



**Закрытое акционерное общество  
«Строительно-Проектная Компания  
«СПК»**

**СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ  
*ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ***

**Договор № \_\_\_\_\_**

**Адрес объекта: \_\_\_\_\_**

**(стадия П)**

Директор:

Горский А.В.

Выполнил:

Борисов И.В.

Санкт-Петербург

2010 г.

# СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ.....	2
1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦИЙ.....	3
1.1. РАСЧЕТНАЯ СХЕМА .....	7
1.2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.....	10
1.3. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА .....	20
1.3.1. УСИЛИЯ В КОЛОННАХ .....	21
1.3.2. УСИЛИЯ В БАЛКАХ ПЕРЕКРЫТИЯ НА ОТМ 9,00 (8,40) М. ....	27
1.3.3. УСИЛИЯ В БАЛКАХ ПЕРЕКРЫТИЯ НА ОТМ. 12.60 М.....	32
1.3.4. УСИЛИЯ В БАЛКАХ ПЕРЕКРЫТИЯ НА ОТМ. 16.20 М.....	37
1.3.5. УСИЛИЯ В БАЛКАХ ПЕРЕКРЫТИЯ НА ОТМ. 22.20 М.....	42
1.3.6. УСИЛИЯ В БАЛКАХ ПОКРЫТИЯ. ....	47
1.3.7. УСИЛИЯ В КИРПИЧНЫХ СТЕНАХ. ....	51
1.3.8. НАГРУЗКИ НА СВАЙНОЕ ПОЛЕ. ....	55
2. ПОВЕРОЧНЫЕ РАСЧЕТЫ.....	56
2.1. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ СТАЛЬНОЙ КОЛОННЫ К1 .....	56
2.2. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ СТАЛЬНОЙ КОЛОННЫ К2 .....	61
2.3. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ГЛАВНОЙ (СРЕДНЕЙ) БАЛКИ ПЕРЕКРЫТИЯ НА ОТМ. 8.20 (Б3- Б5) .....	66
2.4. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ГЛАВНОЙ (КРАЙНЕЙ) БАЛКИ ПЕРЕКРЫТИЯ НА ОТМ. 8.20 (Б10- Б12) .....	70
2.5. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ВТОРОСТЕПЕННЫХ БАЛОК ПЕРЕКРЫТИЙ (Б24- Б28) ..	74
2.6. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ВТОРОСТЕПЕННЫХ БАЛОК ПЕРЕКРЫТИЯ НА ОТМ 18,20 (Б18- Б20) .....	78
2.7. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ГЛАВНЫХ (СРЕДНИХ) БАЛОК ПЕРЕКРЫТИЙ НА ОТМ. 12.40 И 16.00 (Б6- Б8).....	82
2.8. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ГЛАВНЫХ (КРАЙНИХ) БАЛОК ПЕРЕКРЫТИЙ НА ОТМ. 12.40 И 16.00 (Б13,Б13.1, Б13.2).....	86
2.9. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ГЛАВНЫХ (СРЕДНИХ) БАЛОК ПЕРЕКРЫТИЯ НА ОТМ. 22,20 (Б1, Б2).....	90
2.10. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ГЛАВНЫХ (КРАЙНИХ) БАЛОК ПЕРЕКРЫТИЯ НА ОТМ. 22,20 (Б3.1, Б4.1).....	94
2.11. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ГЛАВНЫХ (СРЕДНИХ) БАЛОК ПОКРЫТИЯ (Б14-Б16)..	98
2.12. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ГЛАВНЫХ (КРАЙНИХ) БАЛОК ПОКРЫТИЯ (Б21-Б23)	103
2.13. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ПРОГОНОВ ПОКРЫТИЯ .....	107

# 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦИЙ.

Определение усилий выполнялось с использованием интегрированной системы анализа конструкций «SCAD 11.1».

При выборе расчетной схемы и сборе нагрузок были применены следующие допущения:

1. Расчетная схема пространственная, задана стержневыми и пластинчатыми конечными элементами. Собственный вес элементов учтен при задании их геометрических характеристик и средней плотности материалов.

2. Временные нагрузки без коэффициентов сочетания:

– на кровлю (снеговая для III-го района по «СНиП 2.01.07-85\*» с изменением №2, принятым и введенным в действие с 01 июля 2003 г. постановлением Госстроя РФ №45 от 29 мая 2003 г.) – расчетная нагрузка  $180 \text{ кг/м}^2$  горизонтальной поверхности;

– ветровая (для района Ia по СНиП 2.01.07-85\*) – нормативная нагрузка  $17 \text{ кг/м}^2$ ;

– нагрузка на перекрытие (нормативная для служебных помещений) –  $200 \text{ кг/м}^2$ ;

– нагрузка на перекрытие (по тех.заданию для перекрытий и площадок обслуживания) –  $400 \text{ кг/м}^2$ , на отдельных участках до  $700 \text{ кг/м}^2$ ;

– узловая нагрузка от оборудования на элементы каркаса здания по техническому заданию 1404.45559 -ТХ2.ЗД2.

3. Коэффициенты надежности к постоянным и временным нагрузкам и коэффициенты сочетания нагрузок учитывались отдельно в разделе расчета “Комбинации загружений” и приняты в соответствии со СНиП 2.01.07-85\* «Нагрузки и воздействия»:

– для ветровых нагрузок –  $g_f=1,4$ ;

– для временных нагрузок на межэтажное перекрытие –  $g_f=1,2$ ;

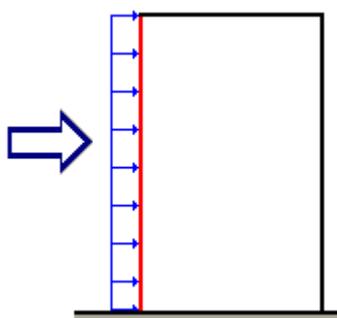
– для крановых нагрузок –  $g_f=1,1, k_d=1.1$ .

4. Однотипные элементы расчетной схемы объединялись в группы и для каждой группы были определены максимальные усилия. Усилия для максимально нагруженных элементов представлены отдельно. Исходные данные и результаты расчета представлены в графической и табличной формах.

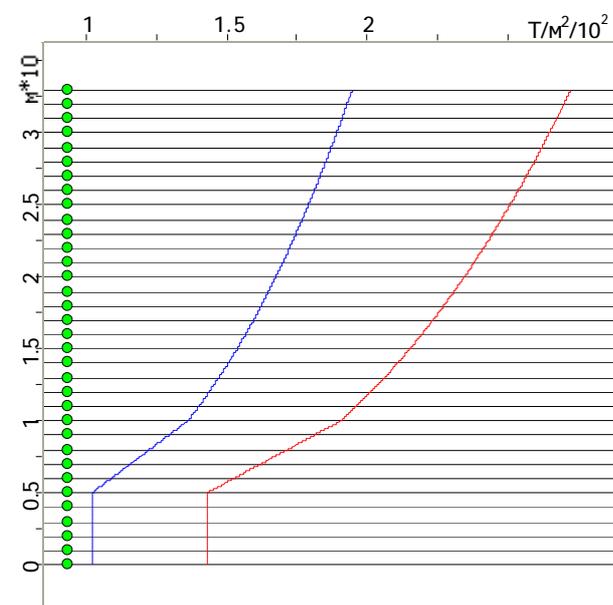
## Ветровая нагрузка

Расчет выполнен по нормам проектирования "СНиП 2.01.07-85\* с изменением №2"

Исходные данные	
Ветровой район	Ia
Нормативное значение ветрового давления	0,017 Т/м <sup>2</sup>
Тип местности	A - открытые побережья морей, озер и водохранилищ, пустыни, степи, лесостепи, тундра
Тип сооружения	Вертикальные и отклоняющиеся от вертикальных не более чем на 15° поверхности

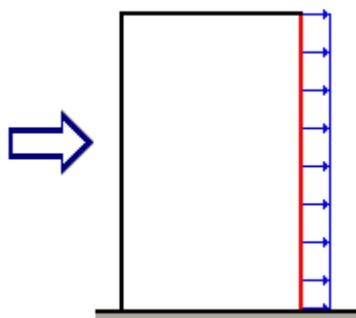


Параметры	
Поверхность	Наветренная поверхность
Шаг сканирования	1 м
Коэффициент надежности по нагрузке $\gamma_f$	1,4
H	33 м

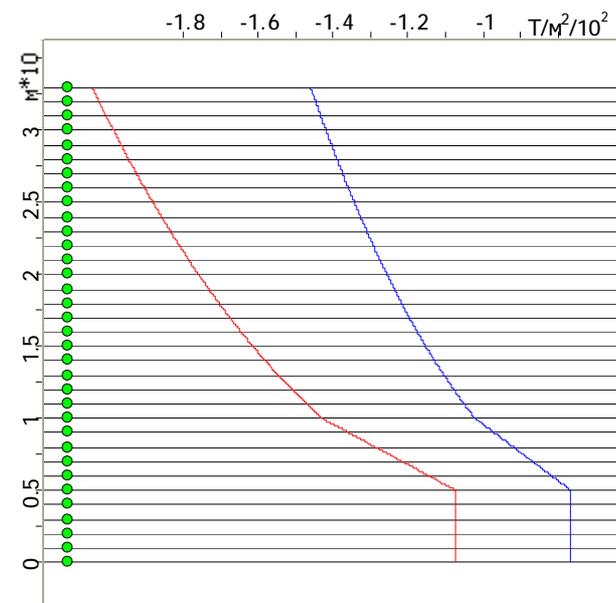


Высота (м)	Нормативное значение (Т/м <sup>2</sup> )	Расчетное значение (Т/м <sup>2</sup> )
0	0,01	0,014
1	0,01	0,014
2	0,01	0,014
3	0,01	0,014
4	0,01	0,014
5	0,01	0,014
6	0,011	0,015
7	0,012	0,016
8	0,012	0,017
9	0,013	0,018

Высота (м)	Нормативное значение (Т/м <sup>2</sup> )	Расчетное значение (Т/м <sup>2</sup> )
10	0,014	0,019
11	0,014	0,02
12	0,014	0,02
13	0,015	0,021
14	0,015	0,021
15	0,015	0,022
16	0,016	0,022
17	0,016	0,022
18	0,016	0,023
19	0,016	0,023
20	0,017	0,023
21	0,017	0,024
22	0,017	0,024
23	0,017	0,024
24	0,018	0,025
25	0,018	0,025
26	0,018	0,025
27	0,018	0,026
28	0,019	0,026
29	0,019	0,026
30	0,019	0,026
31	0,019	0,027
32	0,019	0,027
33	0,019	0,027



Параметры	
Поверхность	Подветренная поверхность
Шаг сканирования	1 м
Коэффициент надежности по нагрузке $\gamma_f$	1,4
Н	33 м



Высота (м)	Нормативное значение (Т/м <sup>2</sup> )	Расчетное значение (Т/м <sup>2</sup> )
0	-0,008	-0,011
1	-0,008	-0,011
2	-0,008	-0,011
3	-0,008	-0,011
4	-0,008	-0,011
5	-0,008	-0,011
6	-0,008	-0,011
7	-0,009	-0,012
8	-0,009	-0,013
9	-0,01	-0,014
10	-0,01	-0,014
11	-0,01	-0,015
12	-0,011	-0,015
13	-0,011	-0,015
14	-0,011	-0,016
15	-0,012	-0,016
16	-0,012	-0,016
17	-0,012	-0,017
18	-0,012	-0,017
19	-0,012	-0,017
20	-0,013	-0,018
21	-0,013	-0,018
22	-0,013	-0,018
23	-0,013	-0,018
24	-0,013	-0,019
25	-0,013	-0,019
26	-0,014	-0,019
27	-0,014	-0,019
28	-0,014	-0,019
29	-0,014	-0,02
30	-0,014	-0,02
31	-0,014	-0,02
32	-0,014	-0,02
33	-0,015	-0,02

## 1.1. РАСЧЕТНАЯ СХЕМА

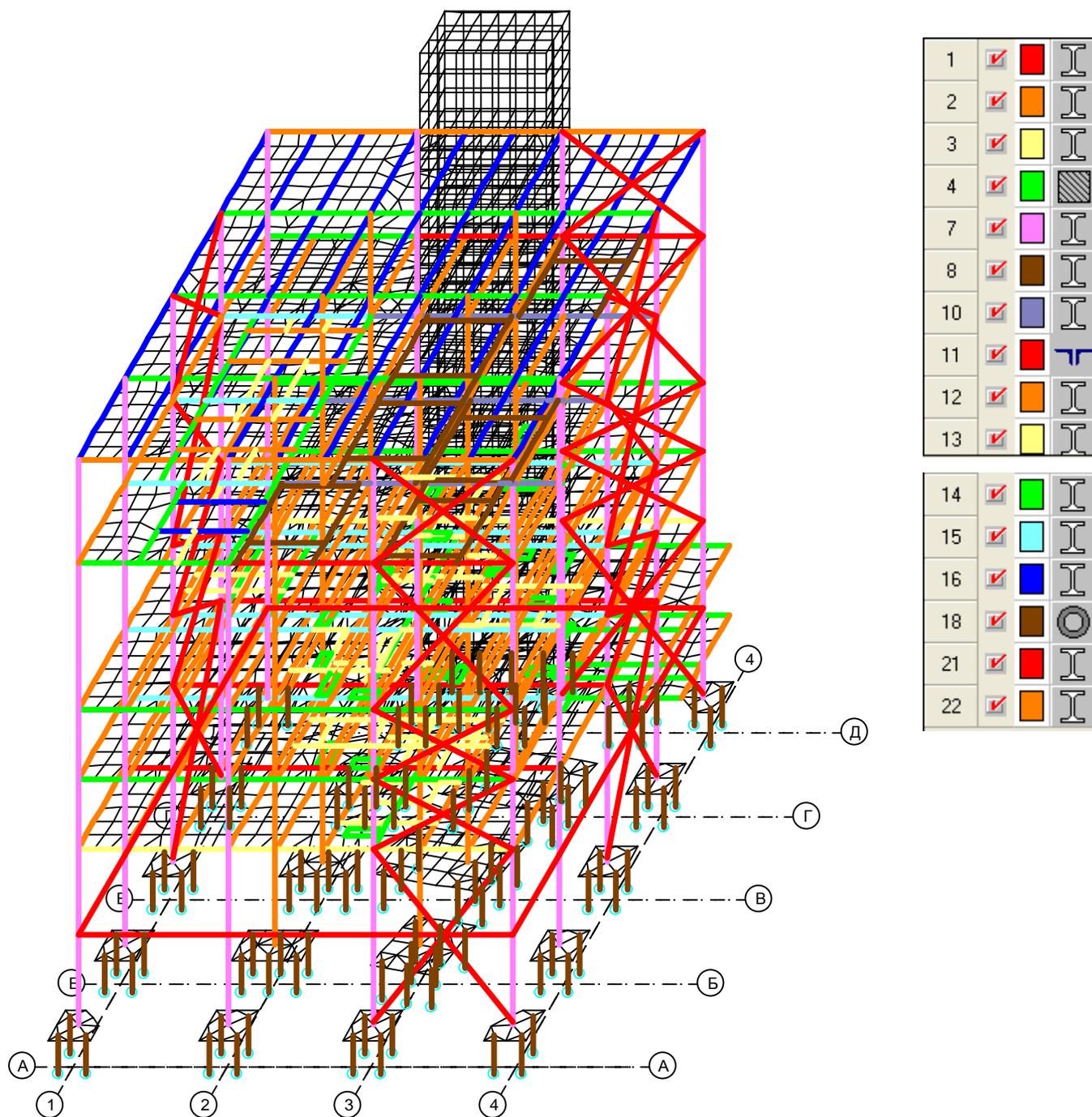


Рис. 1.1. Расчетная (основная) схема здания с цветовым отображением номеров жесткостей стержневых элементов.

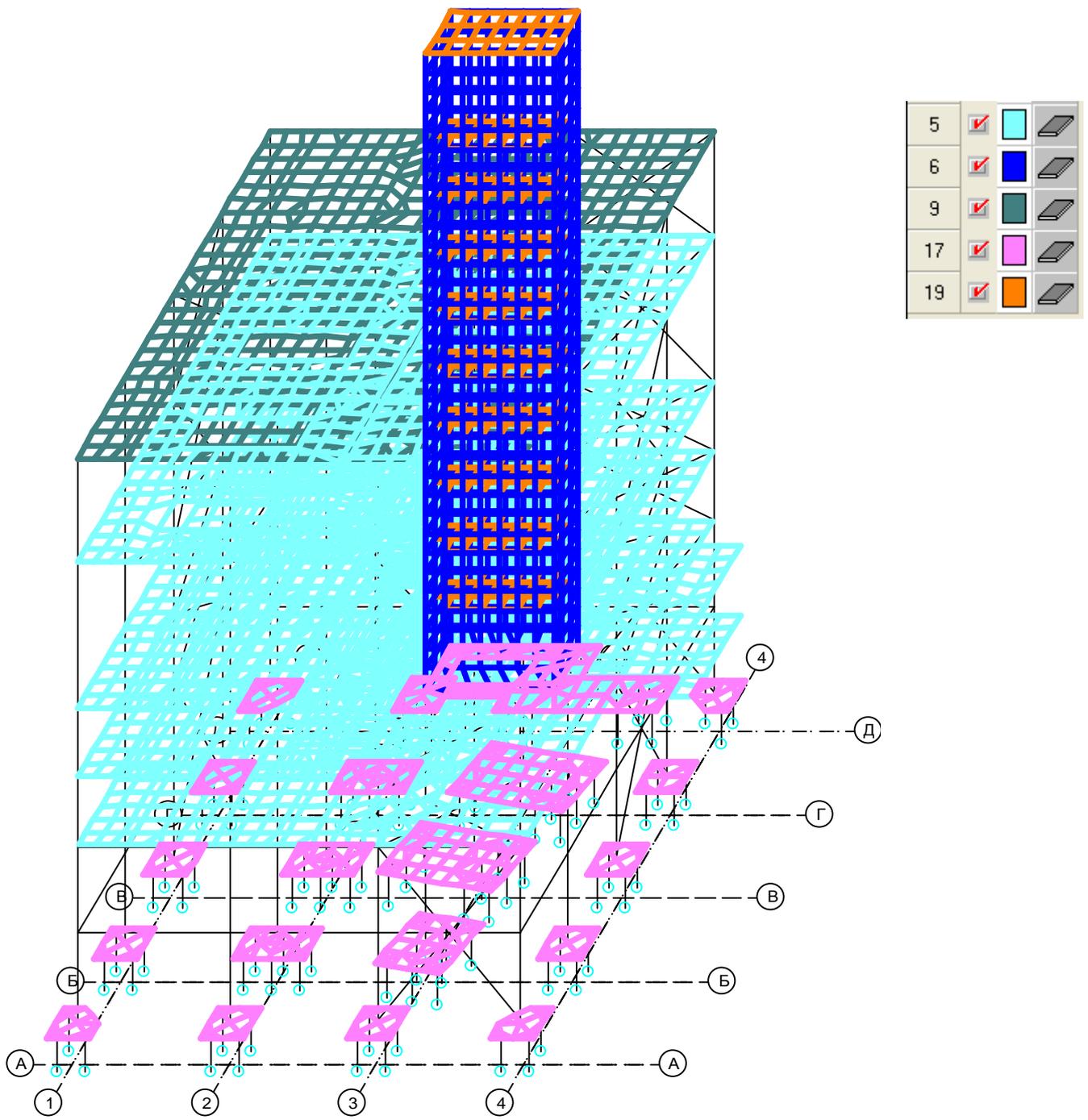


Рис. 1.2. Расчетная (основная) схема здания с цветовым отображением номеров жесткостей пластинчатых элементов.

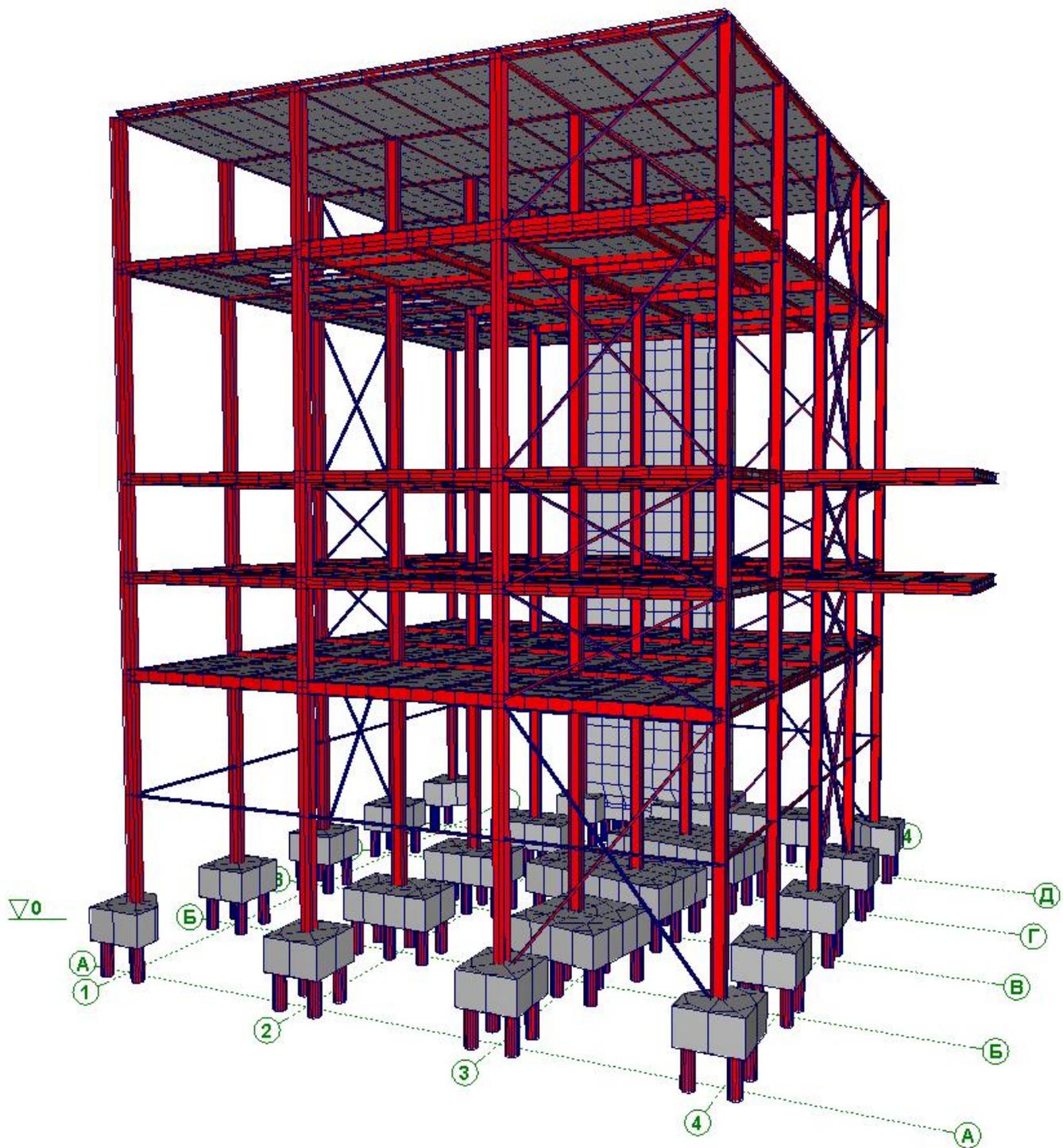


Рис. 1.3. Объемное изображение элементов расчетной схемы здания.

## 1.2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.

ДОКУМЕНТ 00 ЗАГЛАВНЫЙ

СТР.	НА И М Е Н О В А Н И Е	Т Е К С Т
2	ПРИЗНАК СИСТЕМЫ :	5; степени свободы:1(X) 2(Y) 3(Z) 4(UX) 5(UY) 6(UZ)
16	ДОПУСТИМОЕ КОЛИЧЕСТВО КРАНОВЫХ НАГРУЗОК :	2 2
23	Параметры расчета:	
	тип оптимизации ленты уравнений	: 10
	метод решения системы уравнений	: 2
	точность разложения матрицы	: 12
	точность решения собственной проблемы	: 4
	точность контроля решения системы уравнений:	10
	В исходных данных :	
	линейные единицы измерения :	"м "
	единицы измерения размеров сечения :	"см "
	единицы измерения сил :	"Т "
	единицы измерения температуры :	"С "

ДОКУМЕНТ 03 ЖЕСТКОСТИ

ТИП	Ж Е С Т К О С Т И
1	ЖЕСТКОСТИ СОРТАМЕНТА : EF=456561.0196 EIY=26502.2091 EIZ=1944.05404 GKR=19.9300138 GFY=103101.062 GFZ=140480.316 Размеры ядра сечения : y1=.028386 y2=.028386 z1=0.1971 z2=0.1971 Коэффициент Пуассона : nu=0.3 плотность : ro=7.85 СОРТАМЕНТ : "C:\Program Files\SCAD Soft\SCAD Office 11\ASCHM.prf" Шифр - "Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93", номер строки
15	Имя раздела : "Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93" Имя профиля : "60Ш2"
2	ЖЕСТКОСТИ СОРТАМЕНТА : EF=174657.0048 EIY=3592.67997 EIZ=595.161018 GKR=2.2059647 GFY=34240.9008 GFZ=53740.6183 Размеры ядра сечения : y1=.02737 y2=.02737 z1=0.12317 z2=0.12317 Коэффициент Пуассона : nu=0.3 плотность : ro=7.85 СОРТАМЕНТ : "C:\Program Files\SCAD Soft\SCAD Office 11\ASCHM.prf" Шифр - "Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93", номер строки

ТИП	Ж Е С Т К О С Т И		
5	Имя раздела : "Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93" Имя профиля : "35Ш1"		
3	ЖЕСТКОСТИ СОРТАМЕНТА :	EF=68627.99939	EIY=742.770033
	EIZ=53.5080023	GKR=0.41474514	GFY=14618.981 GFZ=21116.3067
	Размеры ядра сечения :	y1=.012575	y2=.012575
		z1=.087283	z2=.087283
	Коэффициент Пуассона :	nu=0.3	
	плотность :	ro=7.85	
	СОРТАМЕНТ :	"C:\Program Files\SCAD Soft\SCAD Office 11\ASCHM.prf"	
	Шифр - "Двутавр нормальный (Б) по СТО АСЧМ 20-93",	номер строки	
11	Имя раздела : "Двутавр нормальный (Б) по СТО АСЧМ 20-93" Имя профиля : "25Б1"		
4	Вычисл. жесткостн. характ. :	EF=9.99999977	EIY=.008333332
	EIZ=.00833333	GKR=.0055999	GFY=3.3333331 GFZ=3.3333331
	Размеры ядра сечения :	y1=.016666	y2=.016666
		z1=.016666	z2=.016666
	плотность :	ro=2.5	
	Прямоугольник :	b=9.99999	h=9.99999
5	ЖЕСТКОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАСТИНЫ :		
	Слой 1 :	E=1000.	NU=0.2 delta=0.155
	плотность :	ro=2.5	
	Погрешность контроля координат :	.01	
6	ЖЕСТКОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАСТИНЫ :		
	Слой 1 :	E=120000.	NU=0.2 delta=0.64
	плотность :	ro=1.4	
	Погрешность контроля координат :	.01	
7	ЖЕСТКОСТИ СОРТАМЕНТА :	EF=459206.9909	EIY=13990.8297
	EIZ=4706.51996	GKR=21.8112099	GFY=74465.999 GFZ=141294.461
	Размеры ядра сечения :	y1=.051246	y2=.051246
		z1=0.15233	z2=0.15233
	Коэффициент Пуассона :	nu=0.3	
	плотность :	ro=7.85	
	СОРТАМЕНТ :	"C:\Program Files\SCAD Soft\SCAD Office 11\ASCHM.prf"	
	Шифр - "Двутавр колонный (К) по СТО АСЧМ 20-93",	номер строки	
3	Имя раздела : "Двутавр колонный (К) по СТО АСЧМ 20-93" Имя профиля : "40К2"		
8	ЖЕСТКОСТИ СОРТАМЕНТА :	EF=385643.9832	EIY=30641.7293
	EIZ=1141.70706	GKR=10.9196705	GFY=91974.818 GFZ=118659.685
	Размеры ядра сечения :	y1=.022773	y2=.022773
		z1=0.22799	z2=0.22799
	Коэффициент Пуассона :	nu=0.3	

ТИП ЖЕСТ- КОСТИ	Ж Е С Т К О С Т И
30	<p>плотность : ro=7.85                      СОРТАМЕНТ : "C:\Program Files\SCAD Soft\SCAD Office 11\ASCHM.prf"                      Шифр - "Двутавр нормальный (Б) по СТО АСЧМ 20-93", номер строки                      Имя раздела : "Двутавр нормальный (Б) по СТО АСЧМ 20-93"                      Имя профиля : "70Б2"</p>
9 ЖЕСТКОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАСТИНЫ :	<p>Слой 1 : E=1000. NU=0.2 delta=0.125                      плотность : ro=2.5                      Погрешность контроля координат : .01</p>
10	<p>ЖЕСТКОСТИ СОРТАМЕНТА : EF=616979.9845 EIY=93668.194                      EIZ=2418.75911 GKR=26.3487343 GFY=153630.738 GFZ=189839.986                      Размеры ядра сечения : y1=.024502 y2=.024502                      z1=0.3067 z2=0.3067                      Коэффициент Пуассона : nu=0.3                      плотность : ro=7.85                      СОРТАМЕНТ : "C:\Program Files\SCAD Soft\SCAD Office 11\ASCHM.prf"                      Шифр - "Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93", номер строки                      Имя раздела : "Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93"                      Имя профиля : "100Ш1"</p>
27	<p>11 ЖЕСТКОСТИ СОРТАМЕНТА : EF=36875.99964 EIY=19.5593999                      EIZ=43.7264509 GKR=0.16566868 GFY=7269.23111 GFZ=7269.23111                      Размеры ядра сечения : y1=.014822 y2=.014822                      z1=.025748 z2=.00975                      Коэффициент Пуассона : nu=0.3                      плотность : ro=7.85                      Соединение уголков полками вниз с зазором .01                      СОРТАМЕНТ : "C:\Program Files\SCAD Soft\SCAD Office 11\RUSSIAN.prf"                      Шифр - "Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93", номер строки                      Имя раздела : "Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93"                      Имя профиля : "L75x6"</p>
48	<p>12 ЖЕСТКОСТИ СОРТАМЕНТА : EF=778028.9836 EIY=25261.3197                      EIZ=7961.98204 GKR=106.29263 GFY=133031.678 GFZ=239393.533                      Размеры ядра сечения : y1=.051167 y2=.051167                      z1=0.15136 z2=0.15136                      Коэффициент Пуассона : nu=0.3                      плотность : ro=7.85                      СОРТАМЕНТ : "C:\Program Files\SCAD Soft\SCAD Office 11\ASCHM.prf"                      Шифр - "Двутавр колонный (К) по СТО АСЧМ 20-93", номер строки                      Имя раздела : "Двутавр колонный (К) по СТО АСЧМ 20-93"                      Имя профиля : "40К5"</p>
6	<p>13 ЖЕСТКОСТИ СОРТАМЕНТА : EF=330518.9888 EIY=11775.1197                      EIZ=1703.16293 GKR=10.7272699 GFY=62783.0424 GFZ=101698.153                      Размеры ядра сечения : y1=.034353 y2=.034353</p>

ТИП	Ж Е С Т К О С Т И		
		z1=0.16193	z2=0.16193
	Коэффициент Пуассона : nu=0.3		
	плотность : ro=7.85		
	СОРТАМЕНТ : "C:\Program Files\SCAD Soft\SCAD Office 11\ASCHM.prf"		
9	Шифр - "Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93", номер строки		
	Имя раздела : "Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93"		
	Имя профиля : "45Ш1"		
14	ЖЕСТКОСТИ СОРТАМЕНТА :	EF=237111.0012	EIY=6416.76021
		EIZ=1170.83401	GKR=3.96263236 GFY=46449.6983 GFZ=72957.2296
	Размеры ядра сечения :	y1=.033029	y2=.033029
		z1=0.14131	z2=0.14131
	Коэффициент Пуассона : nu=0.3		
	плотность : ro=7.85		
	СОРТАМЕНТ : "C:\Program Files\SCAD Soft\SCAD Office 11\ASCHM.prf"		
7	Шифр - "Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93", номер строки		
	Имя раздела : "Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93"		
	Имя профиля : "40Ш1"		
15	ЖЕСТКОСТИ СОРТАМЕНТА :	EF=305591.9995	EIY=12677.9102
		EIZ=1420.10403	GKR=7.04393858 GFY=63898.7532 GFZ=94028.3015
	Размеры ядра сечения :	y1=.03098	y2=.03098
		z1=0.17214	z2=0.17214
	Коэффициент Пуассона : nu=0.3		
	плотность : ro=7.85		
	СОРТАМЕНТ : "C:\Program Files\SCAD Soft\SCAD Office 11\ASCHM.prf"		
10	Шифр - "Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93", номер строки		
	Имя раздела : "Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93"		
	Имя профиля : "50Ш1"		
16	ЖЕСТКОСТИ СОРТАМЕНТА :	EF=118103.9996	EIY=1285.62004
		EIZ=206.703	GKR=1.44164895 GFY=22347.2316 GFZ=36339.6944
	Размеры ядра сечения :	y1=.020002	y2=.020002
		z1=.089225	z2=.089225
	Коэффициент Пуассона : nu=0.3		
	плотность : ro=7.85		
	СОРТАМЕНТ : "C:\Program Files\SCAD Soft\SCAD Office 11\ASCHM.prf"		
2	Шифр - "Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93", номер строки		
	Имя раздела : "Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93"		
	Имя профиля : "25Ш1"		
17	ЖЕСТКОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАСТИНЫ :		
	Слой 1 :	E=3060000.	NU=0.2 delta=1.25
	плотность : ro=2.5		
	Погрешность контроля координат : .01		
18	Вычисл. жесткостн. характ. :	EF=486425.213	EIY=6273.95544

ТИП	Ж Е С Т К О С Т И							
	EIZ=6273.955	GKR=5019.164	GFY=176878.684	GFZ=176878.684				
	Размеры ядра сечения :		y1=.05625	y2=.05625				
			z1=.05625	z2=.05625				
	плотность : ro=2.5							
	Кольцевое сечение : D=44.99999		d=.0009999					
19	ЖЕСТКОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАСТИНЫ :							
	Слой 1 :	E=2350000.	NU=0.2	delta=0.12				
	плотность : ro=2.5							
	Погрешность контроля координат : .01							
20	3.	4500.						
21	ЖЕСТКОСТИ СОРТАМЕНТА :							
	EIZ=766.605	GKR=4.26160528	GFY=40106.0854	GFZ=65591.0723				
	Размеры ядра сечения :		y1=.028769	y2=.028769				
			z1=0.12562	z2=0.12562				
	Коэффициент Пуассона : nu=0.3							
	плотность : ro=7.85							
	СОСТАМЕНТ : "C:\Program Files\SCAD Soft\SCAD Office 11\ASCHM.prf"							
	Шифр - "Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93", номер строки							
6	Имя раздела : "Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93"							
	Имя профиля : "35Ш2"							
22	ЖЕСТКОСТИ СОРТАМЕНТА :							
	EIZ=1513.49102	GKR=7.49741821	GFY=52171.6711	GFZ=87844.6148				
	Размеры ядра сечения :		y1=.035341	y2=.035341				
			z1=0.14589	z2=0.14589				
	Коэффициент Пуассона : nu=0.3							
	плотность : ro=7.85							
	СОСТАМЕНТ : "C:\Program Files\SCAD Soft\SCAD Office 11\ASCHM.prf"							
	Шифр - "Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93", номер строки							
8	Имя раздела : "Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93"							
	Имя профиля : "40Ш2"							

ДОКУМЕНТ 08 РАСЧЕТНЫЕ СОЧЕТАНИЯ

НО-МЕРА	ВИД ЗА-ГРУЖЕНИЯ	ОБЪЕД. ВРЕМЕННЫХ НАГРУЗОК	ЗНАКО-ПЕРЕМ. НАГРУЗКИ	ВЗАИМО-ИСКЛЮЧАЮЩИЕ НАГРУЗКИ		СОПУТСТВ. НАГРУЗКИ		КОЭФ. НАДЕЖНОСТИ ПО НАГР.	КОЭФ. ПОНИЖЕНИЯ НОРМАТ. ЗНАЧЕНИЯ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0	0	0	0	0	0	1.1	1.
Коэффициенты : 1-е осн.= 1., 2-е осн.= 1., 3-е особ.= 0.9									
2	2	0	0	0	0	0	0	1.2	0.35

Коэффициенты :	1-е осн.=	1.,	2-е осн.=	0.9,	3-е особ.=	0.5			
3	1	0	0	0	0	0	0	1.2	1.
Коэффициенты :	1-е осн.=	1.,	2-е осн.=	0.95,	3-е особ.=	0.8			
4	0	0	0	0	0	0	0	1.1	1.
Коэффициенты :	1-е осн.=	1.,	2-е осн.=	1.,	3-е особ.=	0.9			
5	2	0	0	0	0	0	0	1.2	0.35
Коэффициенты :	1-е осн.=	1.,	2-е осн.=	0.9,	3-е особ.=	0.5			
6	2	0	0	0	0	0	0	1.2	0.35
Коэффициенты :	1-е осн.=	1.,	2-е осн.=	0.9,	3-е особ.=	0.5			
7	3	0	0	0	0	0	0	1.1	0.6
Коэффициенты :	1-е осн.=	1.,	2-е осн.=	0.9,	3-е особ.=				
8	7	0	1	1	0	0	0	1.4	0.
Коэффициенты :	1-е осн.=	1.,	2-е осн.=	0.9,	3-е особ.=	0.5			
9	7	0	1	1	0	0	0	1.4	0.
Коэффициенты :	1-е осн.=	1.,	2-е осн.=	0.9,	3-е особ.=	0.5			

ДОКУМЕНТ 36 Комбинации загружений

Номер комб.	Ф О Р М У Л А К О М Б И Н А Ц И И
1	имя: "" формула комбинации : $(L1)*1+(L2)*1+(L3)*1+(L4)*1+(L5)*1+(L6)*1+(L7)*1$
2	имя: "" формула комбинации : $(L8)*1+(C1)*1$
3	имя: "" формула комбинации : $(L8)*-1+(C1)*1$
4	имя: "" формула комбинации : $(L9)*1+(C1)*1$
5	имя: "" формула комбинации : $(L9)*-1+(C1)*1$

**Общие данные**

Расчет выполнен с помощью проектно-вычислительного комплекса SCAD. Комплекс реализует конечно-элементное моделирование статических и динамических расчетных схем, проверку устойчивости, выбор невыгодных сочетаний усилий, подбор арматуры железобетонных конструкций, проверку несущей способности стальных конструкций. В представленной ниже пояснительной записке описаны лишь фактически использованные при расчетах названного объекта возможности комплекса SCAD.

**Краткая характеристика методики расчета**

В основу расчета положен метод конечных элементов с использованием в качестве основных неизвестных перемещений и поворотов узлов расчетной схемы. В связи с этим идеализация конструкции выполнена в форме, приспособленной к использованию этого метода, а именно: система представлена в виде набора тел стандартного типа (стержней, пластин, оболочек и т.д.), называемых конечными элементами и присоединенных к уз-

лам.

Тип конечного элемента определяется его геометрической формой, правилами, определяющими зависимость между перемещениями узлов конечного элемента и узлов системы, физическим законом, определяющим зависимость между внутренними усилиями и внутренними перемещениями, и набором параметров (жесткостей), входящих в описание этого закона и др.

Узел в расчетной схеме метода перемещений представляется в виде абсолютно жесткого тела исчезающе малых размеров. Положение узла в пространстве при деформациях системы определяется координатами центра и углами поворота трех осей, жестко связанных с узлом. Узел представлен как объект, обладающий шестью степенями свободы - тремя линейными смещениями и тремя углами поворота.

Все узлы и элементы расчетной схемы нумеруются. Номера, присвоенные им, следует трактовать только, как имена, которые позволяют делать необходимые ссылки.

Основная система метода перемещений выбирается путем наложения в каждом узле всех связей, запрещающих любые узловые перемещения. Условия равенства нулю усилий в этих связях представляют собой разрешающие уравнения равновесия, а смещения указанных связей - основные неизвестные метода перемещений.

В общем случае в пространственных конструкциях в узле могут присутствовать все шесть перемещений:

1 - линейное перемещение вдоль оси X;

2 - линейное перемещение вдоль оси Y;

3 - линейное перемещение вдоль оси Z;

4 - угол поворота с вектором вдоль оси X (поворот вокруг оси X);

5 - угол поворота с вектором вдоль оси Y (поворот вокруг оси Y);

6 - угол поворота с вектором вдоль оси Z (поворот вокруг оси Z).

Нумерация перемещений в узле (степеней свободы), представленная выше, используется далее всюду без специальных оговорок, а также используются соответственно обозначения X, Y, Z, UX, UY и UZ для обозначения величин соответствующих линейных перемещений и углов поворота.

В соответствии с идеологией метода конечных элементов, истинная форма поля перемещений внутри элемента (за исключением элементов стержневого типа) приближенно представлена различными упрощенными зависимостями. При этом погрешность в определении напряжений и деформаций имеет порядок  $(h/L)^k$ , где  $h$  — максимальный шаг сетки;  $L$  — характерный размер области. Скорость уменьшения ошибки приближенного результата (скорость сходимости) определяется показателем степени  $k$ , который имеет разное значение для перемещений и различных компонент внутренних усилий (напряжений).

### **Расчетная схема Системы координат**

Для задания данных о расчетной схеме могут быть использованы различные системы координат, которые в дальнейшем преобразуются в декартовы. В дальнейшем для описания расчетной схемы используются следующие декартовы системы координат:

Глобальная правосторонняя система координат XYZ, связанная с расчетной схемой

Локальные правосторонние системы координат, связанные с каждым конечным элементом.

### **Тип схемы**

Расчетная схема определена как система с признаком 5. Это означает, что рассматривается система общего вида, деформации которой и ее основные неизвестные представлены

линейными перемещениями узловых точек вдоль осей X, Y, Z и поворотами вокруг этих осей.

### ***Количественные характеристики расчетной схемы***

Расчетная схема характеризуется следующими параметрами:

- порядок системы уравнений	34692
- ширина ленты	24858
- количество элементов	7673
- количество узлов	5822
- количество загрузений	9
- плотность матрицы	100%

### ***Выбранный режим статического расчета***

Статический расчет системы выполнен в линейной постановке.

### ***Набор исходных данных***

Детальное описание расчетной схемы содержится в документе "Исходные данные", где в табличной форме представлены сведения о расчетной схеме, содержащие координаты всех узлов, характеристики всех конечных элементов, условия примыкания конечных элементов к узлам и др.

### ***Граничные условия***

Возможные перемещения узлов конечно-элементной расчетной схемы ограничены внешними связями, запрещающими некоторые из этих перемещений. Наличие таких связей помечено в таблице "Координаты и связи" описания исходных данных символом #.

### ***Условия примыкания элементов к узлам***

Точки примыкания конечного элемента к узлам (концевые сечения элементов) имеют одинаковые перемещения с указанными узлами.

### ***Характеристики использованных типов конечных элементов***

В расчетную схему включены конечные элементы следующих типов.

Стержневые конечные элементы, для которых предусмотрена работа по обычным правилам сопротивления материалов. Описание их напряженного состояния связано с местной системой координат, у которой ось X1 ориентирована вдоль стержня, а оси Y1 и Z1 — вдоль главных осей инерции поперечного сечения.

Некоторые стержни присоединены к узлам через абсолютно жесткие вставки, с помощью которых учитываются эксцентриситеты узловых примыканий. Тогда ось X1 ориентирована вдоль упругой части стержня, а оси Y1 и Z1 — вдоль главных осей инерции поперечного сечения упругой части стержня.

К стержневым конечным элементам рассматриваемой расчетной схемы относятся следующие типы элементов:

Элемент типа 5, который работает по пространственной схеме и воспринимает продольную силу N, изгибающие моменты  $M_y$  и  $M_z$ , поперечные силы  $Q_z$  и  $Q_y$ , а также крутящий момент  $M_k$ .

Конечные элементы оболочек, геометрическая форма которых на малом участке элемента является плоской (она образуют многогранник, вписанный в действительную криволинейную форму срединной поверхности оболочки). Для этих элементов, в соответствии с идеологией метода конечных элементов, истинная форма перемещений внутри элемента приближенно представлена упрощенными зависимостями. Описание их напряженного состояния связано с местной системой координат, у которой оси X1 и Y1 расположены в плоскости элемента и ось X1 направлена от первого узла ко второму, а ось Z1 ортогональна поверхности элемента.

Треугольный элемент типа 42, не является совместным и моделирует поле нормальных

перемещений внутри элемента полиномом 4 степени, а поле тангенциальных перемещений полиномом первой степени. Располагается в пространстве произвольным образом. Четырехугольный элемент типа 44, который имеет четыре узловые точки, не является совместным и моделирует поле нормальных перемещений внутри элемента полиномом 3 степени, а поле тангенциальных перемещений неполным полиномом 2 степени. Располагается в пространстве произвольным образом.

Конечные элементы в виде упругоподатливых связей

Элемент типа 51 моделирует связь конечной жесткости, устанавливаемую по направлению определенного перемещения или поворота в глобальной системе координат.

### **Результаты расчета**

В настоящем отчете результаты расчета представлены выборочно. Вся полученная в результате расчета информация хранится в электронном виде.

### **Перемещения**

Вычисленные значения линейных перемещений и поворотов узлов от загрузений представлены в таблице результатов расчета «Перемещения узлов».

#### ***Правило знаков для перемещений***

Правило знаков для перемещений принято таким, что линейные перемещения положительны, если они направлены в сторону возрастания соответствующей координаты, а углы поворота положительны, если они соответствуют правилу правого винта (при взгляде от конца соответствующей оси к ее началу движение происходит против часовой стрелки).

### **Усилия и напряжения**

Вычисленные значения усилий и напряжений в элементах от загрузений представлены в таблице результатов расчета «Усилия/напряжения элементов».

Для стержневых элементов усилия по умолчанию выводятся в концевых сечениях упругой части (начальном и конечном) и в центре упругой части, а при наличии запроса пользователя и в промежуточных сечениях по длине упругой части стержня. Для пластинчатых, объемных, осесимметричных и оболочечных элементов напряжения выводятся в центре тяжести элемента и при наличии запроса пользователя в узлах элемента.

#### ***Правило знаков для усилий (напряжений)***

Правила знаков для усилий (напряжений) приняты следующими:

Для стержневых элементов возможно наличие следующих усилий:

N - продольная сила;

MKP - крутящий момент;

MУ - изгибающий момент с вектором вдоль оси Y1;

QZ - перерезывающая сила в направлении оси Z1 соответствующая моменту MУ;

MZ - изгибающий момент относительно оси Z1;

QY - перерезывающая сила в направлении оси Y1 соответствующая моменту MZ;

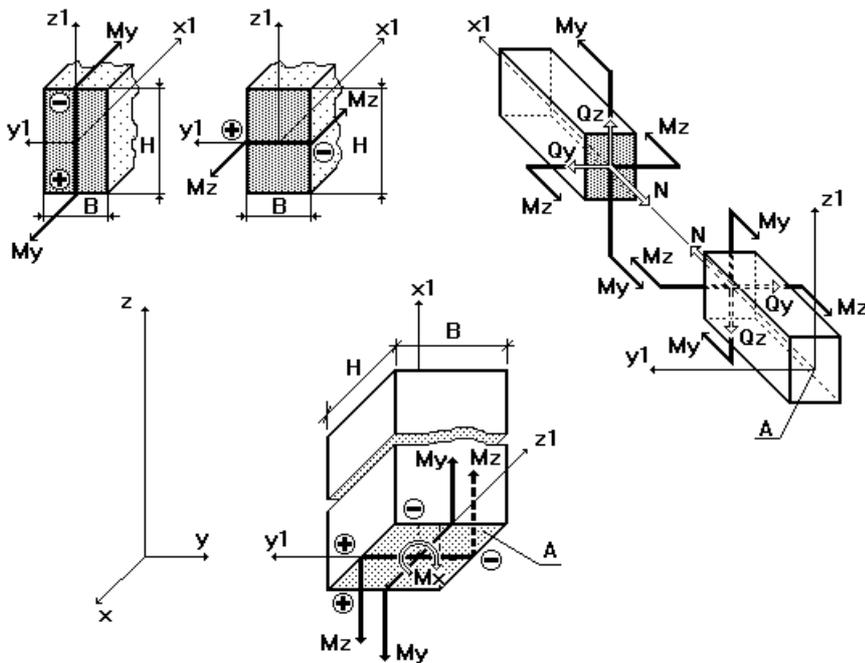
RZ - отпор упругого основания.

Положительные направления усилий в стержнях приняты следующими:

для перерезывающих сил QZ и QY - по направлениям соответствующих осей Z1 и Y1;

для моментов MX, MУ, MZ - против часовой стрелки, если смотреть с конца соответствующей оси X1, Y1, Z1;

положительная продольная сила N всегда растягивает стержень.



На рисунке показаны положительные направления внутренних усилий и моментов в сечении горизонтальных и наклонных (а), а также вертикальных (б) стержней. Знаком “+” (плюс) помечены растянутые, а знаком “-” (минус) - сжатые волокна поперечного сечения от воздействия положительных моментов  $M_y$  и  $M_z$ .

В конечных элементах оболочки вычисляются следующие усилия:

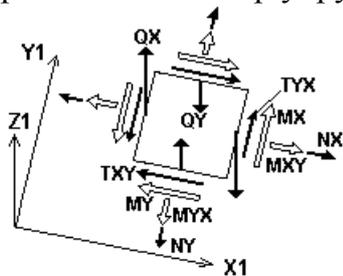
нормальные напряжения  $N_X, N_Y$ ;

сдвигающее напряжений  $T_{XY}$ ;

моменты  $M_X, M_Y$  и  $M_{XY}$ ;

перерезывающие силы  $Q_X$  и  $Q_Y$ ;

реактивный отпор упругого основания  $R_Z$ .



На рисунке показаны положительные значения напряжений, перерезывающих сил и векторов моментов, действующие по граням элементарного прямоугольника, вырезанного в окрестности центра тяжести КЭ оболочки.

### ***Выравнивание осей для вывода напряжений***

В расчетной схеме присутствуют пластинчатые или объемные и осесимметричные элементы, для которых напряжения выводятся вдоль осей, отличных от осей местной системы координат элементов.

### **Суммарные значения приложенных нагрузок по нагружениям.**

В протоколе решения задачи для каждого из нагружений указываются значения суммарной узловой нагрузки, действующей на систему.

### 1.3. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

<b>Выборка усилий и напряжений (комбинации)</b>								
Единицы измерений: Т, м.								
Наименование	Максимальные значения				Минимальные значения			
	Значение	Номер эл-та	Номер сечен.	Номер загруз.	Значение	Номер эл-та	Номер сечен.	Номер загруз.
N	5,882	475	1	4	-396,622	5080	1	2
Mk	3,022	7446	1	2	-2,101	7363	1	5
My	172,774	4306	1	5	-46,631	4420	1	5
Qz	104,54	4315	1	5	-119,674	4319	3	5
Mz	10,66	5089	1	4	-11,337	5073	1	3
Qy	7,496	5088	1	5	-6,42	5078	1	3
NX	74,43	5915	1	2	-78,69	5862	1	4
NY	90,126	5900	1	2	-76,836	5859	1	4
TXY	48,311	5900	1	2	-21,555	5827	1	3
MX	111,668	6983	1	5	-21,85	7142	1	5
MY	101,923	6925	1	4	-37,455	7164	1	5
MXY	29,02	6984	1	5	-33,083	7185	1	3
QX	113,757	7022	1	5	-154,694	6983	1	5
QY	164,202	7183	1	5	-145,094	6984	1	4
RZ	0	0	0	0	-90,533	7304	1	2

<b>Выборка перемещений (комбинации)</b>						
Единицы измерений: мм.						
Наименование	Максимальные значения			Минимальные значения		
	Значение	Номер узла	Номер загрузки	Значение	Номер узла	Номер загрузки
X	5,945	5817	4	-41,477	5816	5
Y	27,26	5821	2	-29,586	5821	3
Z	-31,985	5817	2	-47,226	5818	3
Ux	6,694	5819	2	-20,974	5816	2
Uy	-4,075	5819	2	-39,197	5820	3
Uz	0,259	5816	2	-0,688	5816	3

### 1.3.1. Усилия в колоннах

Выборка усилий и напряжений (комбинации) в колоннах К1								
Единицы измерений: Т, м.								
Наименование	Максимальные значения				Минимальные значения			
	Значение	Номер эл-та	Номер сечен.	Номер загруз.	Значение	Номер эл-та	Номер сечен.	Номер загруз.
N	-37,775	4262	3	2	-396,622	5080	1	2
Mk	0,006	1512	1	3	-0,004	1509	1	3
My	18,477	5076	1	4	-14,573	5080	1	5
Qz	1,584	5080	1	5	-2,008	5076	1	4
Mz	3,823	5080	1	2	-4,402	5076	1	3
Qu	0,543	485	1	2	-0,552	5076	1	3

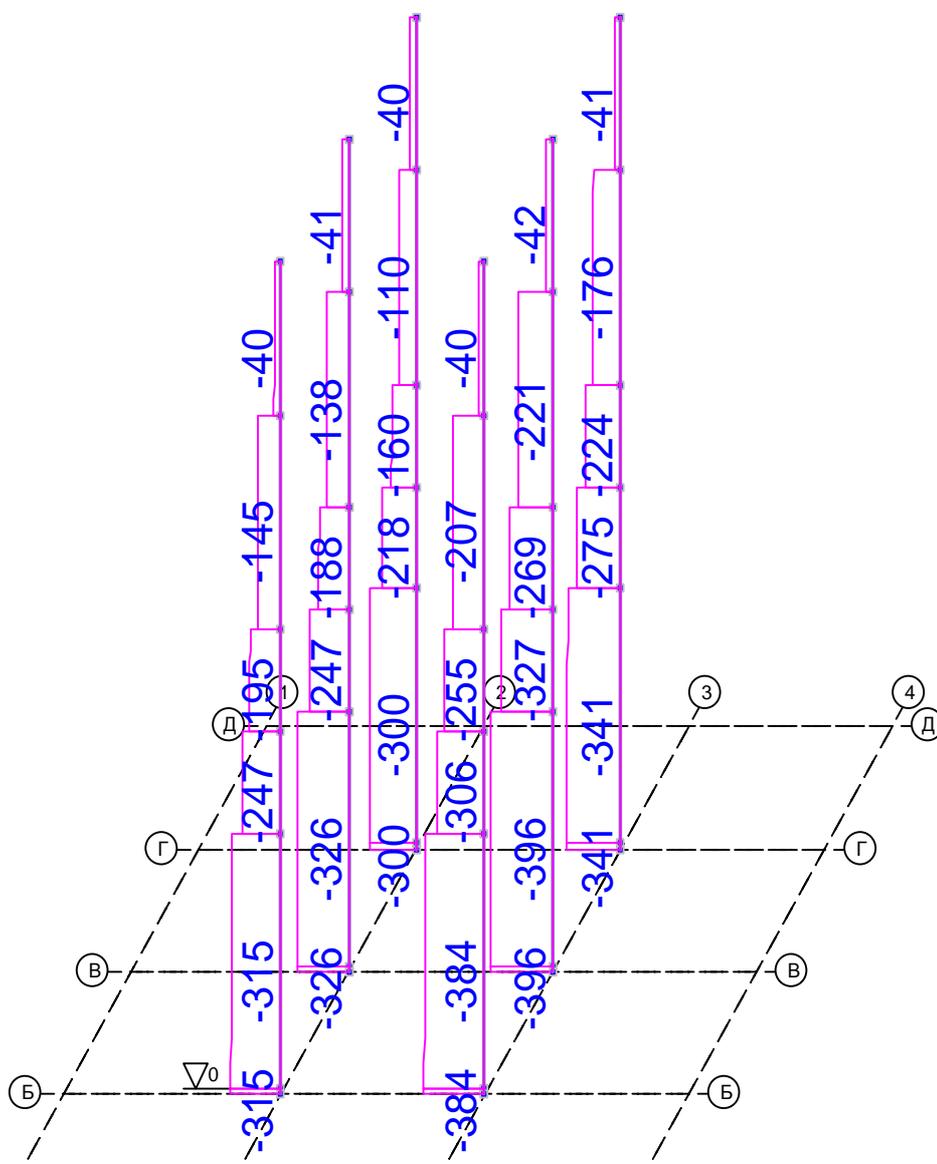


Рис.1.3.1. Эпюра продольных сил N(t) в средних колоннах от комбинации загрузений

С2.

Выборка усилий и напряжений (комбинации) в колоннах К2 (крайних)								
Единицы измерений: Т, м.								
Наименование	Максимальные значения				Минимальные значения			
	Значение	Номер эл-та	Номер сечен.	Номер загруз.	Значение	Номер эл-та	Номер сечен.	Номер загруз.
N	-8,302	4275	3	5	-218,436	5072	1	5
Mk	0,003	1510	1	2	-0,004	1506	1	3
My	10,727	5073	1	4	-17,323	5070	1	5
Qz	4,073	5090	1	5	-11,058	5073	1	4
Mz	10,66	5089	1	4	-11,337	5073	1	3
Qy	7,496	5088	1	5	-6,42	5078	1	3

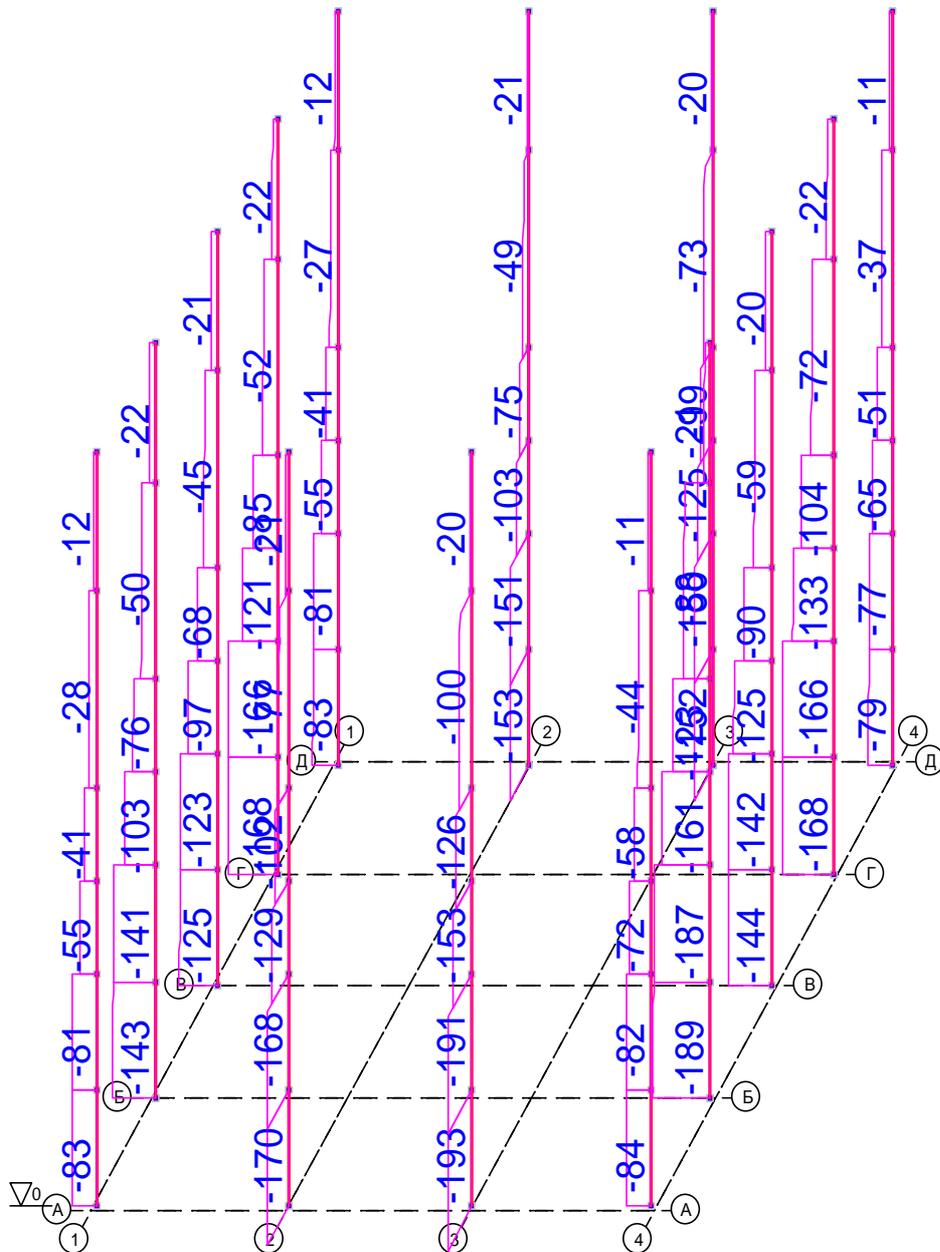


Рис.1.3.2. Эпюры продольных сил N(t) в крайних колоннах от комбинации загрузений

С2.

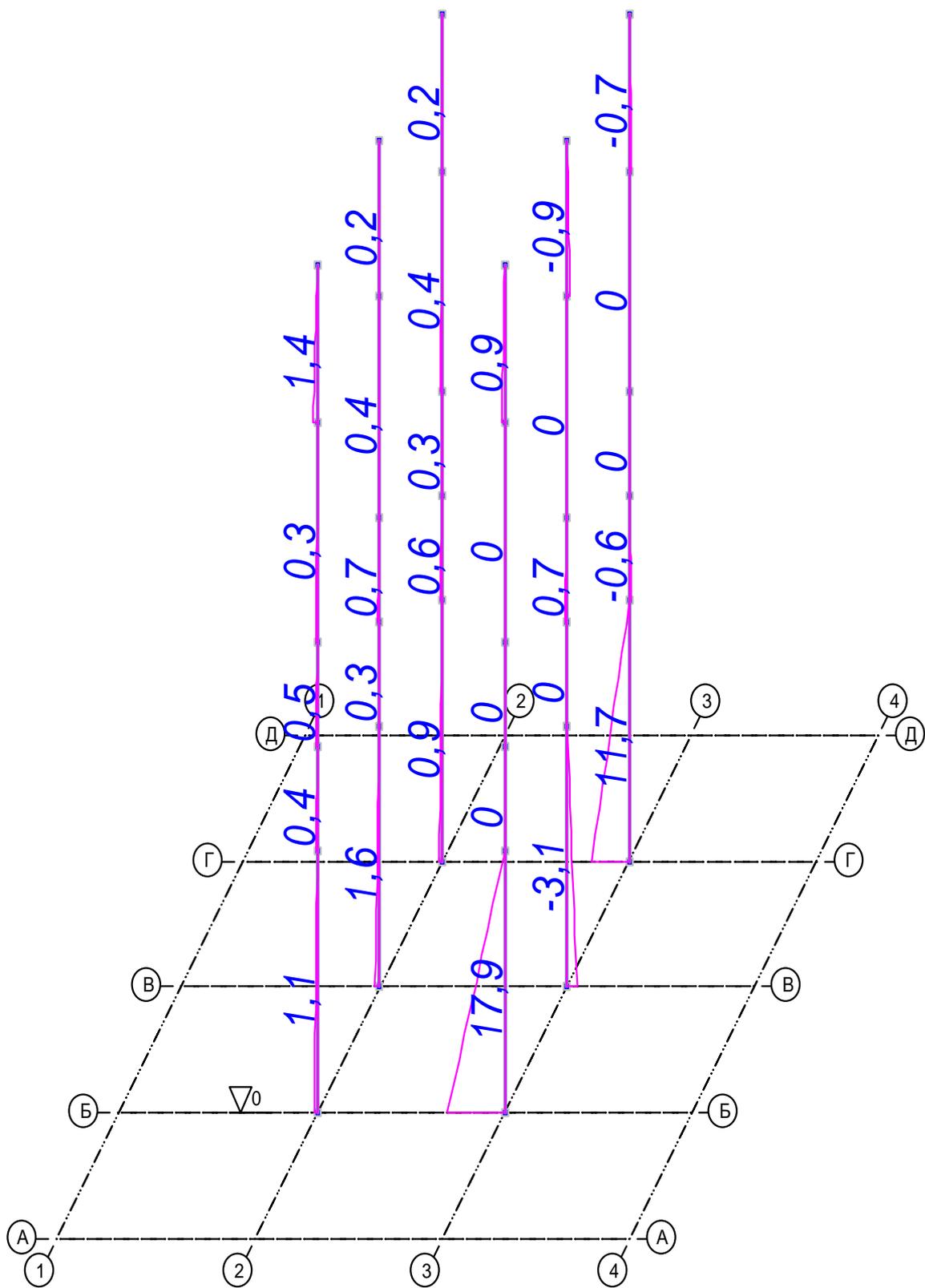


Рис.1.3.3. Эпюры изгибающих моментов  $M_u$  в средних колоннах от комбинации загрузений С4.

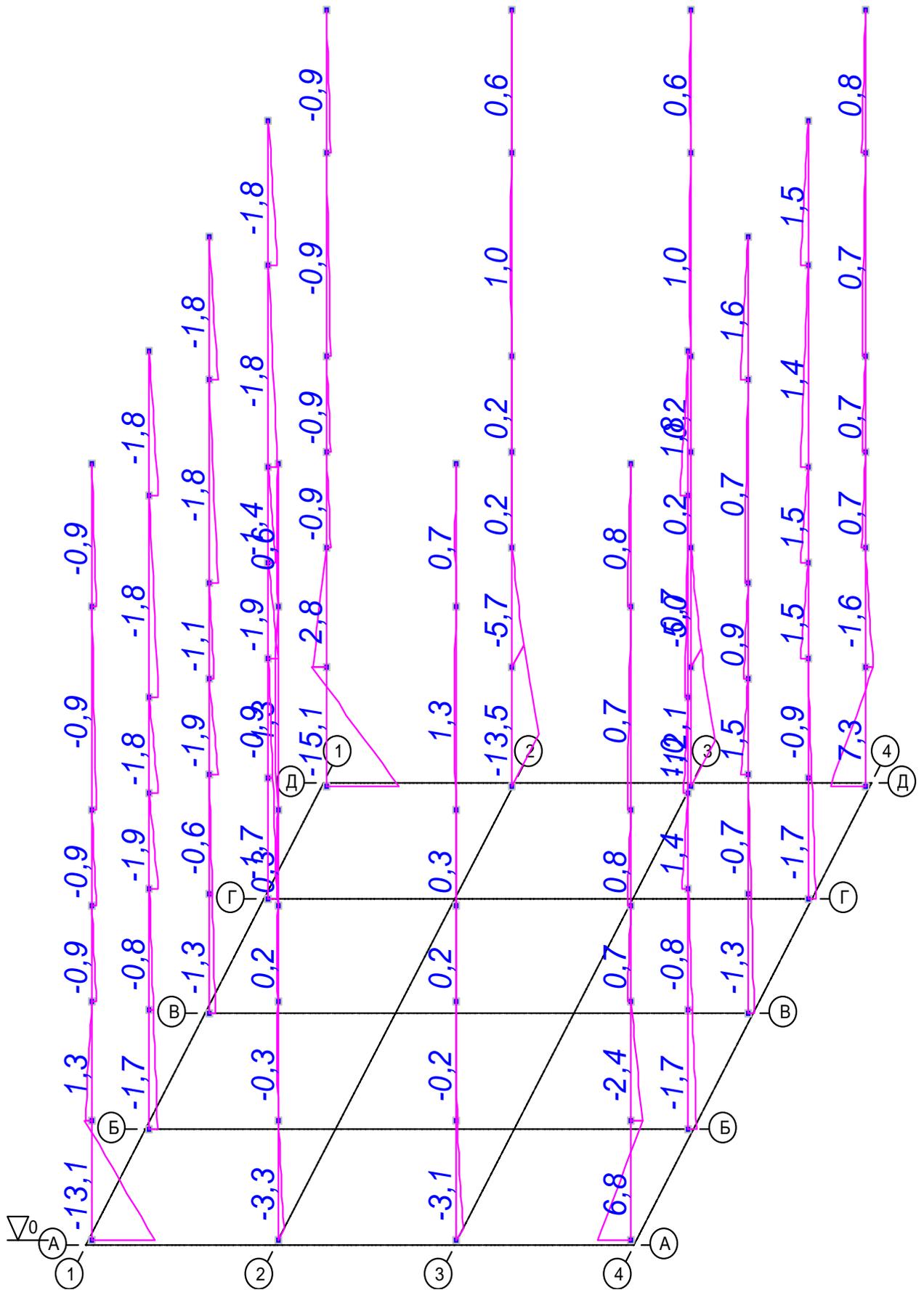


Рис.1.3.4. Эпюры изгибающих моментов  $M_u$  в крайних колоннах от комбинации нагрузок С4.

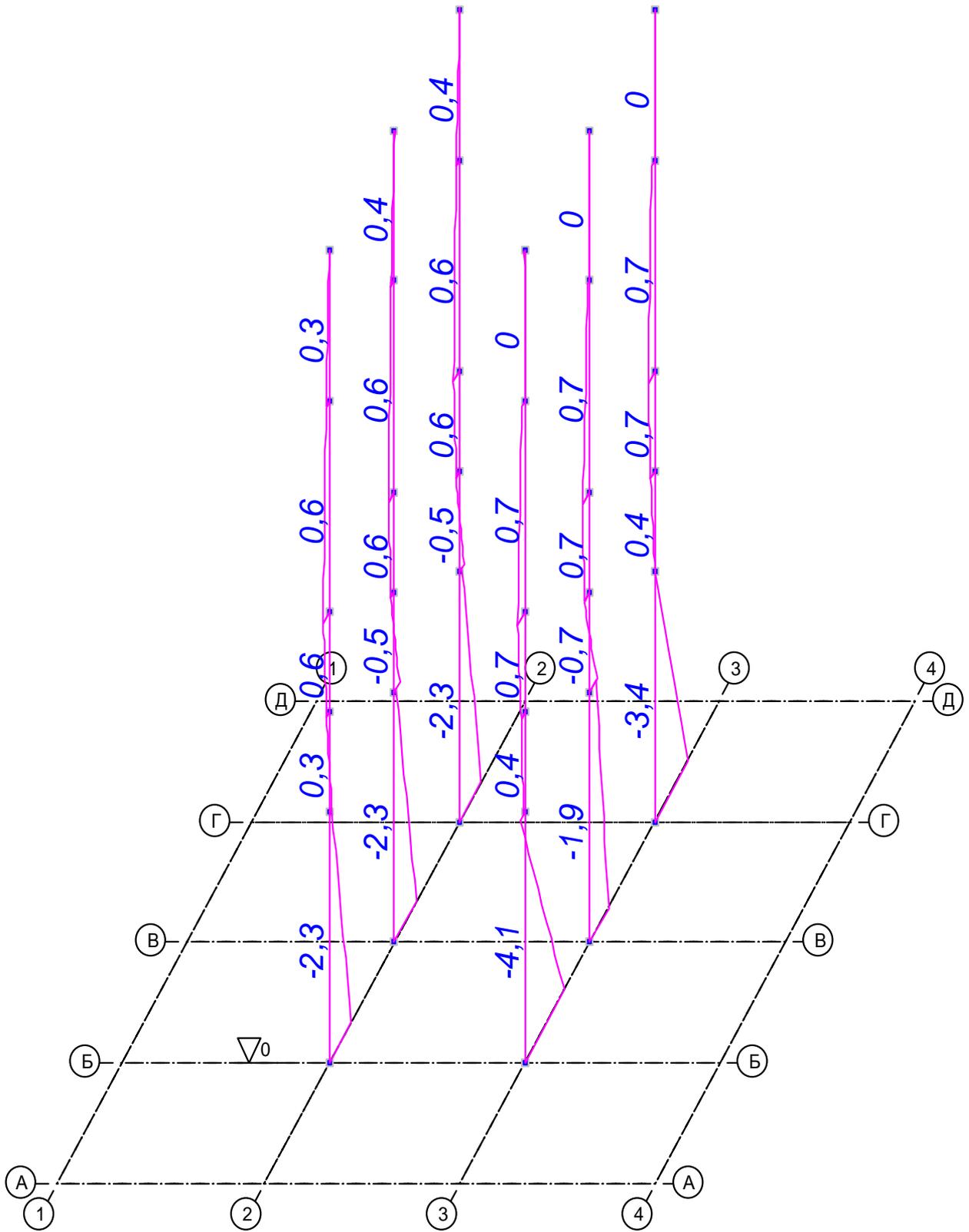


Рис.1.3.5. Эпюра изгибающих моментов  $M_z$  в средних колоннах от комбинации загрузений С4.

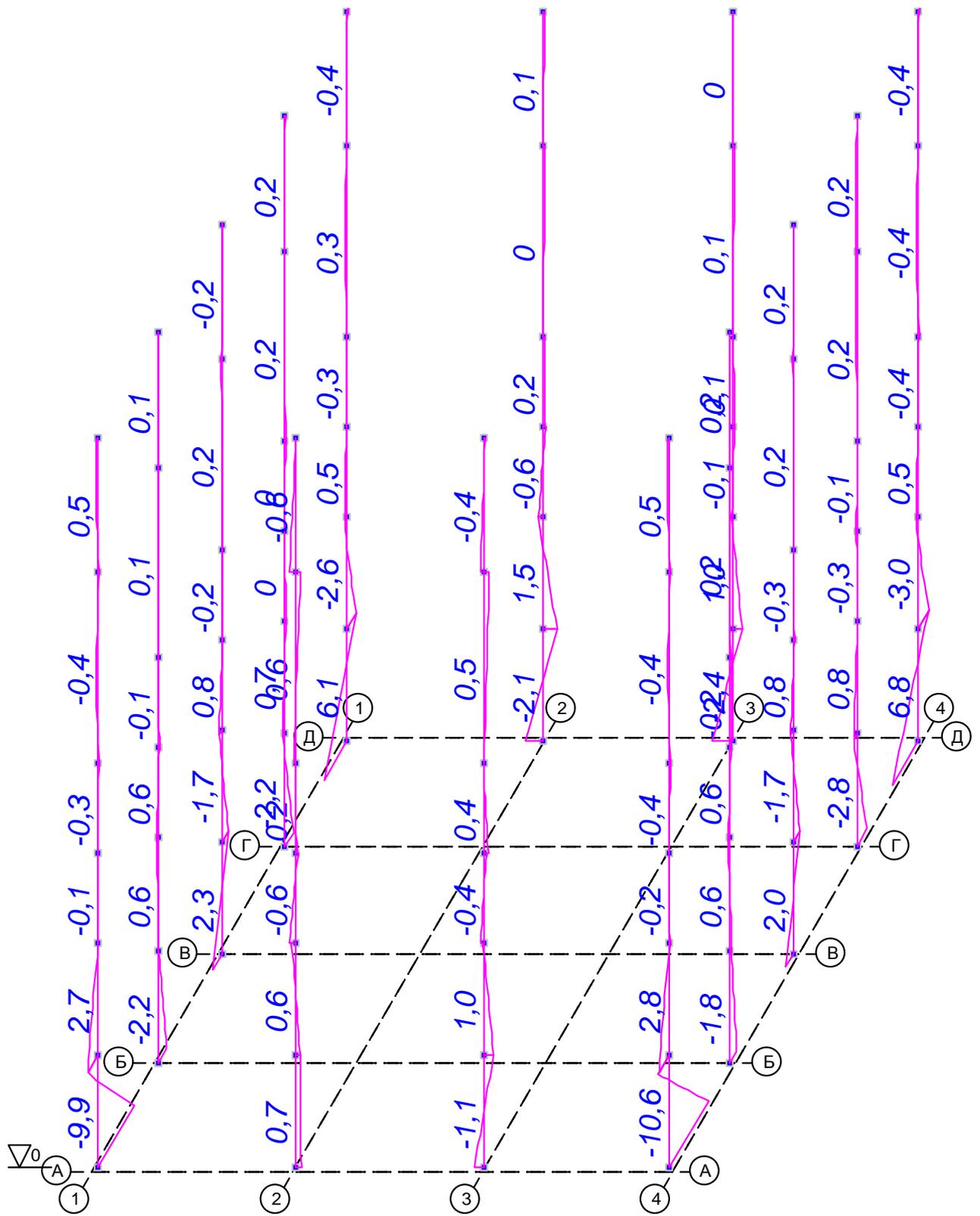


Рис.1.3.6. Эпюры изгибающих моментов  $M_z$  в крайних колоннах от комбинации загрузений С1.



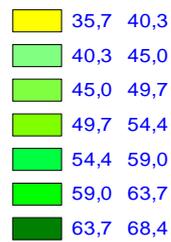
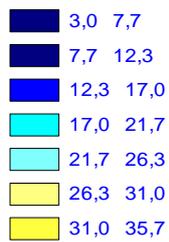
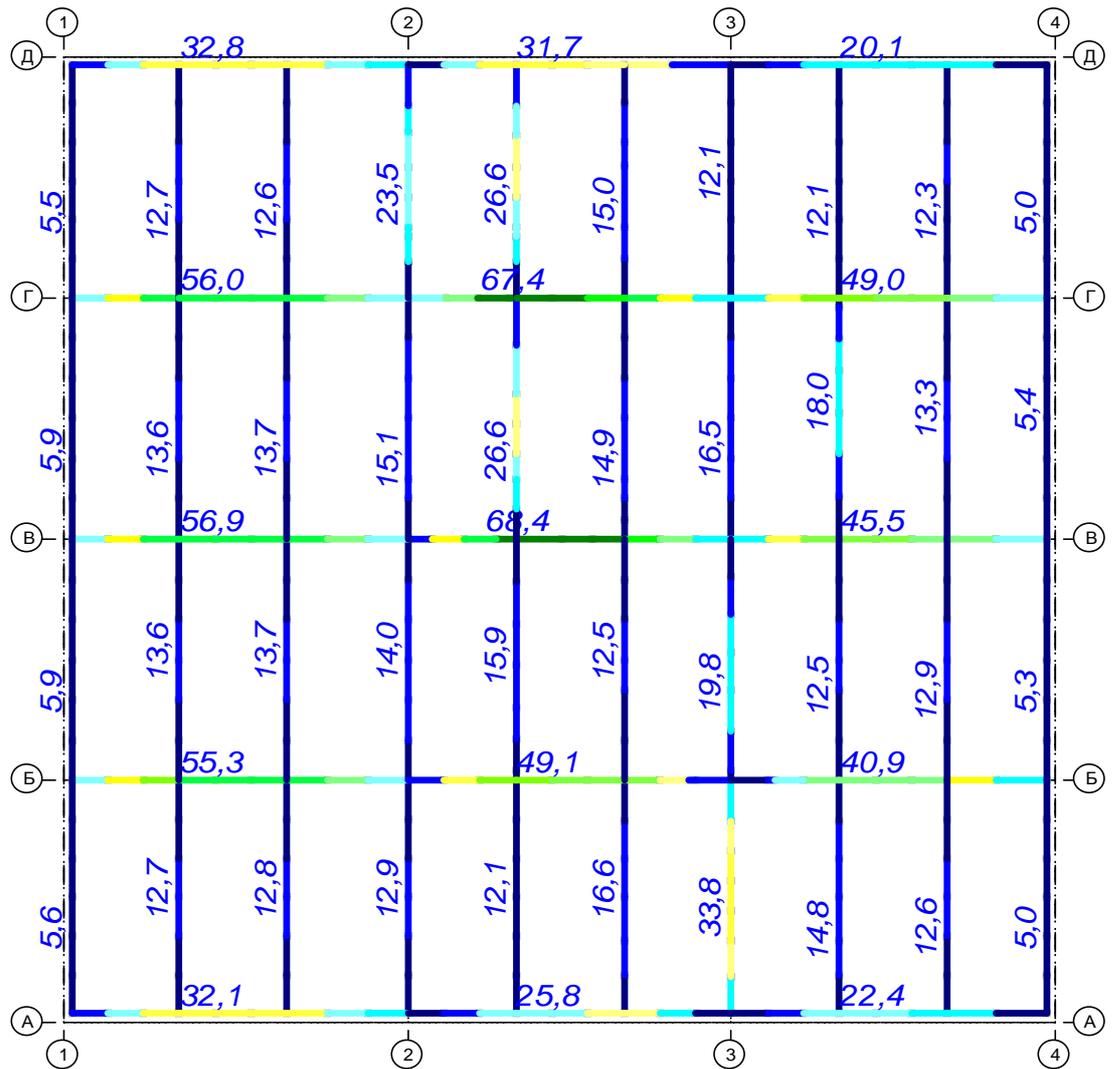
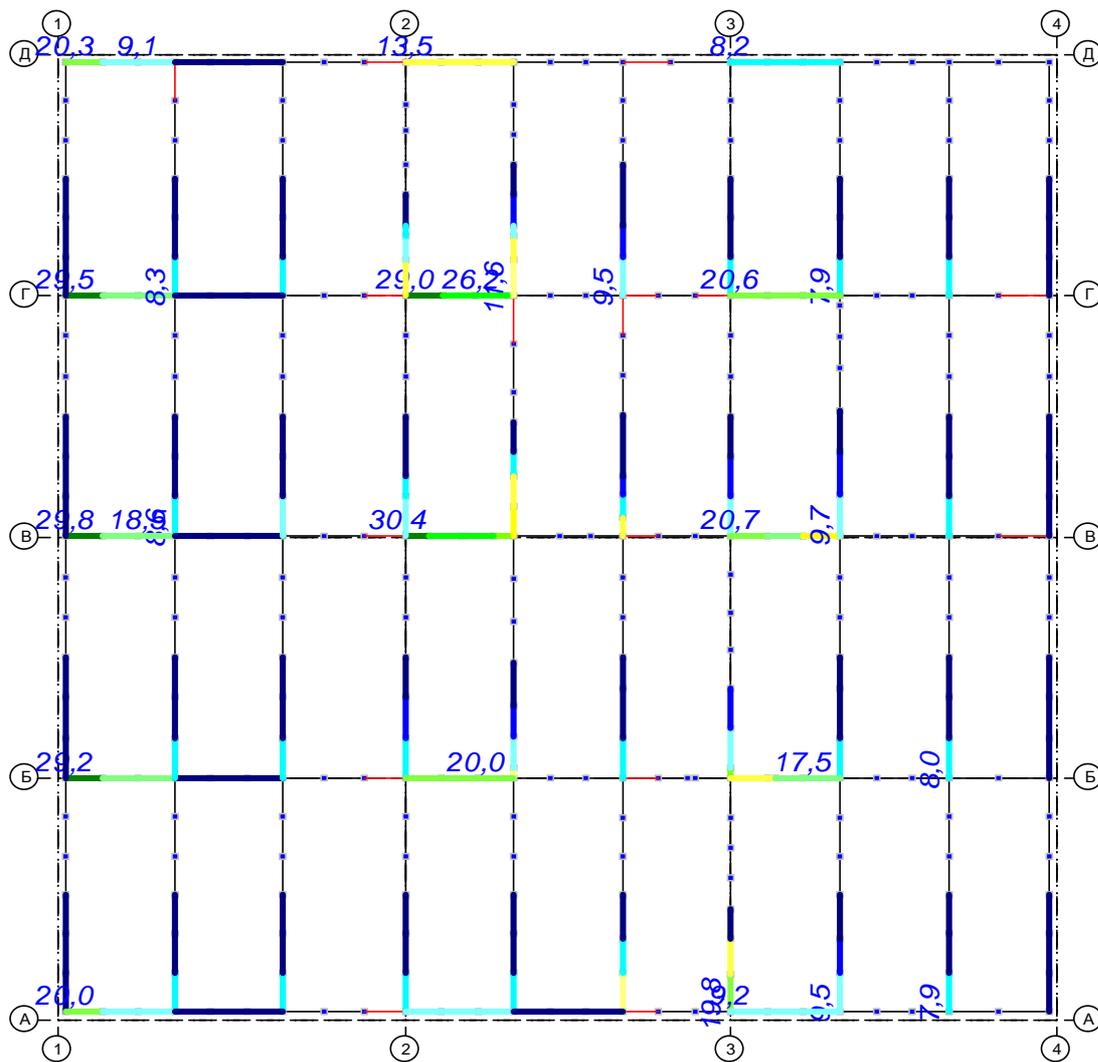


Рис.1.3.8. Значения изгибающих моментов

M<sub>y</sub>, тм\*м в балках на отм 9.00 м от комбинации загрузжений С1.



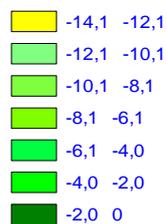
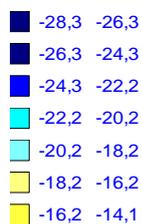
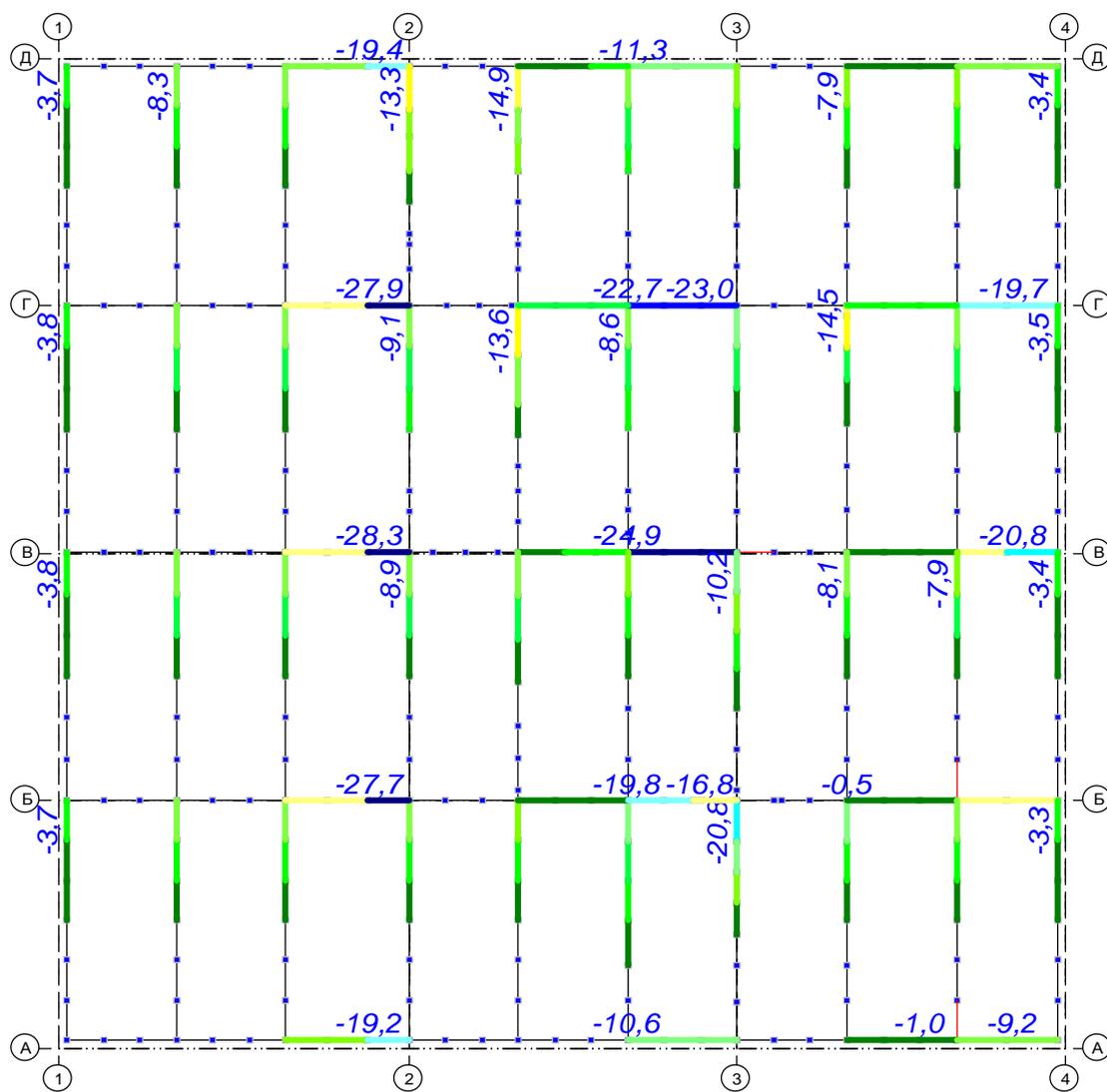


- 0 2,2
- 2,2 4,3
- 4,3 6,5
- 6,5 8,7
- 8,7 10,8
- 10,8 13,0
- 13,0 15,2

- 15,2 17,3
- 17,3 19,5
- 19,5 21,7
- 21,7 23,9
- 23,9 26,0
- 26,0 28,2
- 28,2 30,4

Qz. Комбинация 1 ((L1)\*1+(L2)\*1+(L3)\*1+(L4)\*1+(L5)\*1+(L6)\*1+(L7)\*1) (Т)

Рис.1.3.10. Эпюры поперечных сил (положительные значения) Qz, т в балках на отм 9.000м от комбинации загрузжений С1.



QZ. Комбинация 1 ((L1)\*1+(L2)\*1+(L3)\*1+(L4)\*1+(L5)\*1+(L6)\*1+(L7)\*1) (Т)

Рис.1.3.11. Эпюра поперечных сил (отрицательные значения)  $Q_y$ , т в балках на отл 9.000м от комбинации загрузжений С1.

### 1.3.3. Усилия в балках перекрытия на отм. 12.60 м.

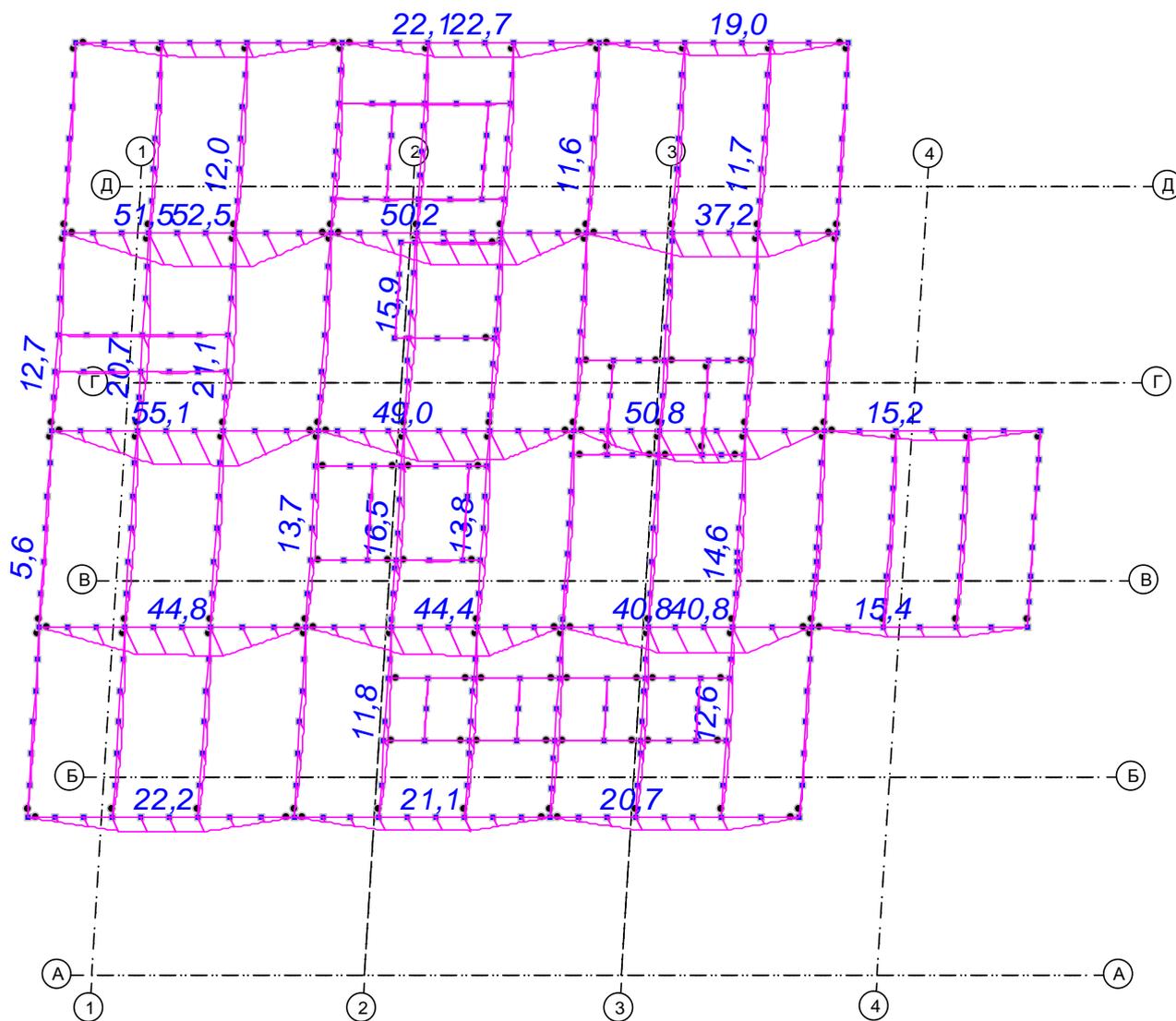
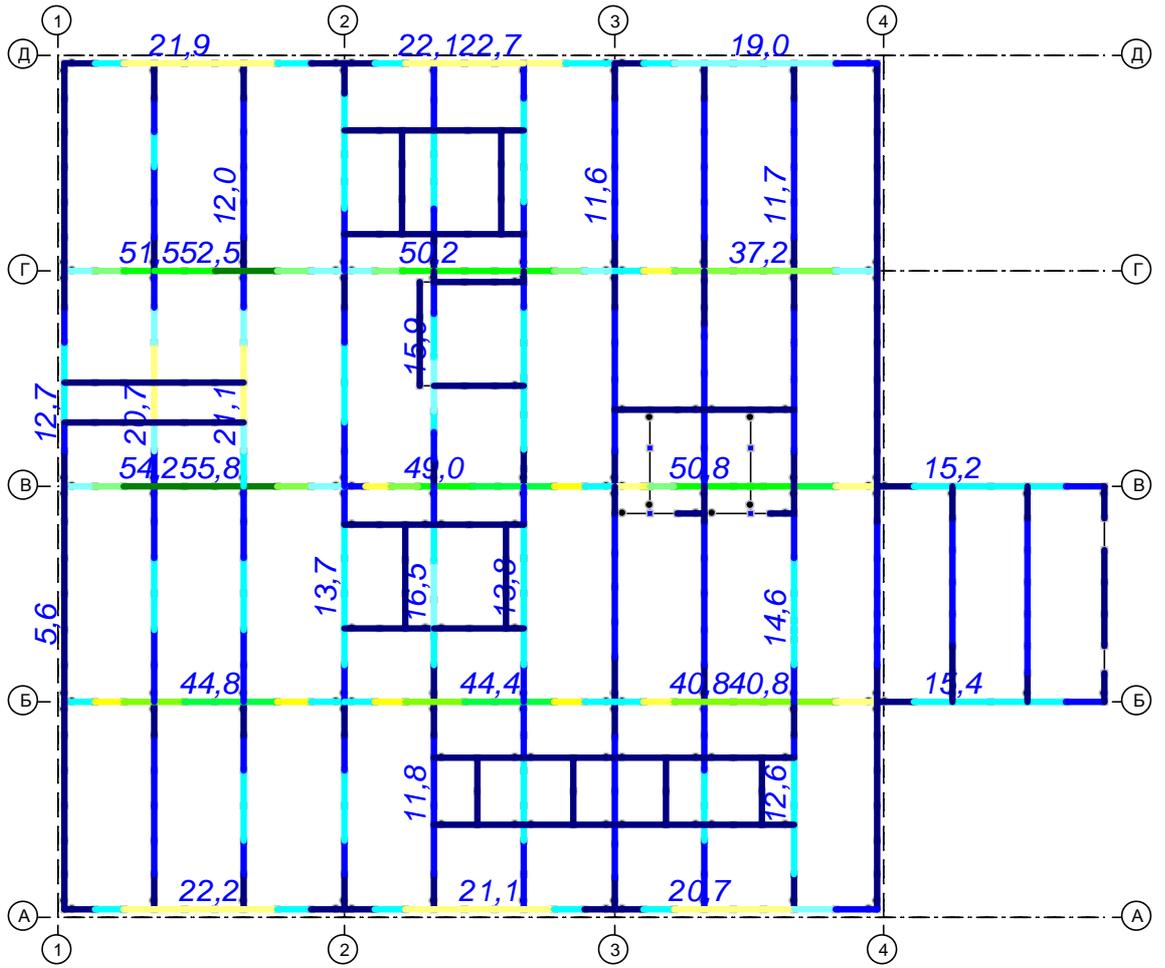


Рис.1.3.12. Эпюра изгибающих моментов

$M_u$ ,  $tm \cdot m$  в балках на отм 12.60 м от комбинации нагрузок С1.



МУ. Комбинация 1 ((L1)\*1+(L2)\*1+(L3)\*1+(L4)\*1+(L5)\*1+(L6)\*1+(L7)\*1) (Т\*м)

Рис.1.3.13. Значения изгибающих моментов

Му, тм\*м в балках на отм 12.60 м от комбинации загрузений С1.

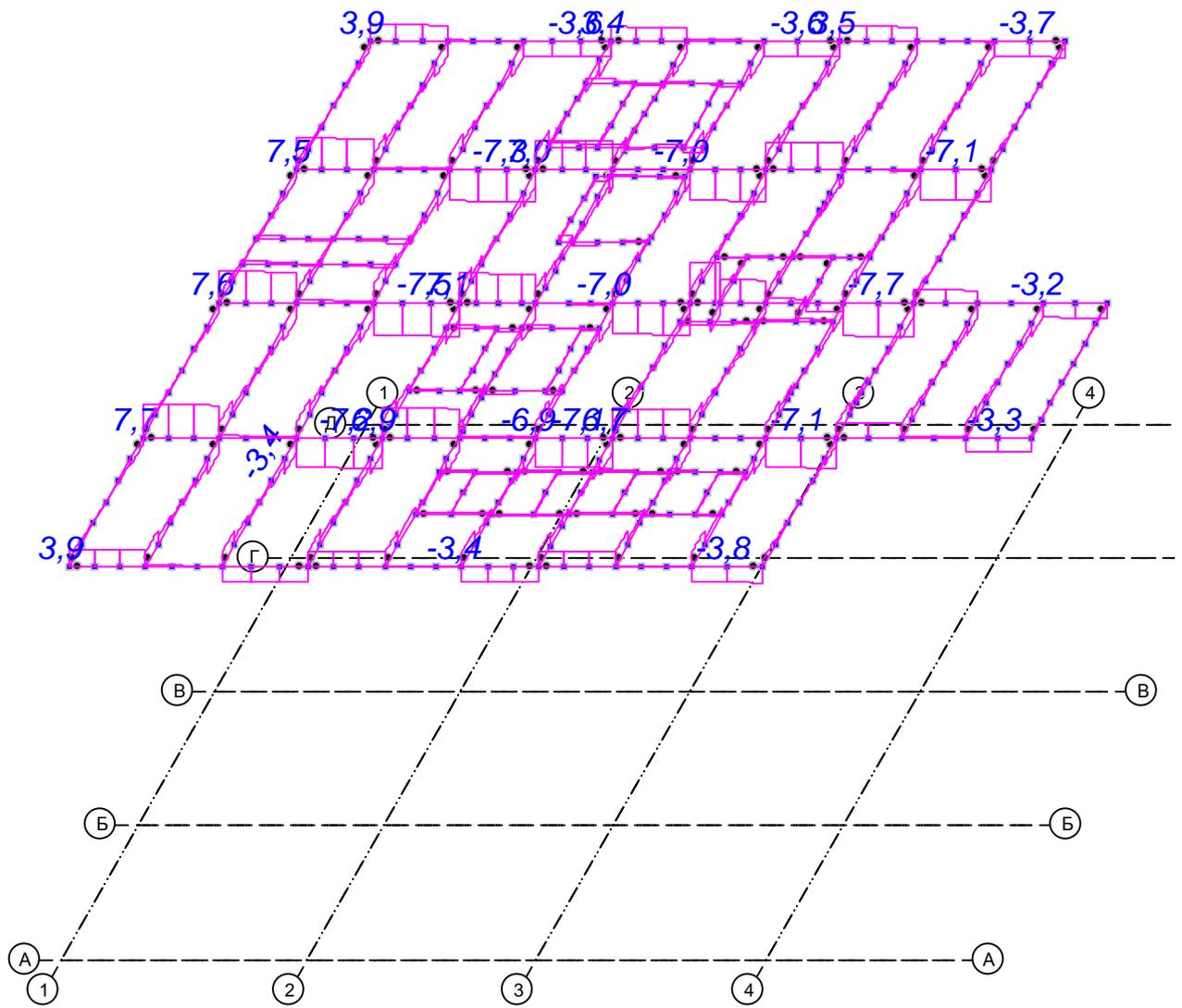
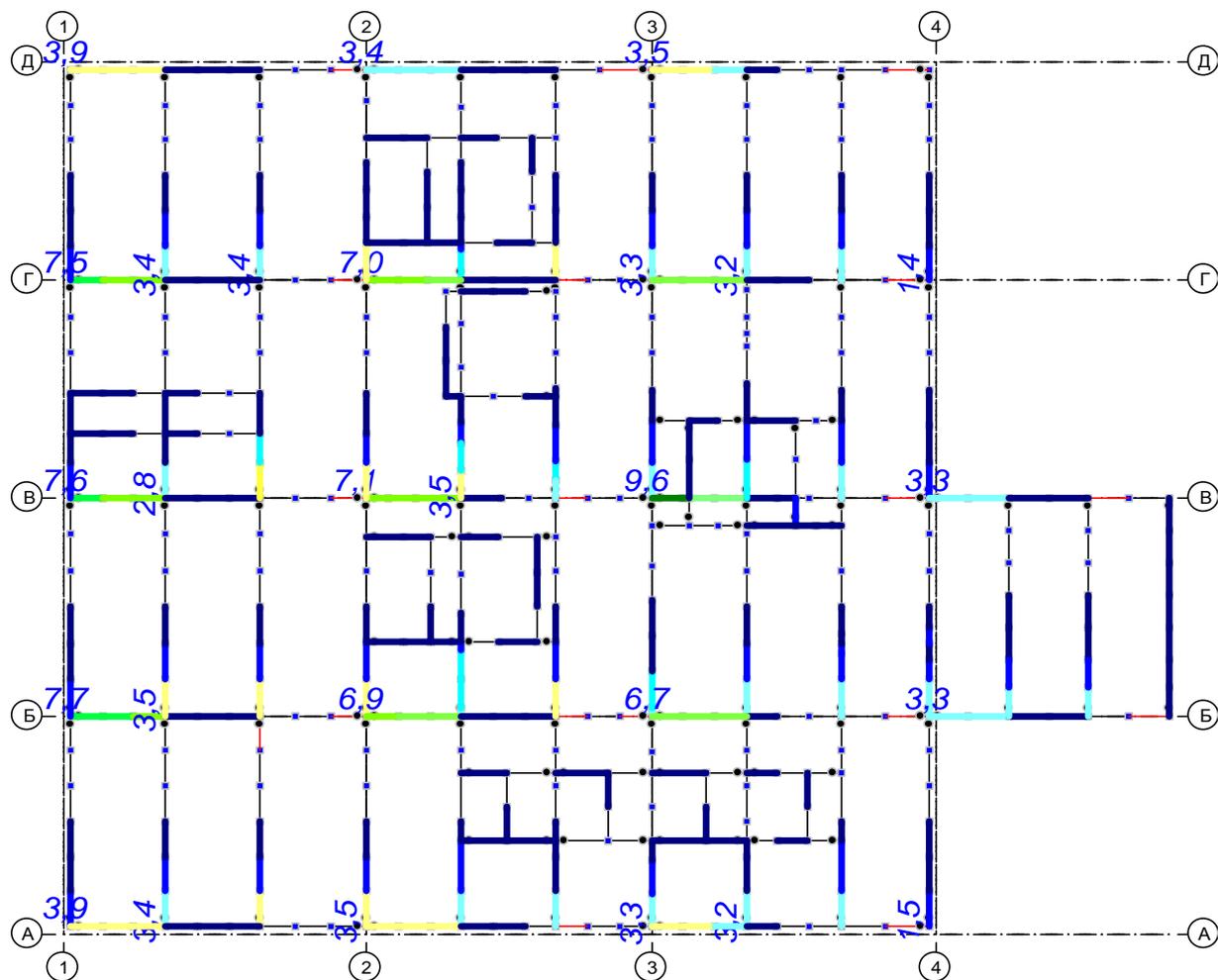


Рис.1.3.14. Эпюра поперечных сил

$Q_z$ , тм\*м в балках на отм 12.60 м от комбинации загрузений С1.



Qz. Загружение 1 (Т)

Рис.1.3.15. Эпюры поперечных сил (положительные значения)  $Q_z$ , т в балках на отм 12.60 м от комбинации нагрузок С1.



### 1.3.4. Усилия в балках перекрытия на отм. 16.20 м.

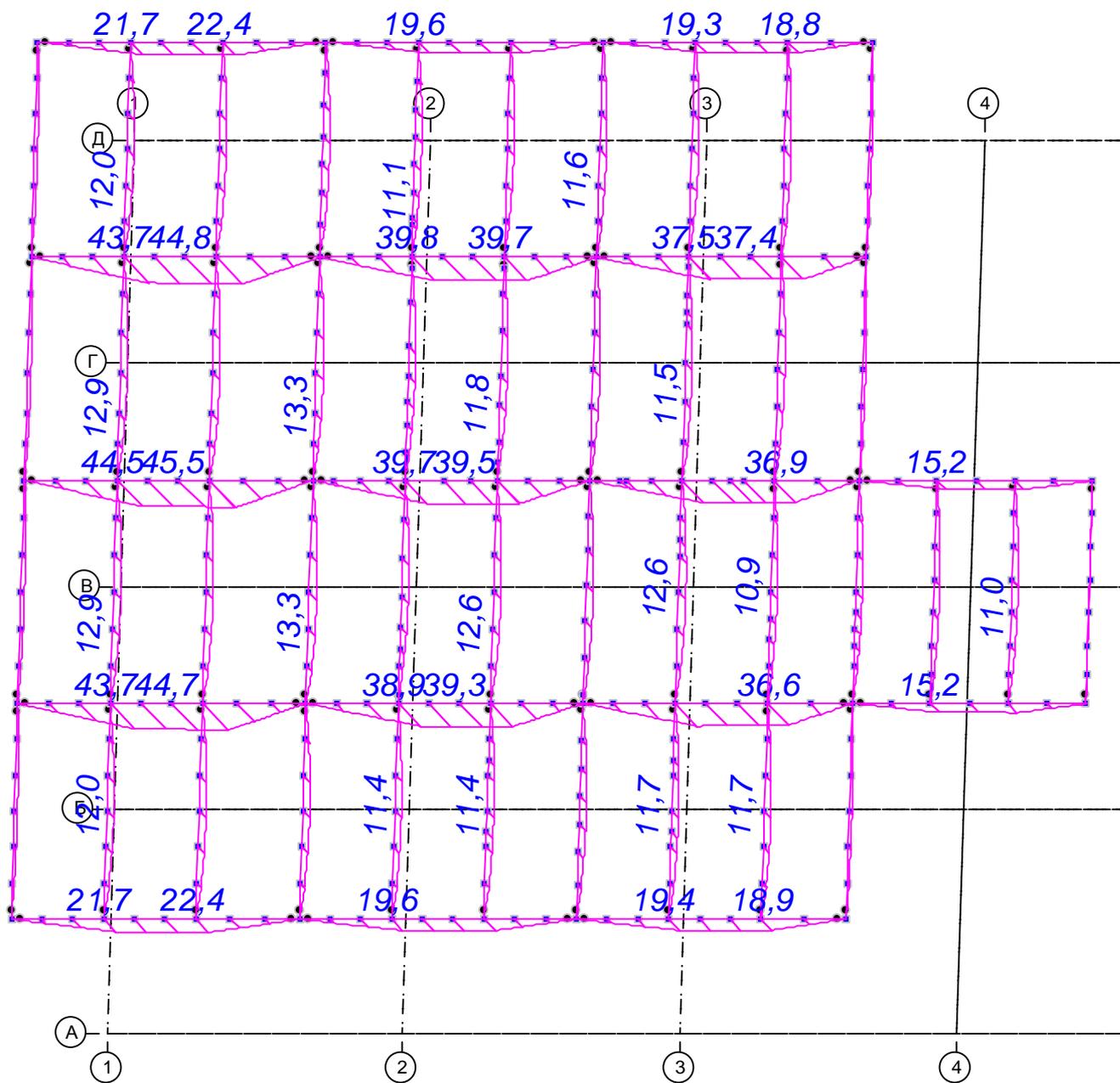
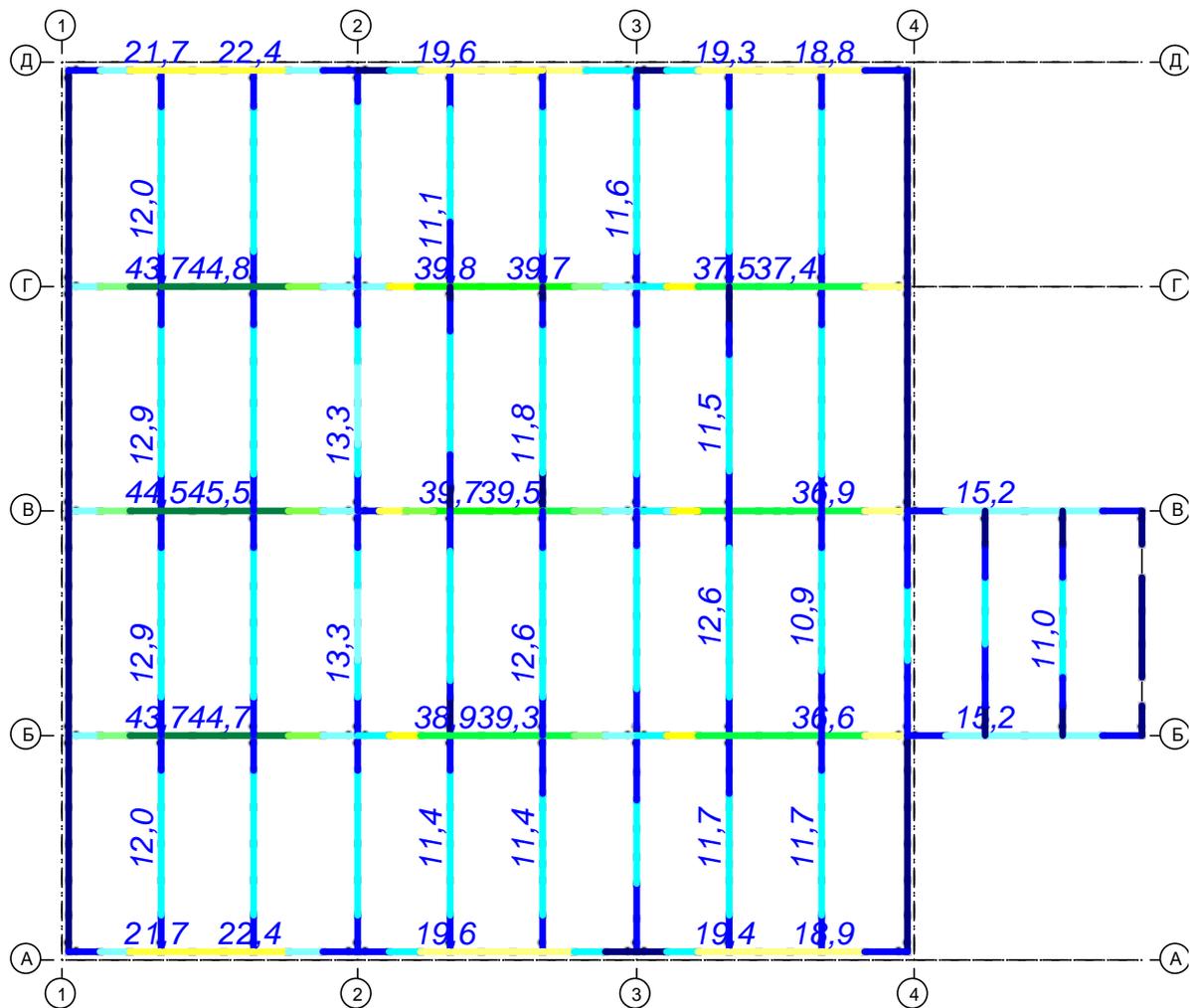


Рис.1.3.17. Эпюра изгибающих моментов

$M_u$ ,  $tm \cdot m$  в балках на отм 16.20 м от комбинации нагрузок С1.



My. Комбинация 1 ((L1)\*1+(L2)\*1+(L3)\*1+(L4)\*1+(L5)\*1+(L6)\*1+(L7)\*1) (Т\*м)

Рис.1.3.18. Значения изгибающих моментов

My, тм\*м в балках на отм 16.20 м от комбинации нагрузжений С1.

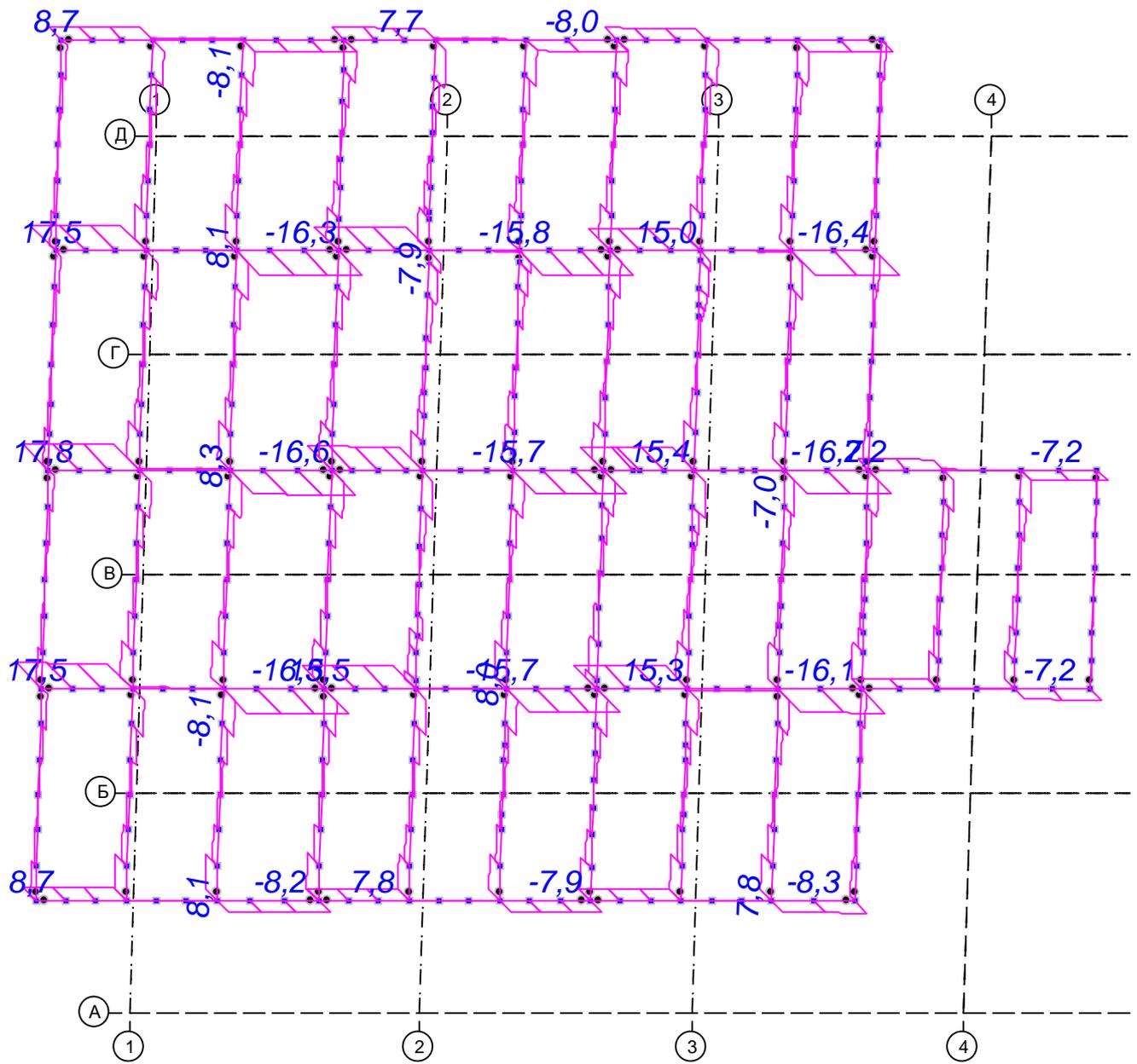
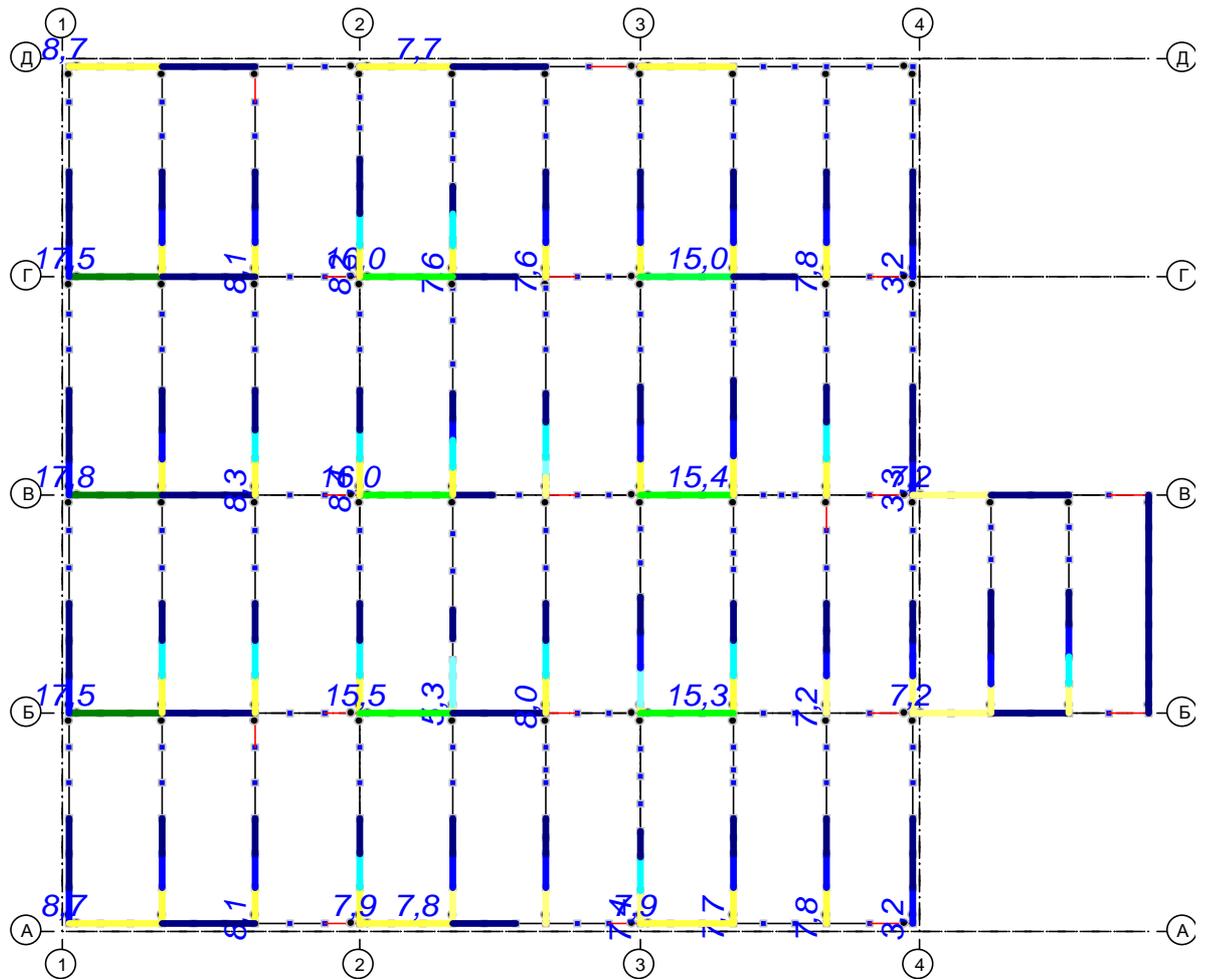


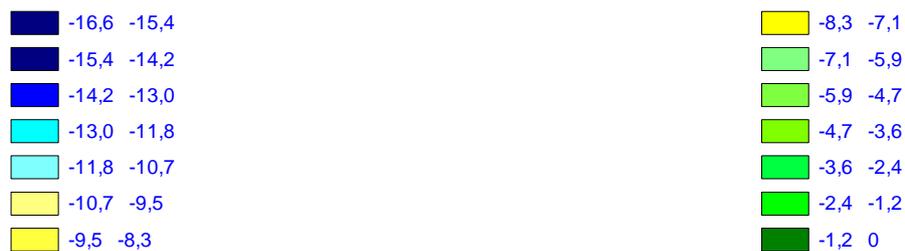
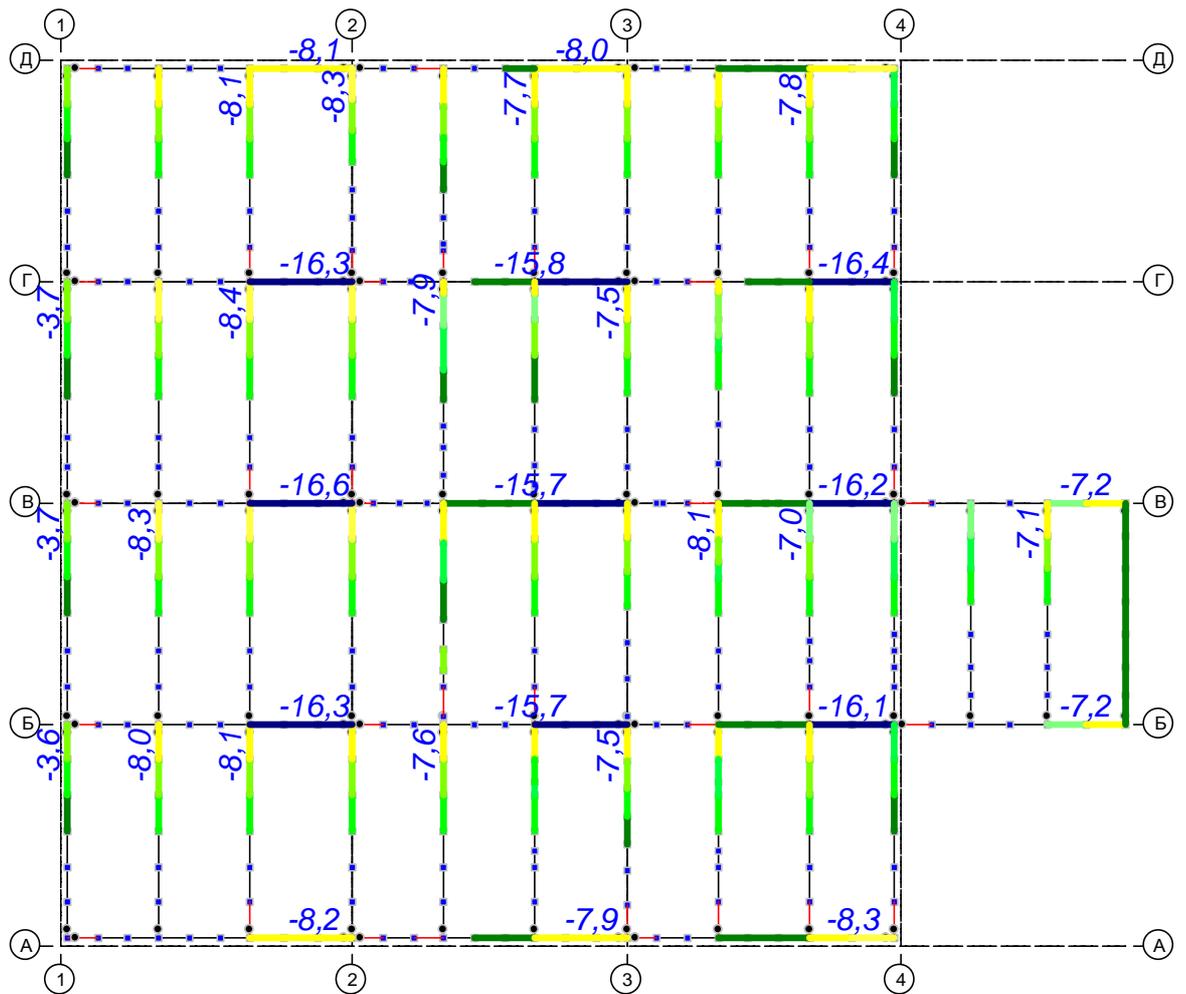
Рис.1.3.19. Эпюра поперечных сил

$Q_z$ , тм\*м в балках на отм 16.20 м от комбинации нагрузок С1.



QZ. Комбинация 1 ((L1)\*1+(L2)\*1+(L3)\*1+(L4)\*1+(L5)\*1+(L6)\*1+(L7)\*1) (Т)

Рис.1.3.20. Эпюра поперечных сил (положительные значения) Qz, т в балках на отм 16.20 м от комбинации нагрузок С1.



QZ. Комбинация 1 ((L1)\*1+(L2)\*1+(L3)\*1+(L4)\*1+(L5)\*1+(L6)\*1+(L7)\*1) (Т)

Рис.1.3.21. Эпюра поперечных сил (отрицательные значения)  $Q_u$ ,  $T$  в балках на отм 16.20 м от комбинации загрузений С1.

### 1.3.5. Усилия в балках перекрытия на отм. 22.20 м.

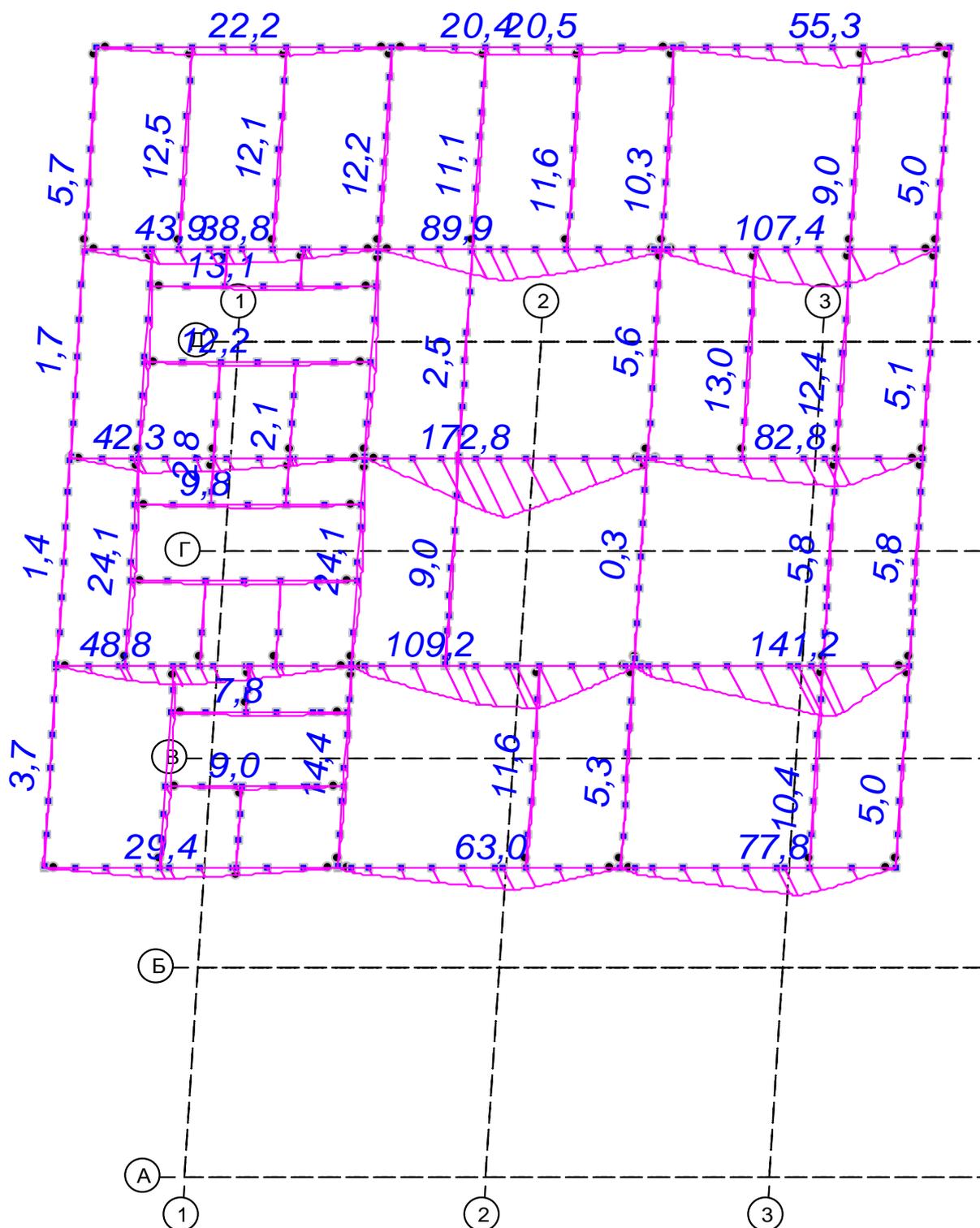
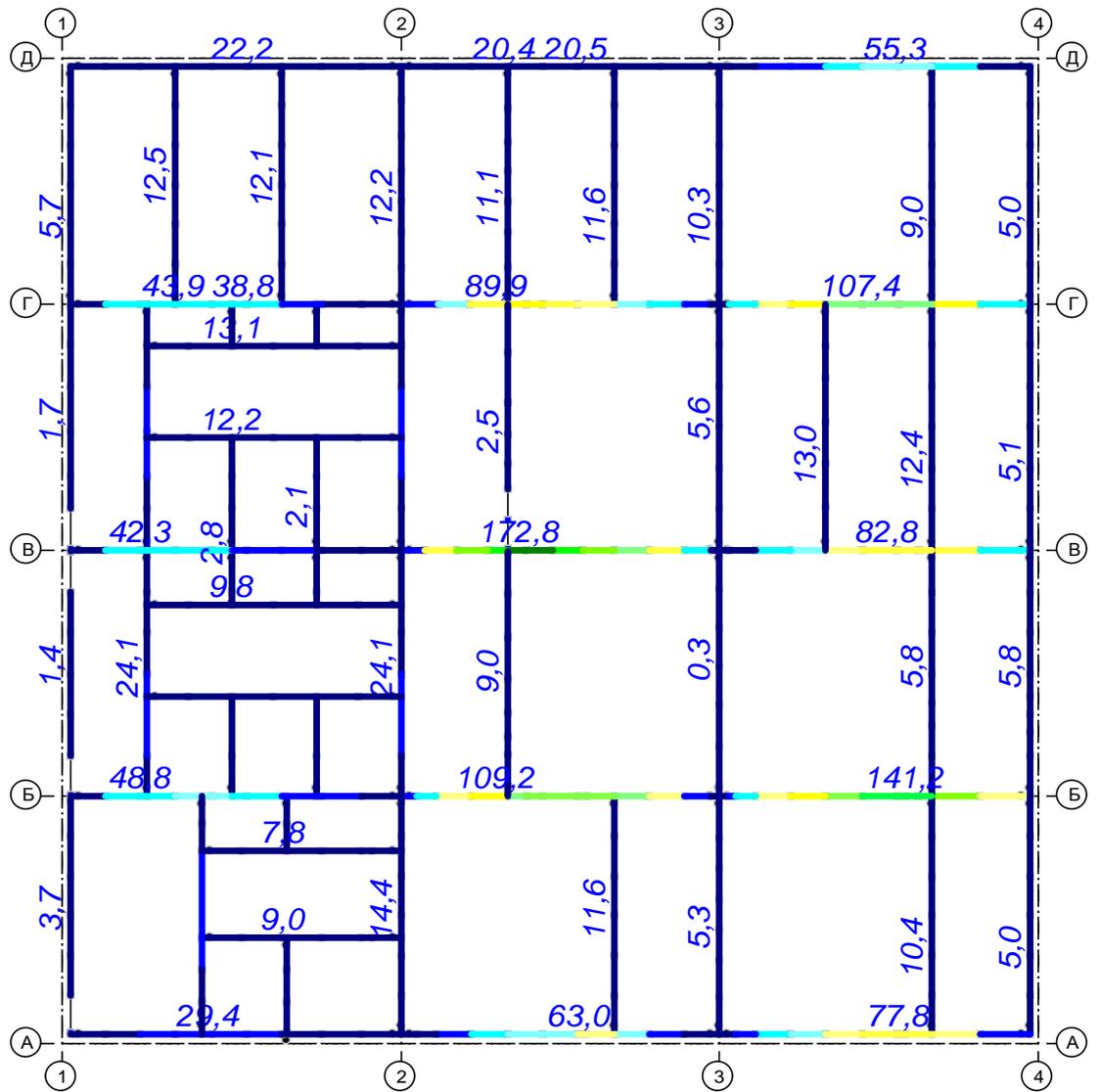


Рис.1.3.22. Эпюры изгибающих моментов

Му, тм\*м в балках на отм 22.20 м от комбинации нагрузок С1.



М<sub>у</sub>. Комбинация 1 ((L1)\*1+(L2)\*1+(L3)\*1+(L4)\*1+(L5)\*1+(L6)\*1+(L7)\*1) (Т\*м)

Рис.1.3.23. Значения изгибающих моментов

М<sub>у</sub>, тм\*м в балках на отм 22.20 м от комбинации загрузений С1.

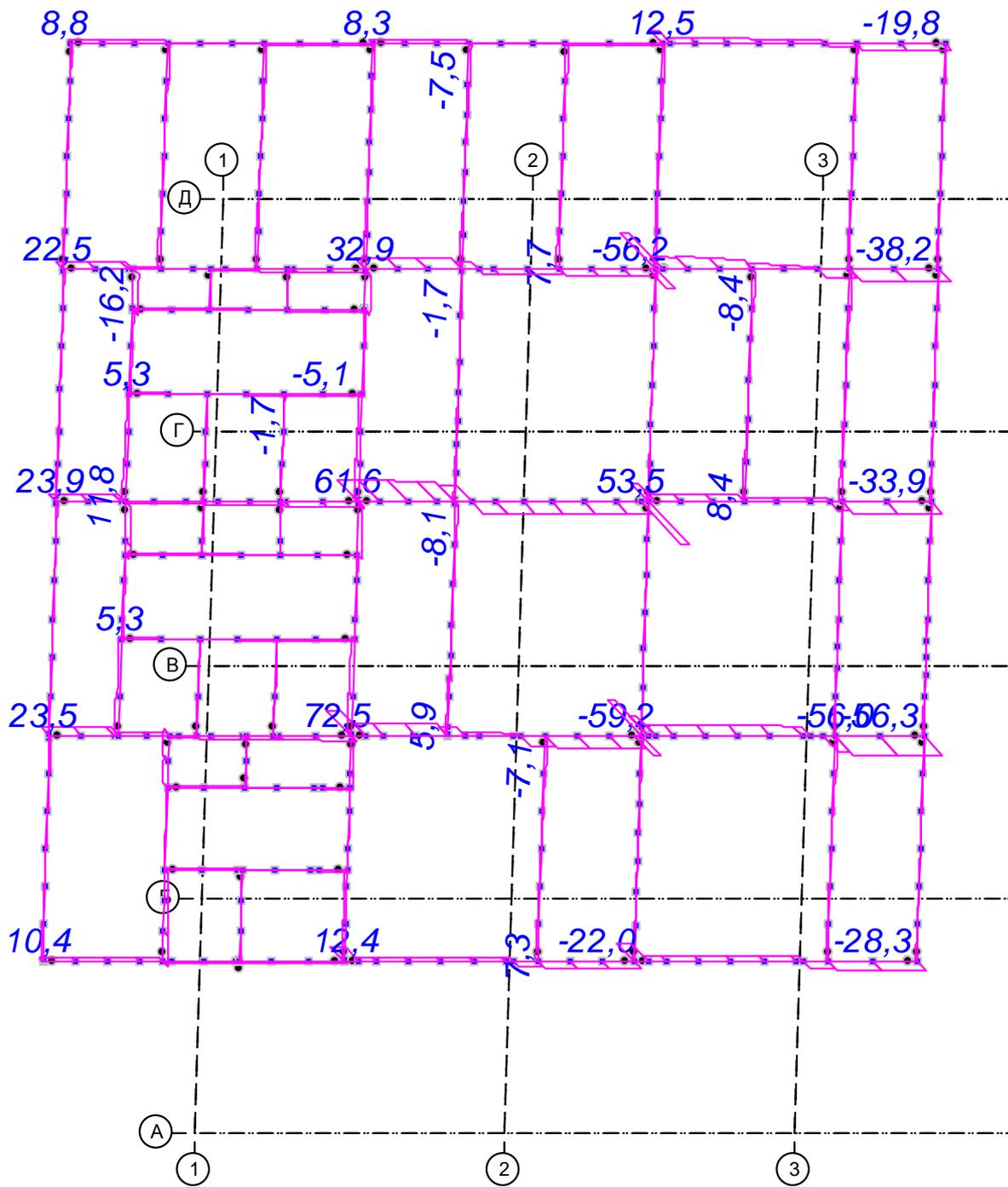


Рис.1.3.24. Эпюра поперечных сил

$Q_z$ , тм\*м в балках на отм 22.20 м от комбинации загрузений С1.

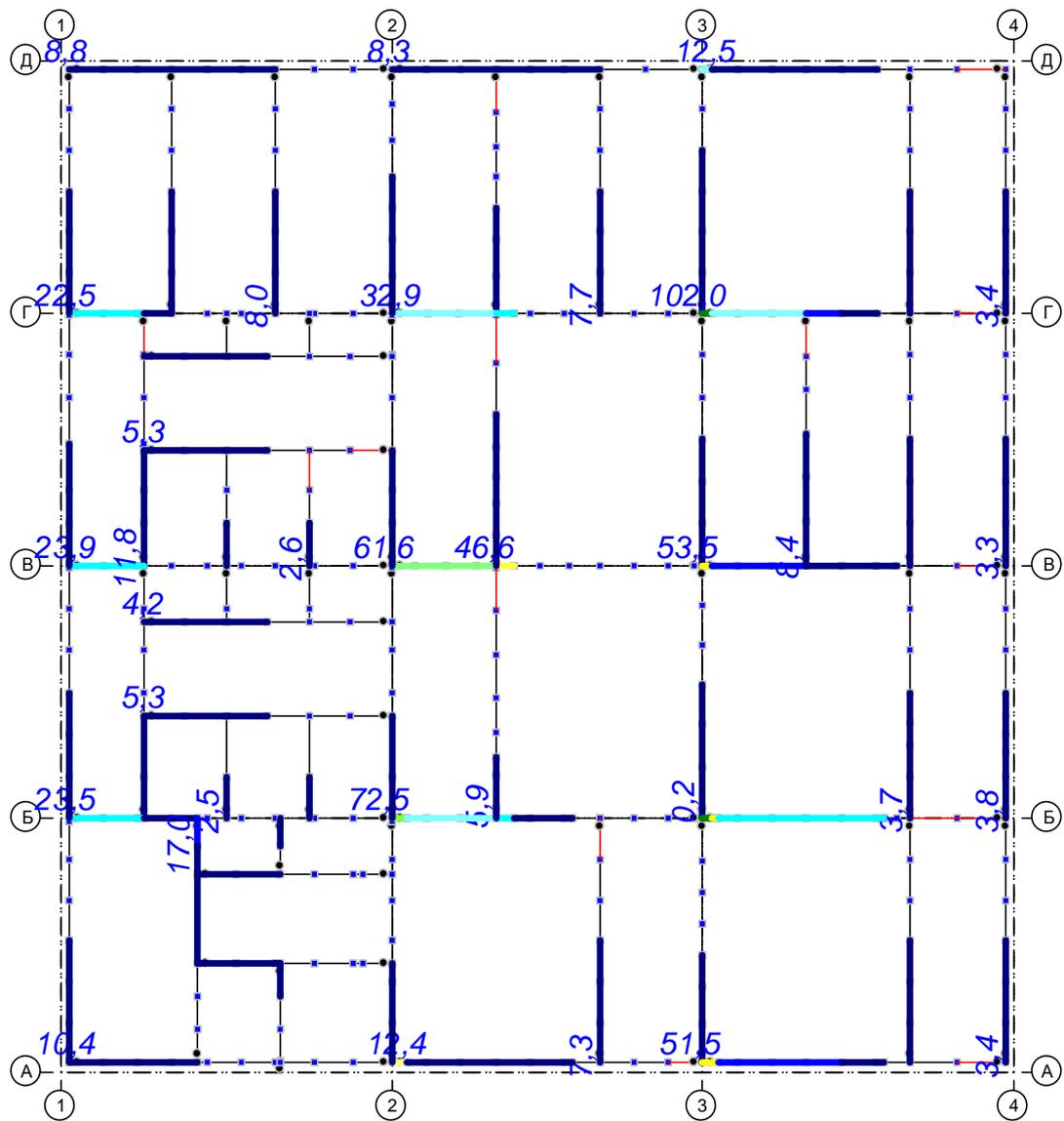


Рис.1.3.25. Эпюра поперечных сил (положительные значения)  $Q_z$ , т в балках на отм 22.200м от комбинации нагрузок С1.

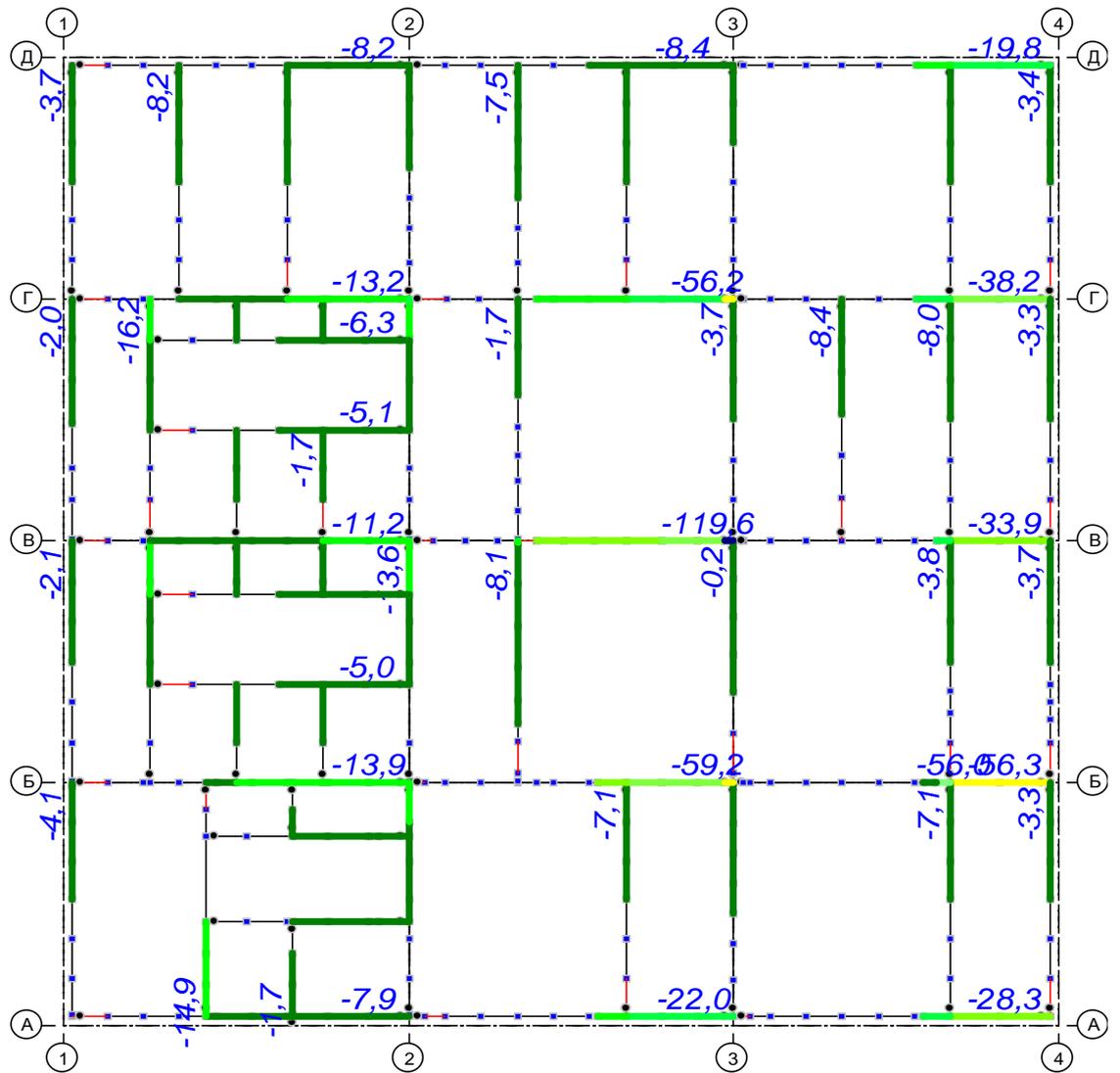


Рис.1.3.26. Эпюра поперечных сил (отрицательные значения)  $Q_y$ , т в балках на отм 22.200м от комбинации загрузений С1.

### 1.3.6. Усилия в балках покрытия.

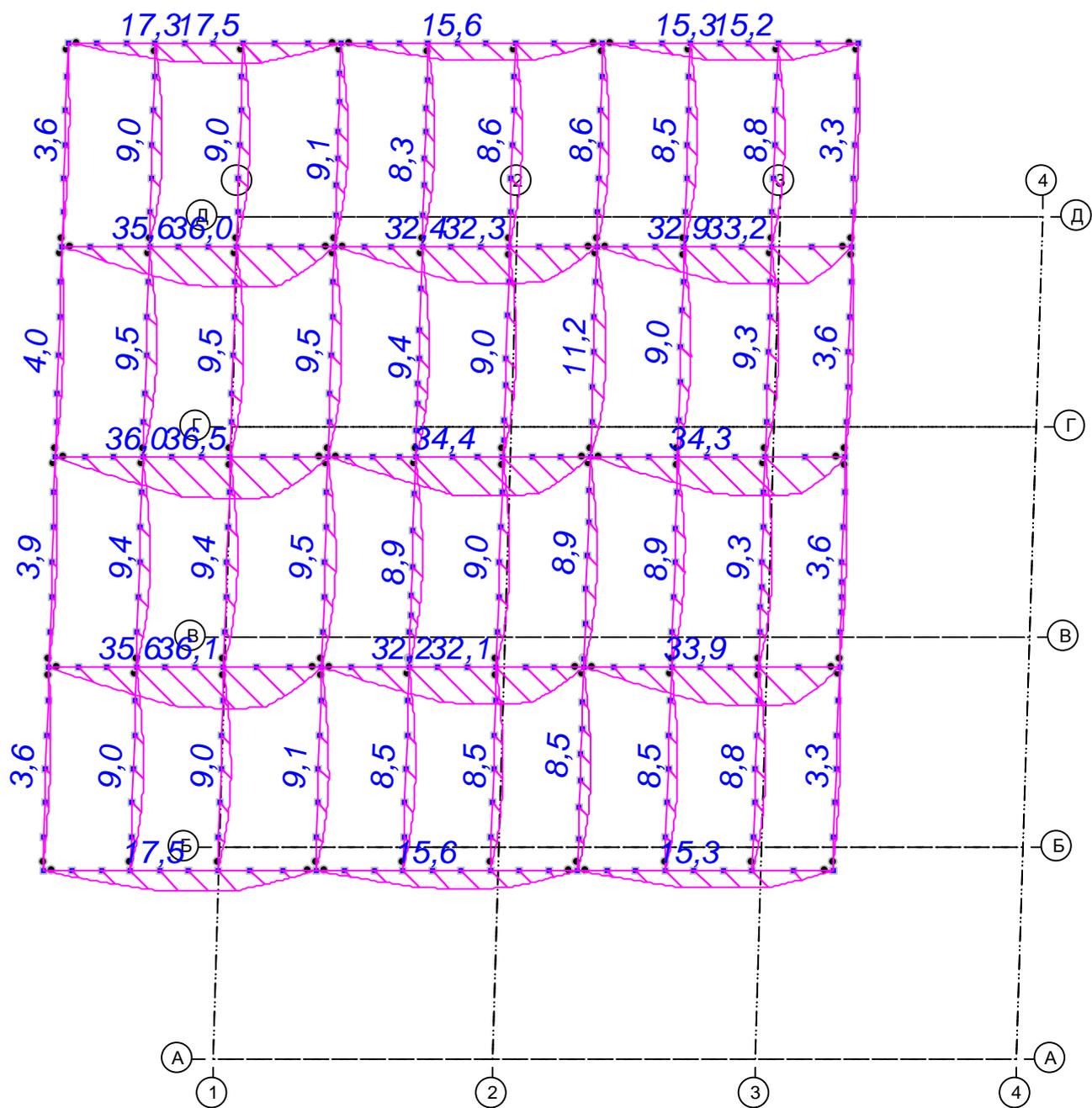
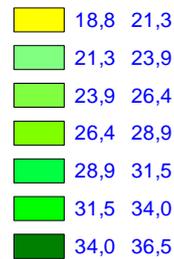
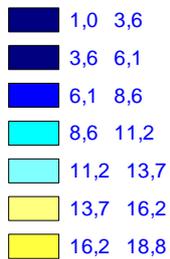
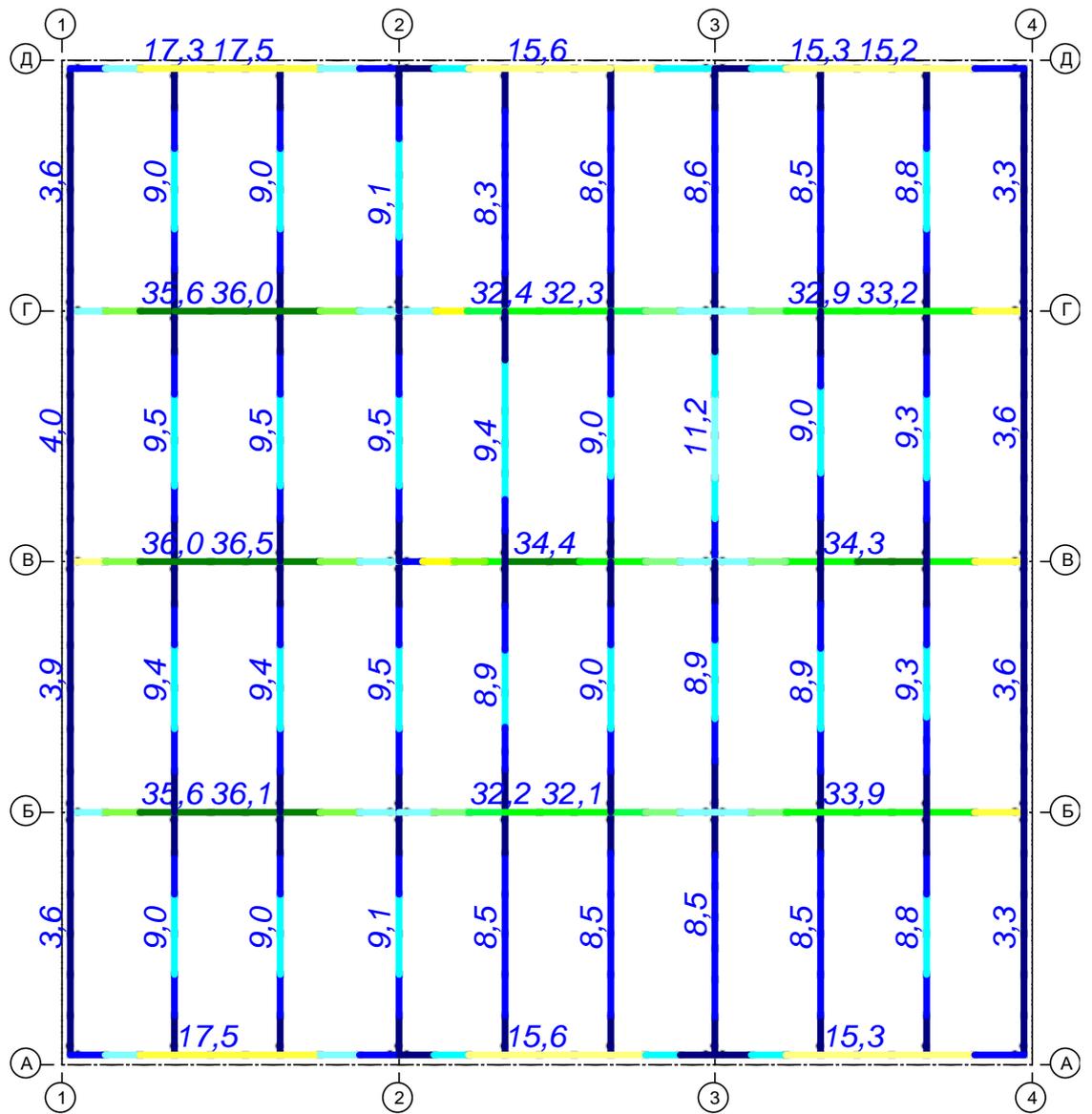


Рис.1.3.27. Эпюра изгибающих моментов

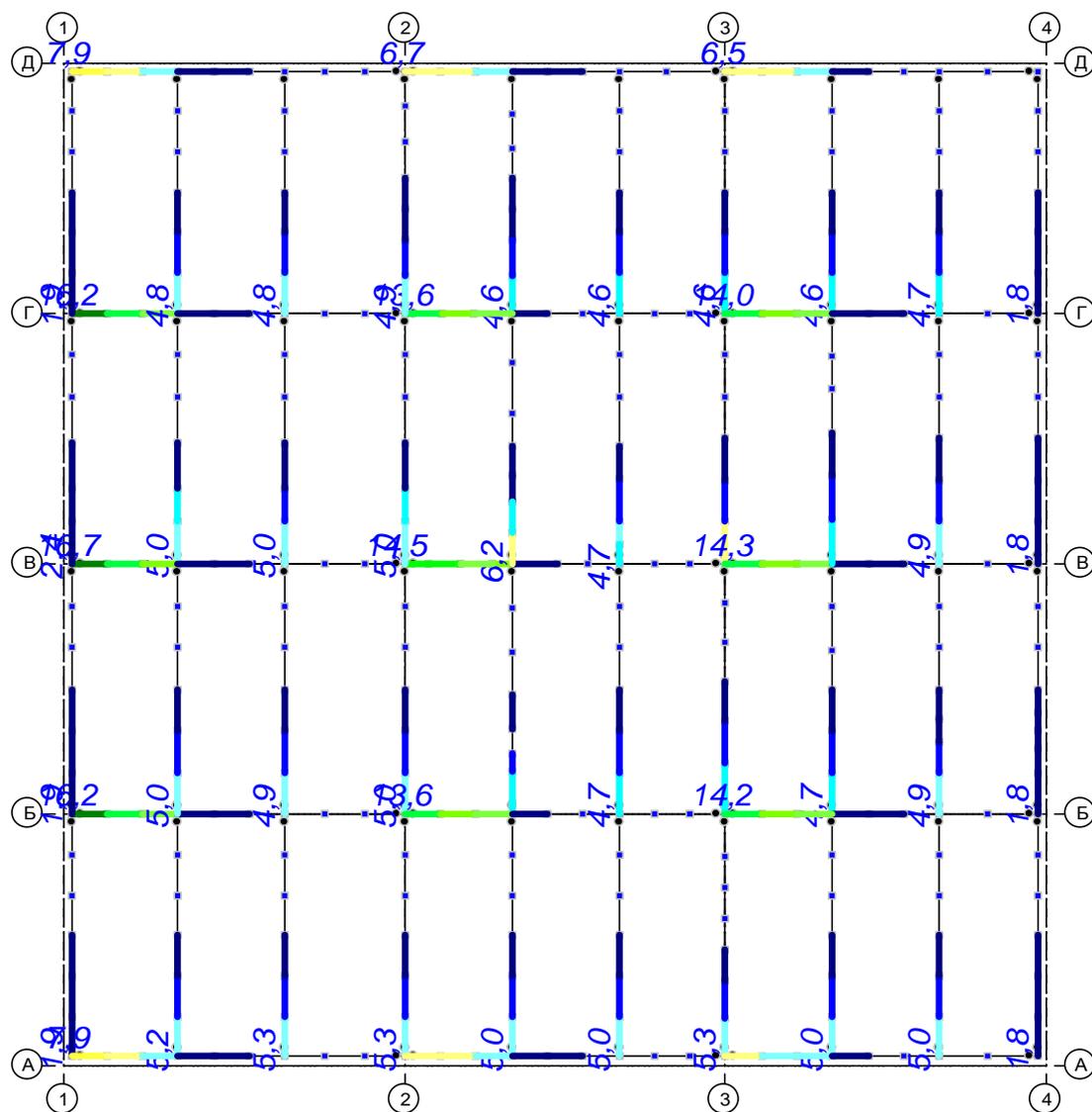
Му, тм\*м в балках покрытия от комбинации загрузений С1.



МУ. Комбинация 1 ((L1)\*1+(L2)\*1+(L3)\*1+(L4)\*1+(L5)\*1+(L6)\*1+(L7)\*1) (Т\*м)

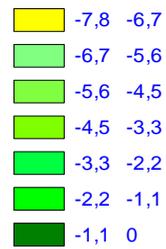
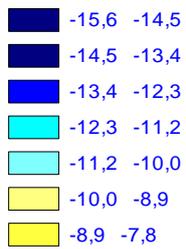
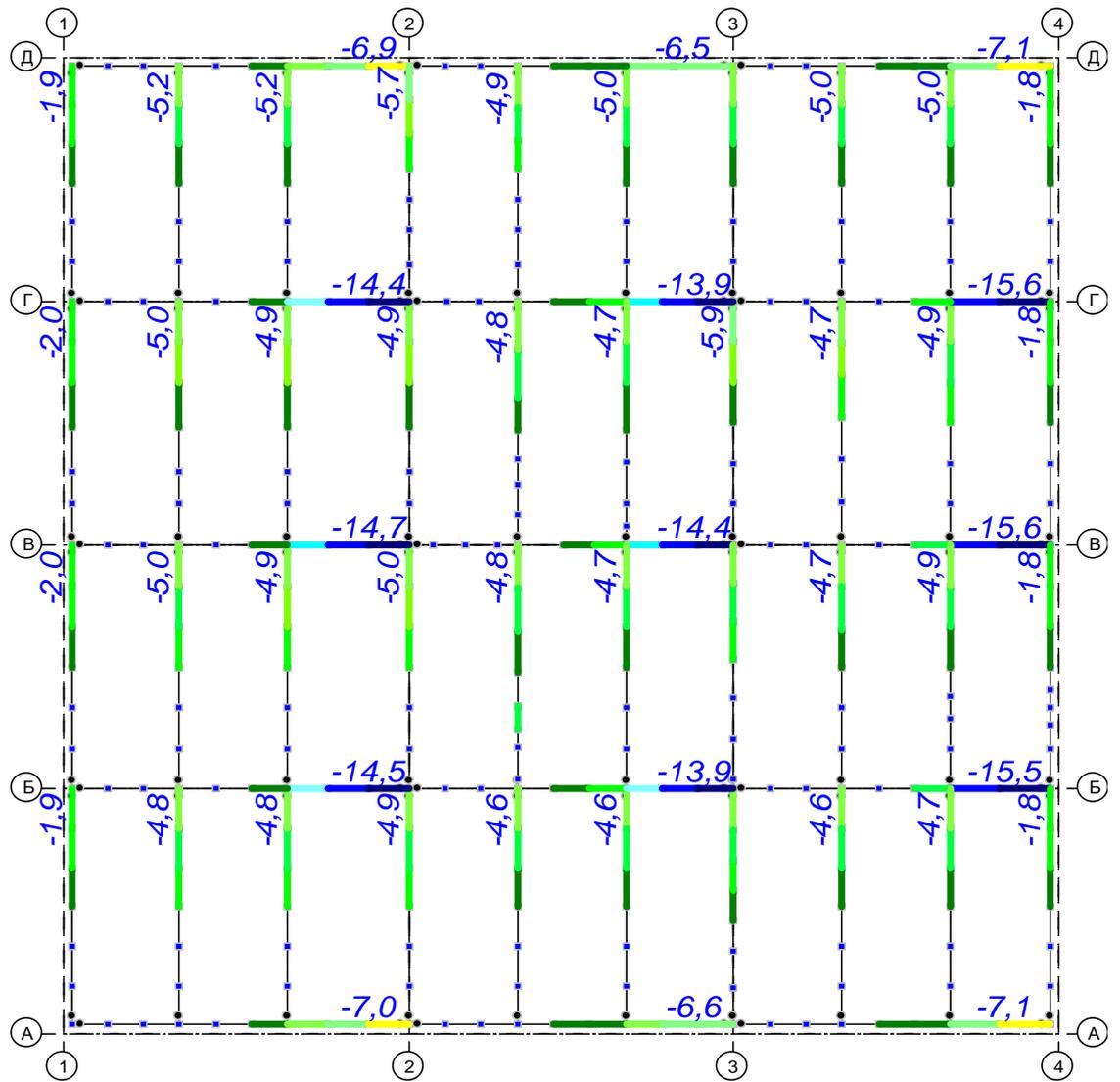
Рис.1.3.28. Значения изгибающих моментов

Му, тм\*м в балках покрытия от комбинации нагрузок С1.



Qz. Комбинация 1 ((L1)\*1+(L2)\*1+(L3)\*1+(L4)\*1+(L5)\*1+(L6)\*1+(L7)\*1) (Т)

Рис.1.3.29. Эпюра поперечных сил (положительные значения) Qz, т в балках покрытия от комбинации нагрузок С1.

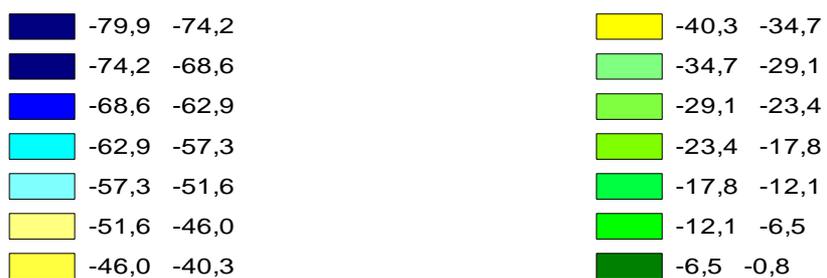
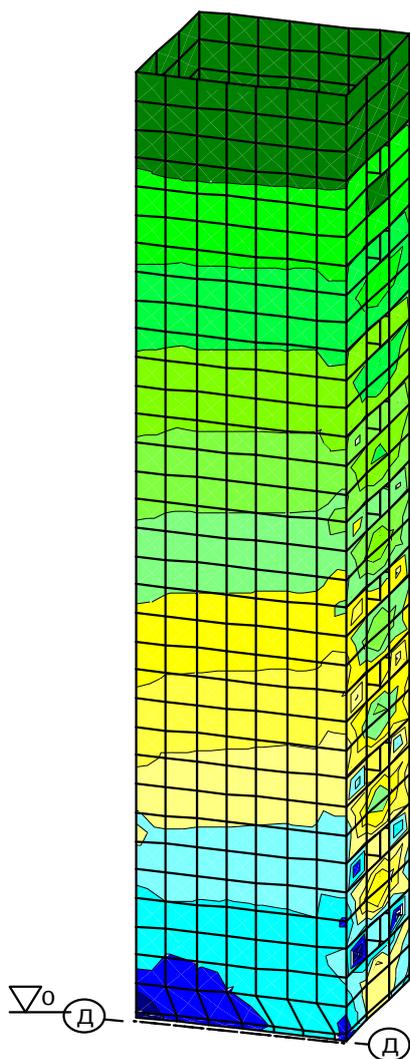


QZ. Комбинация 1 ((L1)\*1+(L2)\*1+(L3)\*1+(L4)\*1+(L5)\*1+(L6)\*1+(L7)\*1) (Т)

Рис.1.3.30. Эшюра поперечных сил (отрицательные значения) Qy, т в балках покрытия от комбинации загрузений С1.

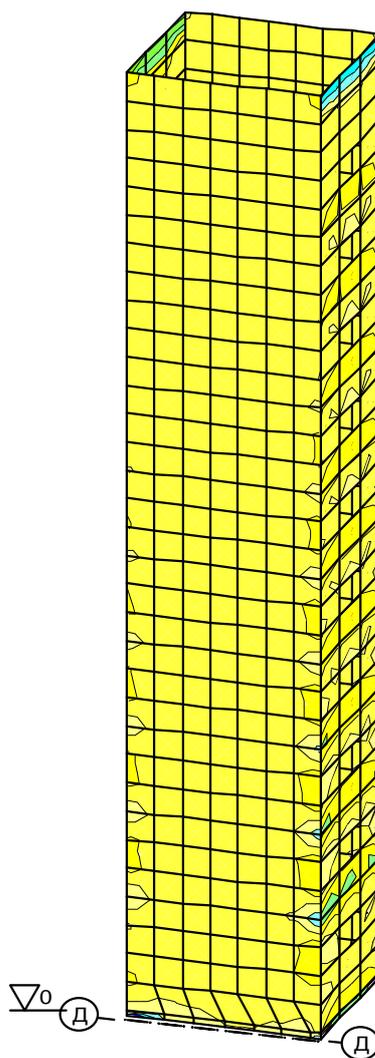
### 1.3.7. Усилия в кирпичных стенах.

<b>Выборка усилий и напряжений (комбинации)</b>								
Единицы измерений: Т, м.								
Наименование	Максимальные значения				Минимальные значения			
	Значение	Номер эл-та	Номер сечен.	Номер загруж.	Значение	Номер эл-та	Номер сечен.	Номер загруж.
NX	-0,87	6636	1	2	-78,69	5862	1	4
NY	2,317	6626	1	2	-14,358	5871	1	3
TXY	5,437	5835	1	4	-5,426	5856	1	2
MX	1,33	5875	1	4	-1,371	5872	1	3
MY	0,524	5968	1	5	-0,402	5959	1	2
MXY	0,294	5841	1	3	-0,291	5813	1	2
QX	8,615	5872	1	3	-12,196	5875	1	3
QY	0,804	5874	1	2	-1,426	5871	1	4



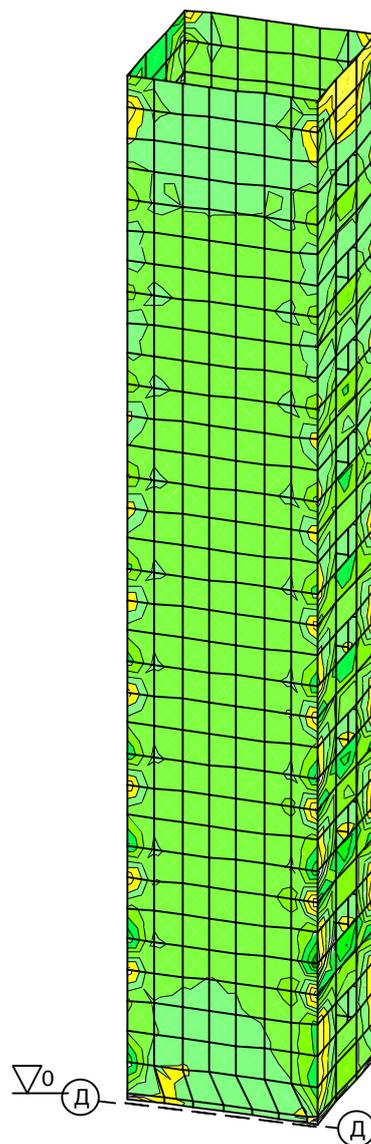
NX. Комбинация 3 ((L8)\*-1+(C1)\*1) (Т/м2)

Рис.1.3.31. Поля напряжений NX (вертикальных) в стеновых элементах от комбинации нагрузок С3.



МХ. Комбинация 3 ((L8)\*-1+(C1)\*1) (Т\*м/м)

Рис.1.3.32. Поля напряжений МХ в стеновых элементах от комбинации нагрузок С3.



МУ. Комбинация 3 ((L8)\*-1+(C1)\*1) (Т\*м/м)

Рис.1.3.33. Поля напряжений МУ в стеновых элементах от комбинации загрузений

С3.

### 1.3.8. Нагрузки на свайное поле.

#### Выборка усилий и напряжений (комбинации)

Единицы измерений: Т, м.

Наименование	Максимальные значения				Минимальные значения			
	Значение	Номер эл-та	Номер сечен.	Номер загруз.	Значение	Номер эл-та	Номер сечен.	Номер загруз.
N	-16,03	6778	3	2	-90,533	6776	1	2
Mk	3,539e-016	6691	1	3	-2,16e-016	6782	1	4
My	3,528	6754	3	5	-8,859	6728	3	4
Qz	1,764	6754	1	5	-4,429	6728	1	4
Mz	3,367	6683	3	3	-3,535	6689	3	2
Qy	1,768	6689	1	2	-1,683	6683	1	3
QX	-1,868	6676	1	1	-1,868	6676	1	1
QY	-0,296	6676	1	1	-0,296	6676	1	1

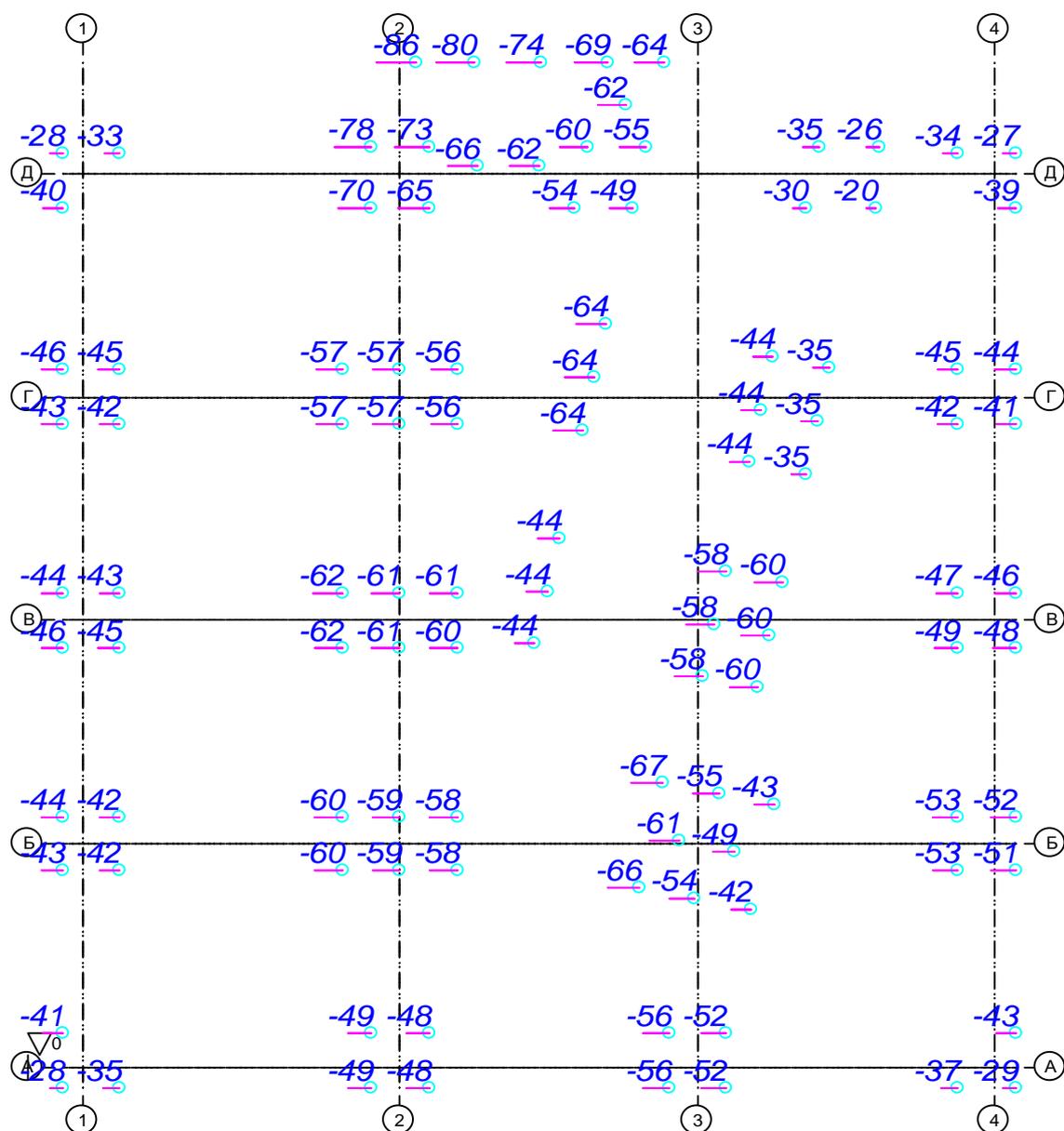
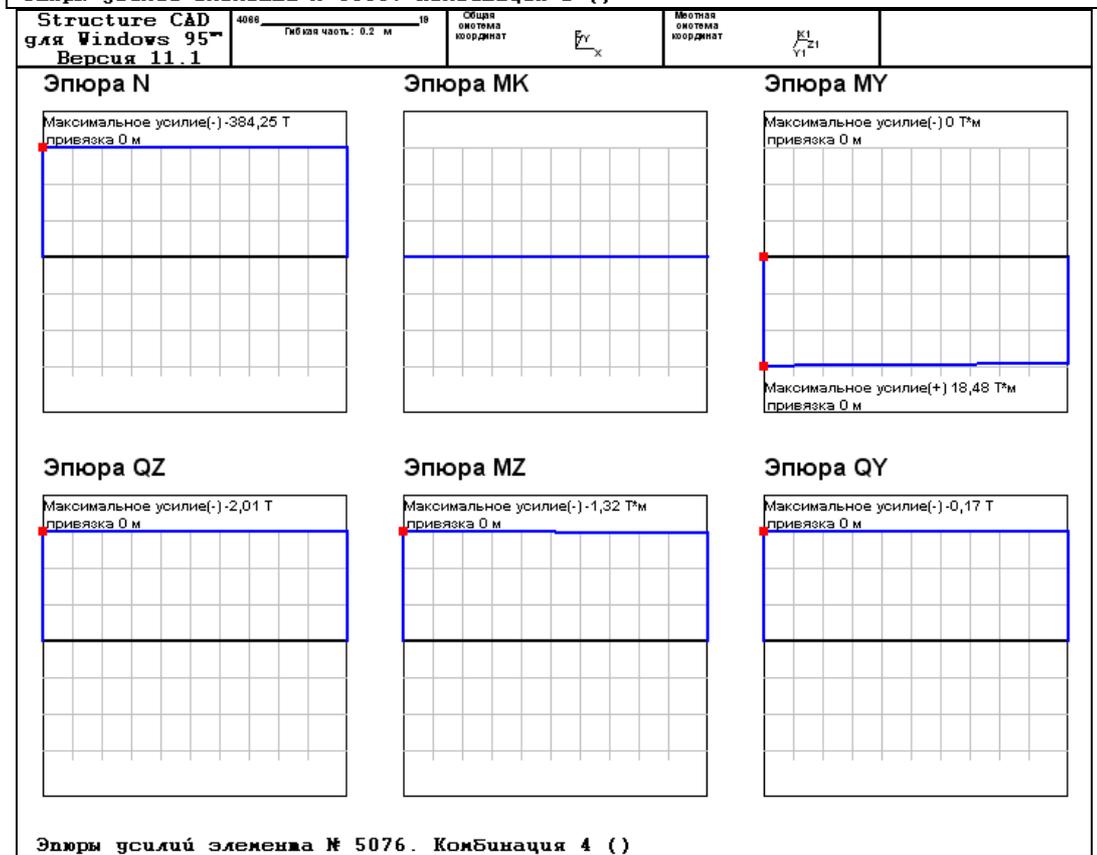
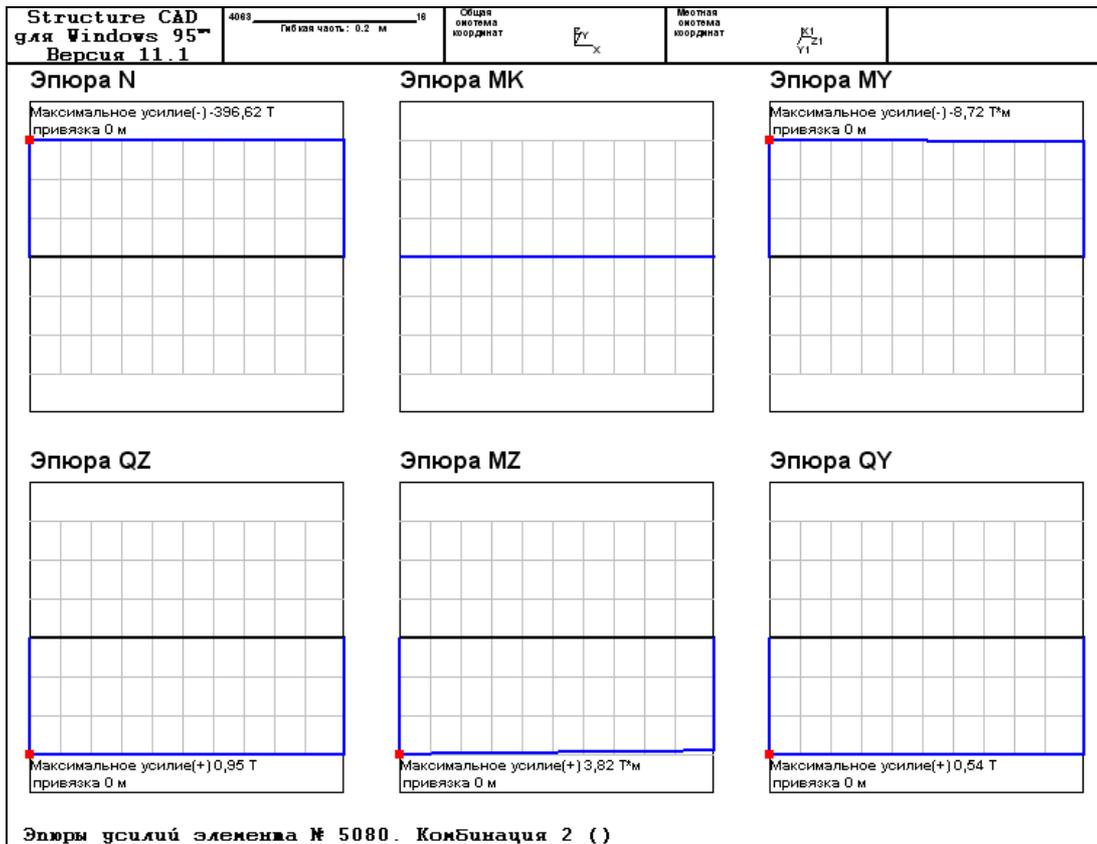


Рис.1.3.34. Вертикальная нагрузка на сваи N, т от комбинации загрузений С1 (без ветровой нагрузки).

## 2. ПОВЕРОЧНЫЕ РАСЧЕТЫ.

### 2.1. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ СТАЛЬНОЙ КОЛОННЫ К1



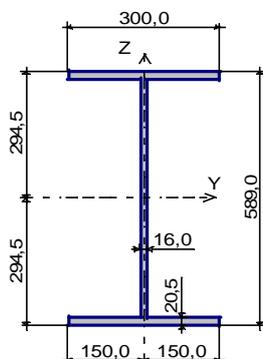
Общие характеристики

Группа конструкции по таблице 50\* СНиП: 1

Расчетное сопротивление стали  $R_y = 2,4 \text{ Т/см}^2$   
 Коэффициент условий работы 0,9  
 Коэффициент надежности по ответственности 1,0

Предельная гибкость для сжатых элементов: 210-60 $\alpha$   
 Предельная гибкость для растянутых элементов: 250

### Сечение



Сечение: Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93 60Ш2

### Геометрические характеристики сечения

	Параметр	Значение	
A	Площадь поперечного сечения	217,41	см <sup>2</sup>
$A_{v,y}$	Условная площадь среза вдоль оси Y	86,924	см <sup>2</sup>
$A_{v,z}$	Условная площадь среза вдоль оси Z	84,326	см <sup>2</sup>
$I_y$	Момент инерции относительно оси Y	126200,996	см <sup>4</sup>
$I_z$	Момент инерции относительно оси Z	9257,4	см <sup>4</sup>
$I_t$	Момент инерции при кручении	246,753	см <sup>4</sup>
$I_w$	Секториальный момент инерции	7479799,661	см <sup>6</sup>
$i_y$	Радиус инерции относительно оси Y	24,093	см
$i_z$	Радиус инерции относительно оси Z	6,525	см
$W_{y+}$	Максимальный момент сопротивления относительно оси Y	4285,263	см <sup>3</sup>
$W_{y-}$	Минимальный момент сопротивления относительно оси Y	4285,263	см <sup>3</sup>
$W_{z+}$	Максимальный момент сопротивления относительно оси Z	617,16	см <sup>3</sup>
$W_{z-}$	Минимальный момент сопротивления относительно оси Z	617,16	см <sup>3</sup>
$W_{pl,y}$	Пластический момент сопротивления относительно оси Y	4697,491	см <sup>3</sup>
$W_{pl,z}$	Пластический момент сопротивления относительно оси Z	957,572	см <sup>3</sup>
$a_{y+}$	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Y(U)	2,839	см
$a_{y-}$	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Y(U)	2,839	см
$a_{z+}$	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Z(V)	19,711	см
$a_{z-}$	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Z(V)	19,711	см

Длина элемента 8,0 м

### Закрепление

Отношение  $l/L$  в плоскости XOY 0,3

Отношение  $l/L$  в плоскости XOZ 1,0

## Результаты расчета по комбинациям загружений

$N = 0,73 \text{ Т}$   
 $M_y = 68,37 \text{ Т*м}$   
 $V_z = 1,43 \text{ Т}$   
 $M_z = 0,04 \text{ Т*м}$   
 $V_y = -0,01 \text{ Т}$

### Результаты расчета

Проверено по СНиП	Фактор	Коэффициент использования
п.5.12	прочность при действии изгибающего момента $M_y$	0,738643
п.5.12	прочность при действии изгибающего момента $M_z$	0,0030006
пп.5.12,5.18	прочность при действии поперечной силы $V_y$	$9,18288e-05$
пп.5.12,5.18	прочность при действии поперечной силы $V_z$	0,013536
пп.5.24,5.25	прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,743198
п.5.15	устойчивость плоской формы изгиба	0,926487
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости $XoY$	0,147118
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости $XoZ$	0,132818

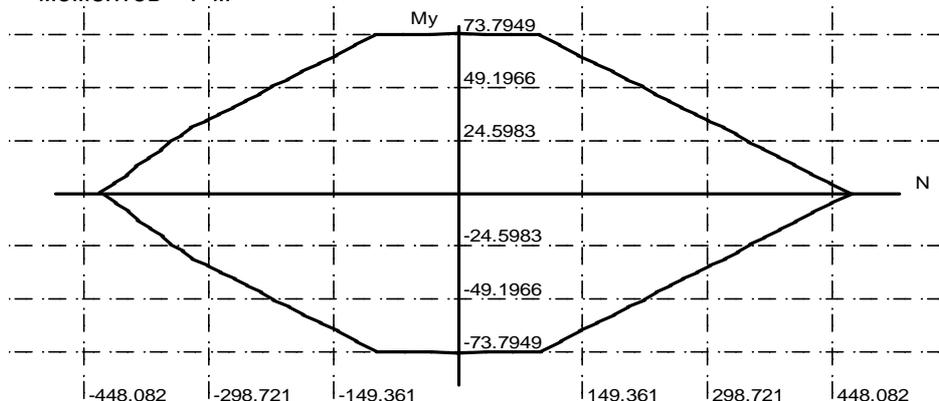
**Коэффициент использования 0,926487 - устойчивость плоской формы изгиба**

### Кривые взаимодействия

Единицы измерения:

сил - Т

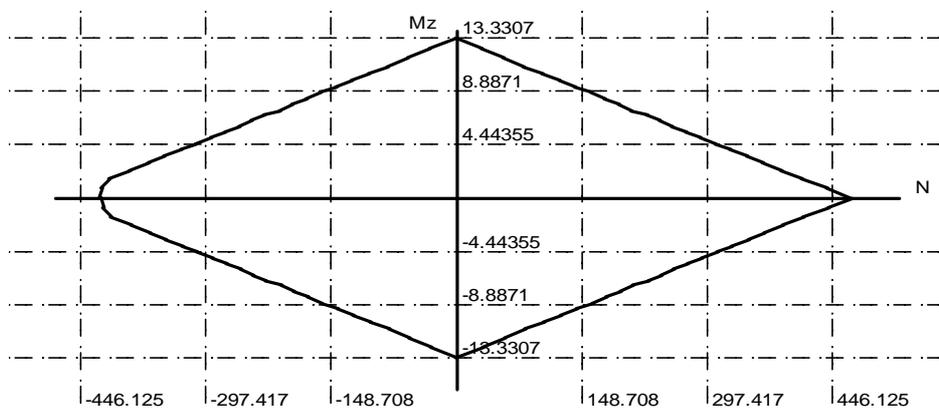
моментов - Т\*м



Область изменения усилий

$$-426,558 < N < 469,606$$

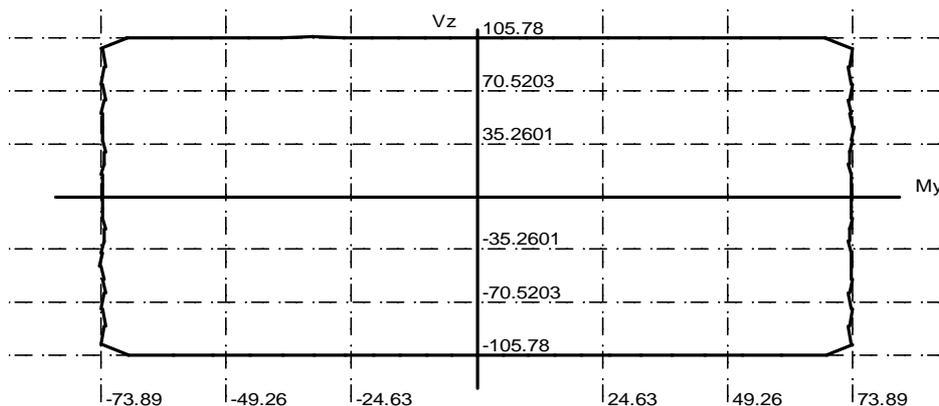
$$-73,795 < M_y < 73,795$$



Область изменения усилий

$$-422,645 < N < 469,606$$

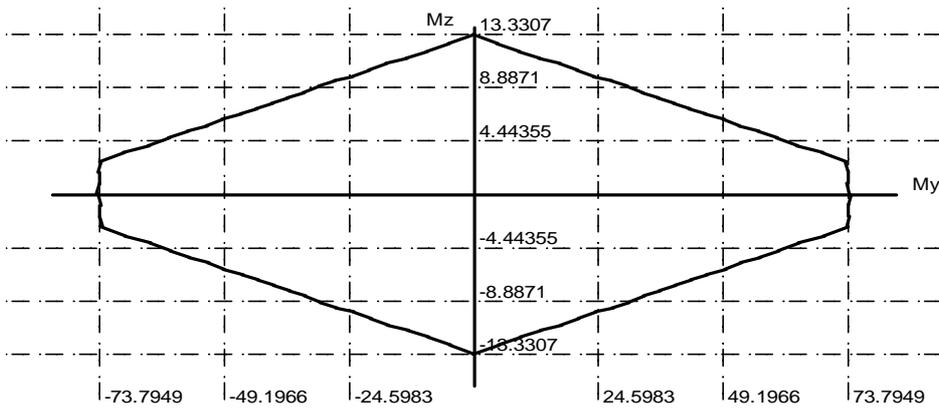
$$-13,331 < M_z < 13,331$$



Область изменения усилий

$$-73,89 < M_y < 73,89$$

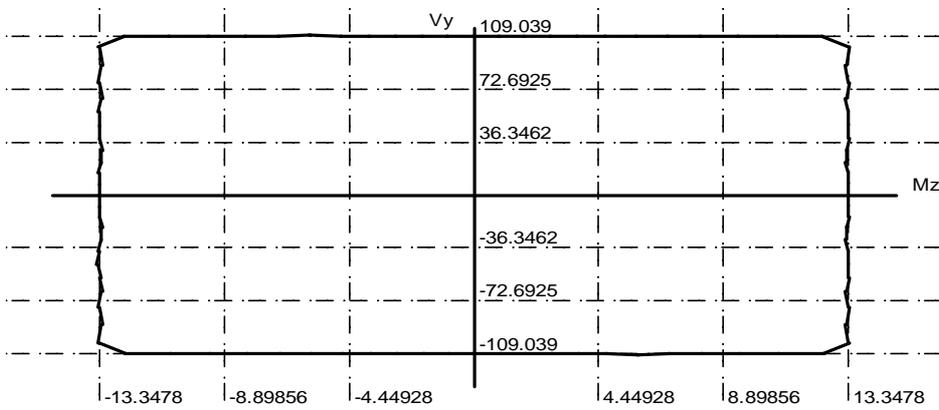
$$-105,78 < V_z < 105,78$$



Область изменения усилий

$$-73,795 < M_y < 73,795$$

$$-13,331 < M_z < 13,331$$

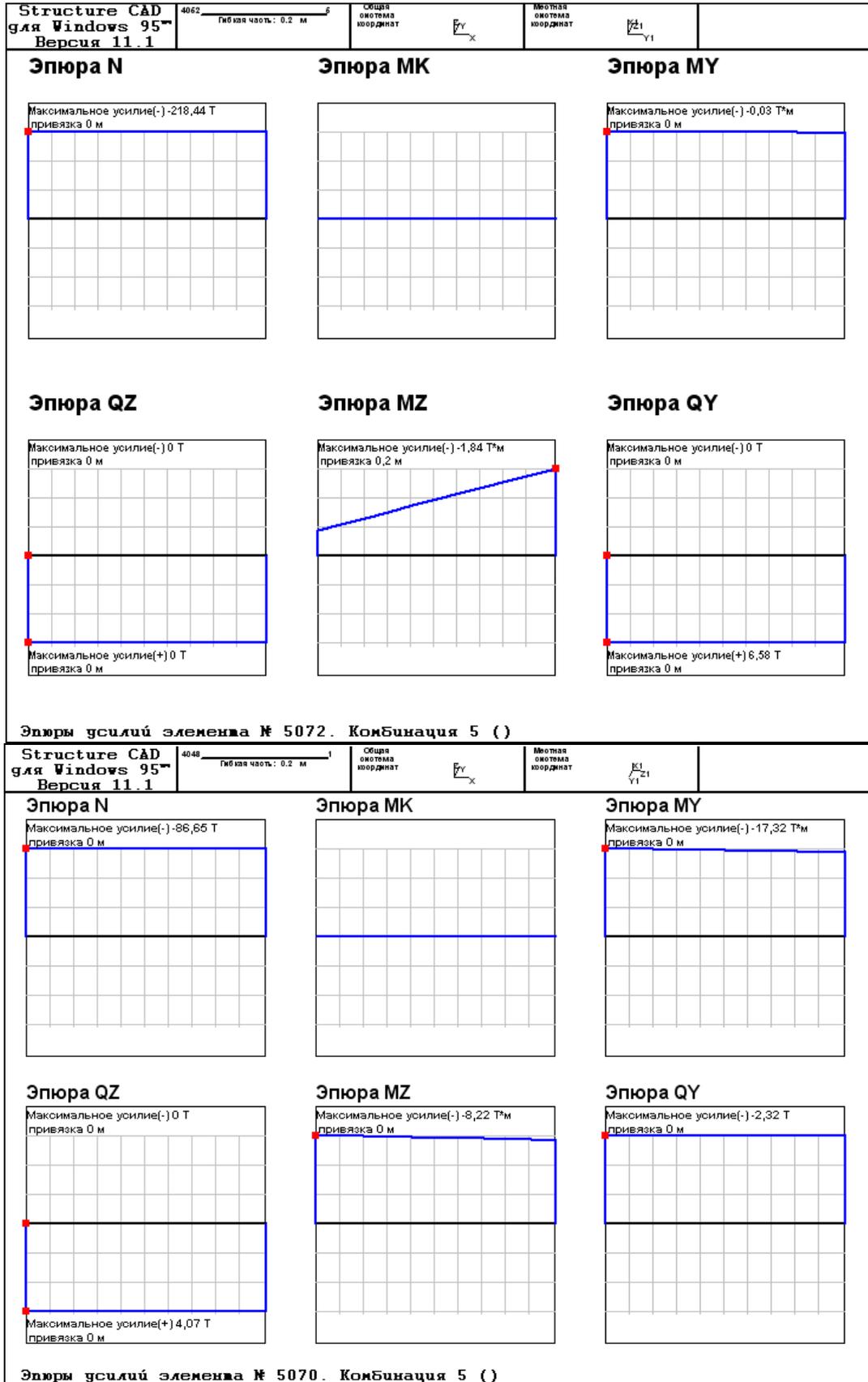


Область изменения усилий

$$-13,348 < M_z < 13,348$$

$$-109,039 < V_y < 109,039$$

## 2.2. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ СТАЛЬНОЙ КОЛОННЫ К2

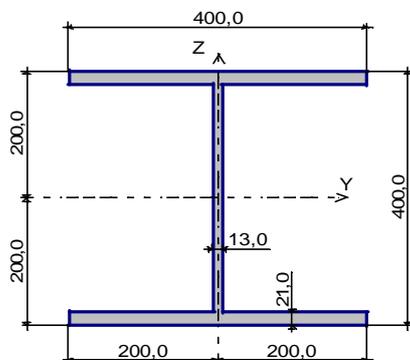


### Общие характеристики

Группа конструкции по таблице 50\* СНиП: 1  
 Расчетное сопротивление стали  $R_y = 2,4 \text{ Т/см}^2$   
 Коэффициент условий работы 0,95  
 Коэффициент надежности по ответственности 1,0

Предельная гибкость для сжатых элементов:  $180-60\alpha$   
 Предельная гибкость для растянутых элементов: 250

### Сечение



Сечение: Двутавр колонный (К) по СТО АСЧМ 20-93 40К2

### Геометрические характеристики сечения

	Параметр	Значение	
A	Площадь поперечного сечения	218,67	см <sup>2</sup>
$A_{v,y}$	Условная площадь среза вдоль оси Y	115,824	см <sup>2</sup>
$A_{v,z}$	Условная площадь среза вдоль оси Z	47,452	см <sup>2</sup>
$I_y$	Момент инерции относительно оси Y	66622,999	см <sup>4</sup>
$I_z$	Момент инерции относительно оси Z	22412,0	см <sup>4</sup>
$I_t$	Момент инерции при кручении	270,044	см <sup>4</sup>
$I_w$	Секториальный момент инерции	8048205,429	см <sup>6</sup>
$i_y$	Радиус инерции относительно оси Y	17,455	см
$i_z$	Радиус инерции относительно оси Z	10,124	см
$W_{y+}$	Максимальный момент сопротивления относительно оси Y	3331,15	см <sup>3</sup>
$W_{y-}$	Минимальный момент сопротивления относительно оси Y	3331,15	см <sup>3</sup>
$W_{z+}$	Максимальный момент сопротивления относительно оси Z	1120,6	см <sup>3</sup>
$W_{z-}$	Минимальный момент сопротивления относительно оси Z	1120,6	см <sup>3</sup>
$W_{pl,y}$	Пластический момент сопротивления относительно оси Y	3600,133	см <sup>3</sup>
$W_{pl,z}$	Пластический момент сопротивления относительно оси Z	1695,126	см <sup>3</sup>
$a_{y+}$	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Y(U)	5,125	см
$a_{y-}$	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Y(U)	5,125	см
$a_{z+}$	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Z(V)	15,234	см
$a_{z-}$	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Z(V)	15,234	см

Длина элемента 8,0 м

### Закрепление

Отношение l/L в плоскости XOY 1, 0

Отношение l/L в плоскости XOZ 1, 0

### Результаты расчета по комбинациям нагрузок

$N = -218,44 \text{ Т}$

$M_y = -0,03 \text{ Т*м}$

$V_z = 0,0 \text{ Т}$

$M_z = -1,84 \text{ Т*м}$

$V_y = 6,58 \text{ Т}$

#### Результаты расчета

Проверено по СНИП	Фактор	Коэффициент использования
п.5.12	прочность при действии изгибающего момента $M_y$	0,000394996
п.5.12	прочность при действии изгибающего момента $M_z$	0,0720166
пп.5.12,5.18	прочность при действии поперечной силы $V_y$	0,0429599
пп.5.24,5.25	прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,510547
п.5.3	устойчивость при сжатии в плоскости XoY (XoU)	0,627209
п.5.3	устойчивость при сжатии в плоскости XoZ (XoV)	0,502796
п. 5.34	устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	0,62289
п.5.15	устойчивость плоской формы изгиба	0,000394996
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости XoY	0,527399
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости XoZ	0,32193

Коэффициент использования 0,627209 - устойчивость при сжатии в плоскости XoY (XoU)

$N = -86,65 \text{ Т}$

$M_y = -17,32 \text{ Т*м}$

$V_z = 4,07 \text{ Т}$

$M_z = -8,22 \text{ Т*м}$

$V_y = -2,32 \text{ Т}$

#### Результаты расчета

Проверено по СНИП	Фактор	Коэффициент использования
п.5.12	прочность при действии изгибающего момента $M_y$	0,228044
п.5.12	прочность при действии изгибающего момента $M_z$	0,321726
пп.5.12,5.18	прочность при действии поперечной силы $V_y$	0,015147
пп.5.12,5.18	прочность при действии поперечной силы $V_z$	0,0648602
пп.5.24,5.25	прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,723568
п.5.3	устойчивость при сжатии в плоскости XoY (XoU)	0,248799
п.5.3	устойчивость при сжатии в плоскости XoZ (XoV)	0,199447
п. 5.34	устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	0,548421
п.5.15	устойчивость плоской формы изгиба	0,228044
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости XoY	0,526809
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости XoZ	0,305549

Коэффициент использования 0,723568 - прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики

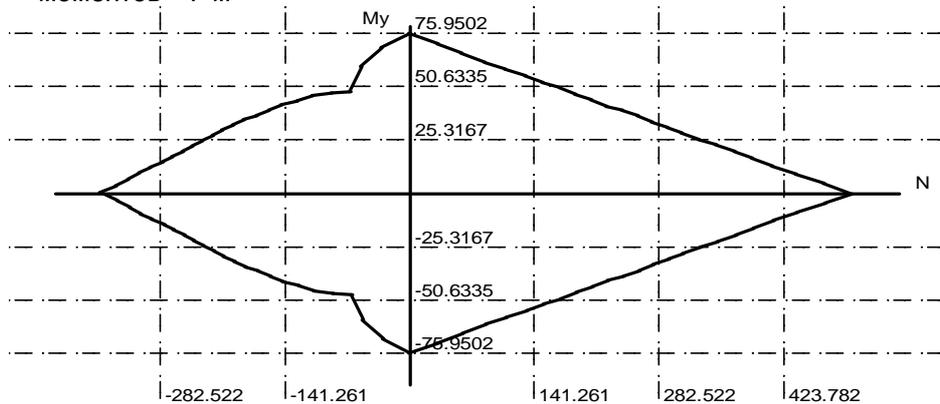
Коэффициент использования по всему пакету комбинаций 0,723568 - прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики

### Кривые взаимодействия

Единицы измерения:

сил - Т

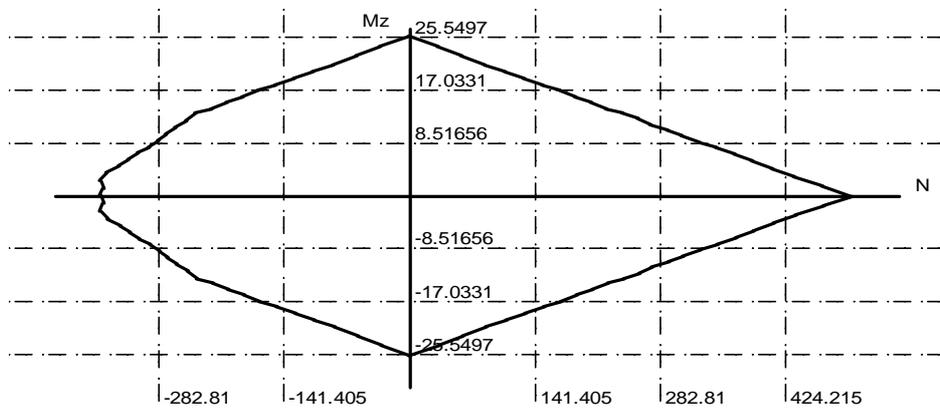
моментов - Т\*м



Область изменения усилий

$-348,997 < N < 498,568$

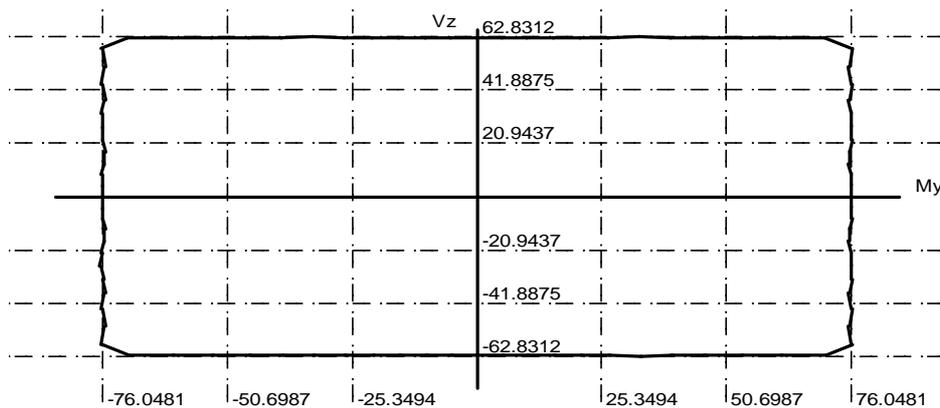
$-75,95 < M_y < 75,95$



Область изменения усилий

$-349,863 < N < 498,568$

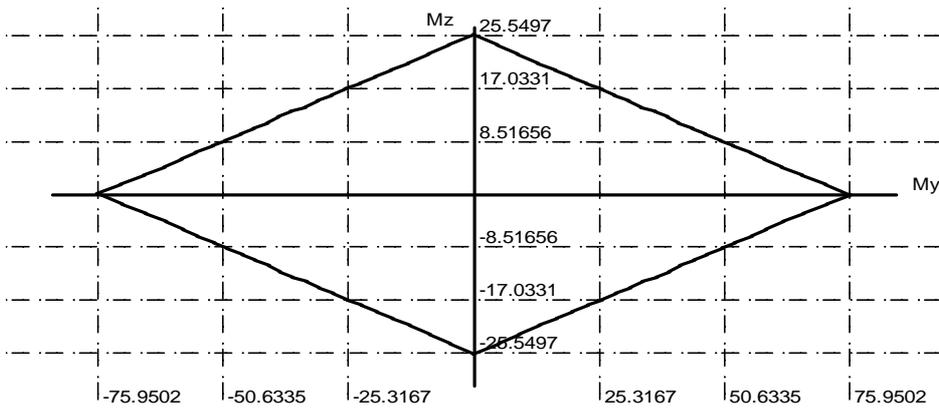
$-25,55 < M_z < 25,55$



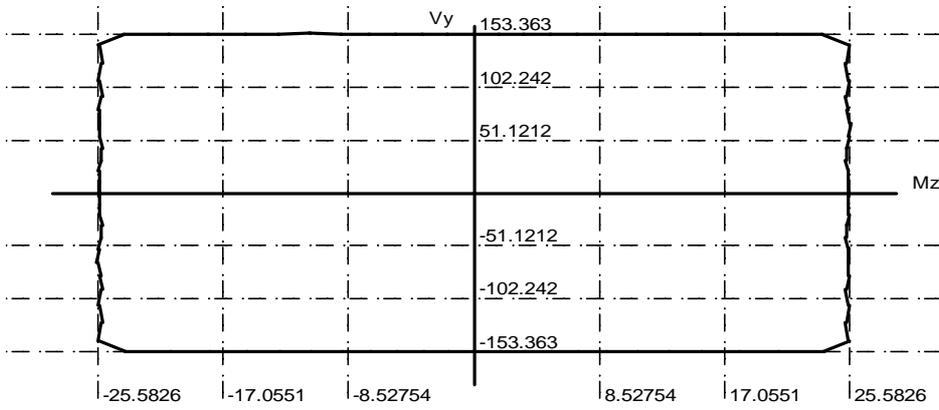
Область изменения усилий

$-76,048 < M_y < 76,048$

$-62,831 < V_z < 62,831$

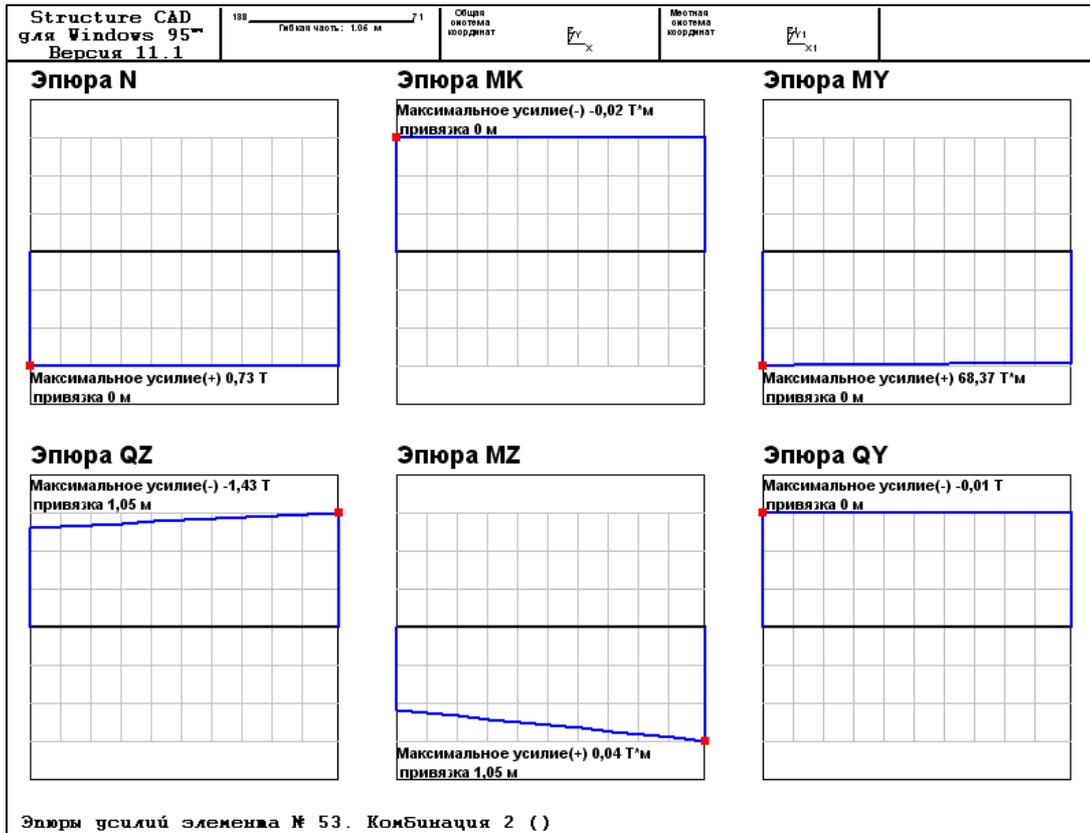


Область изменения усилий  
 $-75,95 < M_y < 75,95$   
 $-25,55 < M_z < 25,55$



Область изменения усилий  
 $-25,583 < M_z < 25,583$   
 $-153,363 < V_y < 153,363$

## 2.3. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ГЛАВНОЙ (СРЕДНЕЙ) БАЛКИ ПЕРЕКРЫТИЯ НА ОТМ. 8.20 (Б3- Б5)

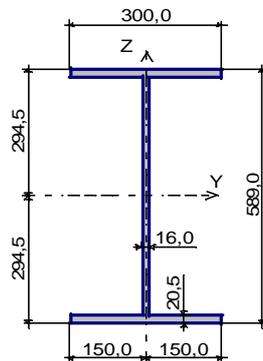


### Общие характеристики

Группа конструкции по таблице 50\* СНиП: 1  
 Расчетное сопротивление стали  $R_y = 2,4 \text{ Т/см}^2$   
 Коэффициент условий работы 0,9  
 Коэффициент надежности по ответственности 1,0

Предельная гибкость для сжатых элементов:  $210-60\alpha$   
 Предельная гибкость для растянутых элементов: 250

### Сечение



Сечение: Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93 60Ш2

### Геометрические характеристики сечения

	Параметр	Значение	
A	Площадь поперечного сечения	217,41	см <sup>2</sup>
A <sub>v,y</sub>	Условная площадь среза вдоль оси Y	86,924	см <sup>2</sup>
A <sub>v,z</sub>	Условная площадь среза вдоль оси Z	84,326	см <sup>2</sup>
I <sub>y</sub>	Момент инерции относительно оси Y	126200,996	см <sup>4</sup>
I <sub>z</sub>	Момент инерции относительно оси Z	9257,4	см <sup>4</sup>
I <sub>t</sub>	Момент инерции при кручении	246,753	см <sup>4</sup>
I <sub>w</sub>	Секториальный момент инерции	7479799,661	см <sup>6</sup>
i <sub>y</sub>	Радиус инерции относительно оси Y	24,093	см
i <sub>z</sub>	Радиус инерции относительно оси Z	6,525	см
W <sub>y+</sub>	Максимальный момент сопротивления относительно оси Y	4285,263	см <sup>3</sup>
W <sub>y-</sub>	Минимальный момент сопротивления относительно оси Y	4285,263	см <sup>3</sup>
W <sub>z+</sub>	Максимальный момент сопротивления относительно оси Z	617,16	см <sup>3</sup>
W <sub>z-</sub>	Минимальный момент сопротивления относительно оси Z	617,16	см <sup>3</sup>
W <sub>pl,y</sub>	Пластический момент сопротивления относительно оси Y	4697,491	см <sup>3</sup>
W <sub>pl,z</sub>	Пластический момент сопротивления относительно оси Z	957,572	см <sup>3</sup>
a <sub>y+</sub>	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Y(U)	2,839	см
a <sub>y-</sub>	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Y(U)	2,839	см
a <sub>z+</sub>	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Z(V)	19,711	см
a <sub>z-</sub>	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Z(V)	19,711	см

Длина элемента 8,0 м

### Закрепление

Отношение l/L в плоскости XOY 0,3

Отношение l/L в плоскости XOZ 1,0

### Результаты расчета по комбинациям нагрузок

N = 0,73 Т

M<sub>y</sub> = 68,37 Т\*м

V<sub>z</sub> = 1,43 Т

M<sub>z</sub> = 0,04 Т\*м

V<sub>y</sub> = -0,01 Т

### Результаты расчета

Проверено по СНИП	Фактор	Коэффициент использования
п.5.12	прочность при действии изгибающего момента M <sub>y</sub>	0,738643
п.5.12	прочность при действии изгибающего момента M <sub>z</sub>	0,0030006
пп.5.12,5.18	прочность при действии поперечной силы V <sub>y</sub>	9,18288e-05
пп.5.12,5.18	прочность при действии поперечной силы V <sub>z</sub>	0,013536
пп.5.24,5.25	прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,743198
п.5.15	устойчивость плоской формы изгиба	0,926487
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости XoY	0,147118
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости XoZ	0,132818

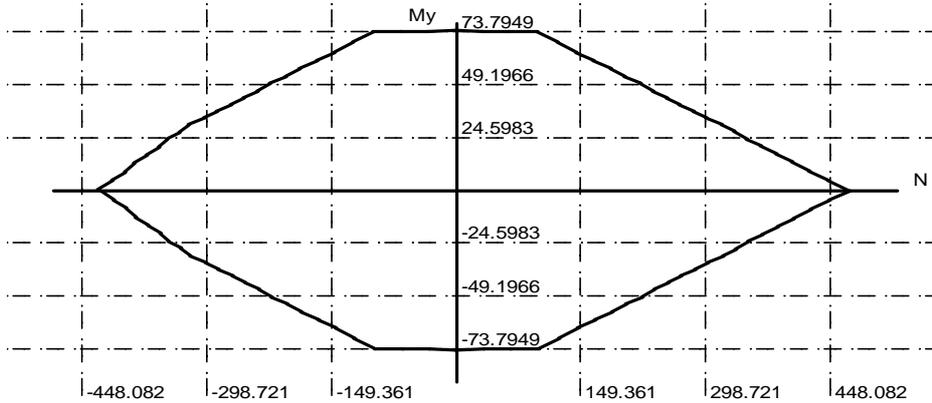
Коэффициент использования 0,926487 - устойчивость плоской формы изгиба

## Кривые взаимодействия

Единицы измерения:

сил - Т

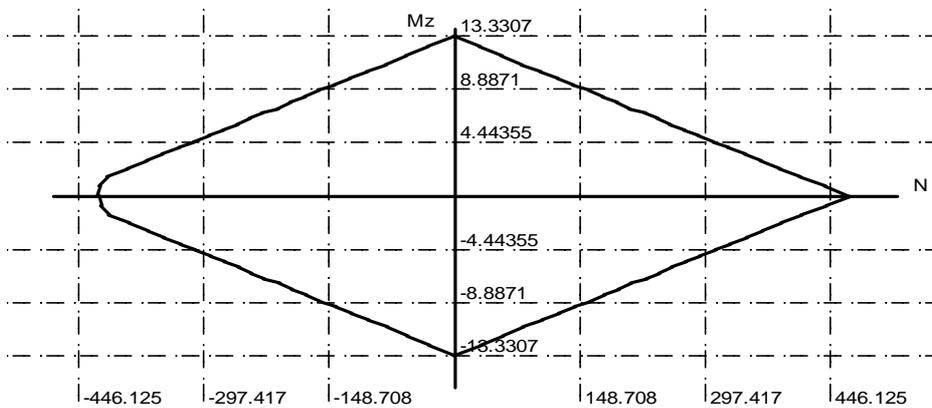
моментов - Т\*м



Область изменения усилий

$$-426,558 < N < 469,606$$

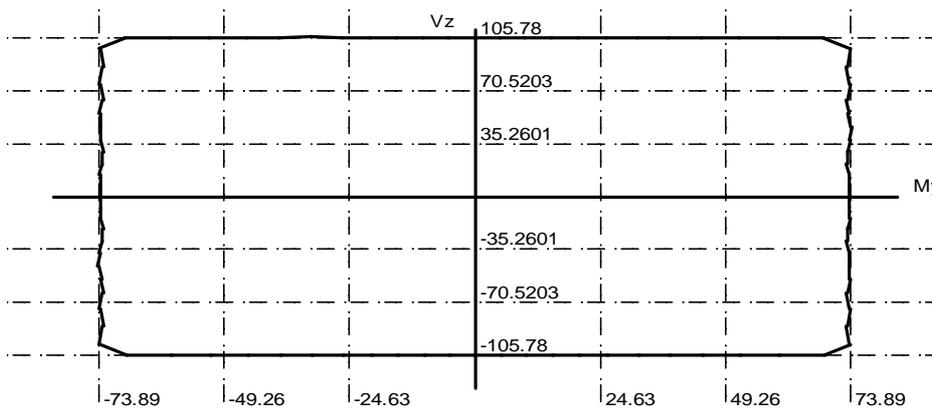
$$-73,795 < M_y < 73,795$$



Область изменения усилий

$$-422,645 < N < 469,606$$

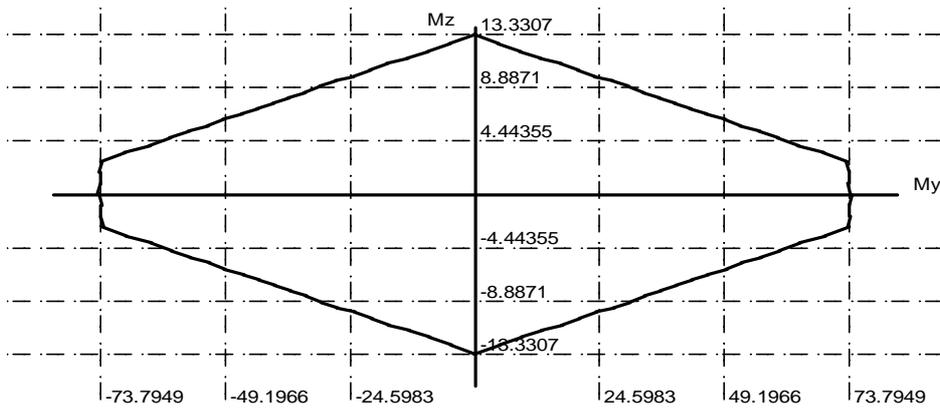
$$-13,331 < M_z < 13,331$$



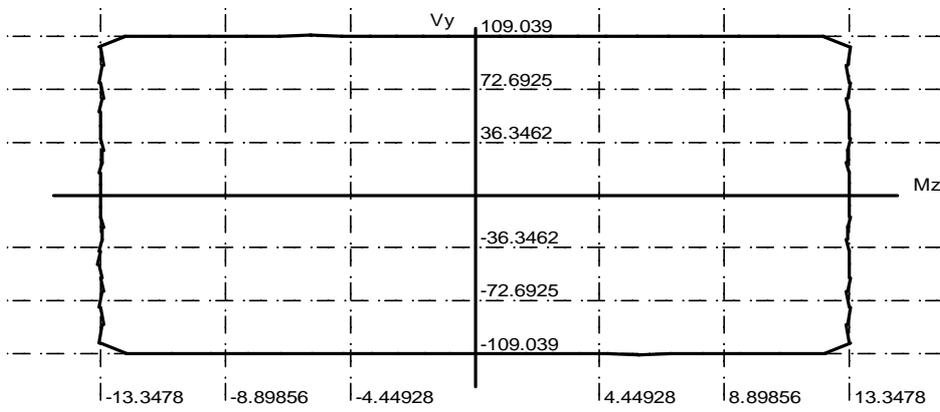
Область изменения усилий

$$-73,89 < M_y < 73,89$$

$$-105,78 < V_z < 105,78$$

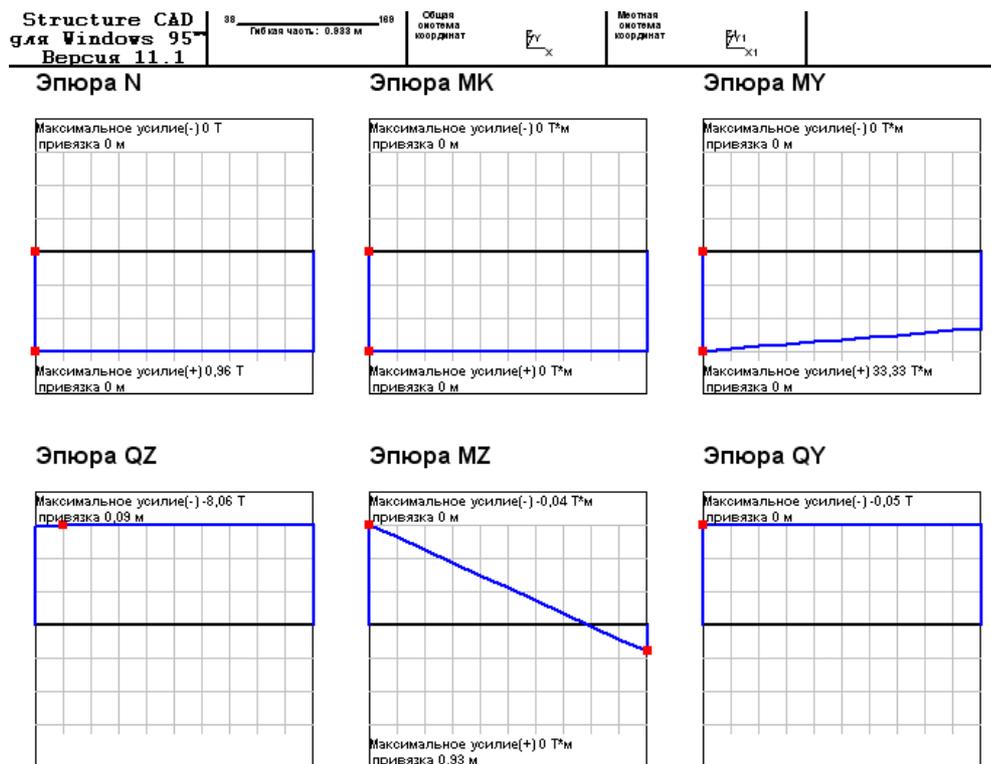


Область изменения усилий  
 $-73,795 < M_y < 73,795$   
 $-13,331 < M_z < 13,331$



Область изменения усилий  
 $-13,348 < M_z < 13,348$   
 $-109,039 < V_y < 109,039$

## 2.4. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ГЛАВНОЙ (КРАЙНЕЙ) БАЛКИ ПЕРЕКРЫТИЯ НА ОТМ. 8.20 (Б10- Б12)



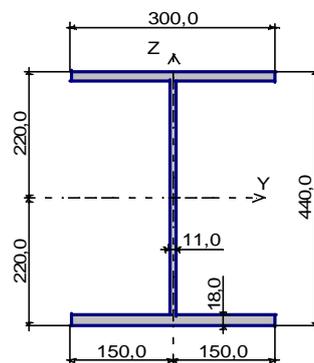
Эпюры усилий элемента № 186. Комбинация 4 ( )

### Общие характеристики

Группа конструкции по таблице 50\* СНиП: 1  
 Расчетное сопротивление стали  $R_y = 2,4 \text{ Т/см}^2$   
 Коэффициент условий работы 0,9  
 Коэффициент надежности по ответственности 1,0

Предельная гибкость для сжатых элементов:  $210-60\alpha$   
 Предельная гибкость для растянутых элементов: 250

### Сечение



Сечение: Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93 45Ш1

### Геометрические характеристики сечения

	Параметр	Значение	
A	Площадь поперечного сечения	157,39	см <sup>2</sup>
$A_{v,y}$	Условная площадь среза вдоль оси Y	74,836	см <sup>2</sup>
$A_{v,z}$	Условная площадь среза вдоль оси Z	44,557	см <sup>2</sup>

$I_y$	Момент инерции относительно оси Y	56071,999	см <sup>4</sup>
$I_z$	Момент инерции относительно оси Z	8110,3	см <sup>4</sup>
$I_t$	Момент инерции при кручении	132,814	см <sup>4</sup>
$I_w$	Секториальный момент инерции	3610786,492	см <sup>6</sup>
$i_y$	Радиус инерции относительно оси Y	18,875	см
$i_z$	Радиус инерции относительно оси Z	7,178	см
$W_{y+}$	Максимальный момент сопротивления относительно оси Y	2548,727	см <sup>3</sup>
$W_{y-}$	Минимальный момент сопротивления относительно оси Y	2548,727	см <sup>3</sup>
$W_{z+}$	Максимальный момент сопротивления относительно оси Z	540,687	см <sup>3</sup>
$W_{z-}$	Минимальный момент сопротивления относительно оси Z	540,687	см <sup>3</sup>
$W_{pl,y}$	Пластический момент сопротивления относительно оси Y	2727,644	см <sup>3</sup>
$W_{pl,z}$	Пластический момент сопротивления относительно оси Z	822,221	см <sup>3</sup>
$a_{y+}$	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Y(U)	3,435	см
$a_{y-}$	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Y(U)	3,435	см
$a_{z+}$	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Z(V)	16,194	см
$a_{z-}$	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Z(V)	16,194	см

Длина элемента 8,0 м

### Закрепление

Отношение l/L в плоскости XOY 0,3

Отношение l/L в плоскости XOZ 1,0

### Результаты расчета по комбинациям загрузений

$N = 0,96$  Т

$M_y = 33,33$  Т\*м

$V_z = -8,06$  Т

$M_z = -0,04$  Т\*м

$V_y = -0,05$  Т

### Результаты расчета

Проверено по СНиП	Фактор	Коэффициент использования
п.5.12	прочность при действии изгибающего момента $M_y$	0,605422
п.5.12	прочность при действии изгибающего момента $M_z$	0,003425
пп.5.12,5.18	прочность при действии поперечной силы $V_y$	0,000533311
пп.5.12,5.18	прочность при действии поперечной силы $V_z$	0,144389
пп.5.24,5.25	прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,611671
п.5.15	устойчивость плоской формы изгиба	0,690281
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости XoY	0,133734
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости XoZ	0,169537

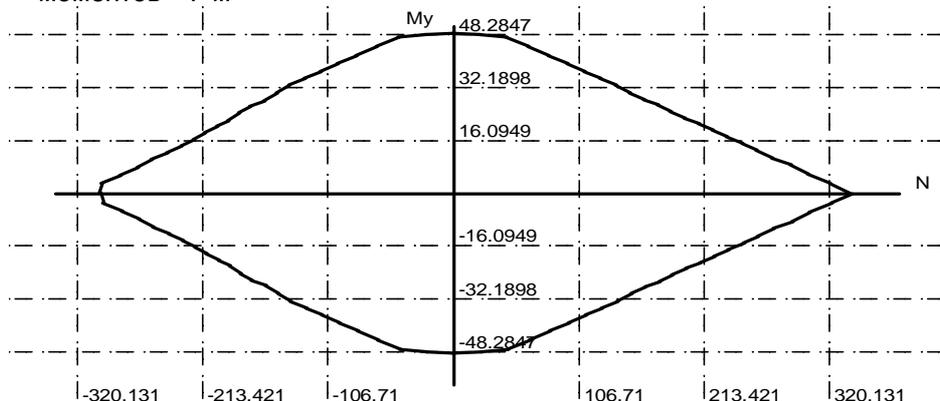
Коэффициент использования 0,690281 - устойчивость плоской формы изгиба

### Кривые взаимодействия

Единицы измерения:

сил - Т

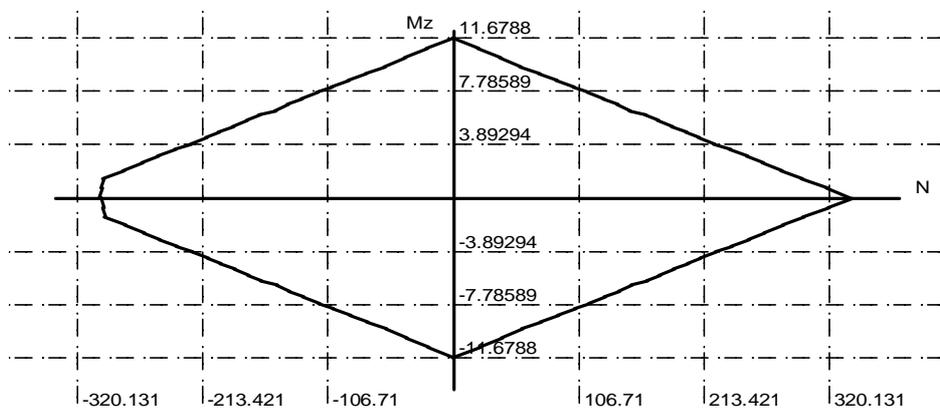
моментов - Т\*м



Область изменения усилий

$-300,3 < N < 339,962$

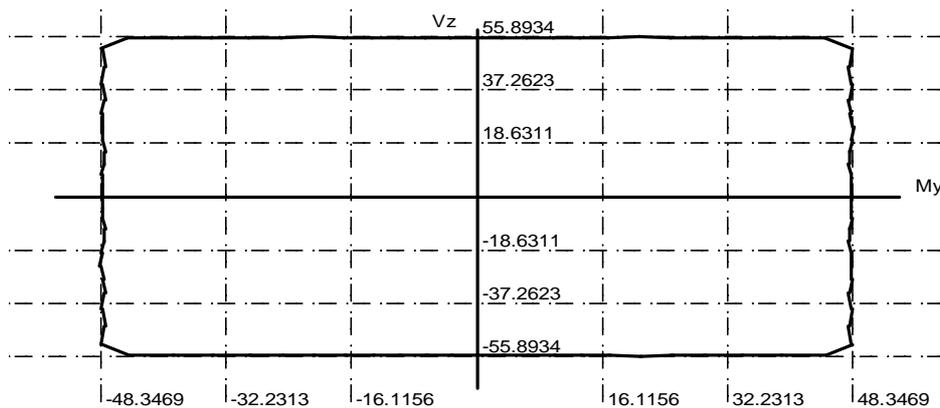
$-48,285 < M_y < 48,285$



Область изменения усилий

$-300,3 < N < 339,962$

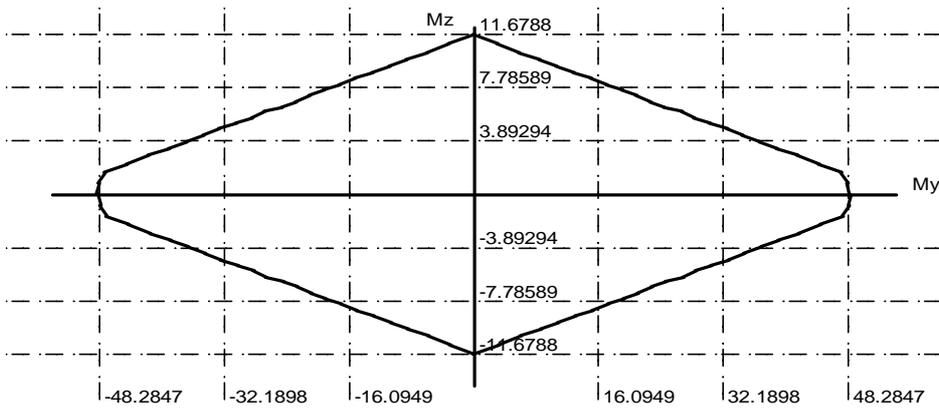
$-11,679 < M_z < 11,679$



Область изменения усилий

$-48,347 < M_y < 48,347$

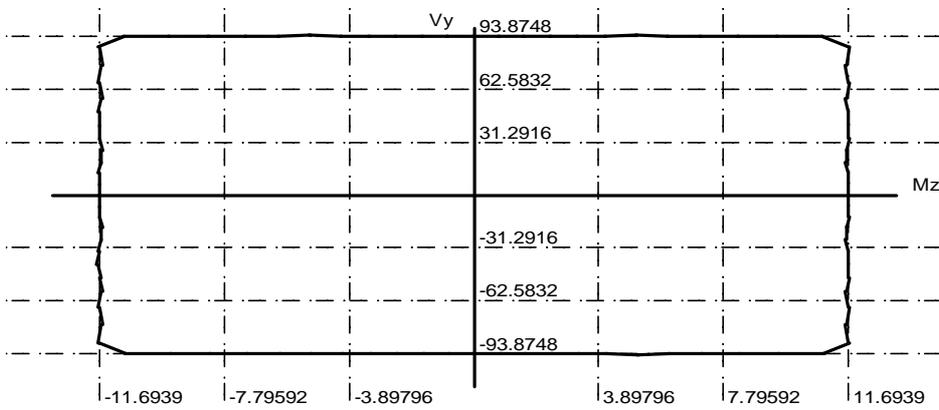
$-55,893 < V_z < 55,893$



Область изменения усилий

$$-48,285 < M_y < 48,285$$

$$-11,679 < M_z < 11,679$$

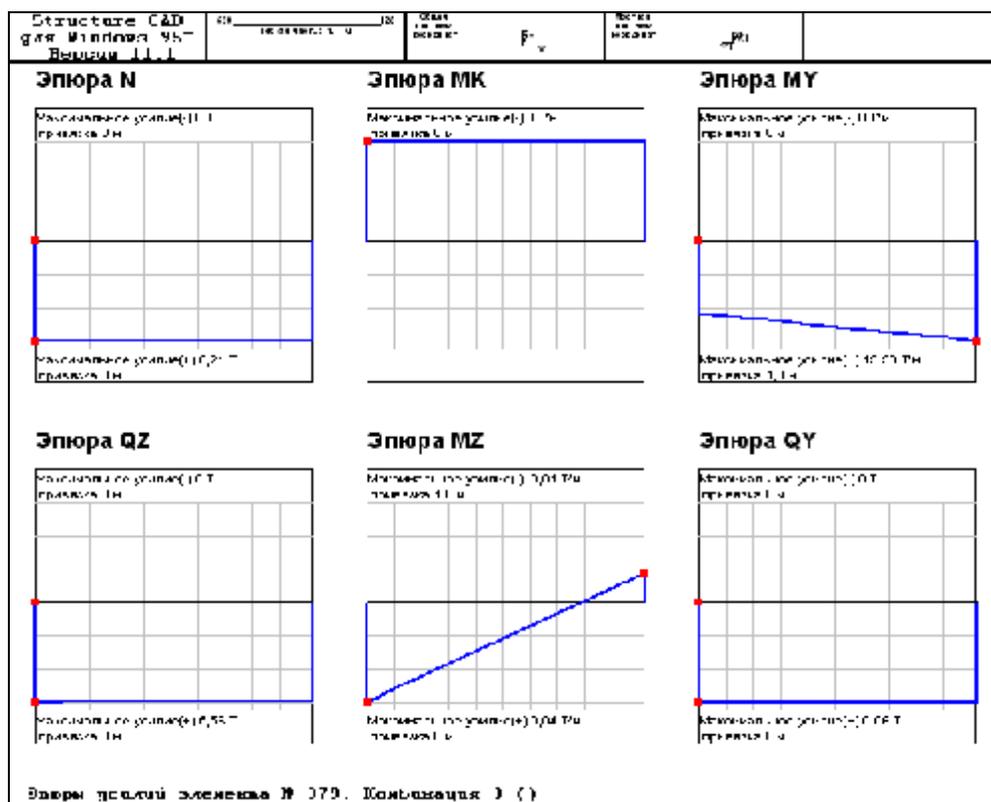


Область изменения усилий

$$-11,694 < M_z < 11,694$$

$$-93,875 < V_y < 93,875$$

## 2.5. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ВТОРОСТЕПЕННЫХ БАЛОК ПЕРЕКРЫТИЙ (Б24- Б28)

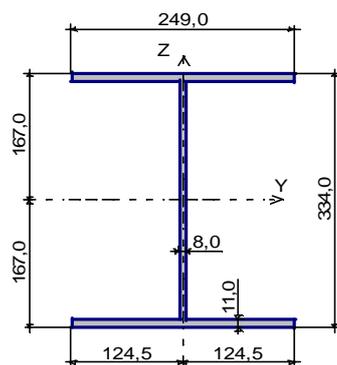


### Общие характеристики

Группа конструкции по таблице 50\* СНиП: 1  
 Расчетное сопротивление стали  $R_y = 2,4 \text{ Т/см}^2$   
 Коэффициент условий работы 0,9  
 Коэффициент надежности по ответственности 1,0

Предельная гибкость для сжатых элементов:  $210-60\alpha$   
 Предельная гибкость для растянутых элементов: 250

### Сечение



Сечение: Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93 35Ш1

### Геометрические характеристики сечения

	Параметр	Значение	
A	Площадь поперечного сечения	83,17	см <sup>2</sup>
$A_{v,y}$	Условная площадь среза вдоль оси Y	37,782	см <sup>2</sup>
$A_{v,z}$	Условная площадь среза вдоль оси Z	25,036	см <sup>2</sup>
$I_y$	Момент инерции относительно оси Y	17108,0	см <sup>4</sup>

$I_z$	Момент инерции относительно оси Z	2834,1	см <sup>4</sup>
$I_t$	Момент инерции при кручении	27,312	см <sup>4</sup>
$I_w$	Секториальный момент инерции	739197,031	см <sup>6</sup>
$i_y$	Радиус инерции относительно оси Y	14,342	см
$i_z$	Радиус инерции относительно оси Z	5,837	см
$W_{y+}$	Максимальный момент сопротивления относительно оси Y	1024,431	см <sup>3</sup>
$W_{y-}$	Минимальный момент сопротивления относительно оси Y	1024,431	см <sup>3</sup>
$W_{z+}$	Максимальный момент сопротивления относительно оси Z	227,639	см <sup>3</sup>
$W_{z-}$	Минимальный момент сопротивления относительно оси Z	227,639	см <sup>3</sup>
$W_{pl,y}$	Пластический момент сопротивления относительно оси Y	1079,385	см <sup>3</sup>
$W_{pl,z}$	Пластический момент сопротивления относительно оси Z	345,997	см <sup>3</sup>
$a_{y+}$	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Y(U)	2,737	см
$a_{y-}$	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Y(U)	2,737	см
$a_{z+}$	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Z(V)	12,317	см
$a_{z-}$	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Z(V)	12,317	см

Длина элемента 1,0 м

### Закрепление

Отношение  $l/L$  в плоскости XOY 1,0

Отношение  $l/L$  в плоскости XOZ 6,0

### Результаты расчета по комбинациям загрузений

$N = 0,21$  Т

$M_y = 19,99$  Т\*м

$V_z = 5,65$  Т

$M_z = 0,04$  Т\*м

$V_y = 0,06$  Т

### Результаты расчета

Проверено по СНИП	Фактор	Коэффициент использования
п.5.12	прочность при действии изгибающего момента $M_y$	0,903392
п.5.12	прочность при действии изгибающего момента $M_z$	0,00813505
пп.5.12,5.18	прочность при действии поперечной силы $V_y$	0,0012676
пп.5.12,5.18	прочность при действии поперечной силы $V_z$	0,180139
пп.5.24,5.25	прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,912696
п.5.15	устойчивость плоской формы изгиба	0,903392
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости XoY	0,0685229
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости XoZ	0,167338

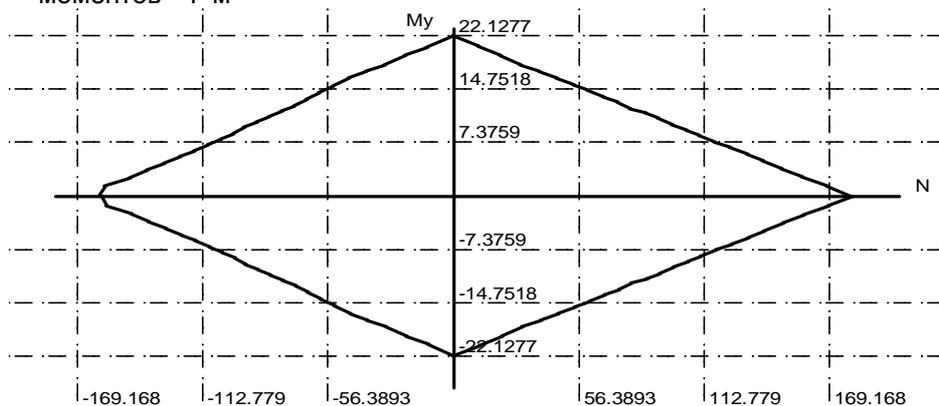
**Коэффициент использования 0,912696 - прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики**

### Кривые взаимодействия

Единицы измерения:

сил - Т

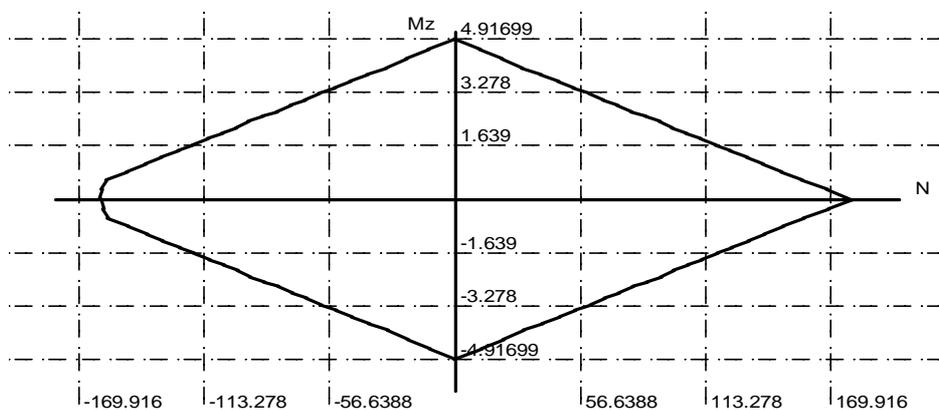
моментов - Т\*м



Область изменения усилий

$$-158,688 < N < 179,647$$

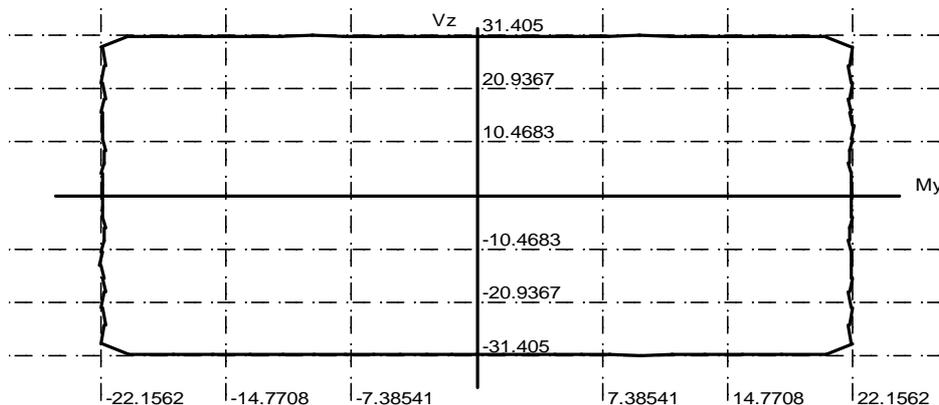
$$-22,128 < M_y < 22,128$$



Область изменения усилий

$$-160,185 < N < 179,647$$

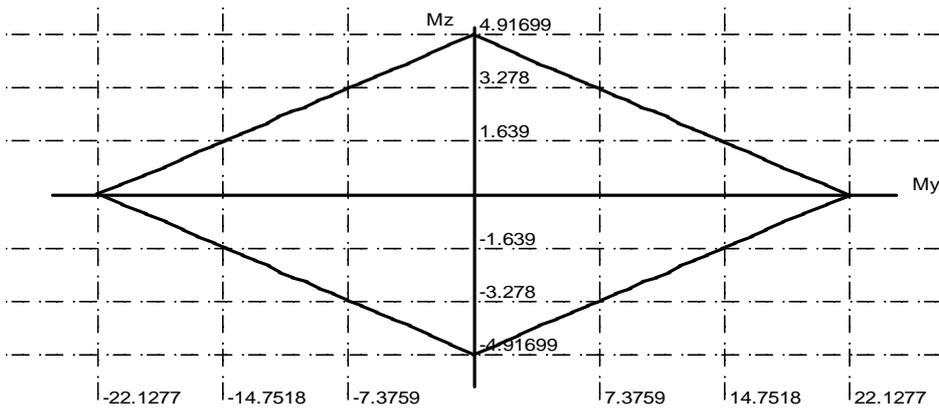
$$-4,917 < M_z < 4,917$$



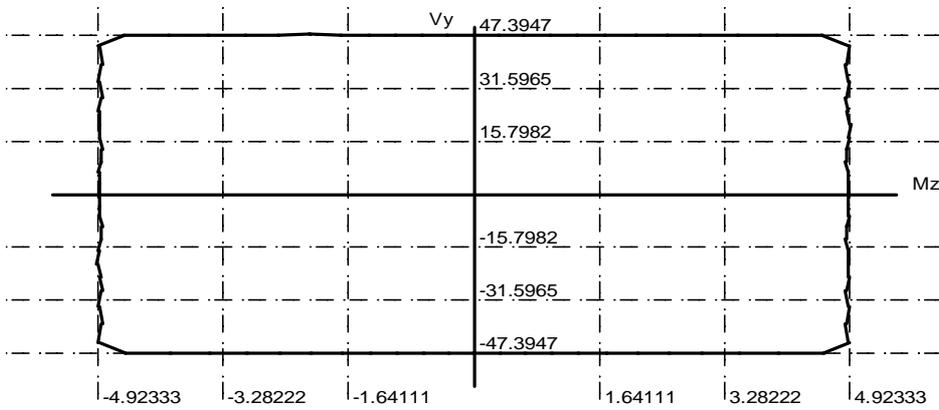
Область изменения усилий

$$-22,156 < M_y < 22,156$$

$$-31,405 < V_z < 31,405$$

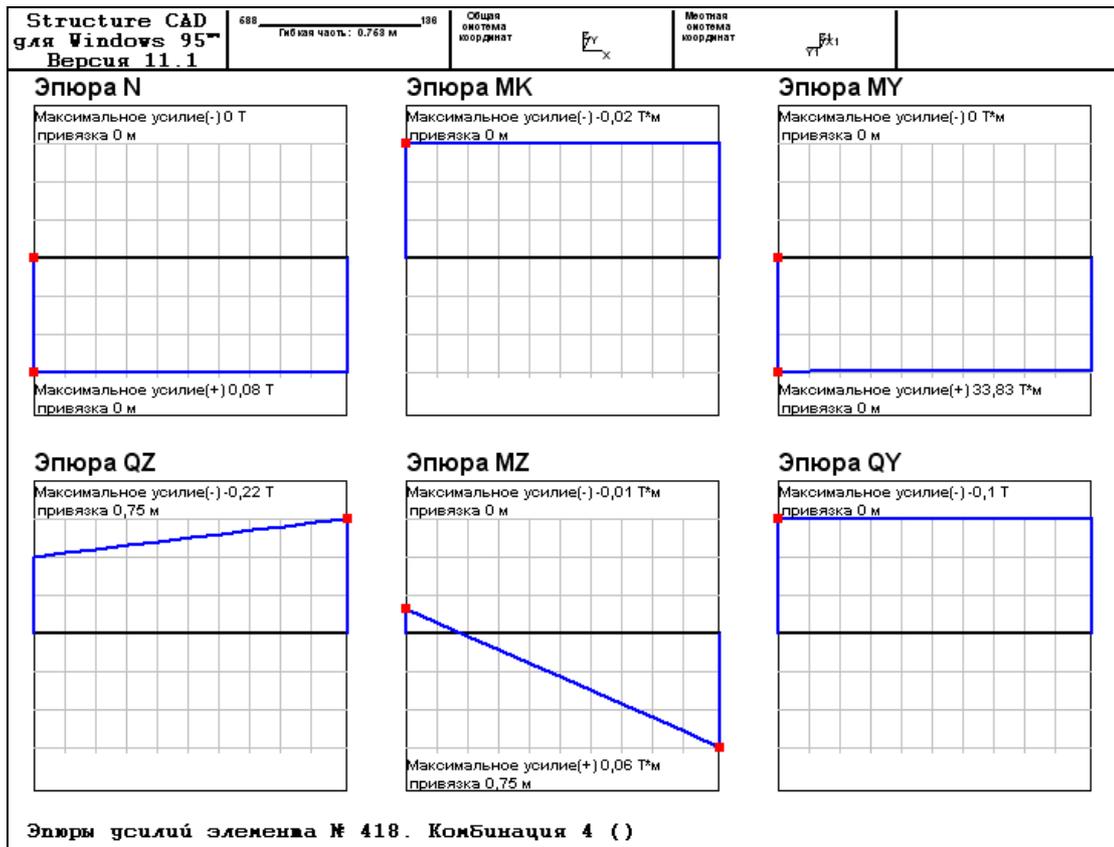


Область изменения усилий  
 $-22,128 < M_y < 22,128$   
 $-4,917 < M_z < 4,917$



Область изменения усилий  
 $-4,923 < M_z < 4,923$   
 $-47,395 < V_y < 47,395$

## 2.6. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ВТОРОСТЕПЕННЫХ БАЛОК ПЕРЕКРЫТИЯ НА ОТМ 18,20 (Б18- Б20)

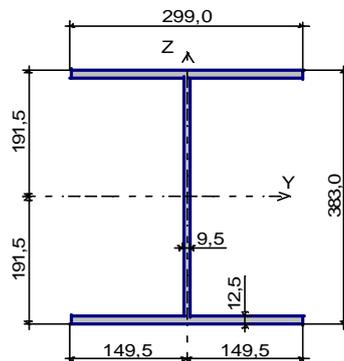


### Общие характеристики

Группа конструкции по таблице 50\* СНиП: 1  
 Расчетное сопротивление стали  $R_y = 2,4 \text{ Т/см}^2$   
 Коэффициент условий работы 0,9  
 Коэффициент надежности по ответственности 1,0

Предельная гибкость для сжатых элементов:  $210-60\alpha$   
 Предельная гибкость для растянутых элементов: 250

### Сечение



Сечение: Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93 40Ш1

### Геометрические характеристики сечения

	Параметр	Значение	
A	Площадь поперечного сечения	112,91	см <sup>2</sup>
$A_{y,y}$	Условная площадь среза вдоль оси Y	51,528	см <sup>2</sup>
$A_{y,z}$	Условная площадь среза вдоль оси Z	33,936	см <sup>2</sup>

$I_y$	Момент инерции относительно оси Y	30556,001	см <sup>4</sup>
$I_z$	Момент инерции относительно оси Z	5575,4	см <sup>4</sup>
$I_t$	Момент инерции при кручении	49,061	см <sup>4</sup>
$I_w$	Секториальный момент инерции	1913341,259	см <sup>6</sup>
$i_y$	Радиус инерции относительно оси Y	16,451	см
$i_z$	Радиус инерции относительно оси Z	7,027	см
$W_{y+}$	Максимальный момент сопротивления относительно оси Y	1595,614	см <sup>3</sup>
$W_{y-}$	Минимальный момент сопротивления относительно оси Y	1595,614	см <sup>3</sup>
$W_{z+}$	Максимальный момент сопротивления относительно оси Z	372,936	см <sup>3</sup>
$W_{z-}$	Минимальный момент сопротивления относительно оси Z	372,936	см <sup>3</sup>
$W_{pl,y}$	Пластический момент сопротивления относительно оси Y	1689,133	см <sup>3</sup>
$W_{pl,z}$	Пластический момент сопротивления относительно оси Z	566,834	см <sup>3</sup>
$a_{y+}$	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Y(U)	3,303	см
$a_{y-}$	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Y(U)	3,303	см
$a_{z+}$	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Z(V)	14,132	см
$a_{z-}$	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Z(V)	14,132	см

Длина элемента 1,0 м

#### Закрепление

Отношение l/L в плоскости XOY 1,0

Отношение l/L в плоскости XOZ 6,0

#### Результаты расчета по комбинациям загрузений

$N = 0,0$  Т

$M_y = 33,83$  Т\*м

$V_z = -0,22$  Т

$M_z = 0,06$  Т\*м

$V_y = -0,1$  Т

#### Результаты расчета

Проверено по СНИП	Фактор	Коэффициент использования
п.5.12	прочность при действии изгибающего момента $M_y$	0,981568
п.5.12	прочность при действии изгибающего момента $M_z$	0,00744839
пп.5.12,5.18	прочность при действии поперечной силы $V_y$	0,00154907
пп.5.12,5.18	прочность при действии поперечной силы $V_z$	0,00517464
пп.5.24,5.25	прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,989017
п.5.15	устойчивость плоской формы изгиба	0,981568
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости XoY	0,0569231
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости XoZ	0,145891

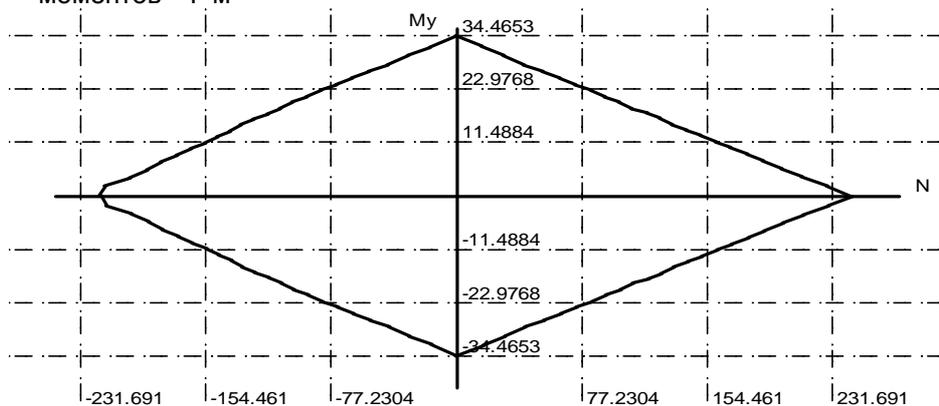
Коэффициент использования 0,989017 - прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики

### Кривые взаимодействия

Единицы измерения:

сил - Т

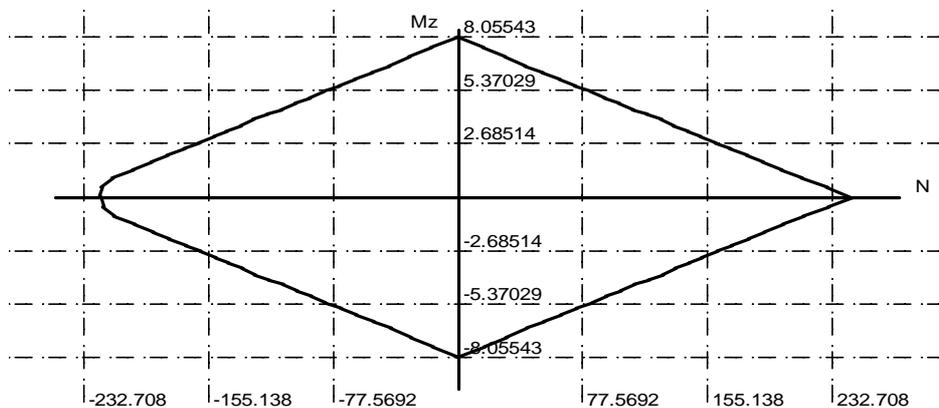
моментов - Т\*м



Область изменения усилий

$$-219,497 < N < 243,886$$

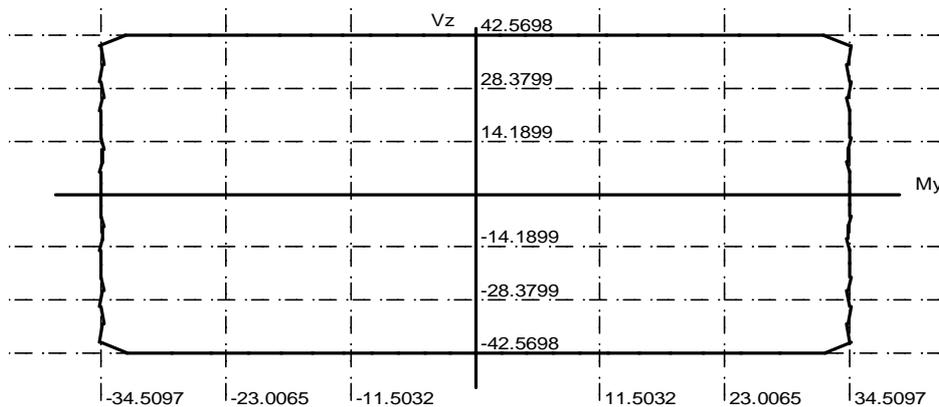
$$-34,465 < M_y < 34,465$$



Область изменения усилий

$$-221,529 < N < 243,886$$

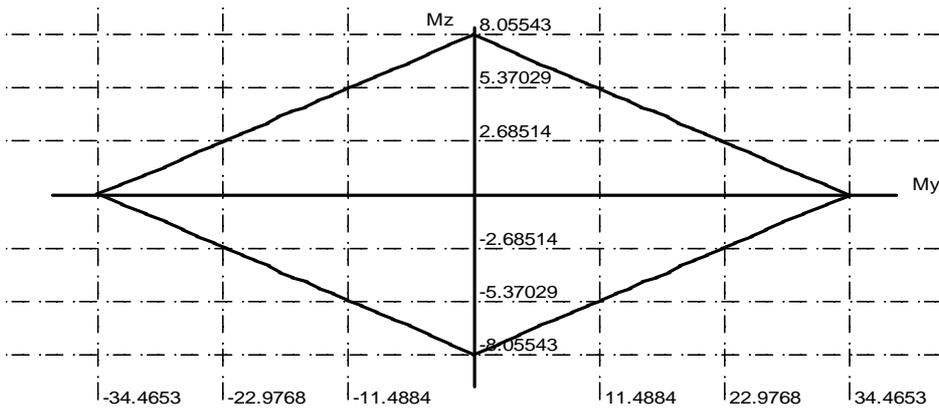
$$-8,055 < M_z < 8,055$$



Область изменения усилий

$$-34,51 < M_y < 34,51$$

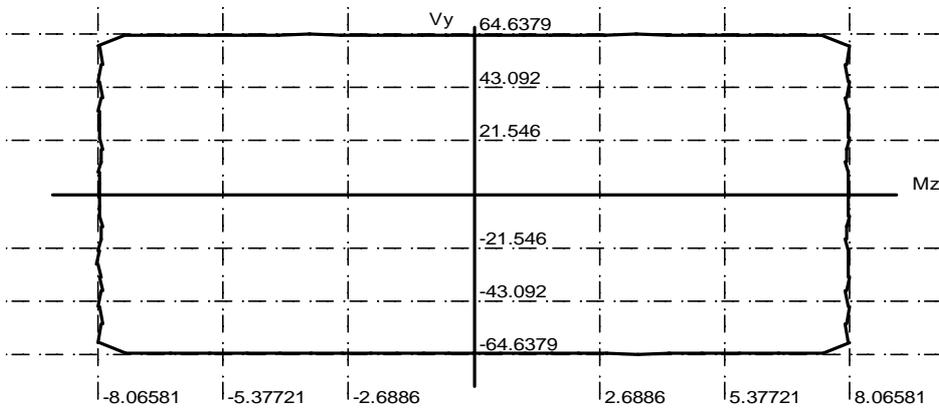
$$-42,57 < V_z < 42,57$$



Область изменения усилий

$$-34,465 < M_y < 34,465$$

$$-8,055 < M_z < 8,055$$



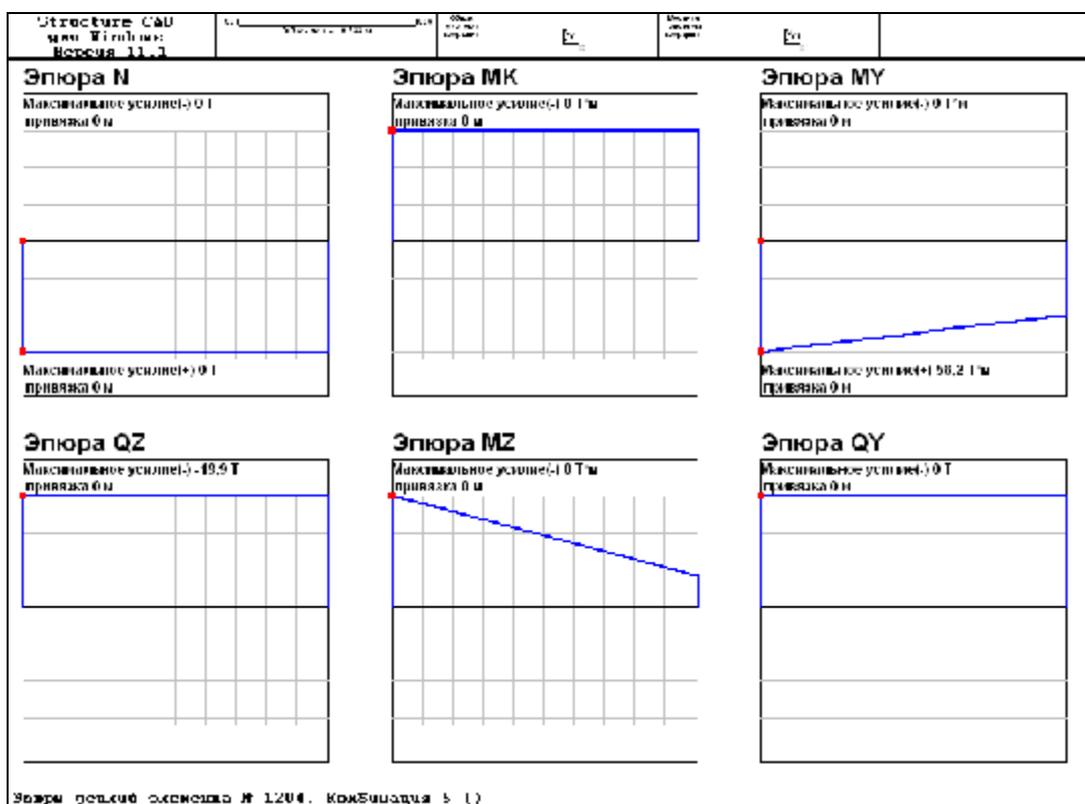
Область изменения усилий

$$-8,066 < M_z < 8,066$$

$$-64,638 < V_y < 64,638$$

**2.7. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ГЛАВНЫХ (СРЕДНИХ) БАЛОК ПЕРЕКРЫТИЙ  
НА ОТМ. 12.40 И 16.00 (Б6- Б8)**

<b>Выборка усилий и напряжений (комбинации)</b>								
Единицы измерений: Т, м.								
Наименование	Максимальные значения				Минимальные значения			
	Значение	Номер эл-та	Номер сечен.	Номер загруз.	Значение	Номер эл-та	Номер сечен.	Номер загруз.
N	0,882	2707	1	3	-1,198	2577	1	3
Mk	0,014	1327	1	3	-0,023	1359	1	2
My	56,244	1204	1	5	-5,801e-013	2431	1	5
Qz	25,926	1327	1	2	-20,263	1206	3	5
Mz	0,689	2623	3	3	-0,57	2622	1	3
Qy	0,391	2706	1	5	-0,547	2622	1	3



Общие характеристики

Группа конструкции по таблице 50\* СНиП: 2

Сталь: С245 - лист 2-20 мм

Расчетное сопротивление стали  $R_y = 2,45 \text{ T/cm}^2$

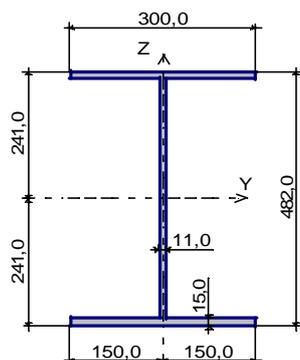
Коэффициент условий работы 0,9

Коэффициент надежности по ответственности 0,95

Предельная гибкость для сжатых элементов:  $180-60\alpha$

Предельная гибкость для растянутых элементов: 250

**Сечение**



Сечение: Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93 50Ш1

### Геометрические характеристики сечения

	Параметр	Значение	
A	Площадь поперечного сечения	145,52	см <sup>2</sup>
A <sub>v,y</sub>	Условная площадь среза вдоль оси Y	62,398	см <sup>2</sup>
A <sub>v,z</sub>	Условная площадь среза вдоль оси Z	49,169	см <sup>2</sup>
I <sub>y</sub>	Момент инерции относительно оси Y	60371,001	см <sup>4</sup>
I <sub>z</sub>	Момент инерции относительно оси Z	6762,4	см <sup>4</sup>
I <sub>t</sub>	Момент инерции при кручении	87,211	см <sup>4</sup>
I <sub>w</sub>	Секториальный момент инерции	3687012,617	см <sup>6</sup>
i <sub>y</sub>	Радиус инерции относительно оси Y	20,368	см
i <sub>z</sub>	Радиус инерции относительно оси Z	6,817	см
W <sub>y+</sub>	Максимальный момент сопротивления относительно оси Y	2505,021	см <sup>3</sup>
W <sub>y-</sub>	Минимальный момент сопротивления относительно оси Y	2505,021	см <sup>3</sup>
W <sub>z+</sub>	Максимальный момент сопротивления относительно оси Z	450,827	см <sup>3</sup>
W <sub>z-</sub>	Минимальный момент сопротивления относительно оси Z	450,827	см <sup>3</sup>
W <sub>pl,y</sub>	Пластический момент сопротивления относительно оси Y	2663,336	см <sup>3</sup>
W <sub>pl,z</sub>	Пластический момент сопротивления относительно оси Z	688,673	см <sup>3</sup>
a <sub>y+</sub>	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Y(U)	3,098	см
a <sub>y-</sub>	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Y(U)	3,098	см
a <sub>z+</sub>	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Z(V)	17,214	см
a <sub>z-</sub>	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Z(V)	17,214	см

Длина элемента 2,66 м

### Закрепление

Отношение I/L в плоскости XOY 1,0

Отношение I/L в плоскости XOZ 3,0

### Результаты расчета по комбинациям нагрузок

N = 0,0 Т

M<sub>y</sub> = 56,2 Т\*м

V<sub>z</sub> = -19,9 Т

$M_z = 0,0 \text{ Т*м}$   
 $V_y = 0,0 \text{ Т}$

### Результаты расчета

Проверено по СНИП	Фактор	Коэффициент использования
п.5.12	прочность при действии изгибающего момента $M_y$	0,966585
пп.5.12,5.18	прочность при действии поперечной силы $V_z$	0,300644
пп.5.24,5.25	прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,966585
п.5.15	устойчивость плоской формы изгиба	0,966585
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости $XoY$	0,156082
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости $XoZ$	0,156715

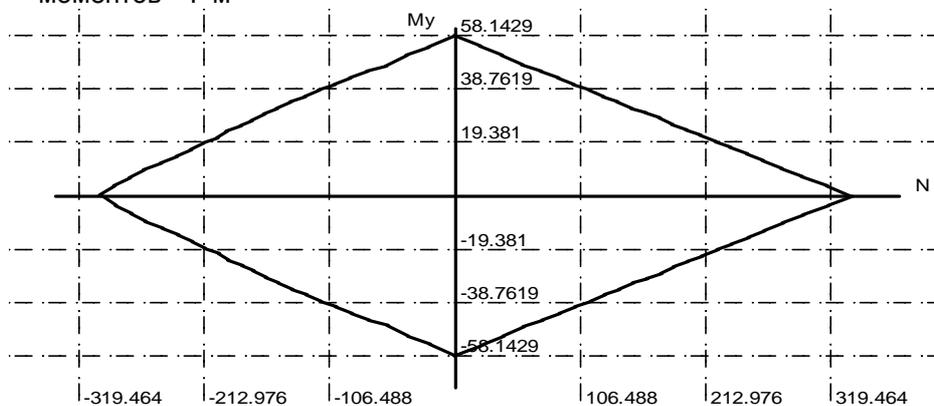
Коэффициент использования 0,966585 - прочность при действии изгибающего момента  $M_y$

### Кривые взаимодействия

Единицы измерения:

сил - Т

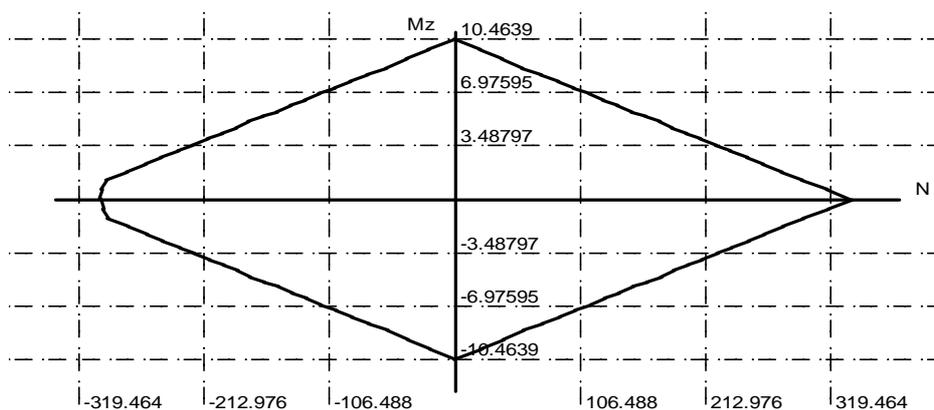
моментов - Т\*м



Область изменения усилий

$-301,169 < N < 337,76$

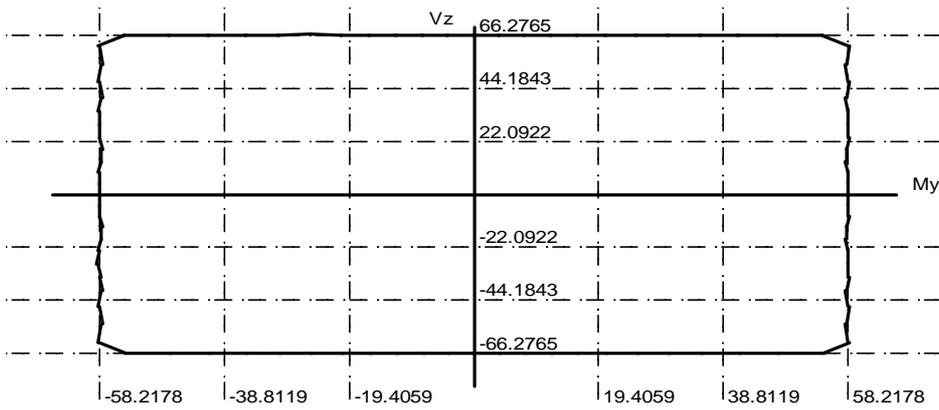
$-58,143 < M_y < 58,143$



Область изменения усилий

$-301,169 < N < 337,76$

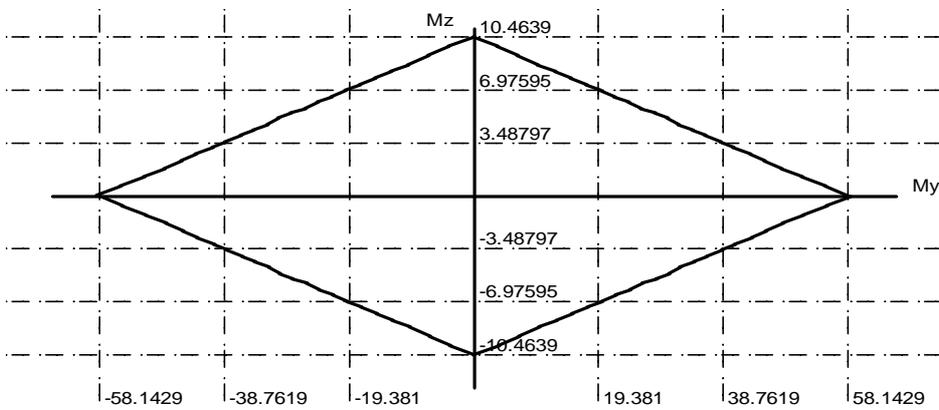
$-10,464 < M_z < 10,464$



Область изменения усилий

$$-58,218 < M_y < 58,218$$

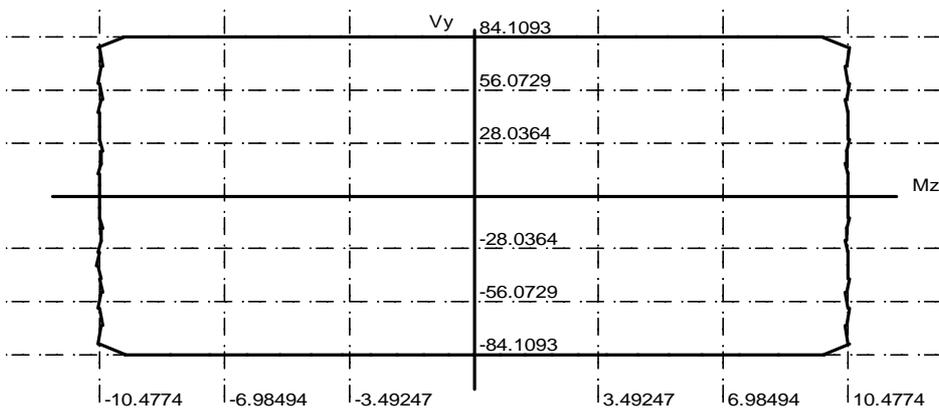
$$-66,276 < V_z < 66,276$$



Область изменения усилий

$$-58,143 < M_y < 58,143$$

$$-10,464 < M_z < 10,464$$



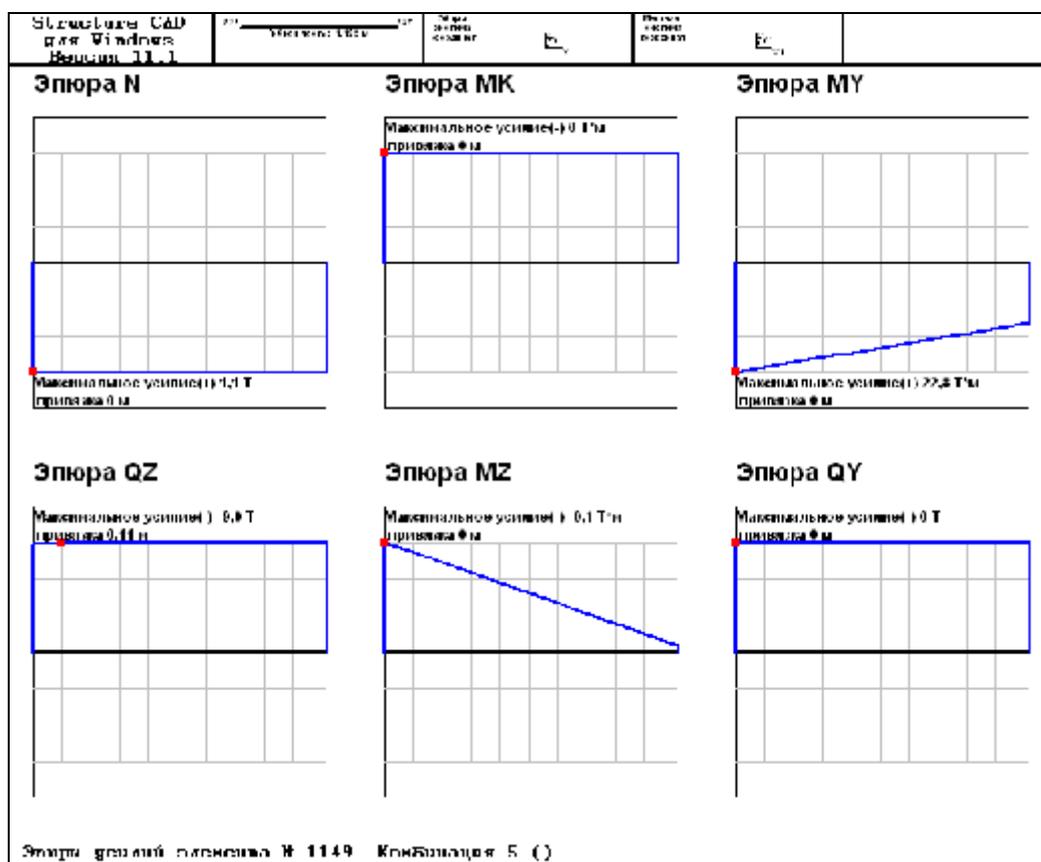
Область изменения усилий

$$-10,477 < M_z < 10,477$$

$$-84,109 < V_y < 84,109$$

## 2.8. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ГЛАВНЫХ (КРАЙНИХ) БАЛОК ПЕРЕКРЫТИЙ НА ОТМ. 12.40 И 16.00 (Б13,Б13.1, Б13.2)

<b>Выборка усилий и напряжений (комбинации)</b>								
Единицы измерений: Т, м.								
Наименование	Максимальные значения				Минимальные значения			
	Значение	Номер эл-та	Номер сечен.	Номер загруз.	Значение	Номер эл-та	Номер сечен.	Номер загруз.
N	3,49	2774	1	5	-1,61	2766	1	4
Mk	2,447e-004	1385	1	3	-2,778e-004	1280	1	3
My	22,759	1149	1	5	0	1150	3	1
Qz	8,806	1379	1	4	-9,226	1150	3	5
Mz	0,645	2838	1	2	-1,049	2832	1	3
Qy	0,398	2838	1	2	-0,584	2832	1	3

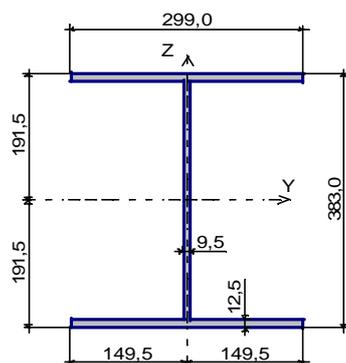


### Общие характеристики

Группа конструкции по таблице 50\* СНиП: 2  
 Сталь: С245 - лист 2-20 мм  
 Расчетное сопротивление стали  $R_y = 2,45 \text{ T/cm}^2$   
 Коэффициент условий работы 0,9  
 Коэффициент надежности по ответственности 0,95

Предельная гибкость для сжатых элементов:  $180-60\alpha$   
 Предельная гибкость для растянутых элементов: 250

## Сечение



Сечение: Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93 40Ш1

### Геометрические характеристики сечения

	Параметр	Значение	
A	Площадь поперечного сечения	112,91	см <sup>2</sup>
A <sub>v,y</sub>	Условная площадь среза вдоль оси Y	51,528	см <sup>2</sup>
A <sub>v,z</sub>	Условная площадь среза вдоль оси Z	33,936	см <sup>2</sup>
I <sub>y</sub>	Момент инерции относительно оси Y	30556,001	см <sup>4</sup>
I <sub>z</sub>	Момент инерции относительно оси Z	5575,4	см <sup>4</sup>
I <sub>t</sub>	Момент инерции при кручении	49,061	см <sup>4</sup>
I <sub>w</sub>	Секториальный момент инерции	1913341,259	см <sup>6</sup>
i <sub>y</sub>	Радиус инерции относительно оси Y	16,451	см
i <sub>z</sub>	Радиус инерции относительно оси Z	7,027	см
W <sub>y+</sub>	Максимальный момент сопротивления относительно оси Y	1595,614	см <sup>3</sup>
W <sub>y-</sub>	Минимальный момент сопротивления относительно оси Y	1595,614	см <sup>3</sup>
W <sub>z+</sub>	Максимальный момент сопротивления относительно оси Z	372,936	см <sup>3</sup>
W <sub>z-</sub>	Минимальный момент сопротивления относительно оси Z	372,936	см <sup>3</sup>
W <sub>pl,y</sub>	Пластический момент сопротивления относительно оси Y	1689,133	см <sup>3</sup>
W <sub>pl,z</sub>	Пластический момент сопротивления относительно оси Z	566,834	см <sup>3</sup>
a <sub>y+</sub>	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Y(U)	3,303	см
a <sub>y-</sub>	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Y(U)	3,303	см
a <sub>z+</sub>	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Z(V)	14,132	см
a <sub>z-</sub>	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Z(V)	14,132	см

Длина элемента 2,66 м

### Закрепление

Отношение I/L в плоскости XOY 1,0

Отношение I/L в плоскости XOZ 3,0

### Результаты расчета по комбинациям нагрузок

N = 0,0 Т

M<sub>y</sub> = 22,8 Т\*м

$V_z = -9,0 \text{ Т}$   
 $M_z = 0,1 \text{ Т*м}$   
 $V_y = 0,0 \text{ Т}$

### Результаты расчета

Проверено по СНИП	Фактор	Коэффициент использования
п.5.12	прочность при действии изгибающего момента $M_y$	0,615633
п.5.12	прочность при действии изгибающего момента $M_z$	0,0115526
пп.5.12,5.18	прочность при действии поперечной силы $V_z$	0,197001
пп.5.24,5.25	прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,627186
п.5.15	устойчивость плоской формы изгиба	0,615633
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости $XoY$	0,151415
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости $XoZ$	0,194035

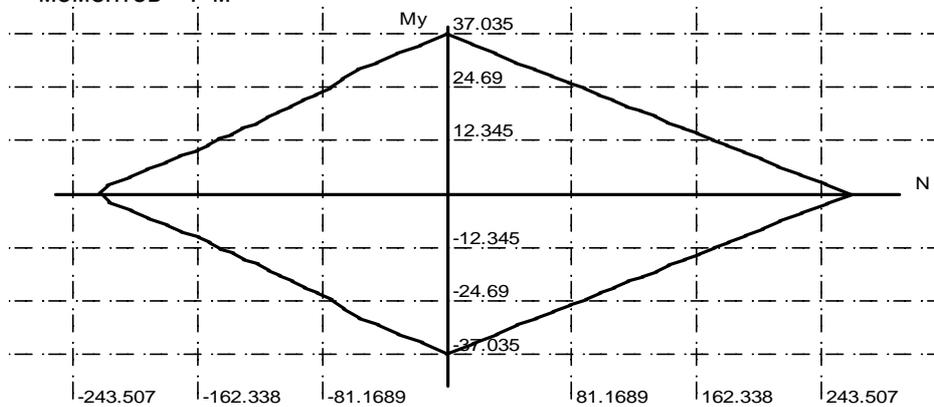
**Коэффициент использования 0,627186 - прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики**

### Кривые взаимодействия

Единицы измерения:

сил - Т

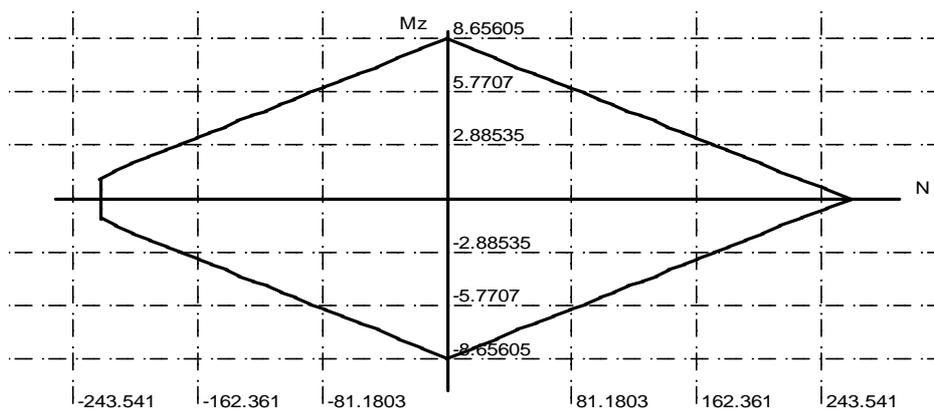
моментов - Т\*м



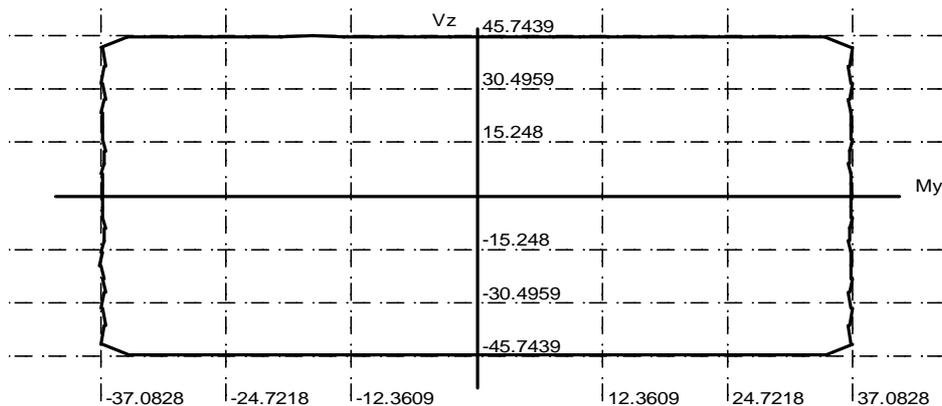
Область изменения усилий

$-224,943 < N < 262,07$

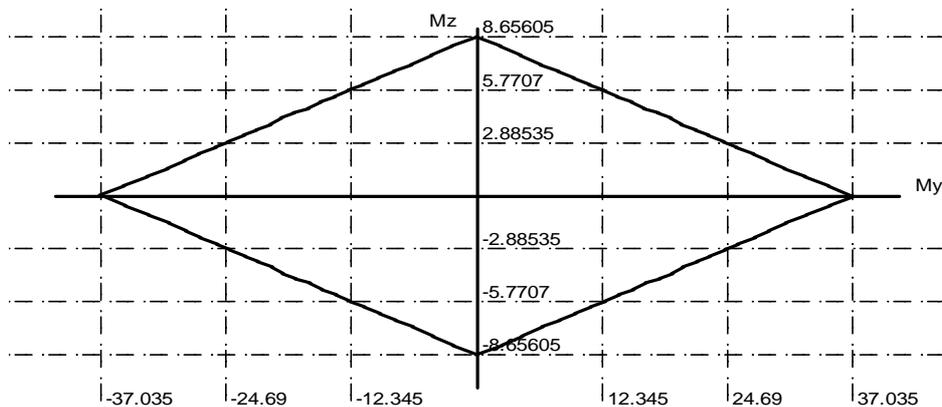
$-37,035 < M_y < 37,035$



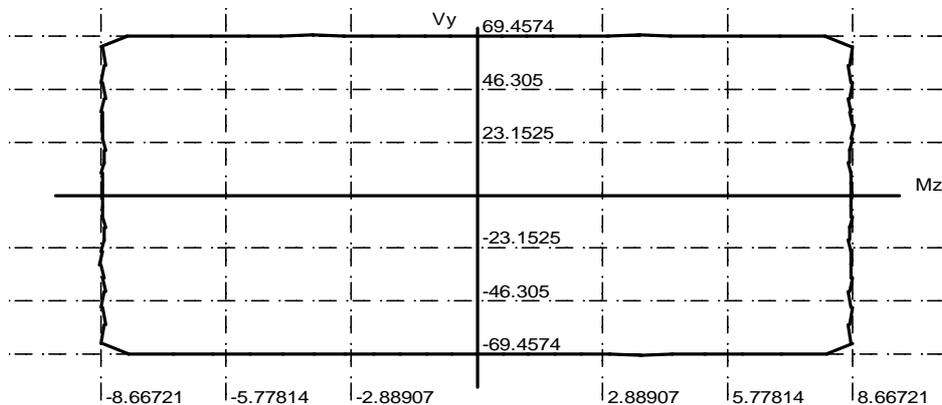
Область изменения усилий  
 $-225,012 < N < 262,07$   
 $-8,656 < M_z < 8,656$



Область изменения усилий  
 $-37,083 < M_y < 37,083$   
 $-45,744 < V_z < 45,744$



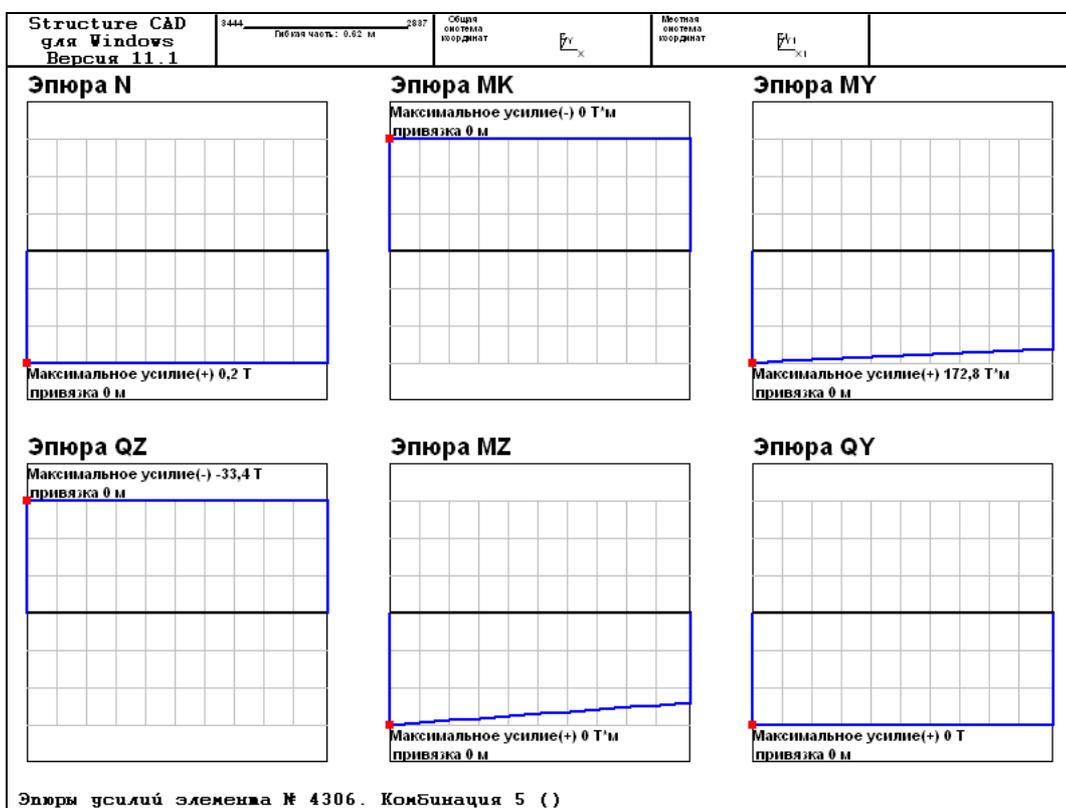
Область изменения усилий  
 $-37,035 < M_y < 37,035$   
 $-8,656 < M_z < 8,656$



Область изменения усилий  
 $-8,667 < M_z < 8,667$   
 $-69,457 < V_y < 69,457$

## 2.9. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ГЛАВНЫХ (СРЕДНИХ) БАЛОК ПЕРЕКРЫТИЯ НА ОТМ. 22,20 (Б1, Б2)

<b>Выборка усилий и напряжений (комбинации)</b>								
Единицы измерений: Т, м.								
Наименование	Максимальные значения				Минимальные значения			
	Значение	Номер эл-та	Номер сечен.	Номер загруз.	Значение	Номер эл-та	Номер сечен.	Номер загруз.
N	1,479	5745	1	3	-1,259	5745	1	2
Mk	0,394	4315	1	3	-0,371	4331	1	3
My	172,774	4306	1	5	-9,698e-012	4324	1	2
Qz	104,54	4315	1	5	-119,674	4319	3	5
Mz	0,684	3715	1	2	-0,763	4316	1	3
Qy	1	4323	1	2	-1,122	4308	1	5



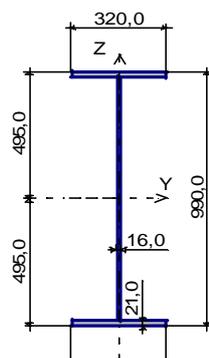
### Общие характеристики

Группа конструкции по таблице 50\* СНиП: 2  
 Сталь: С245 - лист 2-20 мм  
 Расчетное сопротивление стали  $R_y = 2,45 \text{ Т/см}^2$   
 Коэффициент условий работы 0,9  
 Коэффициент надежности по ответственности 0,95

Предельная гибкость для сжатых элементов:  $180-60\alpha$

Предельная гибкость для растянутых элементов: 250

### Сечение



Сечение: Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93 100Ш1

### Геометрические характеристики сечения

	Параметр	Значение	
A	Площадь поперечного сечения	293,8	см <sup>2</sup>
A <sub>v,y</sub>	Условная площадь среза вдоль оси Y	94,72	см <sup>2</sup>
A <sub>v,z</sub>	Условная площадь среза вдоль оси Z	139,014	см <sup>2</sup>
I <sub>y</sub>	Момент инерции относительно оси Y	446039,019	см <sup>4</sup>
I <sub>z</sub>	Момент инерции относительно оси Z	11517,901	см <sup>4</sup>
I <sub>t</sub>	Момент инерции при кручении	326,222	см <sup>4</sup>
I <sub>w</sub>	Секториальный момент инерции	27037149,132	см <sup>6</sup>
i <sub>y</sub>	Радиус инерции относительно оси Y	38,964	см
i <sub>z</sub>	Радиус инерции относительно оси Z	6,261	см
W <sub>y+</sub>	Максимальный момент сопротивления относительно оси Y	9010,889	см <sup>3</sup>
W <sub>y-</sub>	Минимальный момент сопротивления относительно оси Y	9010,889	см <sup>3</sup>
W <sub>z+</sub>	Максимальный момент сопротивления относительно оси Z	719,869	см <sup>3</sup>
W <sub>z-</sub>	Минимальный момент сопротивления относительно оси Z	719,869	см <sup>3</sup>
W <sub>pl,y</sub>	Пластический момент сопротивления относительно оси Y	10106,496	см <sup>3</sup>
W <sub>pl,z</sub>	Пластический момент сопротивления относительно оси Z	1135,872	см <sup>3</sup>
a <sub>y+</sub>	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Y(U)	2,45	см
a <sub>y-</sub>	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Y(U)	2,45	см
a <sub>z+</sub>	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Z(V)	30,67	см
a <sub>z-</sub>	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Z(V)	30,67	см

Длина элемента 2,0 м

### Закрепление

Отношение I/L в плоскости XOY 1,0

Отношение I/L в плоскости XOZ 3,0

### Результаты расчета по комбинациям нагрузок

N = 0,0 Т

M<sub>y</sub> = 172,8 Т\*м

V<sub>z</sub> = -33,4 Т

$M_z = 0,0 \text{ Т*м}$   
 $V_y = 0,0 \text{ Т}$

### Результаты расчета

Проверено по СНИП	Фактор	Коэффициент использования
п.5.12	прочность при действии изгибающего момента $M_y$	0,826211
пп.5.12,5.18	прочность при действии поперечной силы $V_z$	0,178475
пп.5.24,5.25	прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,826211
п.5.15	устойчивость плоской формы изгиба	0,826211
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости $XoY$	0,12777
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости $XoZ$	0,0615957

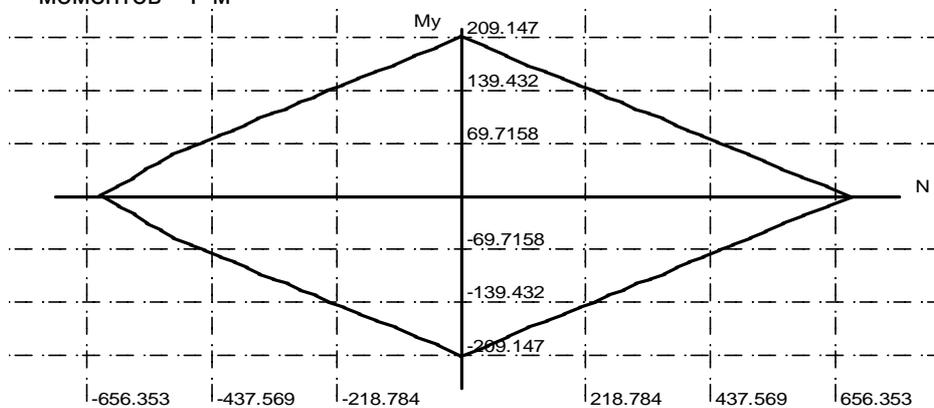
Коэффициент использования 0,826211 - прочность при действии изгибающего момента  $M_y$

### Кривые взаимодействия

Единицы измерения:

сил - Т

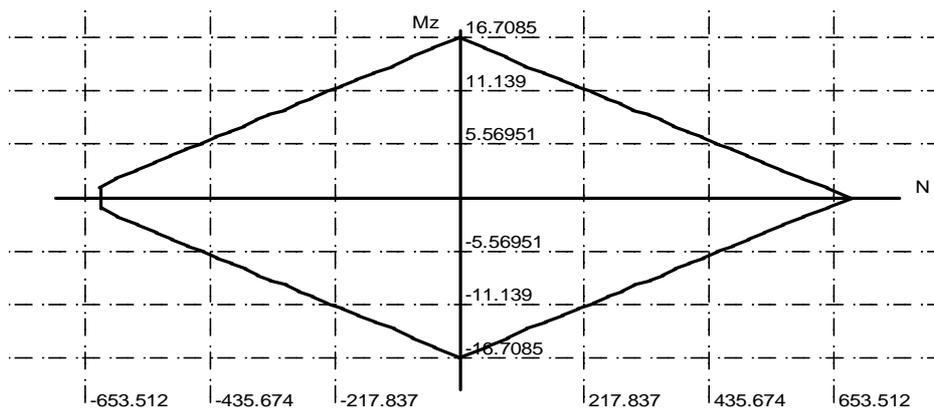
моментов - Т\*м



Область изменения усилий

$-630,781 < N < 681,925$

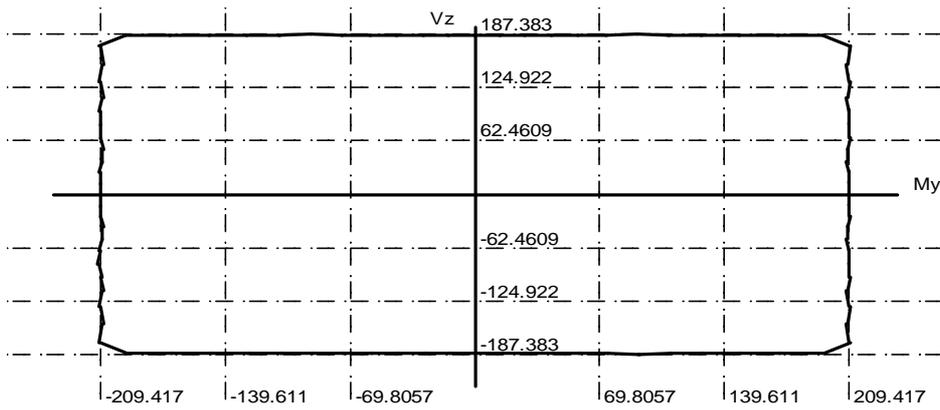
$-209,147 < M_y < 209,147$



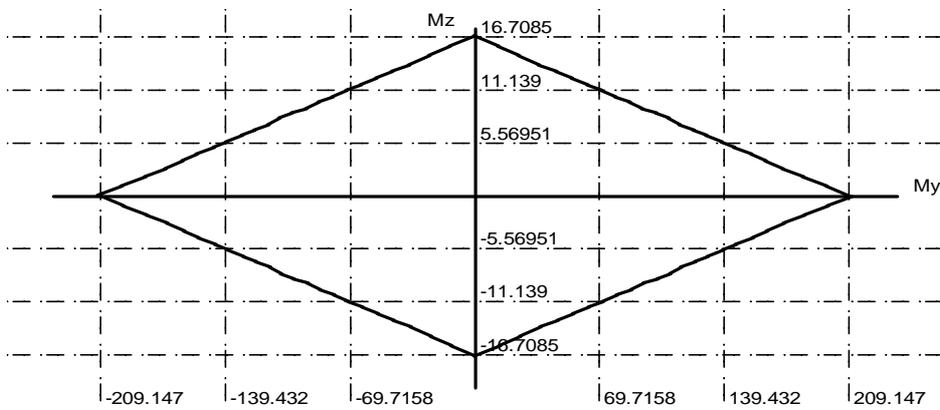
Область изменения усилий

$-625,098 < N < 681,925$

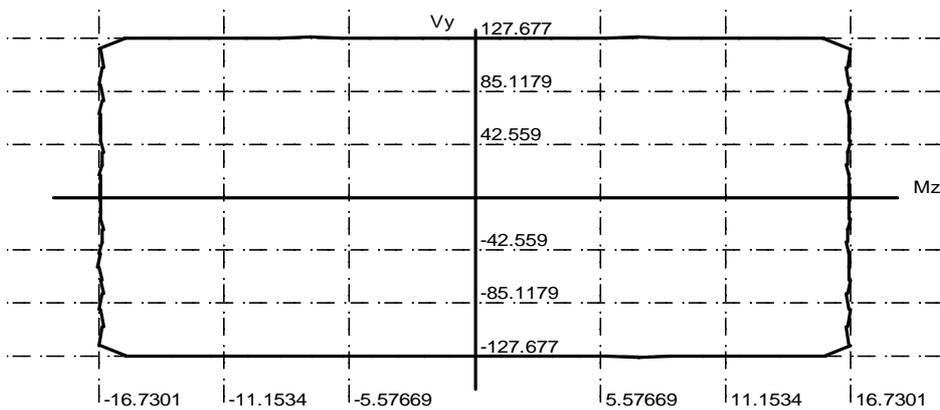
$-16,709 < M_z < 16,709$



Область изменения усилий  
 $-209,417 < M_y < 209,417$   
 $-187,383 < V_z < 187,383$



Область изменения усилий  
 $-209,147 < M_y < 209,147$   
 $-16,709 < M_z < 16,709$



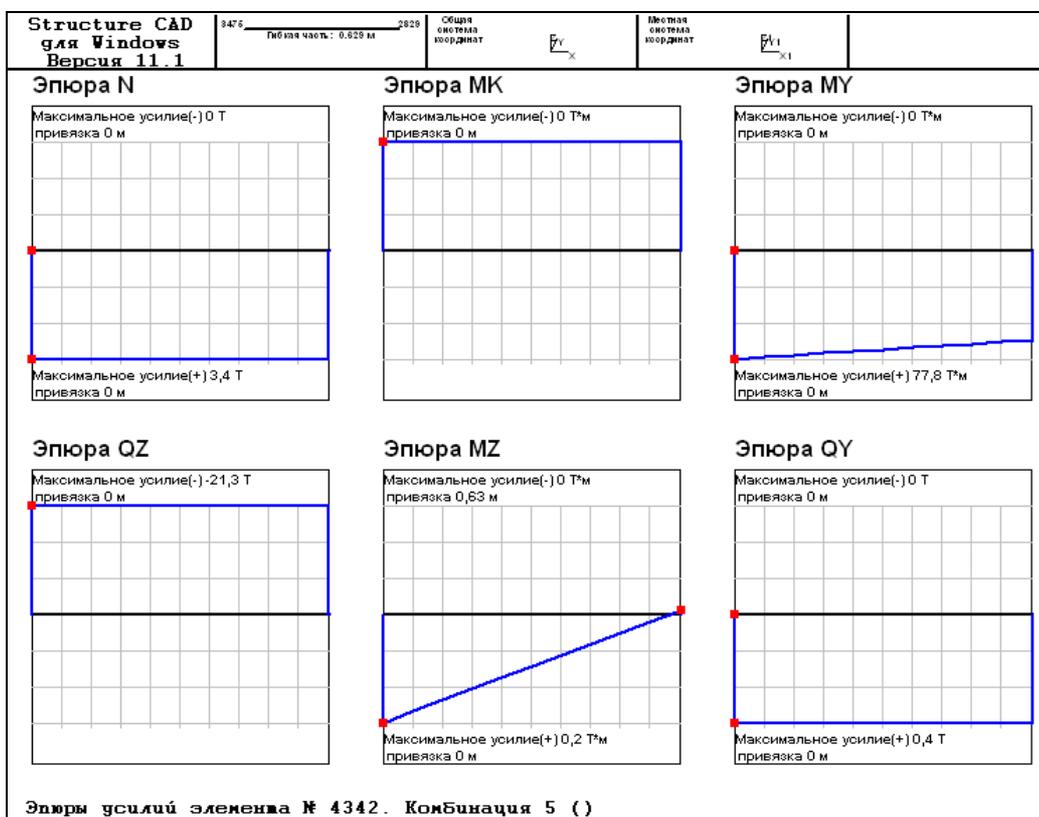
Область изменения усилий  
 $-16,73 < M_z < 16,73$   
 $-127,677 < V_y < 127,677$

**2.10. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ГЛАВНЫХ (КРАЙНИХ) БАЛОК ПЕРЕКРЫТИЯ  
НА ОТМ. 22,20 (Б3.1, Б4.1)**

**Выборка усилий и напряжений (комбинации)**

Единицы измерений: Т, м.

Наименование	Максимальные значения				Минимальные значения			
	Значение	Номер эл-та	Номер сечен.	Номер загрузж.	Значение	Номер эл-та	Номер сечен.	Номер загрузж.
N	3,54	3861	1	5	-1,476	3855	1	4
Mk	0,228	4335	1	3	-0,377	4320	1	2
My	77,779	4342	1	5	-5,076e-014	3634	3	4
Qz	51,467	4339	1	4	-28,33	3862	3	5
Mz	0,43	3788	3	5	-0,453	4321	1	5
Qy	0,521	4335	1	5	-0,597	4339	1	3



**Общие характеристики**

Группа конструкции по таблице 50\* СНиП: 2

Сталь: С245 - лист 2-20 мм

Расчетное сопротивление стали  $R_y = 2,45 \text{ Т/см}^2$

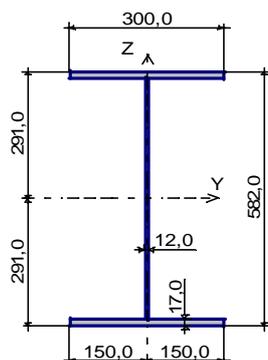
Коэффициент условий работы 0,9

Коэффициент надежности по ответственности 0,95

Предельная гибкость для сжатых элементов:  $180-60\alpha$

Предельная гибкость для растянутых элементов: 250

**Сечение**



Сечение: Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93 60Ш1

### Геометрические характеристики сечения

	Параметр	Значение	
A	Площадь поперечного сечения	174,49	см <sup>2</sup>
A <sub>v,y</sub>	Условная площадь среза вдоль оси Y	71,009	см <sup>2</sup>
A <sub>v,z</sub>	Условная площадь среза вдоль оси Z	64,212	см <sup>2</sup>
I <sub>y</sub>	Момент инерции относительно оси Y	102716,999	см <sup>4</sup>
I <sub>z</sub>	Момент инерции относительно оси Z	7669,0	см <sup>4</sup>
I <sub>t</sub>	Момент инерции при кручении	129,051	см <sup>4</sup>
I <sub>w</sub>	Секториальный момент инерции	6120341,466	см <sup>6</sup>
i <sub>y</sub>	Радиус инерции относительно оси Y	24,263	см
i <sub>z</sub>	Радиус инерции относительно оси Z	6,63	см
W <sub>y+</sub>	Максимальный момент сопротивления относительно оси Y	3529,794	см <sup>3</sup>
W <sub>y-</sub>	Минимальный момент сопротивления относительно оси Y	3529,794	см <sup>3</sup>
W <sub>z+</sub>	Максимальный момент сопротивления относительно оси Z	511,267	см <sup>3</sup>
W <sub>z-</sub>	Минимальный момент сопротивления относительно оси Z	511,267	см <sup>3</sup>
W <sub>pl,y</sub>	Пластический момент сопротивления относительно оси Y	3782,412	см <sup>3</sup>
W <sub>pl,z</sub>	Пластический момент сопротивления относительно оси Z	784,728	см <sup>3</sup>
a <sub>y+</sub>	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Y(U)	2,93	см
a <sub>y-</sub>	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Y(U)	2,93	см
a <sub>z+</sub>	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Z(V)	20,229	см
a <sub>z-</sub>	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Z(V)	20,229	см

Длина элемента 2,0 м

### Закрепление

Отношение I/L в плоскости XOY 1,0

Отношение I/L в плоскости XOZ 3,0

### Результаты расчета по комбинациям нагрузок

N = 3,4 Т

M<sub>y</sub> = 77,8 Т\*м

V<sub>z</sub> = -21,3 Т

$$M_z = 0,2 \text{ Т*м}$$

$$V_y = 0,4 \text{ Т}$$

### Результаты расчета

Проверено по СНиП	Фактор	Коэффициент использования
п.5.12	прочность при действии изгибающего момента $M_y$	0,94961
п.5.12	прочность при действии изгибающего момента $M_z$	0,0168538
пп.5.12,5.18	прочность при действии поперечной силы $V_y$	0,00418439
пп.5.12,5.18	прочность при действии поперечной силы $V_z$	0,246406
пп.5.24,5.25	прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластичности	0,974859
п.5.15	устойчивость плоской формы изгиба	0,94961
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости $XoY$	0,120672
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости $XoZ$	0,098918

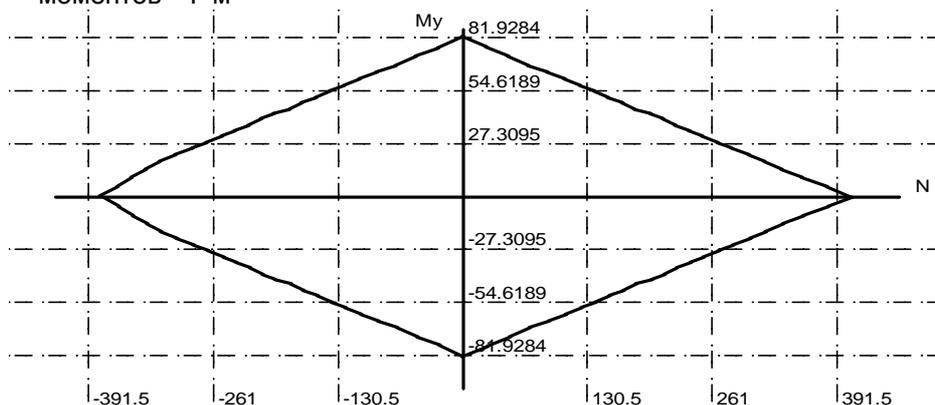
Коэффициент использования 0,974859 - прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластичности

### Кривые взаимодействия

Единицы измерения:

сил - Т

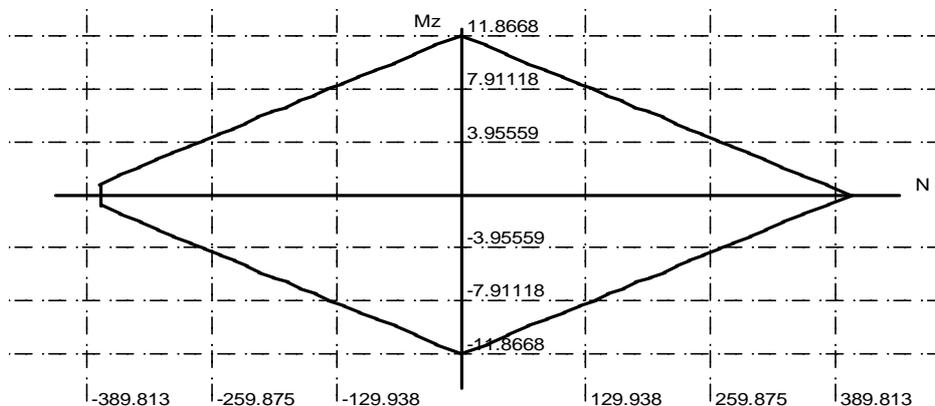
моментов - Т\*м



Область изменения усилий

$$-378,0 < N < 405,0$$

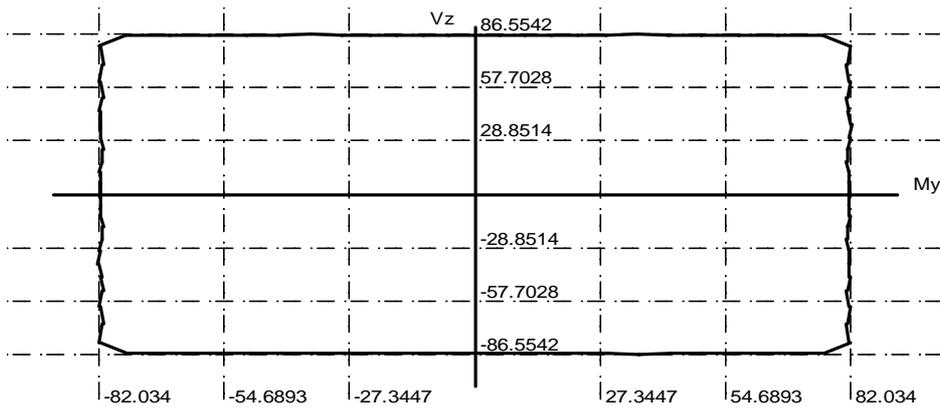
$$-81,928 < M_y < 81,928$$



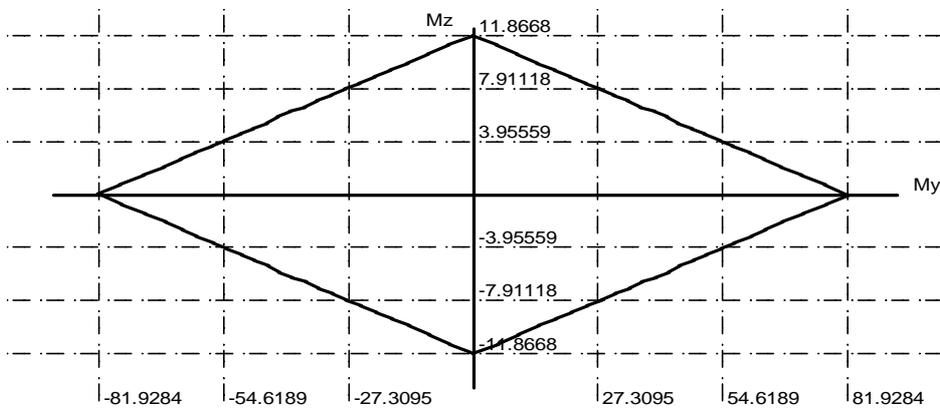
Область изменения усилий

$$-374,625 < N < 405,0$$

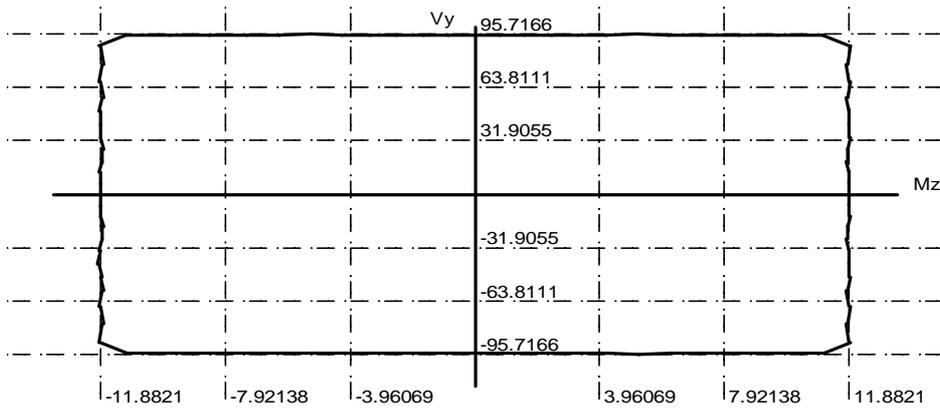
$$-11,867 < M_z < 11,867$$



Область изменения усилий  
 $-82,034 < M_y < 82,034$   
 $-86,554 < V_z < 86,554$



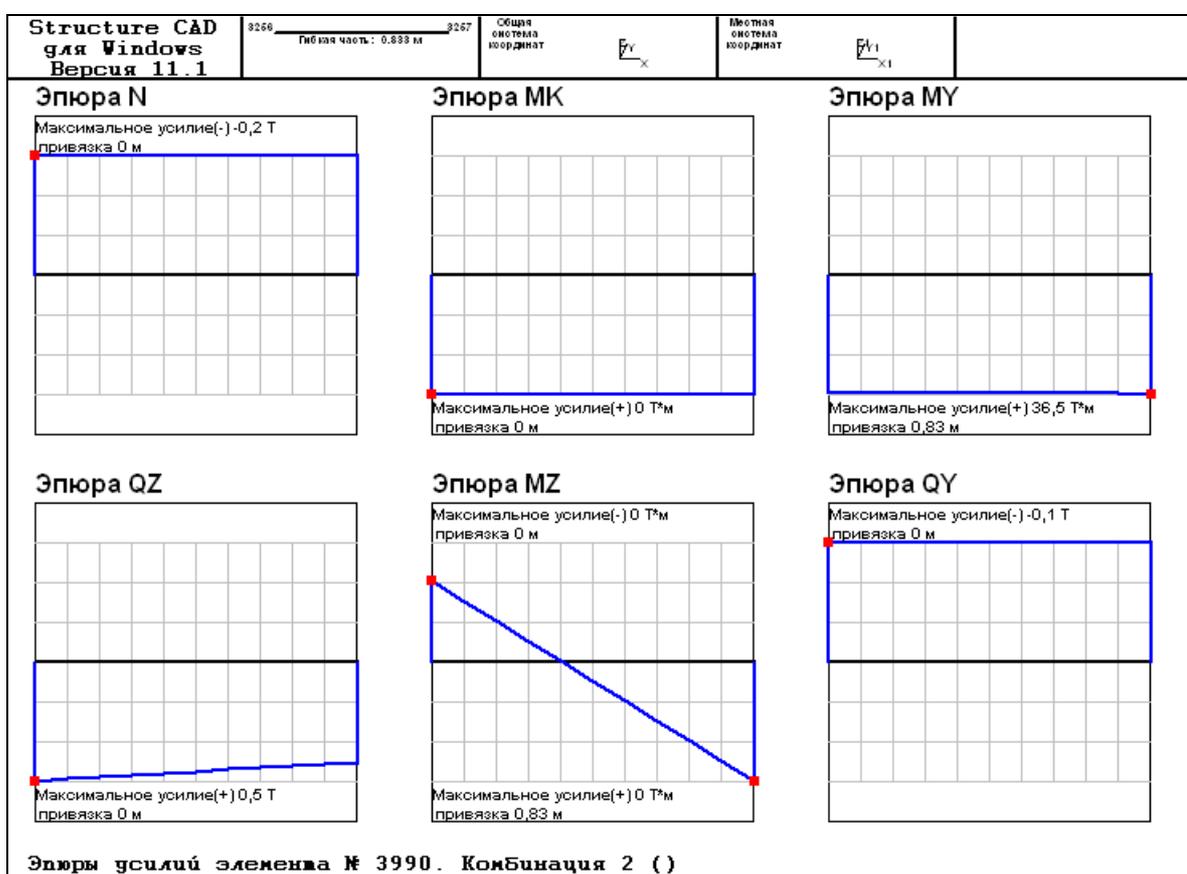
Область изменения усилий  
 $-81,928 < M_y < 81,928$   
 $-11,867 < M_z < 11,867$



Область изменения усилий  
 $-11,882 < M_z < 11,882$   
 $-95,717 < V_y < 95,717$

## 2.11. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ГЛАВНЫХ (СРЕДНИХ) БАЛОК ПОКРЫТИЯ (Б14-Б16)

<b>Выборка усилий и напряжений (комбинации)</b>									
Единицы измерений: Т, м.									
Наименование	Максимальные значения					Минимальные значения			
	Значение	Номер эл-та	Номер сечен.	Номер загрузж.		Значение	Номер эл-та	Номер сечен.	Номер загрузж.
N	0,189	3908	1	3		-0,92	3953	1	4
Mk	0,039	3986	1	3		-0,048	3915	1	2
My	36,529	3990	3	2		-3,155e-030	3940	3	1
Qz	16,731	3986	1	2		-15,617	4105	3	3
Mz	0,321	3940	3	2		-0,312	4009	3	3
Qy	0,167	4009	1	3		-0,172	3940	1	2

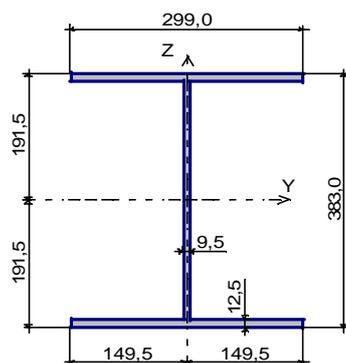


### Общие характеристики

Группа конструкции по таблице 50\* СНиП: 2  
 Сталь: С245 - лист 2-20 мм  
 Расчетное сопротивление стали  $R_y = 2,45 \text{ Т/см}^2$   
 Коэффициент условий работы 0,9  
 Коэффициент надежности по ответственности 0,95

Предельная гибкость для сжатых элементов:  $180-60\alpha$   
 Предельная гибкость для растянутых элементов: 250

## Сечение



Сечение: Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93 40Ш1

### Геометрические характеристики сечения

	Параметр	Значение	
A	Площадь поперечного сечения	112,91	см <sup>2</sup>
A <sub>v,y</sub>	Условная площадь среза вдоль оси Y	51,528	см <sup>2</sup>
A <sub>v,z</sub>	Условная площадь среза вдоль оси Z	33,936	см <sup>2</sup>
I <sub>y</sub>	Момент инерции относительно оси Y	30556,001	см <sup>4</sup>
I <sub>z</sub>	Момент инерции относительно оси Z	5575,4	см <sup>4</sup>
I <sub>t</sub>	Момент инерции при кручении	49,061	см <sup>4</sup>
I <sub>w</sub>	Секториальный момент инерции	1913341,259	см <sup>6</sup>
i <sub>y</sub>	Радиус инерции относительно оси Y	16,451	см
i <sub>z</sub>	Радиус инерции относительно оси Z	7,027	см
W <sub>y+</sub>	Максимальный момент сопротивления относительно оси Y	1595,614	см <sup>3</sup>
W <sub>y-</sub>	Минимальный момент сопротивления относительно оси Y	1595,614	см <sup>3</sup>
W <sub>z+</sub>	Максимальный момент сопротивления относительно оси Z	372,936	см <sup>3</sup>
W <sub>z-</sub>	Минимальный момент сопротивления относительно оси Z	372,936	см <sup>3</sup>
W <sub>pl,y</sub>	Пластический момент сопротивления относительно оси Y	1689,133	см <sup>3</sup>
W <sub>pl,z</sub>	Пластический момент сопротивления относительно оси Z	566,834	см <sup>3</sup>
a <sub>y+</sub>	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Y(U)	3,303	см
a <sub>y-</sub>	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Y(U)	3,303	см
a <sub>z+</sub>	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Z(V)	14,132	см
a <sub>z-</sub>	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Z(V)	14,132	см

Длина элемента 2,6 м

### Закрепление

Отношение I/L в плоскости XOY 1,0

Отношение I/L в плоскости XOZ 3,0

### Результаты расчета по комбинациям нагрузок

N = -0,2 Т

M<sub>y</sub> = 36,5 Т\*м

V<sub>z</sub> = 0,5 Т

$$M_z = 0,0 \text{ Т*м}$$

$$V_y = -0,1 \text{ Т}$$

### Результаты расчета

Проверено по СНиП	Фактор	Коэффициент использования
п.5.12	прочность при действии изгибающего момента $M_y$	0,985553
пп.5.12,5.18	прочность при действии поперечной силы $V_y$	0,00144159
пп.5.12,5.18	прочность при действии поперечной силы $V_z$	0,0109445
пп.5.24,5.25	прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,986316
п.5.3	устойчивость при сжатии в плоскости $XoY$ ( $XoU$ )	0,000842843
п.5.3	устойчивость при сжатии в плоскости $XoZ$ ( $XoV$ )	0,000884465
п.5.27	устойчивость в плоскости действия момента $M_y$ при внецентренном сжатии	0,0110151
пп.5.30-5.32	устойчивость из плоскости действия момента $M_y$ при внецентренном сжатии	0,986396
п.5.15	устойчивость плоской формы изгиба	0,985553
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости $XoY$	0,246667
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости $XoZ$	0,316098

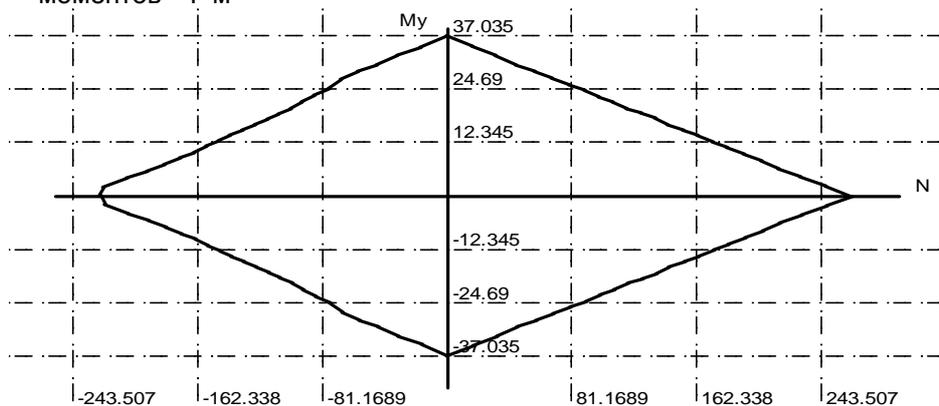
**Коэффициент использования 0,986396 - устойчивость из плоскости действия момента  $M_y$  при внецентренном сжатии**

### Кривые взаимодействия

Единицы измерения:

сил - Т

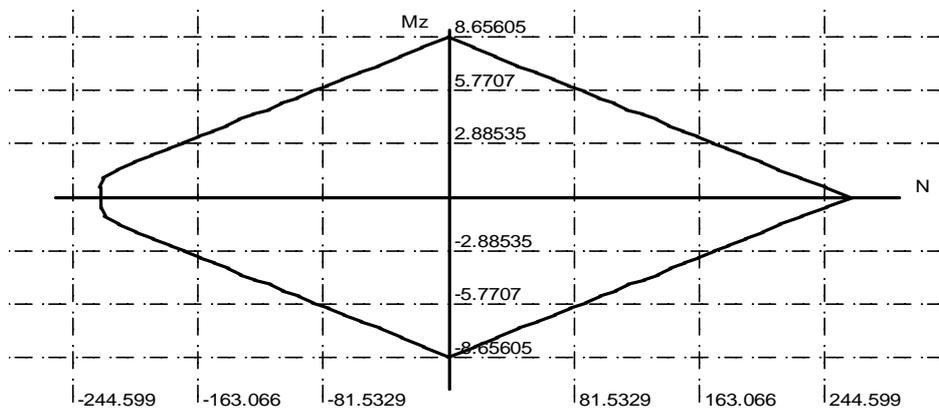
моментов - Т\*м



Область изменения усилий

$-224,943 < N < 262,07$

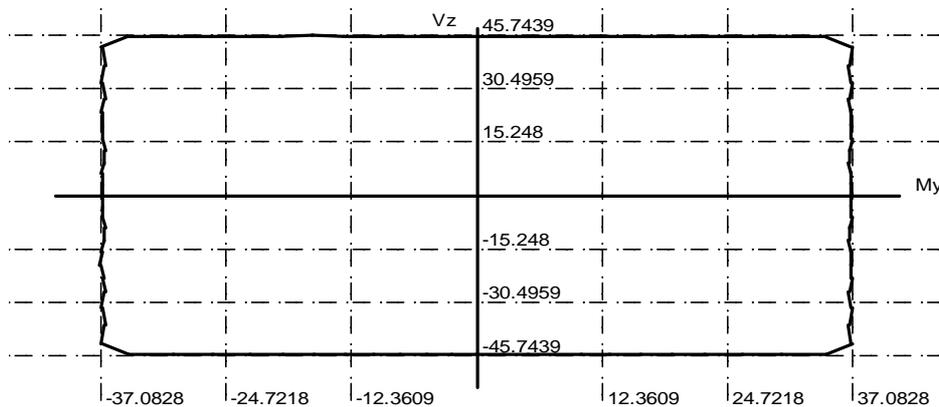
$-37,035 < M_y < 37,035$



Область изменения усилий

$-227,127 < N < 262,07$

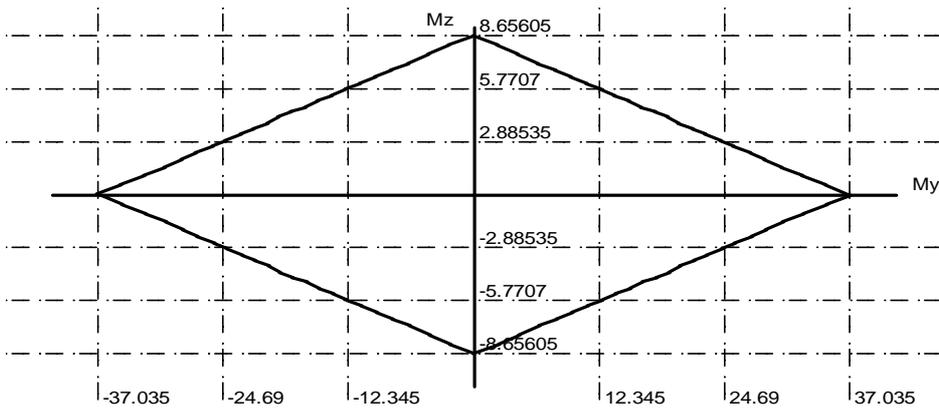
$-8,656 < M_z < 8,656$



Область изменения усилий

$-37,083 < M_y < 37,083$

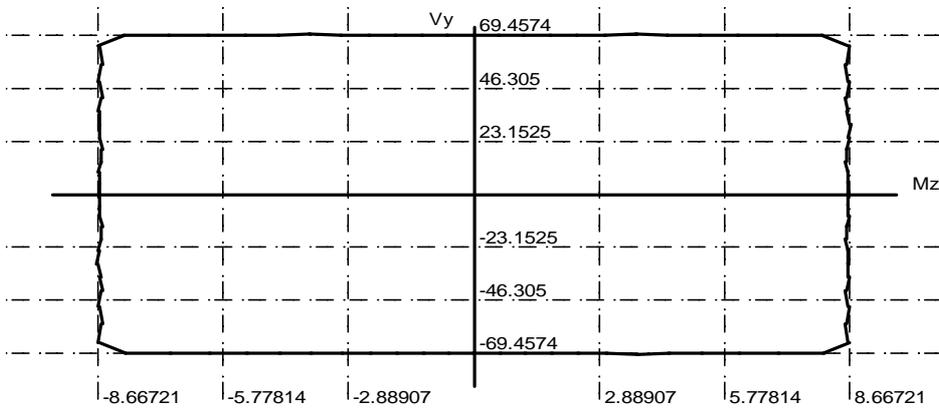
$-45,744 < V_z < 45,744$



Область изменения усилий

$$-37,035 < M_y < 37,035$$

$$-8,656 < M_z < 8,656$$



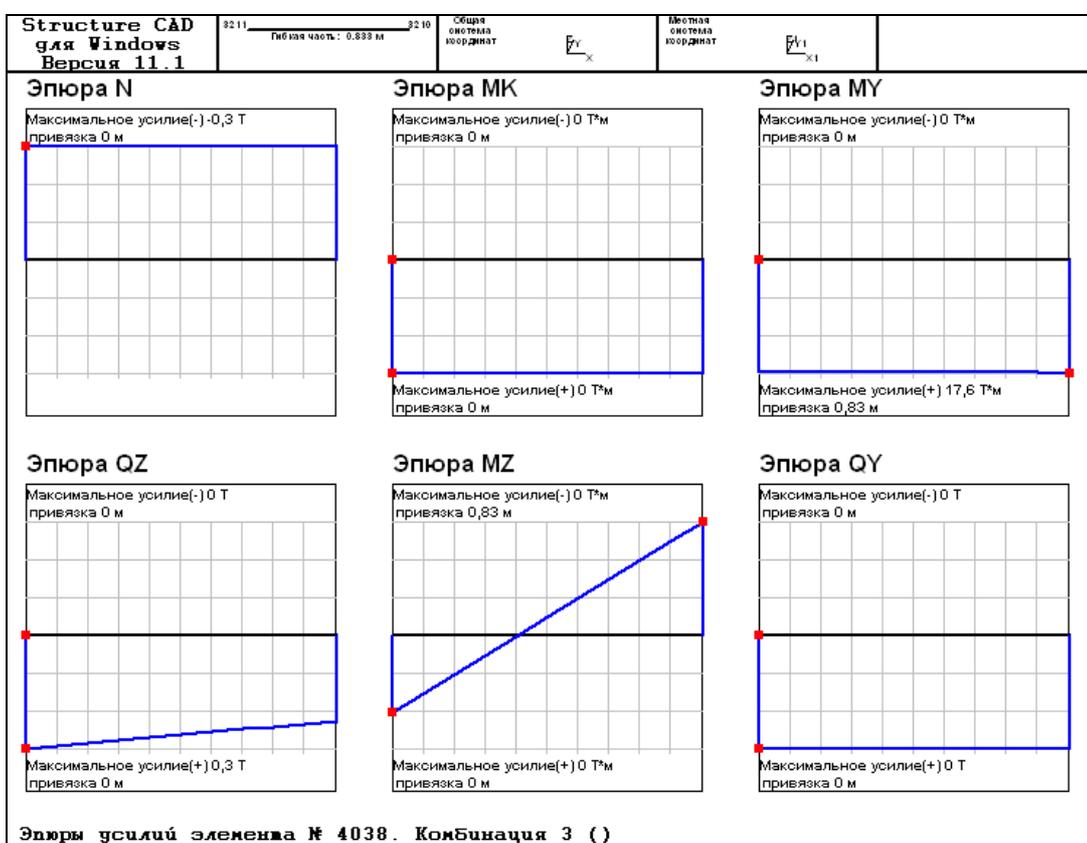
Область изменения усилий

$$-8,667 < M_z < 8,667$$

$$-69,457 < V_y < 69,457$$

## 2.12. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ГЛАВНЫХ (КРАЙНИХ) БАЛОК ПОКРЫТИЯ (Б21-Б23)

<b>Выборка усилий и напряжений (комбинации)</b>									
Единицы измерений: Т, м.									
Наименование	Максимальные значения					Минимальные значения			
	Значение	Номер эл-та	Номер сечен.	Номер загруз.		Значение	Номер эл-та	Номер сечен.	Номер загруз.
N	0,566	3911	1	5		-1,393	3911	1	4
Mk	0,469	4034	1	3		-0,463	4043	1	2
My	17,55	4038	3	3		-2,751e-014	3911	3	4
Qz	7,876	4034	1	3		-7,134	4255	3	3
Mz	0,174	4042	3	2		-0,173	4051	3	3
Qy	0,118	4153	1	4		-0,099	4255	1	4

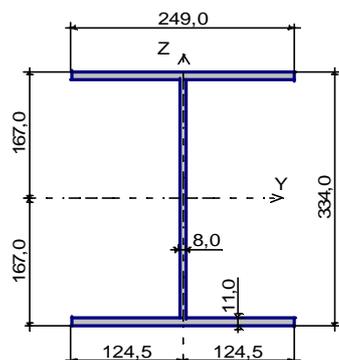


### Общие характеристики

Группа конструкции по таблице 50\* СНиП: 2  
 Сталь: С245 - лист 2-20 мм  
 Расчетное сопротивление стали  $R_y = 2,45 \text{ Т/см}^2$   
 Коэффициент условий работы 0,9  
 Коэффициент надежности по ответственности 0,95

Предельная гибкость для сжатых элементов:  $180-60\alpha$   
 Предельная гибкость для растянутых элементов: 250

### Сечение



Сечение: Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93 35Ш1

### Геометрические характеристики сечения

	Параметр	Значение	
A	Площадь поперечного сечения	83,17	см <sup>2</sup>
A <sub>v,y</sub>	Условная площадь среза вдоль оси Y	37,782	см <sup>2</sup>
A <sub>v,z</sub>	Условная площадь среза вдоль оси Z	25,036	см <sup>2</sup>
I <sub>y</sub>	Момент инерции относительно оси Y	17108,0	см <sup>4</sup>
I <sub>z</sub>	Момент инерции относительно оси Z	2834,1	см <sup>4</sup>
I <sub>t</sub>	Момент инерции при кручении	27,312	см <sup>4</sup>
I <sub>w</sub>	Секториальный момент инерции	739197,031	см <sup>6</sup>
i <sub>y</sub>	Радиус инерции относительно оси Y	14,342	см
i <sub>z</sub>	Радиус инерции относительно оси Z	5,837	см
W <sub>y+</sub>	Максимальный момент сопротивления относительно оси Y	1024,431	см <sup>3</sup>
W <sub>y-</sub>	Минимальный момент сопротивления относительно оси Y	1024,431	см <sup>3</sup>
W <sub>z+</sub>	Максимальный момент сопротивления относительно оси Z	227,639	см <sup>3</sup>
W <sub>z-</sub>	Минимальный момент сопротивления относительно оси Z	227,639	см <sup>3</sup>
W <sub>pl,y</sub>	Пластический момент сопротивления относительно оси Y	1079,385	см <sup>3</sup>
W <sub>pl,z</sub>	Пластический момент сопротивления относительно оси Z	345,997	см <sup>3</sup>
a <sub>y+</sub>	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Y(U)	2,737	см
a <sub>y-</sub>	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Y(U)	2,737	см
a <sub>z+</sub>	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Z(V)	12,317	см
a <sub>z-</sub>	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Z(V)	12,317	см

Длина элемента 2,6 м

### Закрепление

Отношение l/L в плоскости XOY 1,0

Отношение l/L в плоскости XOZ 3,0

### Результаты расчета по комбинациям нагрузок

N = -0,3 Т

M<sub>y</sub> = 17,6 Т\*м

V<sub>z</sub> = 0,3 Т

M<sub>z</sub> = 0,0 Т\*м

V<sub>y</sub> = 0,0 Т

### Результаты расчета

Проверено по СНиП	Фактор	Коэффициент использования
п.5.12	прочность при действии изгибающего момента $M_y$	0,740193
пп.5.12,5.18	прочность при действии поперечной силы $V_z$	0,00890123
пп.5.24,5.25	прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,741747
п.5.3	устойчивость при сжатии в плоскости $XoY$ ( $XoU$ )	0,00177582
п.5.3	устойчивость при сжатии в плоскости $XoZ$ ( $XoV$ )	0,00186896
п.5.27	устойчивость в плоскости действия момента $M_y$ при внецентренном сжатии	0,022903
пп.5.30-5.32	устойчивость из плоскости действия момента $M_y$ при внецентренном сжатии	0,741969
п.5.15	устойчивость плоской формы изгиба	0,740193
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости $XoY$	0,296933
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости $XoZ$	0,362566

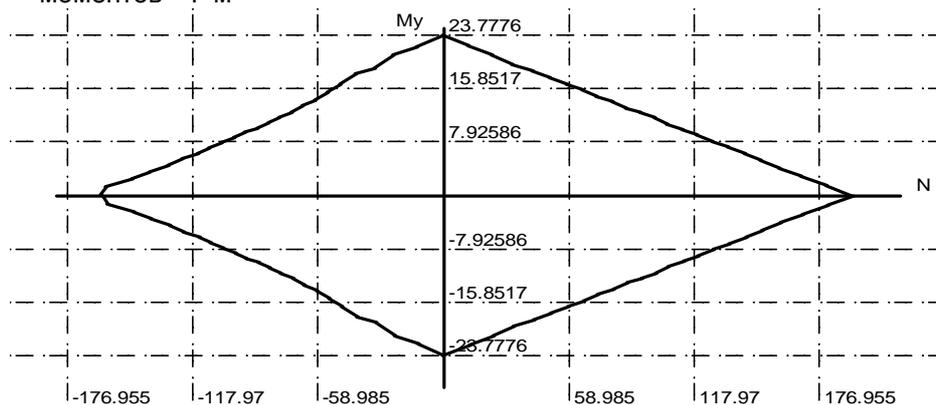
**Коэффициент использования 0,741969 - устойчивость из плоскости действия момента  $M_y$  при внецентренном сжатии**

#### Кривые взаимодействия

Единицы измерения:

сил - Т

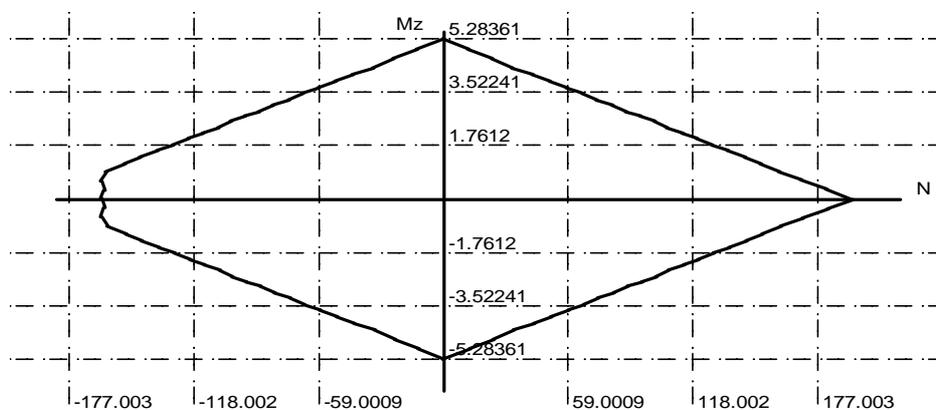
моментов - Т\*м



Область изменения усилий

$$-160,868 < N < 193,042$$

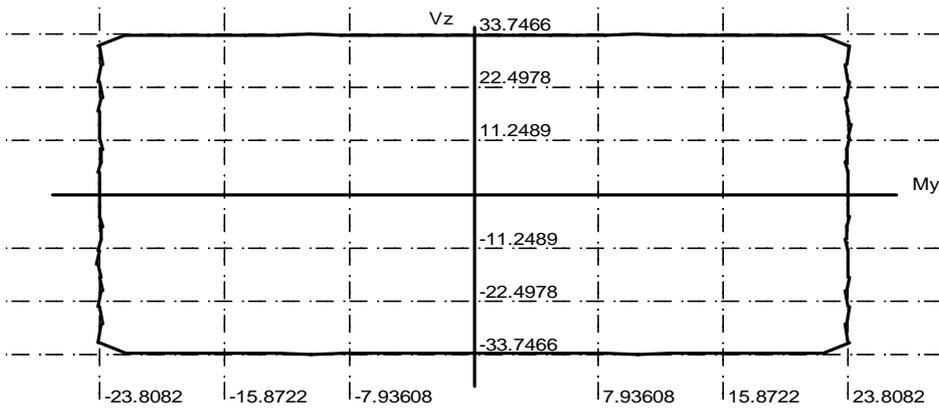
$$-23,778 < M_y < 23,778$$



Область изменения усилий

$$-160,964 < N < 193,042$$

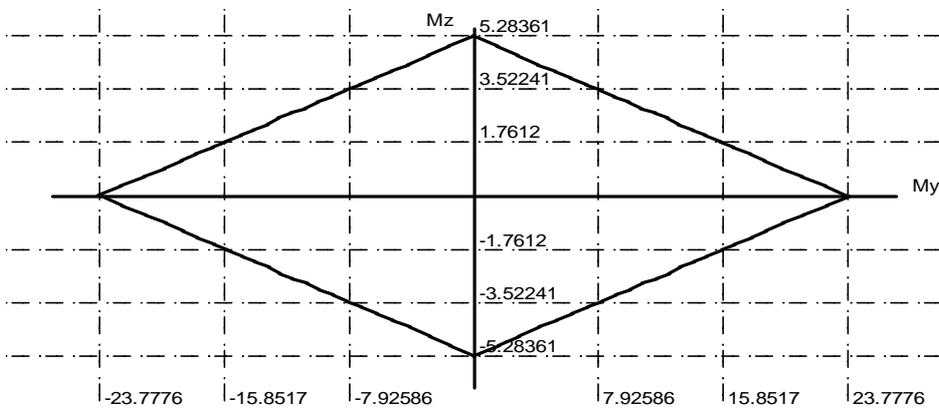
$$-5,284 < M_z < 5,284$$



Область изменения усилий

$$-23,808 < M_y < 23,808$$

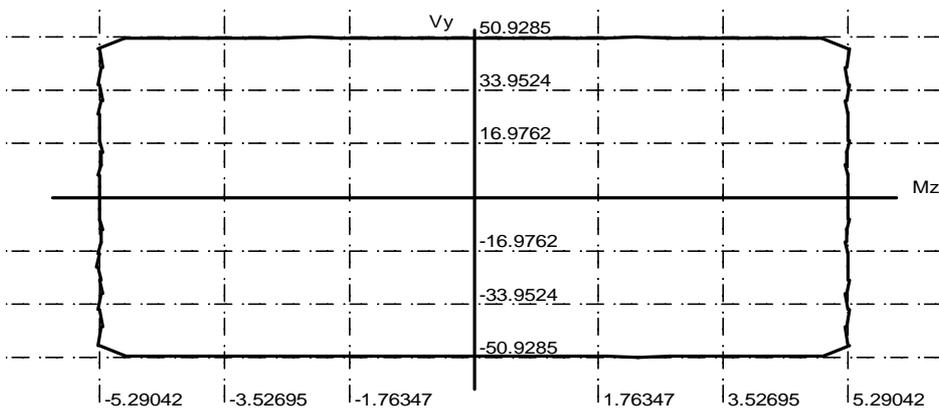
$$-33,747 < V_z < 33,747$$



Область изменения усилий

$$-23,778 < M_y < 23,778$$

$$-5,284 < M_z < 5,284$$



Область изменения усилий

$$-5,29 < M_z < 5,29$$

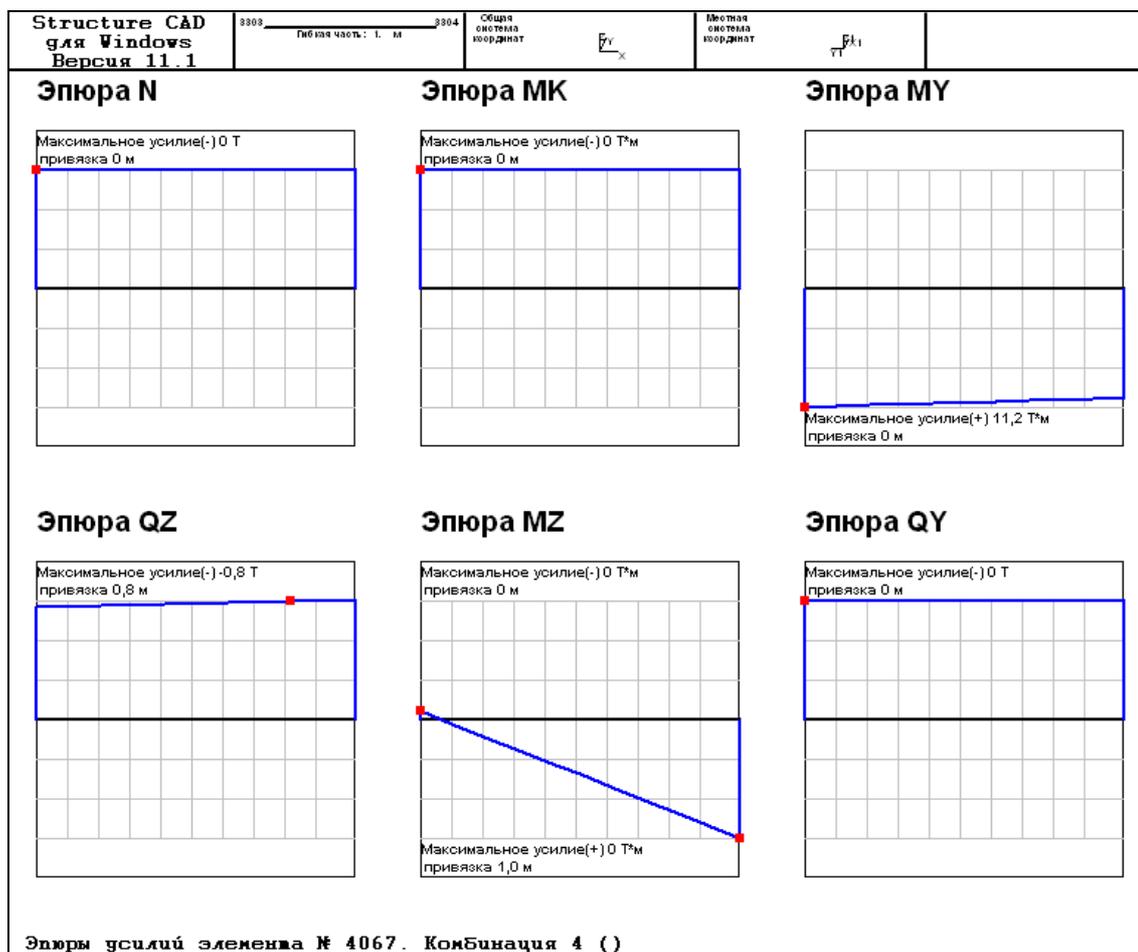
$$-50,929 < V_y < 50,929$$

## 2.13. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ПРОГОНОВ ПОКРЫТИЯ

### Выборка усилий и напряжений (комбинации)

Единицы измерений: Т, м.

Наименование	Максимальные значения				Минимальные значения			
	Значение	Номер эл-та	Номер сечен.	Номер загрузж.	Значение	Номер эл-та	Номер сечен.	Номер загрузж.
N	0,836	4128	1	4	-1,062	4021	1	4
Mk	0,275	4020	1	2	-0,32	4023	1	3
My	11,186	4067	1	4	-1,07e-014	3907	3	5
Qz	6,458	4064	1	2	-5,945	4069	3	3
Mz	0,203	4058	3	4	-0,207	4107	1	4
Qy	0,092	4168	1	4	-0,118	4052	1	4



#### Общие характеристики

Группа конструкции по таблице 50\* СНиП: 2

Сталь: С245 - лист 2-20 мм

Расчетное сопротивление стали  $R_y = 2,45 \text{ Т/см}^2$

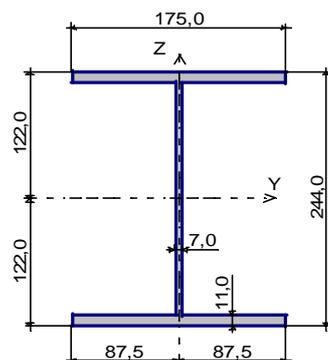
Коэффициент условий работы 0,9

Коэффициент надежности по ответственности 0,95

Предельная гибкость для сжатых элементов:  $180-60\alpha$

Предельная гибкость для растянутых элементов: 250

**Сечение**



Сечение: Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93 25Ш1

### Геометрические характеристики сечения

	Параметр	Значение	
A	Площадь поперечного сечения	56,24	см <sup>2</sup>
A <sub>v,y</sub>	Условная площадь среза вдоль оси Y	26,784	см <sup>2</sup>
A <sub>v,z</sub>	Условная площадь среза вдоль оси Z	15,769	см <sup>2</sup>
I <sub>y</sub>	Момент инерции относительно оси Y	6122,0	см <sup>4</sup>
I <sub>z</sub>	Момент инерции относительно оси Z	984,3	см <sup>4</sup>
I <sub>t</sub>	Момент инерции при кручении	17,849	см <sup>4</sup>
I <sub>w</sub>	Секториальный момент инерции	133591,661	см <sup>6</sup>
i <sub>y</sub>	Радиус инерции относительно оси Y	10,433	см
i <sub>z</sub>	Радиус инерции относительно оси Z	4,184	см
W <sub>y+</sub>	Максимальный момент сопротивления относительно оси Y	501,803	см <sup>3</sup>
W <sub>y-</sub>	Минимальный момент сопротивления относительно оси Y	501,803	см <sup>3</sup>
W <sub>z+</sub>	Максимальный момент сопротивления относительно оси Z	112,491	см <sup>3</sup>
W <sub>z-</sub>	Минимальный момент сопротивления относительно оси Z	112,491	см <sup>3</sup>
W <sub>pl,y</sub>	Пластический момент сопротивления относительно оси Y	534,772	см <sup>3</sup>
W <sub>pl,z</sub>	Пластический момент сопротивления относительно оси Z	171,157	см <sup>3</sup>
a <sub>y+</sub>	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Y(U)	2,0	см
a <sub>y-</sub>	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Y(U)	2,0	см
a <sub>z+</sub>	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Z(V)	8,923	см
a <sub>z-</sub>	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Z(V)	8,923	см

Длина элемента 2,0 м

### Закрепление

Отношение I/L в плоскости XOY 1,0

Отношение I/L в плоскости XOZ 3,0

### Результаты расчета по комбинациям нагрузок

N = 0,0 Т

M<sub>y</sub> = 11,2 Т\*м

V<sub>z</sub> = -0,8 Т

$M_z = 0,0 \text{ Т*м}$   
 $V_y = 0,0 \text{ Т}$

### Результаты расчета

Проверено по СНИП	Фактор	Коэффициент использования
п.5.12	прочность при действии изгибающего момента $M_y$	0,961611
пп.5.12,5.18	прочность при действии поперечной силы $V_z$	0,037686
пп.5.24,5.25	прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0,961611
п.5.15	устойчивость плоской формы изгиба	0,961611
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости $XoY$	0,191227
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости $XoZ$	0,230031

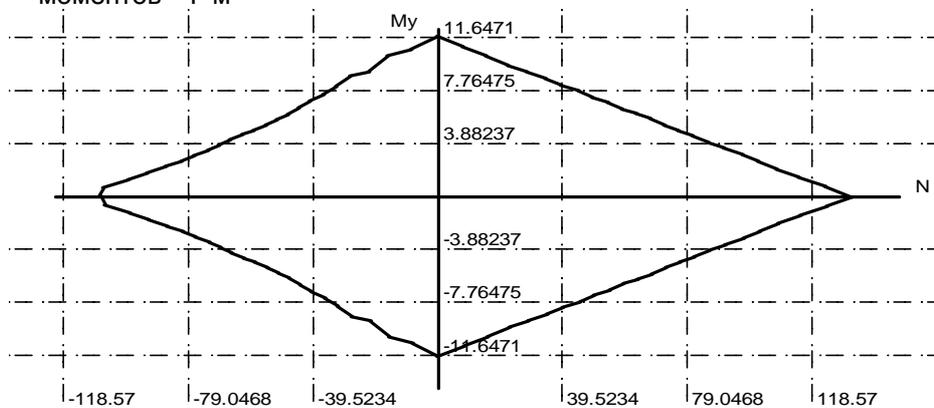
Коэффициент использования 0,961611 - прочность при действии изгибающего момента  $M_y$

### Кривые взаимодействия

Единицы измерения:

сил - Т

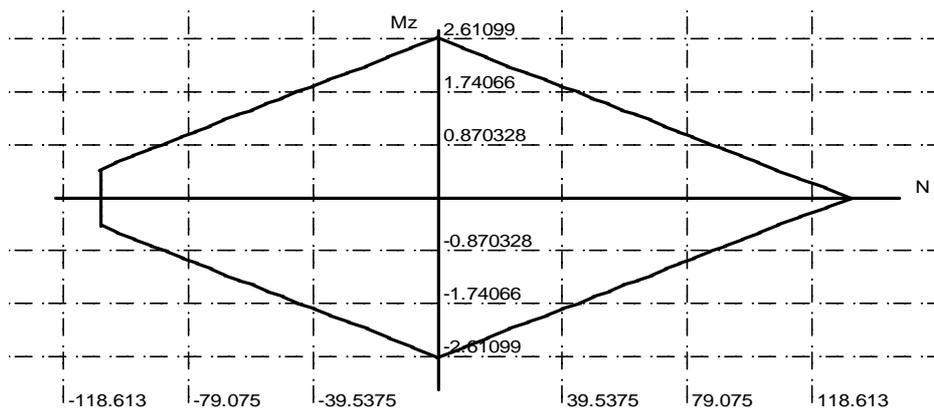
моментов - Т\*м



Область изменения усилий

$-106,604 < N < 130,536$

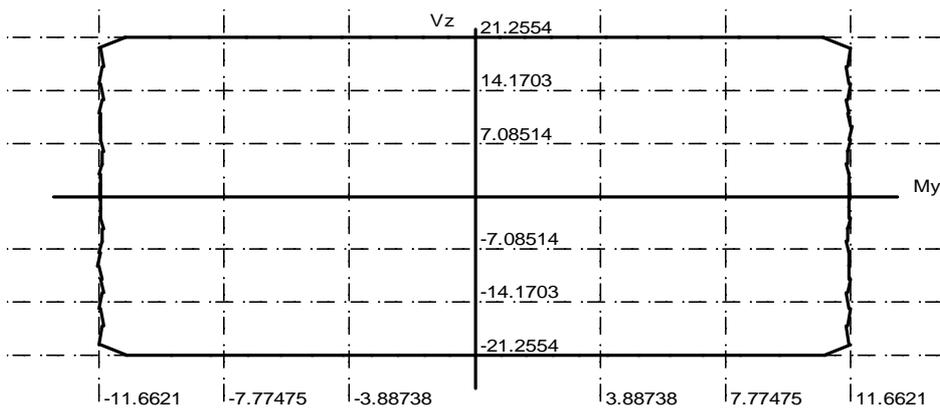
$-11,647 < M_y < 11,647$



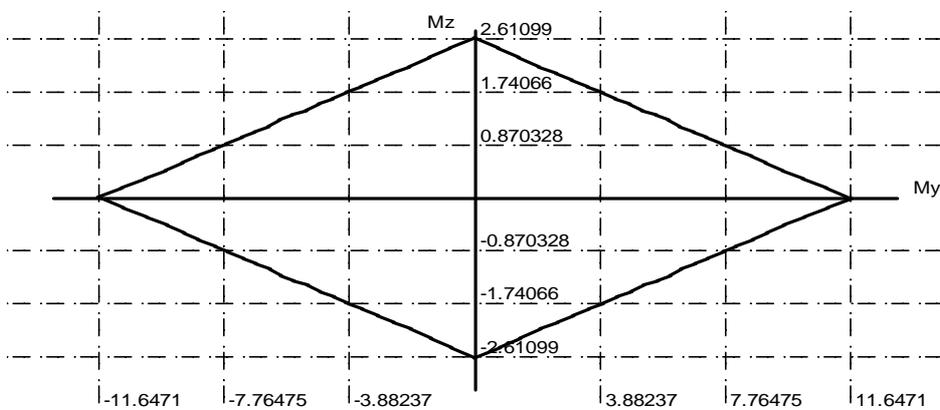
Область изменения усилий

$-106,689 < N < 130,536$

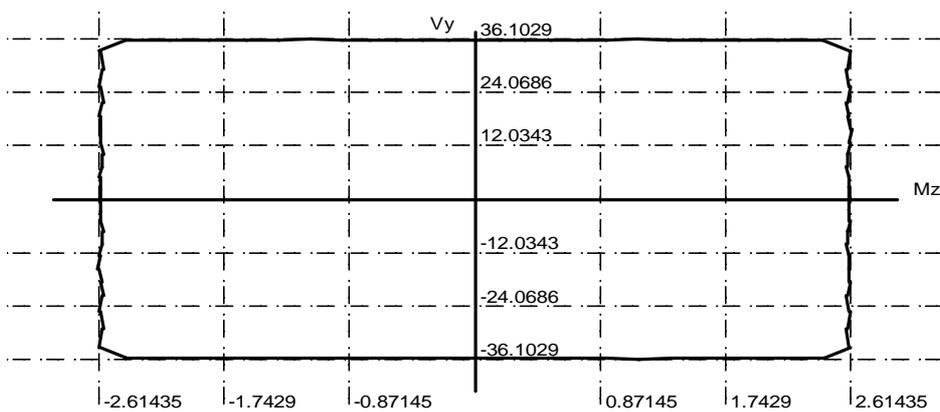
$-2,611 < M_z < 2,611$



Область изменения усилий  
 $-11,662 < M_y < 11,662$   
 $-21,255 < V_z < 21,255$



Область изменения усилий  
 $-11,647 < M_y < 11,647$   
 $-2,611 < M_z < 2,611$



Область изменения усилий  
 $-2,614 < M_z < 2,614$   
 $-36,103 < V_y < 36,103$