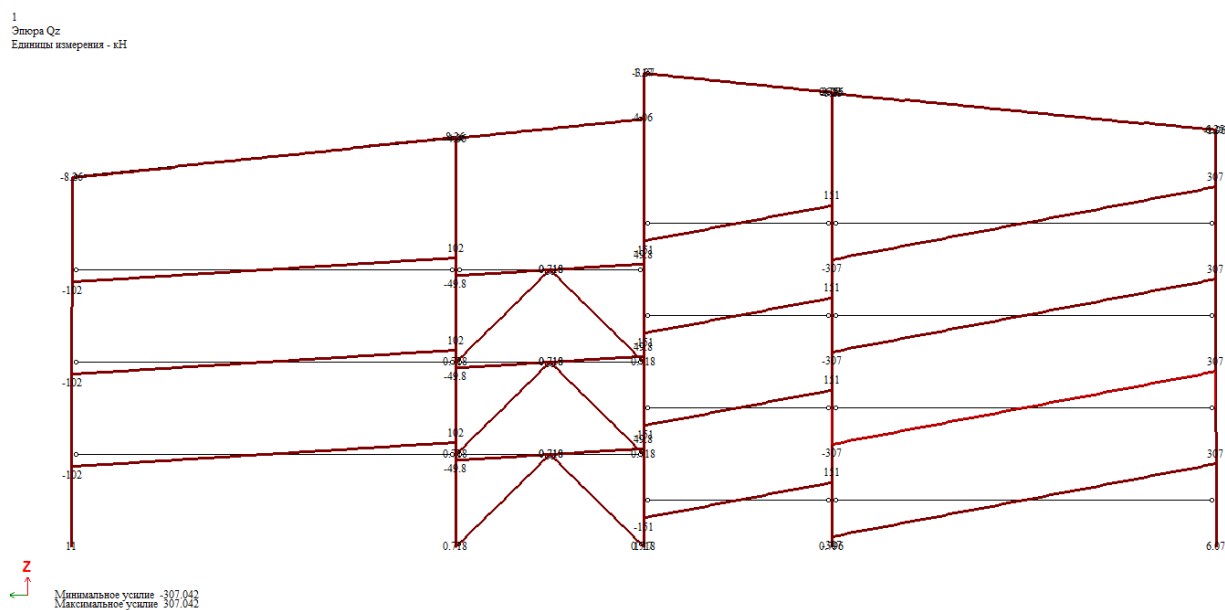
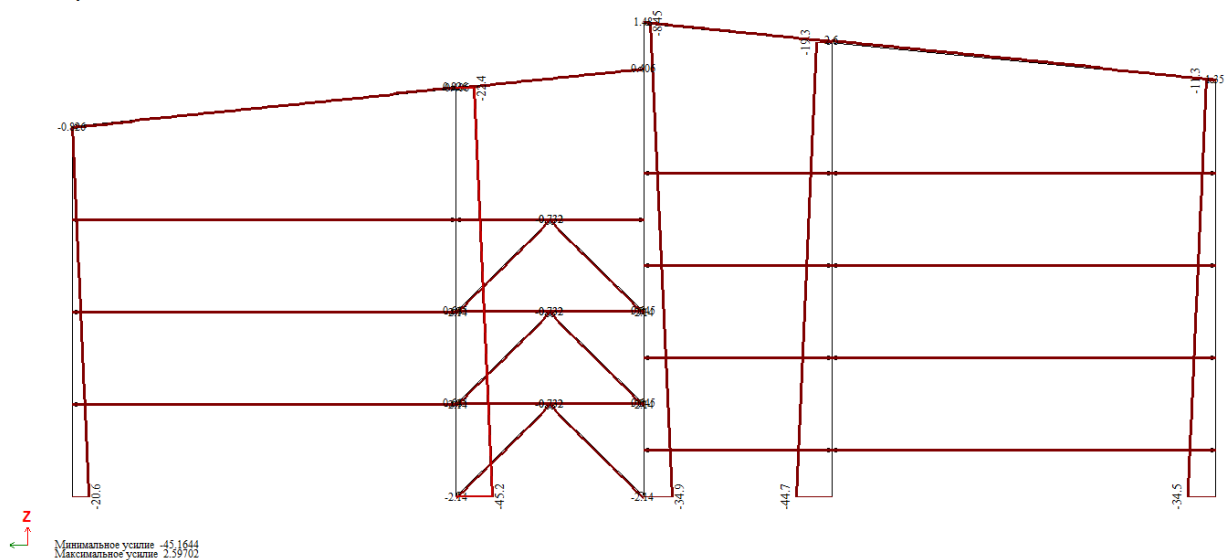
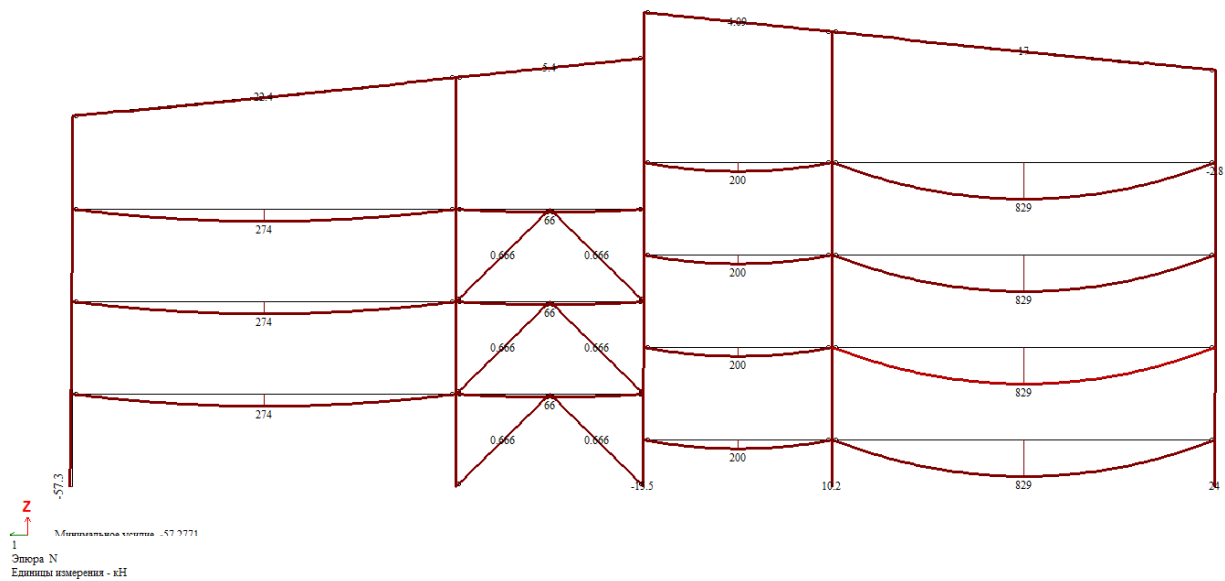
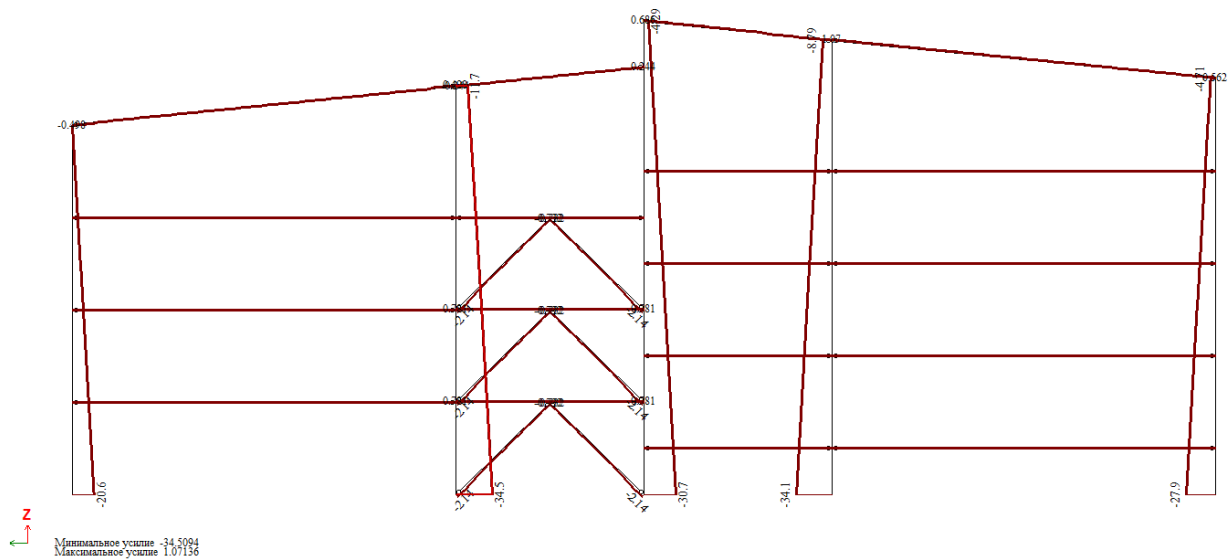
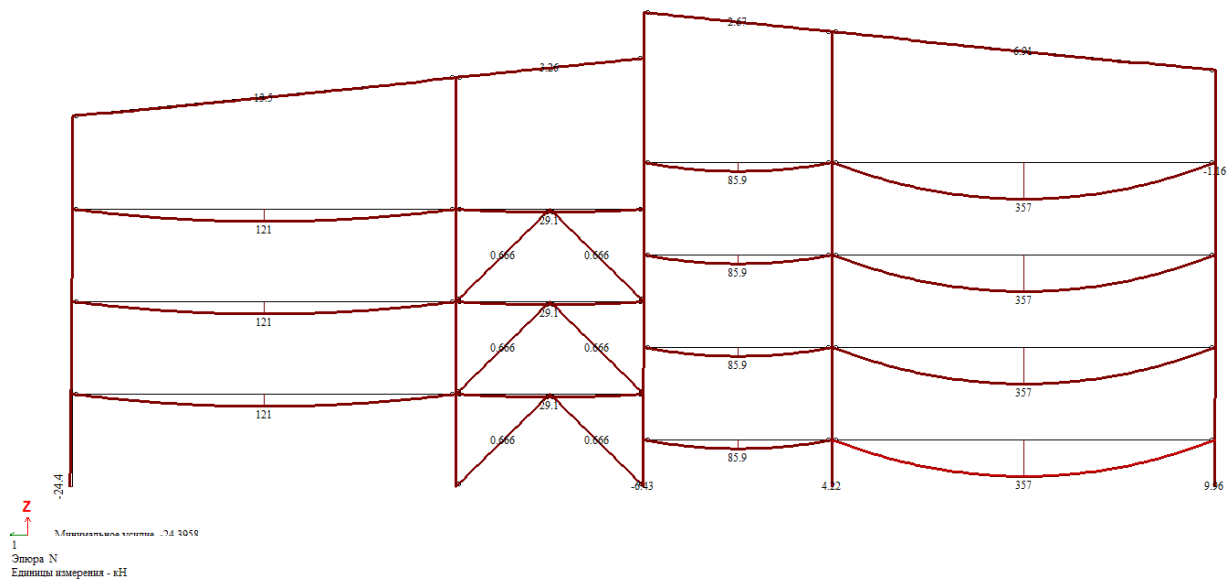


Рис 7.15 Эпюры  $M_y, N, Q$  по оси 8

1.  
Эпюра  $M_y$   
Единицы измерения - кН\*м



1.  
Эпюра  $Q_y$   
Единицы измерения - кН

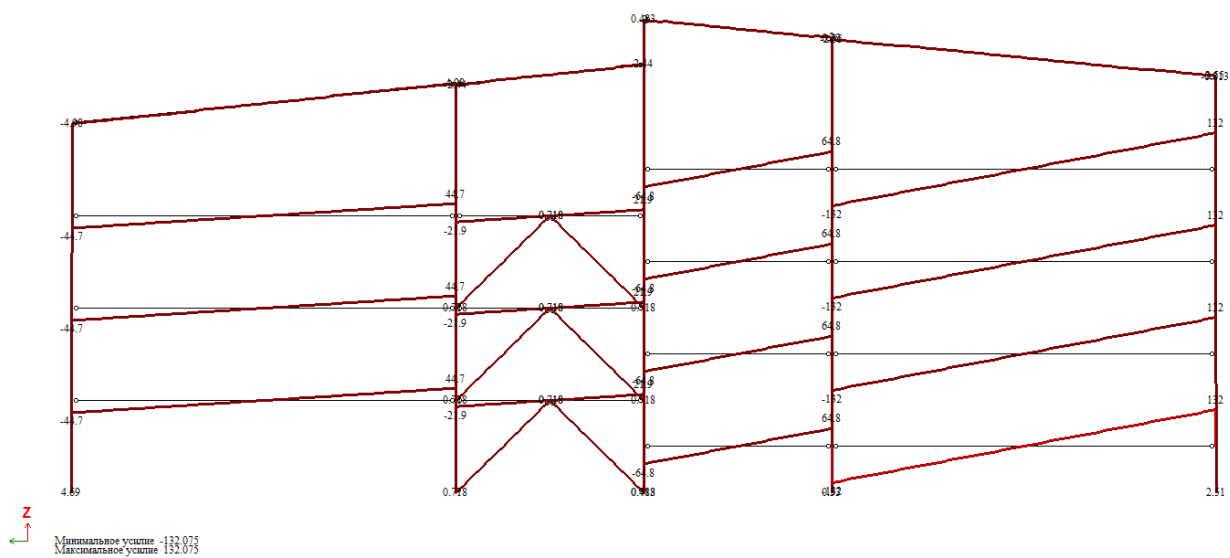
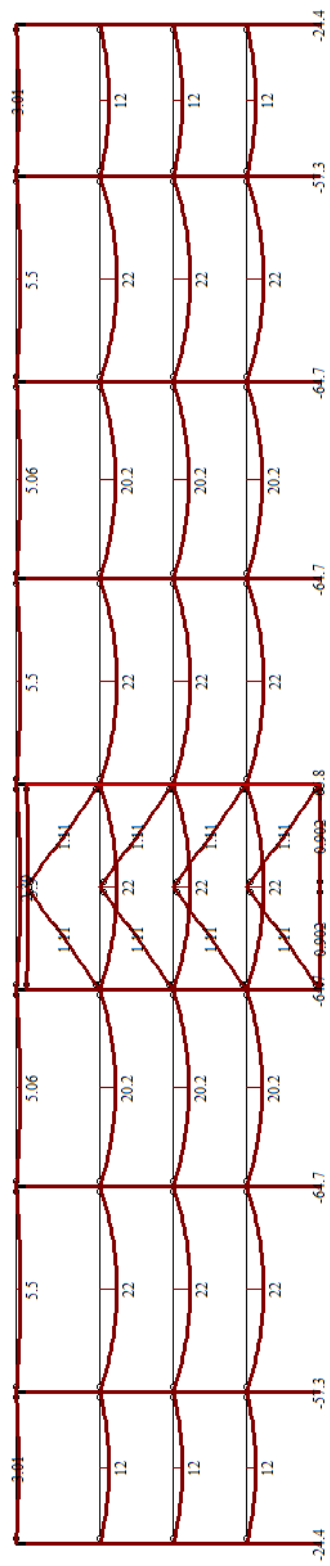


Рис 7.16 Эпюры  $M_y, N, Q$  по оси 9

1  
Опора Mu  
Единица измерения - кН\*м



Z  
Y  
Минимальное усилие -61.7636  
Максимальное усилие 21.9896

Рис 7.17 Эпюры Mu по оси A

**Z** **Y**  
 Минимальное усилие - 251.224  
 Максимальное усилие 247.04

K\_U\_27947890

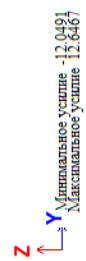


Рис 7.19 Эпюры  $Q$  по оси  $A$

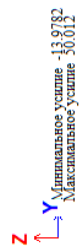
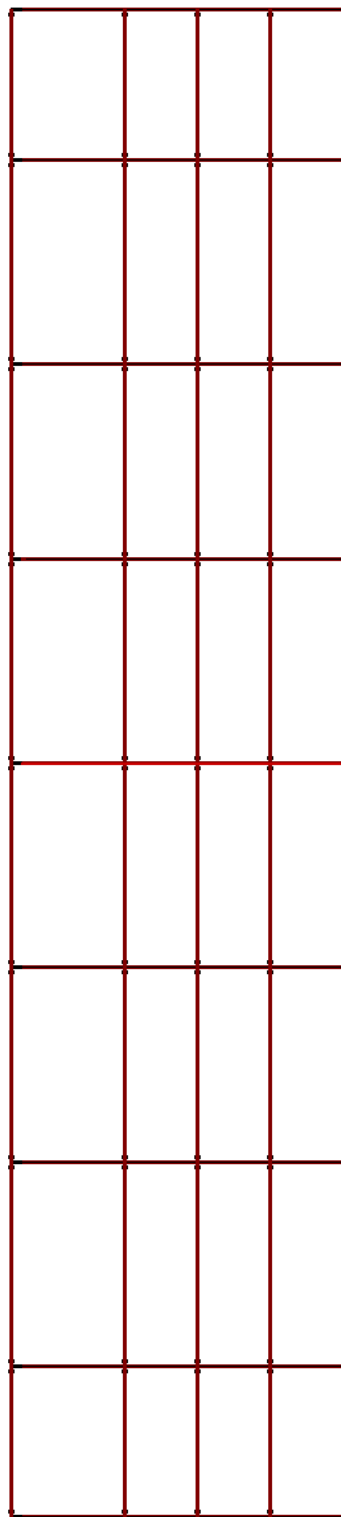


Рис 7.20 Эпюры  $M_y$  по оси Б

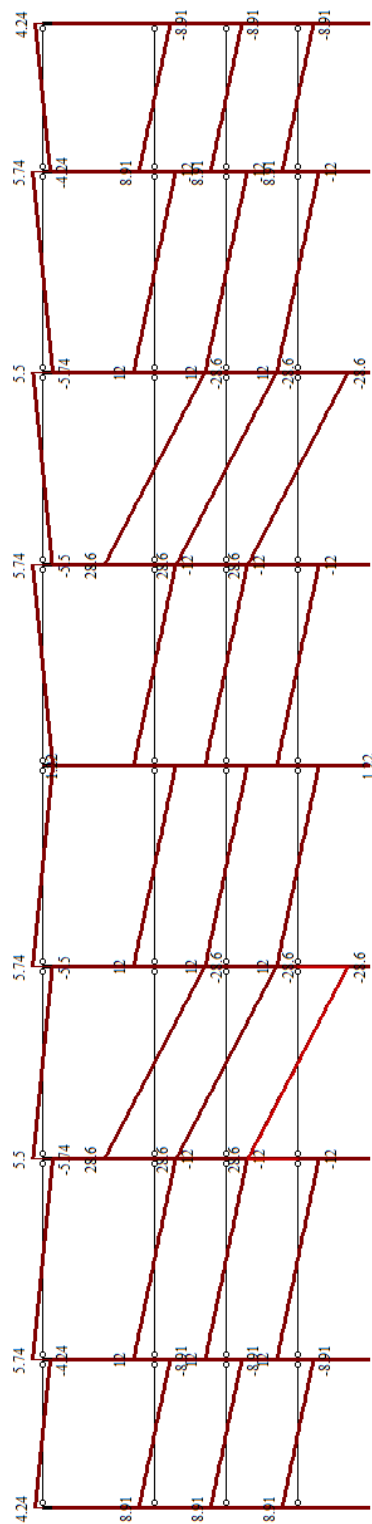
1  
Эпюра N  
Единицы измерения - кН



Z  
Y  
Максимальное усилие -47,8051

Рис 7.21 Эпюры N по оси Б

Эпоха Qz  
Длины измерения - кН



**Z** **Y**  
 Минимальное усилие - 28,5783  
 Максимальное усилие 28,5783

Рис 7.22 Эпюры  $Q$  по оси  $B$

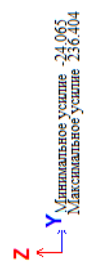
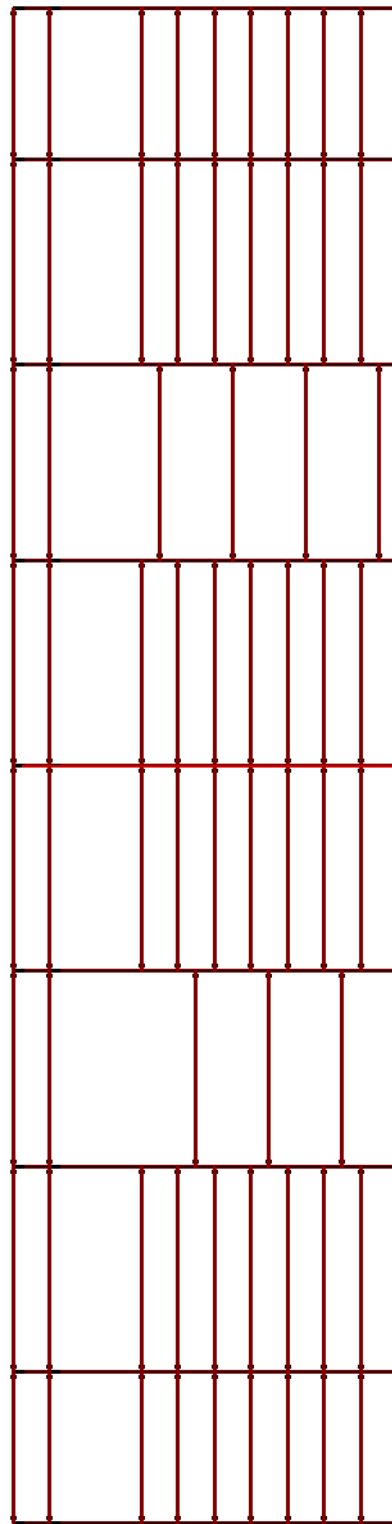


Рис 7.23 Эпюры  $M_y$  по оси  $B$

1  
Эпюра N  
Единицы измерения - кН



Z  
Y  
Минимальное усилие -35.8395

Рис 7.24 Эпюры N по оси B

Эпюра  $Q_z$

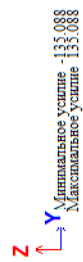
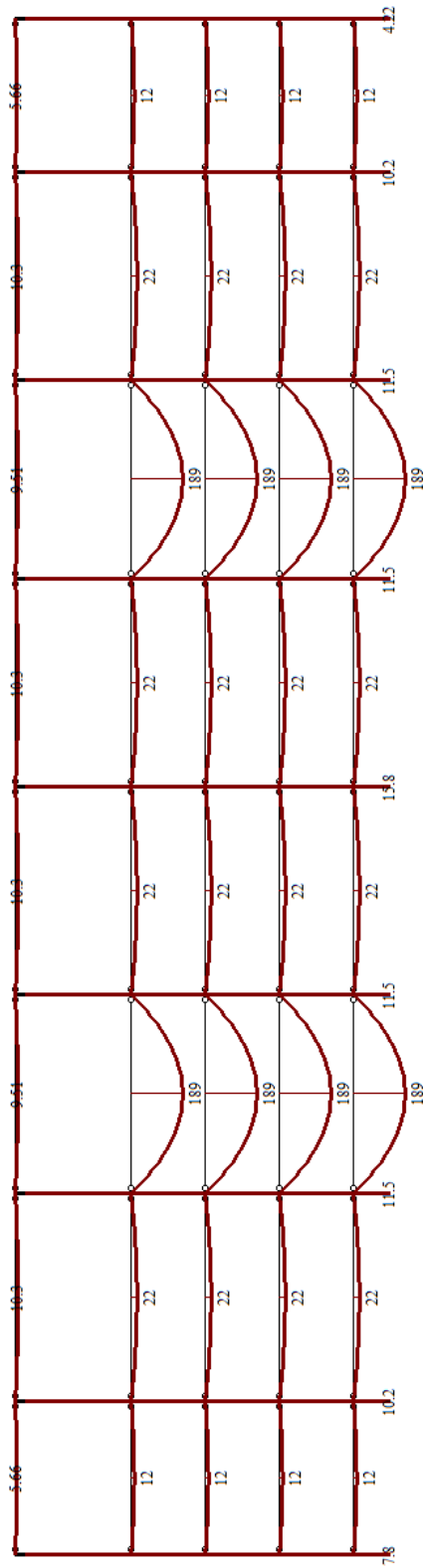


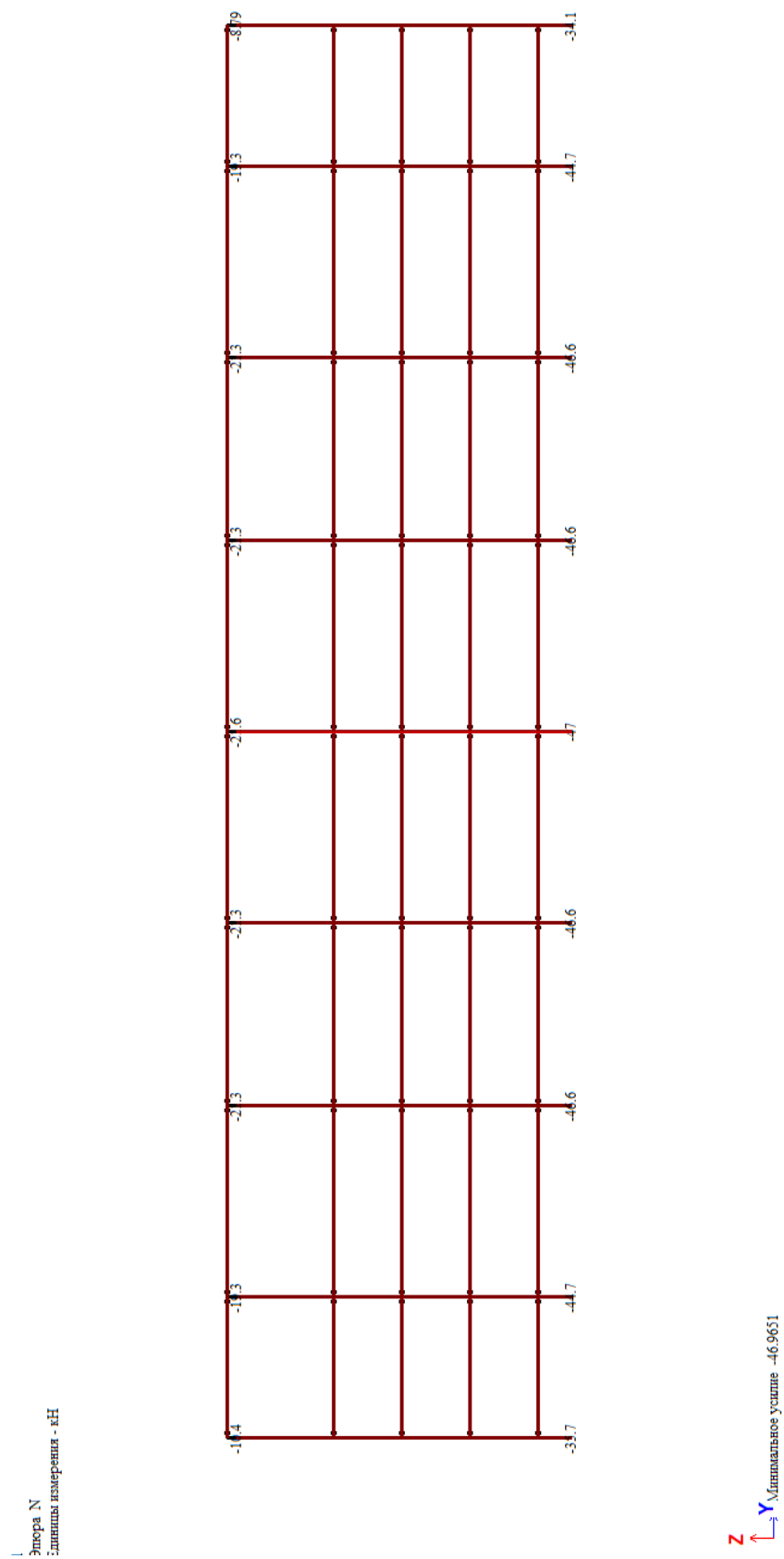
Рис 7.25 Эпюры  $Q$  по оси  $B$

1  
Эксеры  $M_y$   
Единица измерения - кН\*м



$Z$   $Y$   
Максимальное усилие 189.364

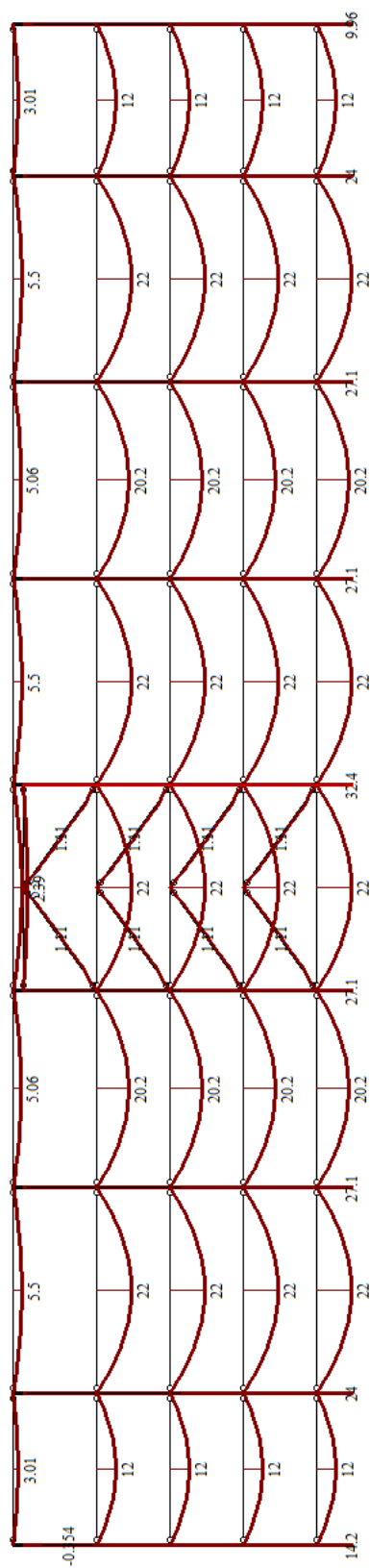
Рис 7.26 Эпюры  $M_y$  по оси  $\Gamma$



Y Минимальное усилие - 108.208  
Максимальное усилие 108.208


K\_U\_27947890

Эпюра  $M_y$   
длина измерения - кН\*м



$Z \rightarrow$   
 $Y \uparrow$   
 Минимальное усилие - 3.16437  
 Максимальное усилие 32.5511

Рис 7.29 Эпюры  $M_y$  по оси Д

**Z**  **Y** Минимальное усилие -657.451  
Максимальное усилие 653.267

K\_U\_27947890

2

## 8 Огнезащита стальных конструкций

Конструкция					Огнезащитная краска "Булат", ТУ-2313-001- 51086397-15	
Профиль	Размеры профиля	Приведенная толщина, мм	R собств, мин	Rтр, мин	толщина покрытия	Расход состава кг/м <sup>2</sup>
двутавр	35К1	6,877	11,25	R15	0,3	0,51
двутавр	40К1	8,052	12,66	R15	0,3	0,51
двутавр	20Б1	3,527	7,527	R15	0,55	0,94
двутавр	40Б2	5,404	9,48	R15	0,35	0,6
двутавр	25Б1	3,399	7,399	R15	0,59	1,01
двутавр	30Б2	4,017	8,017	R15	0,5	0,85
двутавр	10Б1	2,582	7	R15	0,68	1,16
коробка из швеллеров	14П	3,184	7,184	R15	0,6	1,02

Согласно СП 2.13130.2012 для многоэтажной надземные стоянки открытого типа для легковых автомобилей площадью этажа до 2000 м<sup>2</sup>. степень огнестойкости здания принимается IV, что соответствует пределу огнестойкости несущих конструкций здания R15.