

Расчет прочности и жесткости металлокаркаса зимнего сада от действия снеговой нагрузки, веса стеклопакетов и собственного веса.

Москва-2009

1. Описание конструкции

Металлокаркас зимнего сада показан на (рис. 1). Стропильные балки, колонны, опорный прояс из двутавра 24а ГОСТ 8239-89, ригели из прямоугольного профиля 80х60х4 мм ГОСТ 30245-2003. Стойки боковых фасадов – 100х60х4 мм ГОСТ 30245-2003. Элементы соединяются сваркой, за исключением шарнирного примыкания стропильных балок к средним колоннам.

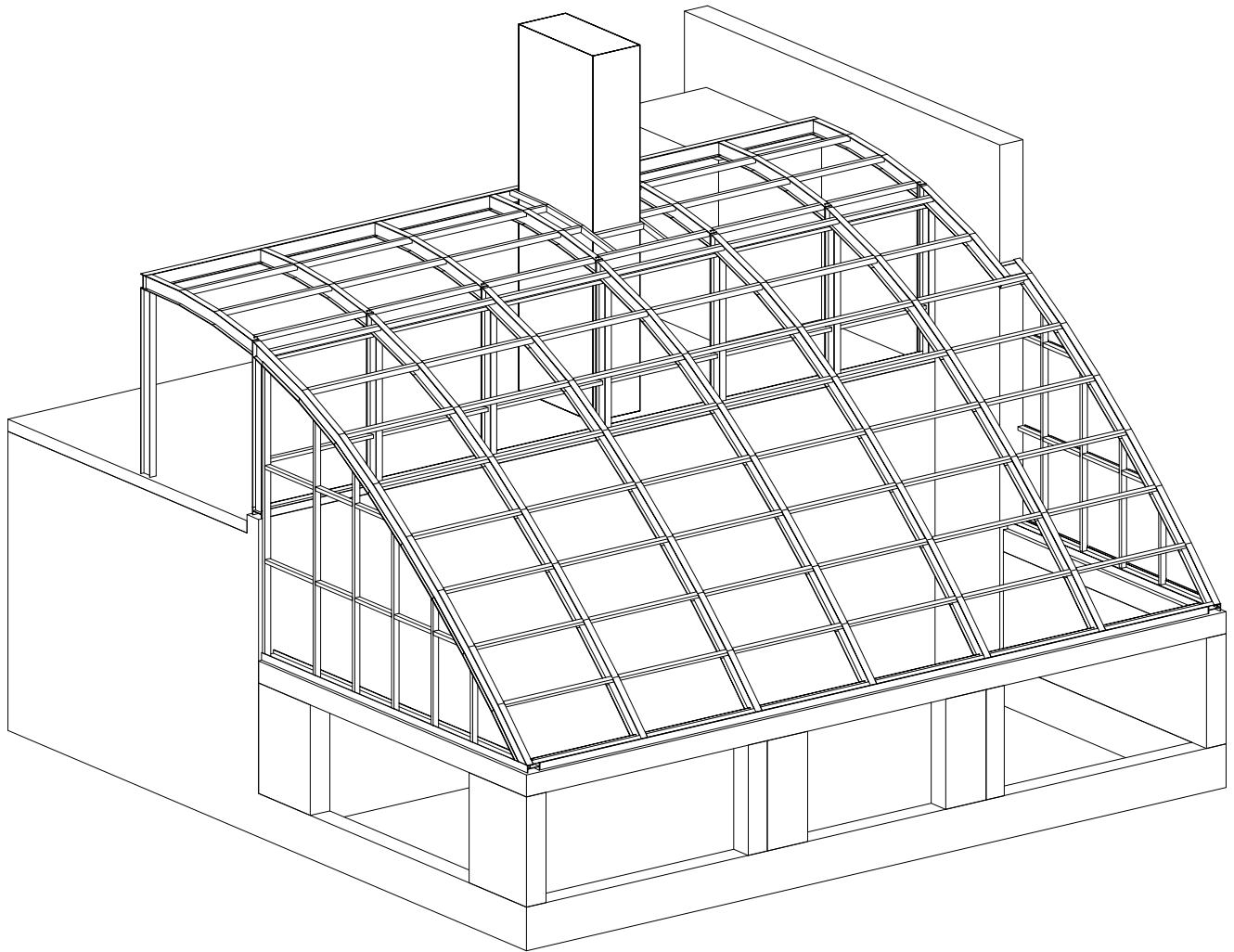


Рис. 1. Metalloкаркас зимнего сада

| | | | | | | |
|------|------|----------|-------|----------|--|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Зимний сад. Расчет прочности и жесткости | Лист |
| | | | | 15.02.09 | | 1 |

2. Сбор нагрузок

Нагрузку на крышу определяем как сумму снеговой нагрузки и нагрузки от собственного веса стеклопакетов:

$$Q_p = S + Q_{ст},$$

где Q_p – расчетная нагрузка на крышу;

S – расчетная нагрузка от снега;

Q – нагрузка от собственного веса стеклопакетов.

Согласно СНиП "Нагрузки и воздействия" 2.01.07–85* для здания с односкатным покрытием

$$S = S_g * \mu,$$

$S_g = 1800 \text{ N/m}^2$ – нормативная нагрузка для III снеговой зоны зоны РФ,

$\mu = 1$ при $\alpha < 25^\circ$, $\mu = 0$ при $\alpha > 60^\circ$, α – уклон крыши.

Промежуточные значения μ определяются линейной интерполяцией.

Для стеклопакета крыши 8-16-4-1-4 имеем $Q_{ст} = 400 \text{ N/m}^2$.

Распределение Q_p представлено на рис. 2.

3. Результаты расчетов

Расчетная схема представлена на рис. 4–5. Для расчета пространственной стержневой системы использована программа "KarkasA". На рис. 6–15 представлены эпюры перемещений, углов поворота, осевых сил, моментов, поперечных сил, напряжений. Определены реакции в опорах (рис.16).

4. Проверка жесткости конструкции

Жесткость конструкции со стеклопакетами должна удовлетворять критерию (СНиП 2.01.07–85*)

$$f / L < 1 / 300 \quad (1)$$

где f – прогиб на длине пролета балки L . При этом величина прогиба f_1 по стороне стеклопакета L_1 не должна превышать 6 мм (рис. 3) (ГОСТ 23166–99)

$$f_1 < 6 \text{ мм.} \quad (2)$$

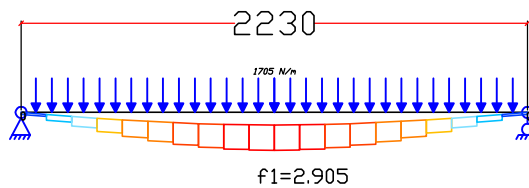
| | | | | | | |
|------|------|----------|-------|----------|--|------|
| | | | | | Зимний сад. Расчет прочности и жесткости | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | 2 |
| | | | | 15.02.09 | | |

Из анализа перемещений (рис. 6) имеем максимальный прогиб в средней стропильной балке $f = 27,4$ мм. Пролет балки $L = 8376$ мм. Проверяем условие (1)

$$f / L = 27,4 / 8620 = 1 / 314 < 1 / 300.$$

Условие (1) выполнено.

Наибольший прогиб f_1 по стороне стелопакета наблюдается в ригелях крыши. В самом нагруженном ригеле он не превышает 3 мм (см. рис. ниже), т.е. $f_1 < 6$ мм и условие (2) выполнено. Таким образом жесткость конструкции обеспечена.



| U, мм | Сечение N 1 | 3D | Задача 3D |
|----------|-------------------------------|----------------|--------------------|
| 2.904883 | E = 210000 МПа | | Ферма/Рама (0/1) 1 |
| 2.614395 | G = 81000 МПа | | Темп. нагр. ΔT 0 |
| 2.323907 | b = 60 мм | | Плотность узлов 20 |
| 2.033418 | h = 80 мм | | Высота элюр 30 |
| 1.74293 | d = 4 мм | | На деформ. оси 30 |
| 1.452442 | S = 1056 мм ² | | Значения (0/1-5) 3 |
| 1.161953 | Iyy = 942592 мм ⁴ | | Элементов 20 |
| .871465 | Izz = 596352 мм ⁴ | | Узлов 21 |
| .580977 | Jxx = 1538944 мм ⁴ | | Уравнения 126 |
| .290488 | R = 7800 кг/м ³ | | Ширина ленты 12 |
| 0 | К.Т.Р.= 0,0000125 1/С | Размер МЖ 1161 | |

5. Проверка прочности

Прочность сжато-изгибаемых и растянуто-изгибаемых элементов оцениваем по формуле

$$N/A \pm M_y/I_y * z \pm M_z / I_z * y < R_{wy}, \quad (3)$$

где N – осевая сила; A – площадь поперечного сечения; M_y, M_z – изгибающие моменты; I_y, I_z – моменты инерции; y, z – координаты рассматриваемой точки сечения относительно его главных осей; $R_{wy} = 0,85 * R_y$ – расчетное сопротивление по пределу текучести R_y при растяжении-сжатии при наличии сварных стыковых швов (СНиП II-23-81. Стальные конструкции). Для стали С245 $R_y = 245$ МПа.

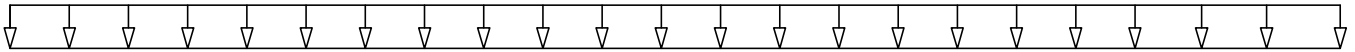
Максимальные напряжения (3) приведены на рис. 14 и имеют место в центральной стропильной балке, а также локально в местах стыка ригелей и достигают $S_{max} = 96$ МПа. Проверяем условие прочности (3)

$$S_{max} = 96 \text{ МПа} < R_{wy} = 0,85 * R_y = 0,85 * 245 \text{ МПа} = 208,5 \text{ МПа}.$$

Условие прочности выполнено.

| | | | | | | |
|------|------|----------|-------|----------|--|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Зимний сад. Расчет прочности и жесткости | Лист |
| | | | | 15.02.09 | | 3 |

Нагрузка от веса стеклопакета
 $Q_{ст} = 400 \text{ N/m}^2$ - действует на поверхность крыши



Снеговая нагрузка
 $S = S_g * \mu$ - действует на горизонтальную проекцию крыши
 $S = 1800 \text{ N/m}^2$ $\mu = 1$

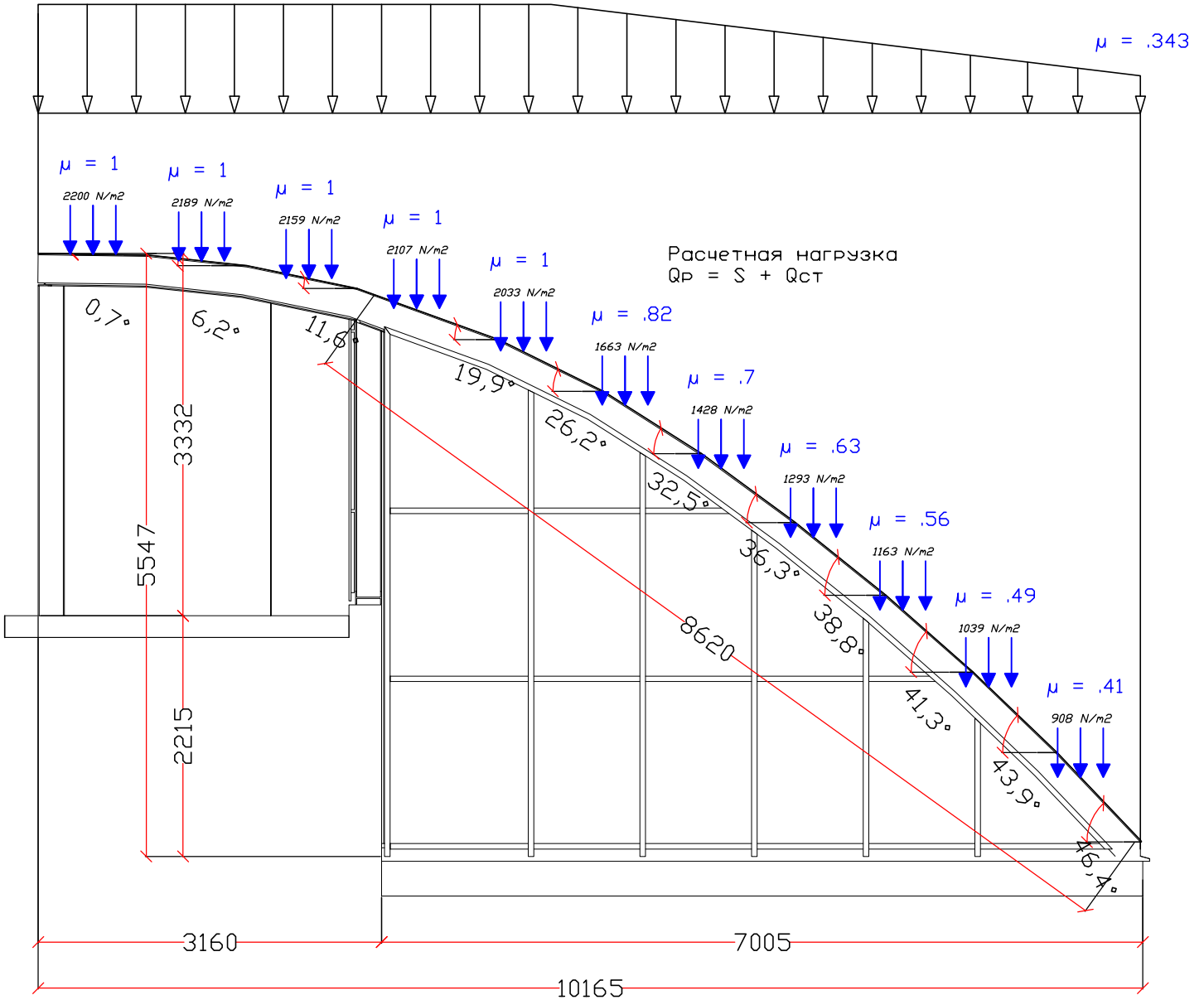


Рис. 2. Нагрузка Q_p от снега и веса стеклопакетов

| | | | | | | |
|------|------|----------|-------|----------|--|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Зимний сад. Расчет прочности и жесткости | Лист |
| | | | | 15.02.09 | | 4 |

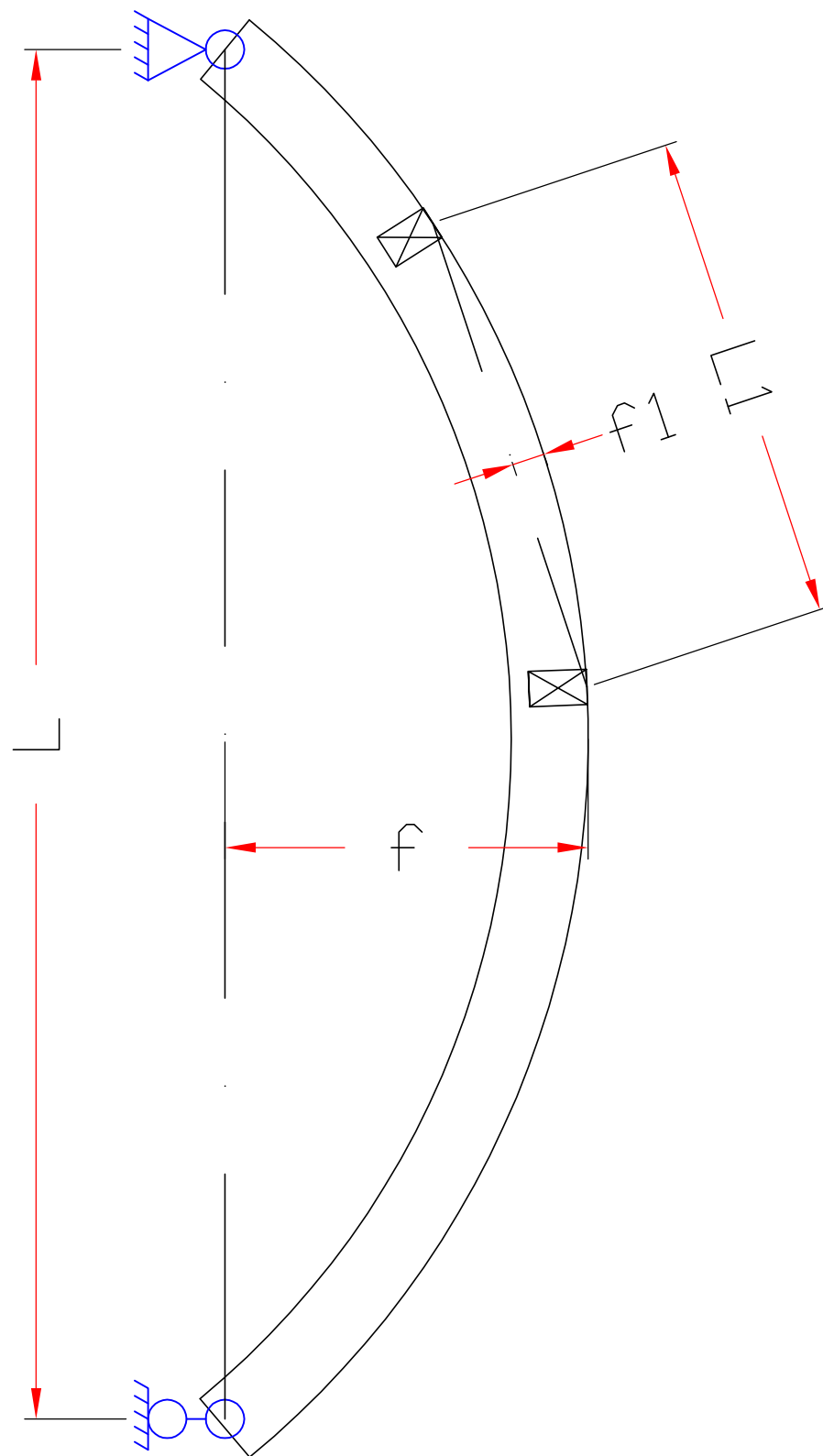


Рис. 3. Схема прогибов витража

- L - пролет стойки
- L1 - высота стеклопакета
- f - прогиб стойки
- f1 - прогиб стеклопакета

| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
|------|------|----------|-------|----------|
| | | | | 12.02.09 |

| Задача 3Д | Сечение N 1 | Сечение N 2 | Сечение N 3 |
|--|--|--|--|
| Номер/Ряд (Q/1) 1 Тип сечения 9 Вид профиля 20 Номинал (Q/1-5) 13 Значения (Q/1-5) 2044 Масса 1924 Удельный центр 132 Площадь НК 109214 | $E = 210000 \text{ МПа}$ $I_x = 61000 \text{ см}^4$ $I_y = 135 \text{ см}^4$ $W_x = 250 \text{ см}^3$ $W_y = 3750 \text{ мм}^2$ $I_{xx} = 3900 \text{ см}^4$ $I_{yy} = 260 \text{ см}^4$ $I_{xy} = 4060 \text{ см}^4$ $R_{t,P} = 0,000025 \text{ 1/С}$ | $E = 210000 \text{ МПа}$ $I_x = 60 \text{ мм}^4$ $I_y = 1216 \text{ мм}^2$ $I_{xx} = 162068,3 \text{ мм}^4$ $I_{yy} = 234750,7 \text{ мм}^4$ $I_{xy} = 153994 \text{ мм}^4$ $R_{t,P} = 0,000025 \text{ 1/С}$ | $E = 210000 \text{ МПа}$ $I_x = 60 \text{ мм}^4$ $I_y = 1056 \text{ мм}^2$ $I_{xx} = 546292 \text{ мм}^4$ $I_{yy} = 153994 \text{ мм}^4$ $I_{xy} = 153994 \text{ мм}^4$ $R_{t,P} = 0,000025 \text{ 1/С}$ |
| | | | |
| Авария 240 ГОСТ 8008-99 | | | |

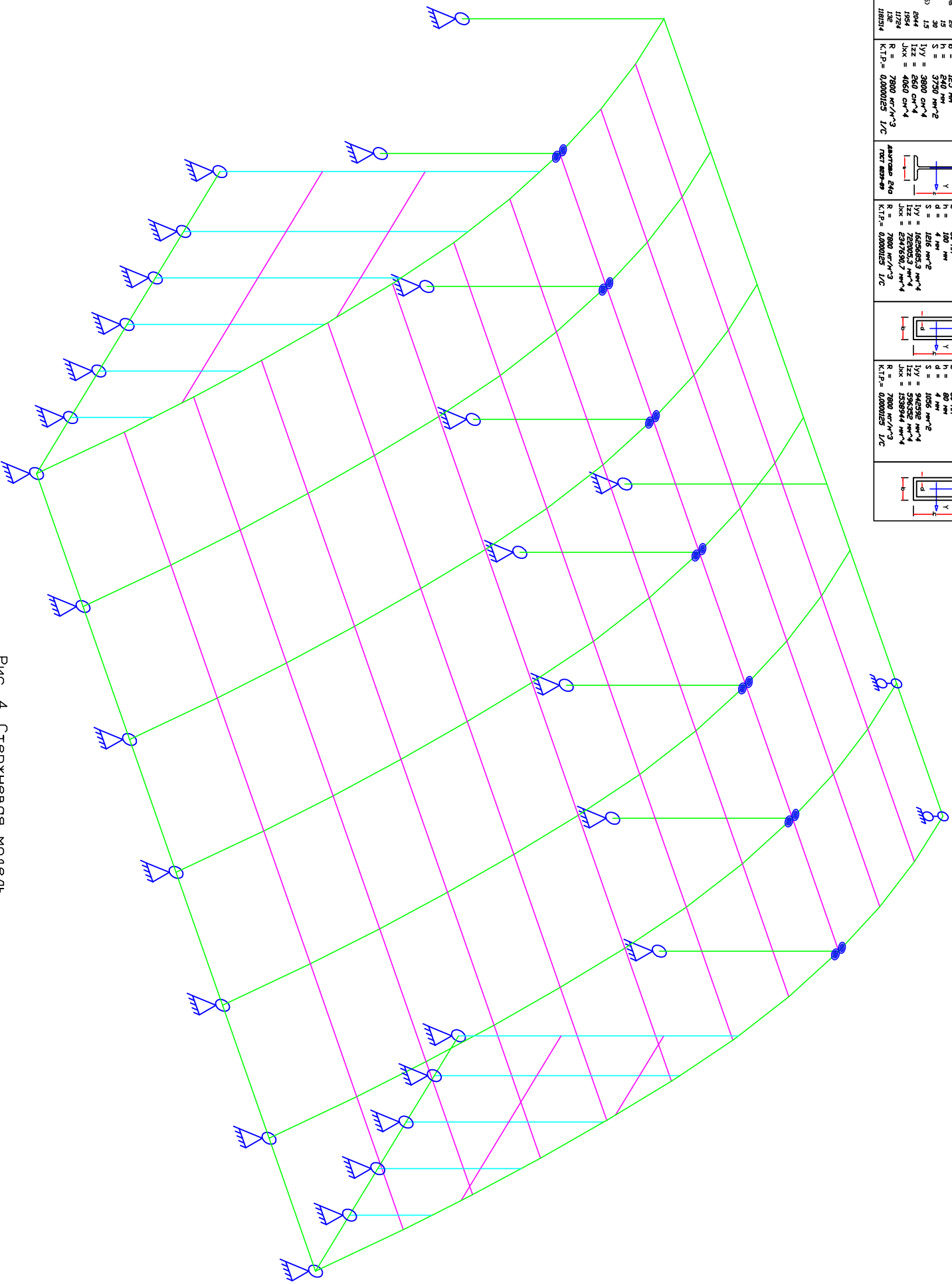


Рис. 4. Стержневая модель

| Элемент | Сечение 1 | Сечение 2 | Сечение 3 |
|----------------|--|--|--|
| Генератор (Q1) | E = 21000 МПа | E = 21000 МПа | E = 21000 МПа |
| Генератор (Q2) | h = 135 мм | h = 60 мм | h = 60 мм |
| Генератор (Q3) | b = 250 мм | b = 100 мм | b = 100 мм |
| Генератор (Q4) | S = 3750 мм ² | S = 4 мм | S = 4 мм |
| Генератор (Q5) | I _{yy} = 3900 см ⁴ | I _{yy} = 1216 мм ⁴ | I _{yy} = 542028,3 мм ⁴ |
| Генератор (Q6) | I _{zz} = 260 см ⁴ | I _{zz} = 542028,3 мм ⁴ | I _{zz} = 542028,3 мм ⁴ |
| Генератор (Q7) | I _{xx} = 4060 см ⁴ | I _{xx} = 234750,7 мм ⁴ | I _{xx} = 1539944 мм ⁴ |
| Генератор (Q8) | R _{1P} = 7800 кг/м ³ | R _{1P} = 7800 кг/м ³ | R _{1P} = 7800 кг/м ³ |
| Генератор (Q9) | R _{2P} = 0,000125 1/с | R _{2P} = 0,000125 1/с | R _{2P} = 0,000125 1/с |

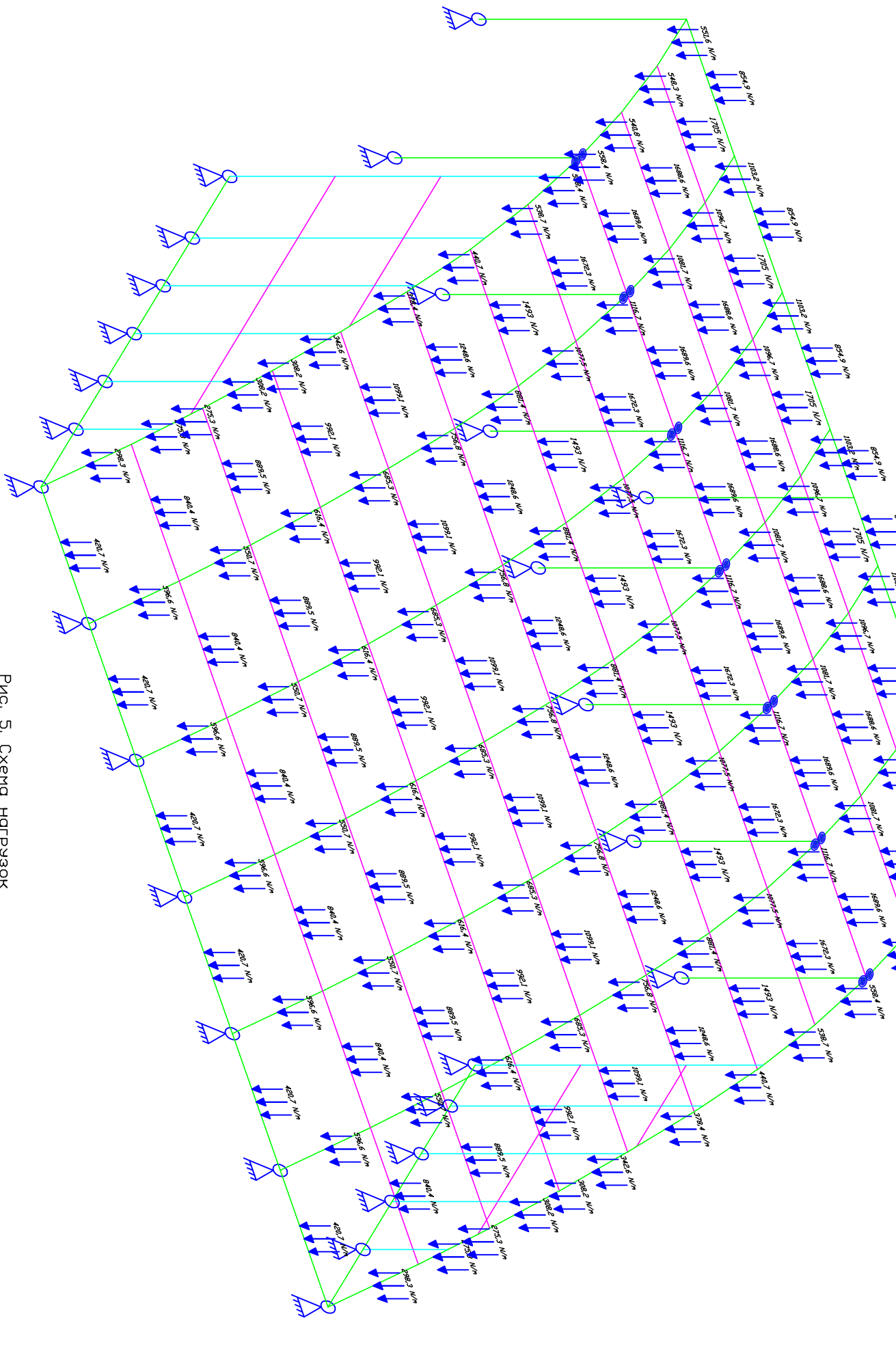
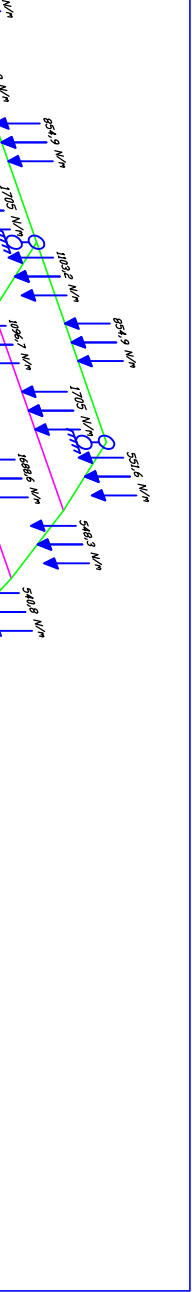
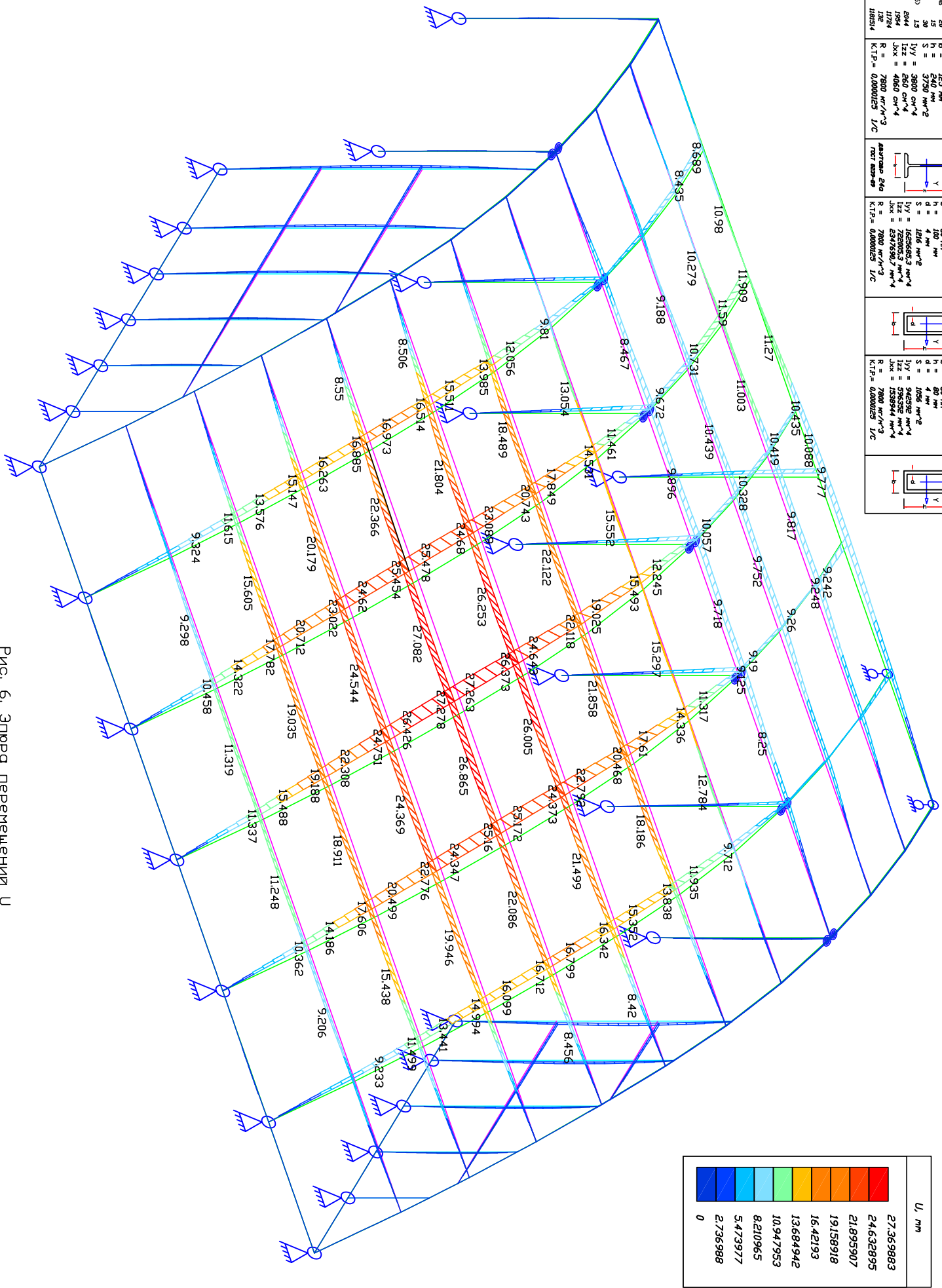


Рис. 5. Схема нагрываюк

| Этаж/Ряд | 3Д | Сечение N 1 | Сечение N 2 | Сечение N 3 |
|----------|----|-------------|-------------|-------------|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |
| 8 | | | | |
| 9 | | | | |
| 10 | | | | |
| 11 | | | | |
| 12 | | | | |
| 13 | | | | |
| 14 | | | | |
| 15 | | | | |
| 16 | | | | |
| 17 | | | | |
| 18 | | | | |
| 19 | | | | |
| 20 | | | | |
| 21 | | | | |
| 22 | | | | |
| 23 | | | | |
| 24 | | | | |
| 25 | | | | |
| 26 | | | | |
| 27 | | | | |
| 28 | | | | |
| 29 | | | | |
| 30 | | | | |
| 31 | | | | |
| 32 | | | | |
| 33 | | | | |
| 34 | | | | |
| 35 | | | | |
| 36 | | | | |
| 37 | | | | |
| 38 | | | | |
| 39 | | | | |
| 40 | | | | |
| 41 | | | | |
| 42 | | | | |
| 43 | | | | |
| 44 | | | | |
| 45 | | | | |
| 46 | | | | |
| 47 | | | | |
| 48 | | | | |
| 49 | | | | |
| 50 | | | | |
| 51 | | | | |
| 52 | | | | |
| 53 | | | | |
| 54 | | | | |
| 55 | | | | |
| 56 | | | | |
| 57 | | | | |
| 58 | | | | |
| 59 | | | | |
| 60 | | | | |
| 61 | | | | |
| 62 | | | | |
| 63 | | | | |
| 64 | | | | |
| 65 | | | | |
| 66 | | | | |
| 67 | | | | |
| 68 | | | | |
| 69 | | | | |
| 70 | | | | |
| 71 | | | | |
| 72 | | | | |
| 73 | | | | |
| 74 | | | | |
| 75 | | | | |
| 76 | | | | |
| 77 | | | | |
| 78 | | | | |
| 79 | | | | |
| 80 | | | | |
| 81 | | | | |
| 82 | | | | |
| 83 | | | | |
| 84 | | | | |
| 85 | | | | |
| 86 | | | | |
| 87 | | | | |
| 88 | | | | |
| 89 | | | | |
| 90 | | | | |
| 91 | | | | |
| 92 | | | | |
| 93 | | | | |
| 94 | | | | |
| 95 | | | | |
| 96 | | | | |
| 97 | | | | |
| 98 | | | | |
| 99 | | | | |
| 100 | | | | |



| U, мм |
|-----------|
| 27.369883 |
| 24.632895 |
| 21.895907 |
| 19.158918 |
| 16.42193 |
| 13.684942 |
| 10.947953 |
| 8.210965 |
| 5.473977 |
| 2.736988 |
| 0 |

Рис. 6. Эпюра перемещений U

| Этаж/Ряд | 3D | Сечение N 1 | Сечение N 2 | Сечение N 3 |
|----------|----|-------------|-------------|-------------|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |
| 8 | | | | |
| 9 | | | | |
| 10 | | | | |
| 11 | | | | |
| 12 | | | | |
| 13 | | | | |
| 14 | | | | |
| 15 | | | | |
| 16 | | | | |
| 17 | | | | |
| 18 | | | | |
| 19 | | | | |
| 20 | | | | |
| 21 | | | | |
| 22 | | | | |
| 23 | | | | |
| 24 | | | | |
| 25 | | | | |
| 26 | | | | |
| 27 | | | | |
| 28 | | | | |
| 29 | | | | |
| 30 | | | | |
| 31 | | | | |
| 32 | | | | |
| 33 | | | | |
| 34 | | | | |
| 35 | | | | |
| 36 | | | | |
| 37 | | | | |
| 38 | | | | |
| 39 | | | | |
| 40 | | | | |
| 41 | | | | |
| 42 | | | | |
| 43 | | | | |
| 44 | | | | |
| 45 | | | | |
| 46 | | | | |
| 47 | | | | |
| 48 | | | | |
| 49 | | | | |
| 50 | | | | |
| 51 | | | | |
| 52 | | | | |
| 53 | | | | |
| 54 | | | | |
| 55 | | | | |
| 56 | | | | |
| 57 | | | | |
| 58 | | | | |
| 59 | | | | |
| 60 | | | | |
| 61 | | | | |
| 62 | | | | |
| 63 | | | | |
| 64 | | | | |
| 65 | | | | |
| 66 | | | | |
| 67 | | | | |
| 68 | | | | |
| 69 | | | | |
| 70 | | | | |
| 71 | | | | |
| 72 | | | | |
| 73 | | | | |
| 74 | | | | |
| 75 | | | | |
| 76 | | | | |
| 77 | | | | |
| 78 | | | | |
| 79 | | | | |
| 80 | | | | |
| 81 | | | | |
| 82 | | | | |
| 83 | | | | |
| 84 | | | | |
| 85 | | | | |
| 86 | | | | |
| 87 | | | | |
| 88 | | | | |
| 89 | | | | |
| 90 | | | | |
| 91 | | | | |
| 92 | | | | |
| 93 | | | | |
| 94 | | | | |
| 95 | | | | |
| 96 | | | | |
| 97 | | | | |
| 98 | | | | |
| 99 | | | | |
| 100 | | | | |
| 101 | | | | |
| 102 | | | | |
| 103 | | | | |
| 104 | | | | |
| 105 | | | | |
| 106 | | | | |
| 107 | | | | |
| 108 | | | | |
| 109 | | | | |
| 110 | | | | |
| 111 | | | | |
| 112 | | | | |
| 113 | | | | |
| 114 | | | | |
| 115 | | | | |
| 116 | | | | |
| 117 | | | | |
| 118 | | | | |
| 119 | | | | |
| 120 | | | | |
| 121 | | | | |
| 122 | | | | |
| 123 | | | | |
| 124 | | | | |
| 125 | | | | |
| 126 | | | | |
| 127 | | | | |
| 128 | | | | |
| 129 | | | | |
| 130 | | | | |
| 131 | | | | |
| 132 | | | | |
| 133 | | | | |
| 134 | | | | |
| 135 | | | | |
| 136 | | | | |
| 137 | | 16490 | | |
| 138 | | 15715.8 | | |
| 139 | | 15474.7 | | |
| 140 | | 14515.1 | | |
| 141 | | 14421 | | |
| 142 | | 14056.9 | | |
| 143 | | 11998.4 | | |
| 144 | | 11746.2 | | |
| 145 | | 9738.7 | | |
| 146 | | 9479.7 | | |
| 147 | | 10123.5 | | |
| 148 | | 10014 | | |
| 149 | | 9275.8 | | |
| 150 | | 10233 | | |
| 151 | | 8359.2 | | |
| 152 | | 8522.2 | | |
| 153 | | 8685.3 | | |
| 154 | | 6505.2 | | |
| 155 | | 7104 | | |
| 156 | | 20503.1 | | |
| 157 | | 21235.1 | | |
| 158 | | 23735.5 | | |
| 159 | | 24029.2 | | |
| 160 | | 26444.8 | | |
| 161 | | 25065.6 | | |
| 162 | | 21310 | | |
| 163 | | 22041.9 | | |
| 164 | | 4702.4 | | |
| 165 | | 7168 | | |
| 166 | | 9563 | | |
| 167 | | 9400 | | |
| 168 | | 9237 | | |
| 169 | | 11180.6 | | |
| 170 | | 11071 | | |
| 171 | | 10961.5 | | |
| 172 | | 10276 | | |
| 173 | | 17625.3 | | |
| 174 | | 17540.8 | | |
| 175 | | 16811 | | |
| 176 | | 11607.5 | | |
| 177 | | 16559.8 | | |
| 178 | | 5042.9 | | |
| 179 | | 14678.7 | | |
| 180 | | 14314.5 | | |
| 181 | | 12254.6 | | |
| 182 | | 12002.3 | | |
| 183 | | 9991.3 | | |
| 184 | | 9732.3 | | |
| 185 | | 9400 | | |
| 186 | | 9237 | | |
| 187 | | 11180.6 | | |
| 188 | | 11071 | | |
| 189 | | 10961.5 | | |
| 190 | | 10276 | | |
| 191 | | 17625.3 | | |
| 192 | | 17540.8 | | |
| 193 | | 16811 | | |
| 194 | | 11607.5 | | |
| 195 | | 16559.8 | | |
| 196 | | 5042.9 | | |
| 197 | | 14678.7 | | |
| 198 | | 14314.5 | | |
| 199 | | 12254.6 | | |
| 200 | | 12002.3 | | |
| 201 | | 9991.3 | | |
| 202 | | 9732.3 | | |
| 203 | | 9400 | | |
| 204 | | 9237 | | |
| 205 | | 11180.6 | | |
| 206 | | 11071 | | |
| 207 | | 10961.5 | | |
| 208 | | 10276 | | |
| 209 | | 17625.3 | | |
| 210 | | 17540.8 | | |
| 211 | | 16811 | | |
| 212 | | 11607.5 | | |
| 213 | | 16559.8 | | |
| 214 | | 5042.9 | | |
| 215 | | 14678.7 | | |
| 216 | | 14314.5 | | |
| 217 | | 12254.6 | | |
| 218 | | 12002.3 | | |
| 219 | | 9991.3 | | |
| 220 | | 9732.3 | | |
| 221 | | 9400 | | |
| 222 | | 9237 | | |
| 223 | | 11180.6 | | |
| 224 | | 11071 | | |
| 225 | | 10961.5 | | |
| 226 | | 10276 | | |
| 227 | | 17625.3 | | |
| 228 | | 17540.8 | | |
| 229 | | 16811 | | |
| 230 | | 11607.5 | | |
| 231 | | 16559.8 | | |
| 232 | | 5042.9 | | |
| 233 | | 14678.7 | | |
| 234 | | 14314.5 | | |
| 235 | | 12254.6 | | |
| 236 | | 12002.3 | | |
| 237 | | 9991.3 | | |
| 238 | | 9732.3 | | |
| 239 | | 9400 | | |
| 240 | | 9237 | | |
| 241 | | 11180.6 | | |
| 242 | | 11071 | | |
| 243 | | 10961.5 | | |
| 244 | | 10276 | | |
| 245 | | 17625.3 | | |
| 246 | | 17540.8 | | |
| 247 | | 16811 | | |
| 248 | | 11607.5 | | |
| 249 | | 16559.8 | | |
| 250 | | 5042.9 | | |
| 251 | | 14678.7 | | |
| 252 | | 14314.5 | | |
| 253 | | 12254.6 | | |
| 254 | | 12002.3 | | |
| 255 | | 9991.3 | | |
| 256 | | 9732.3 | | |
| 257 | | 9400 | | |
| 258 | | 9237 | | |
| 259 | | 11180.6 | | |
| 260 | | 11071 | | |
| 261 | | 10961.5 | | |
| 262 | | 10276 | | |
| 263 | | 17625.3 | | |
| 264 | | 17540.8 | | |
| 265 | | 16811 | | |
| 266 | | 11607.5 | | |
| 267 | | 16559.8 | | |
| 268 | | 5042.9 | | |
| 269 | | 14678.7 | | |
| 270 | | 14314.5 | | |
| 271 | | 12254.6 | | |
| 272 | | 12002.3 | | |
| 273 | | 9991.3 | | |
| 274 | | 9732.3 | | |
| 275 | | 9400 | | |
| 276 | | 9237 | | |
| 277 | | 11180.6 | | |
| 278 | | 11071 | | |
| 279 | | 10961.5 | | |
| 280 | | 10276 | | |
| 281 | | 17625.3 | | |
| 282 | | 17540.8 | | |
| 283 | | 16811 | | |
| 284 | | 11607.5 | | |
| 285 | | 16559.8 | | |
| 286 | | 5042.9 | | |
| 287 | | 14678.7 | | |
| 288 | | 14314.5 | | |
| 289 | | 12254.6 | | |
| 290 | | 12002.3 | | |
| 291 | | 9991.3 | | |
| 292 | | 9732.3 | | |
| 293 | | 9400 | | |
| 294 | | 9237 | | |
| 295 | | 11180.6 | | |
| 296 | | 11071 | | |
| 297 | | 10961.5 | | |
| 298 | | 10276 | | |
| 299 | | 17625.3 | | |
| 300 | | 17540.8 | | |
| 301 | | 16811 | | |
| 302 | | 11607.5 | | |
| 303 | | 16559.8 | | |
| 304 | | 5042.9 | | |
| 305 | | 14678.7 | | |
| 306 | | 14314.5 | | |
| 307 | | 12254.6 | | |

| Этаж/Ряд | 3D | Сечение N 1 | Сечение N 2 | Сечение N 3 |
|----------|----|-------------|-------------|-------------|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |
| 8 | | | | |
| 9 | | | | |
| 10 | | | | |
| 11 | | | | |
| 12 | | | | |
| 13 | | | | |
| 14 | | | | |
| 15 | | | | |
| 16 | | | | |
| 17 | | | | |
| 18 | | | | |
| 19 | | | | |
| 20 | | | | |
| 21 | | | | |
| 22 | | | | |
| 23 | | | | |
| 24 | | | | |
| 25 | | | | |
| 26 | | | | |
| 27 | | | | |
| 28 | | | | |
| 29 | | | | |
| 30 | | | | |
| 31 | | | | |
| 32 | | | | |
| 33 | | | | |
| 34 | | | | |
| 35 | | | | |
| 36 | | | | |
| 37 | | | | |
| 38 | | | | |
| 39 | | | | |
| 40 | | | | |
| 41 | | | | |
| 42 | | | | |
| 43 | | | | |
| 44 | | | | |
| 45 | | | | |
| 46 | | | | |
| 47 | | | | |
| 48 | | | | |
| 49 | | | | |
| 50 | | | | |
| 51 | | | | |
| 52 | | | | |
| 53 | | | | |
| 54 | | | | |
| 55 | | | | |
| 56 | | | | |
| 57 | | | | |
| 58 | | | | |
| 59 | | | | |
| 60 | | | | |
| 61 | | | | |
| 62 | | | | |
| 63 | | | | |
| 64 | | | | |
| 65 | | | | |
| 66 | | | | |
| 67 | | | | |
| 68 | | | | |
| 69 | | | | |
| 70 | | | | |
| 71 | | | | |
| 72 | | | | |
| 73 | | | | |
| 74 | | | | |
| 75 | | | | |
| 76 | | | | |
| 77 | | | | |
| 78 | | | | |
| 79 | | | | |
| 80 | | | | |
| 81 | | | | |
| 82 | | | | |
| 83 | | | | |
| 84 | | | | |
| 85 | | | | |
| 86 | | | | |
| 87 | | | | |
| 88 | | | | |
| 89 | | | | |
| 90 | | | | |
| 91 | | | | |
| 92 | | | | |
| 93 | | | | |
| 94 | | | | |
| 95 | | | | |
| 96 | | | | |
| 97 | | | | |
| 98 | | | | |
| 99 | | | | |
| 100 | | | | |

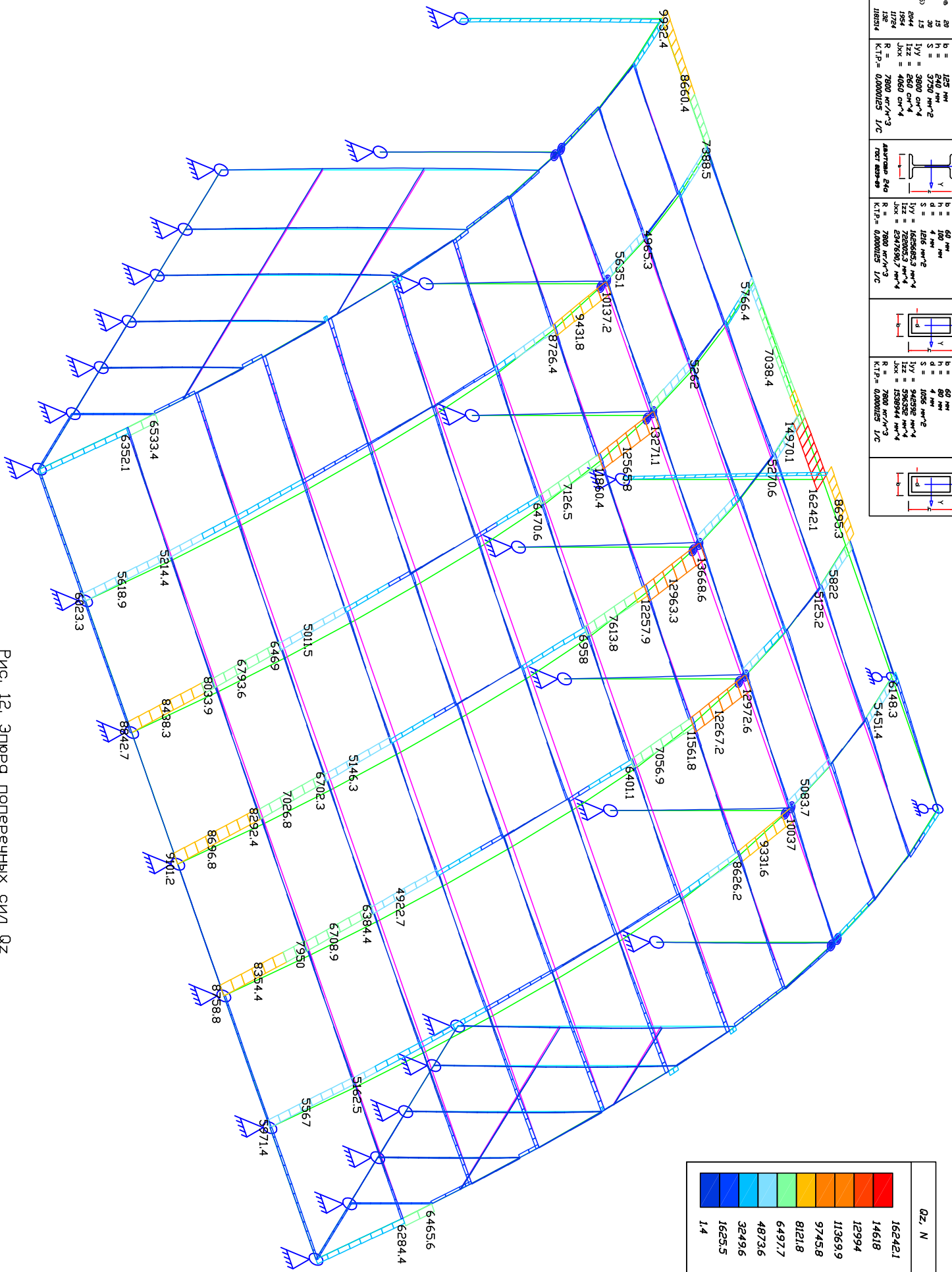
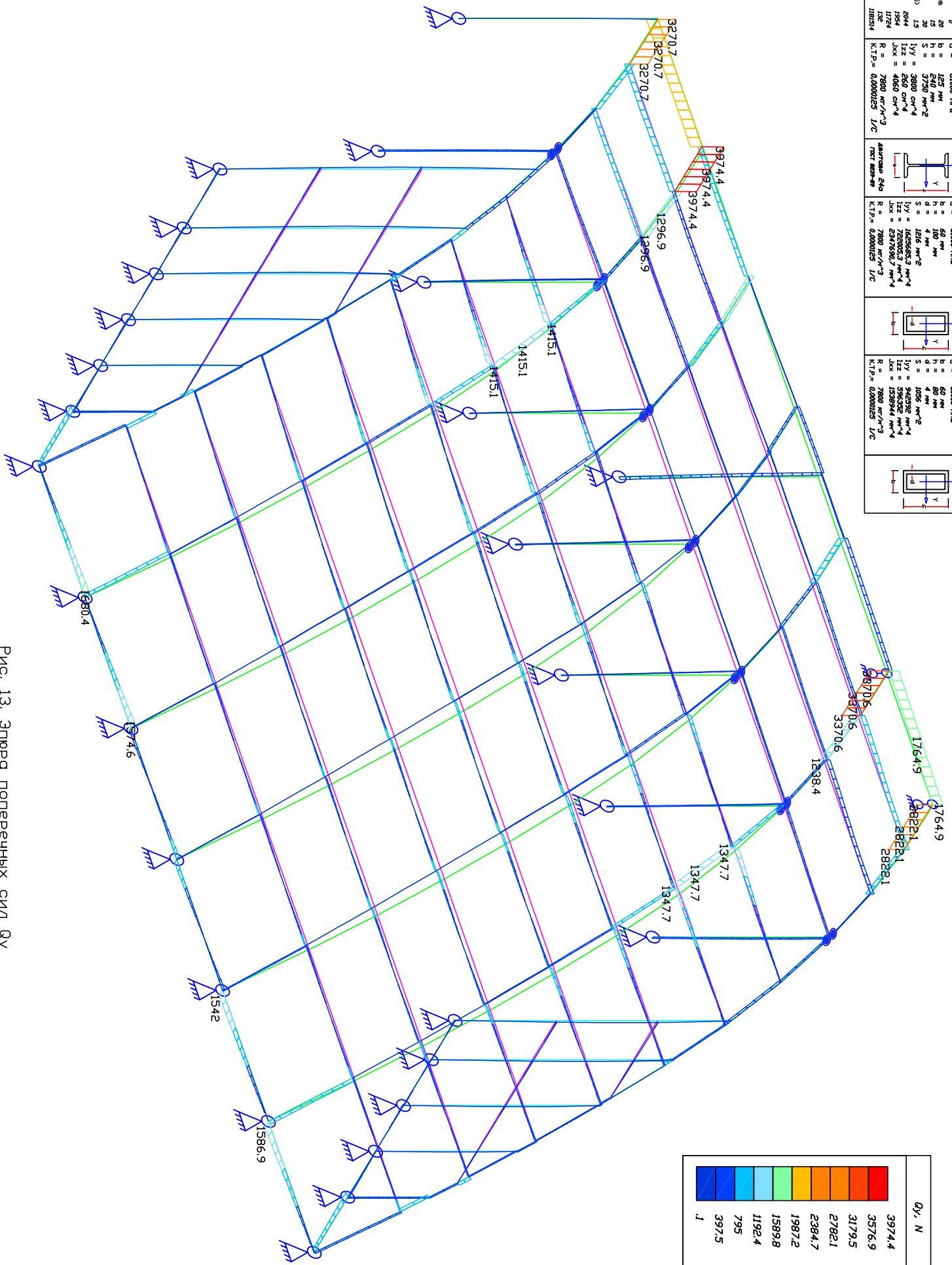


Рис. 12. Эпюра поперечных сил Qz

| Элемент | Сечение N 1 | Сечение N 2 | Сечение N 3 |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|
| Генер./Ряд (Q/1) | 1 | 2 | 3 |
| Полн. сч. ст. ст. | 9 | 9 | 9 |
| Но. ст. ст. | 20 | 20 | 20 |
| Но. ст. ст. с/м | 15 | 15 | 15 |
| Значения (Q/1-5) | 2044 | 2044 | 2044 |
| Значения | 1994 | 1994 | 1994 |
| Значения | 1926 | 1926 | 1926 |
| Условие | 1000 | 1000 | 1000 |
| Размер | 1000 | 1000 | 1000 |
| К.Т.Р. | 0,000025 | 0,000025 | 0,000025 |
| К.Т.Р. | 0,000025 | 0,000025 | 0,000025 |
| К.Т.Р. | 0,000025 | 0,000025 | 0,000025 |
| К.Т.Р. | 0,000025 | 0,000025 | 0,000025 |



| Qy, N |
|--------|
| 3974.4 |
| 3576.9 |
| 3179.5 |
| 2782.1 |
| 2384.7 |
| 1987.2 |
| 1589.8 |
| 1192.4 |
| 795 |
| 397.5 |

Рис. 13. Эпюра поперечных сил Qy

| Элемент | Сечение N 1 | Сечение N 2 | Сечение N 3 |
|-------------------------|--|--|--|
| Гривна/Ранд (Q/1) | 1 | 2 | 3 |
| Гривна, метр | 9 | 9 | 9 |
| Площ на сечение | S = 21000 мм ² | S = 21000 мм ² | S = 21000 мм ² |
| Момент на инерция | I _{xx} = 125 мм ⁴ | I _{xx} = 100 мм ⁴ | I _{xx} = 60 мм ⁴ |
| Момент на инерция по y | I _{yy} = 3750 мм ⁴ | I _{yy} = 1216 мм ⁴ | I _{yy} = 4 мм ⁴ |
| Момент на инерция по z | I _{zz} = 2800 мм ⁴ | I _{zz} = 162068,3 мм ⁴ | I _{zz} = 562092 мм ⁴ |
| Момент на инерция по xz | I _{xz} = 4060 мм ⁴ | I _{xz} = 234750,7 мм ⁴ | I _{xz} = 1539944 мм ⁴ |
| Устойчивость | R _{T.P.} = 7800 кг/м ³ | R _{T.P.} = 7800 кг/м ³ | R _{T.P.} = 7800 кг/м ³ |
| Критическая нагрузка | K _{T.P.} = 0,000025 1/с | K _{T.P.} = 0,000025 1/с | K _{T.P.} = 0,000025 1/с |

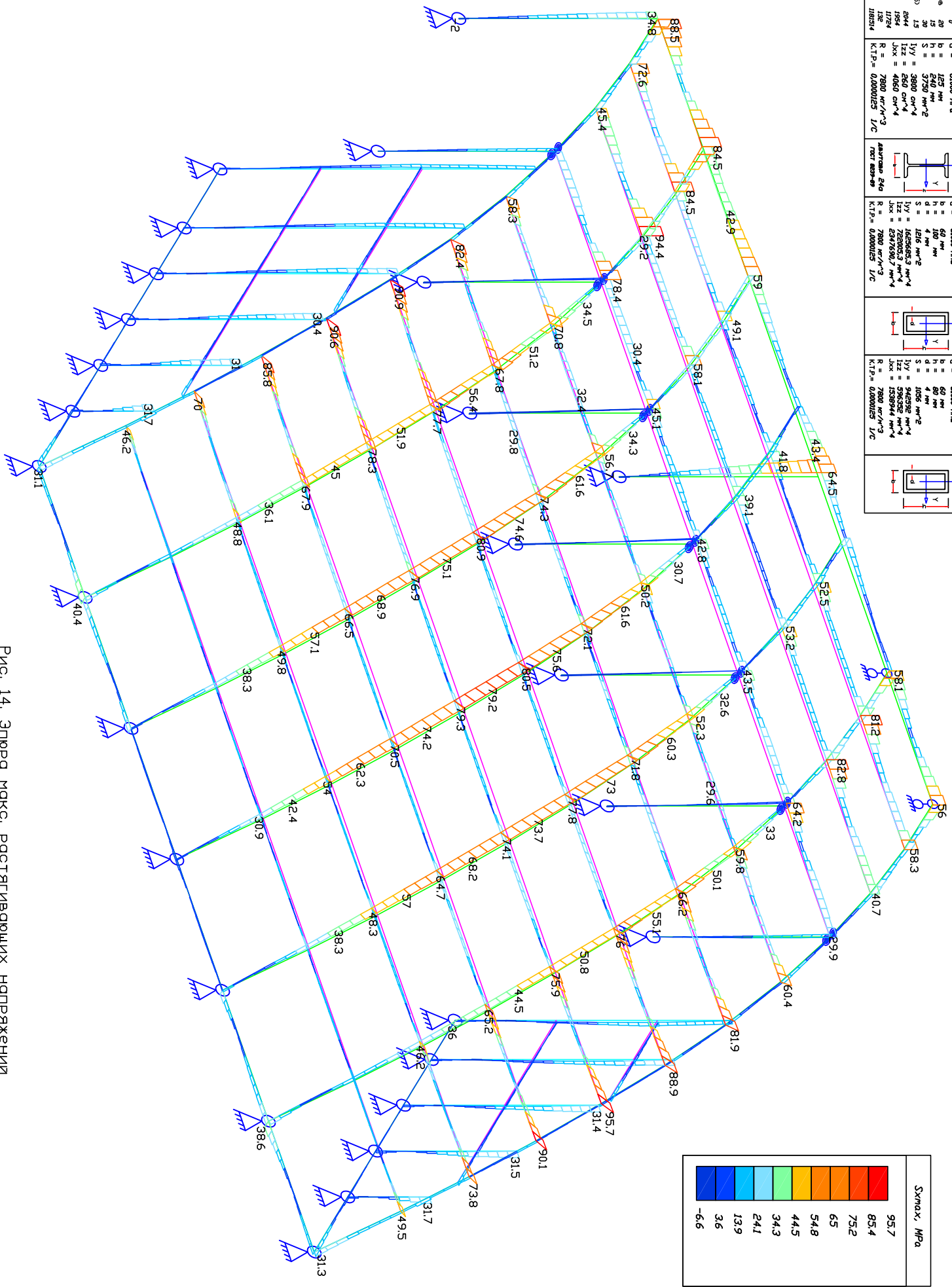
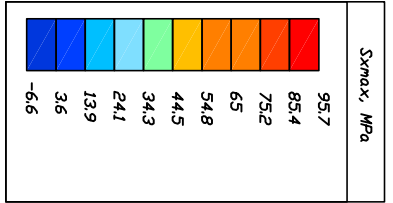
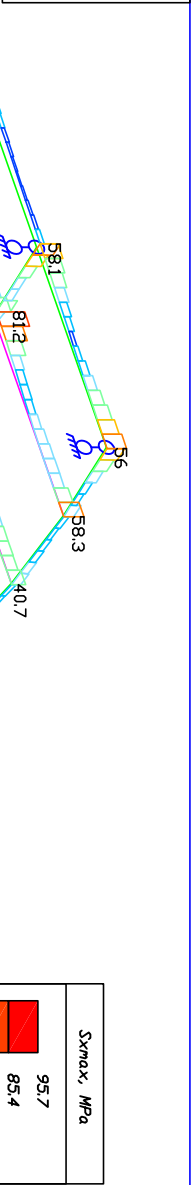


Рис. 14. Эпюра макс. растягивающих напряжений

| Задача 3D | Сечение N 1 | Сечение N 2 | Сечение N 3 |
|--|---|--|--|
| Греть/Речь (Q/1) 1 Греть, чед. 21 Подпорок 20 Нд леопон. сои 15 Значения (Q/1-5) 13 Значения 2044 Уровни 1994 Ширине чед. 15 Равне МК 100214 | E = 21000 МПа G = 8100 МПа h = 135 мм S = 250 мм ² I _{yy} = 3900 см ⁴ I _{zz} = 260 см ⁴ J _{xx} = 4060 см ⁴ R _{T.P.} = 7800 кг/м ³ K _{T.P.} = 0,000025 1/с | E = 21000 МПа G = 8100 МПа h = 60 мм S = 4 мм ² I _{yy} = 1216 мм ⁴ I _{zz} = 56202,3 мм ⁴ J _{xx} = 237202,7 мм ⁴ R _{T.P.} = 7800 кг/м ³ K _{T.P.} = 0,000025 1/с | E = 21000 МПа G = 8100 МПа h = 60 мм S = 4 мм ² I _{yy} = 1036 мм ⁴ I _{zz} = 56202,3 мм ⁴ J _{xx} = 153994,4 мм ⁴ R _{T.P.} = 7800 кг/м ³ K _{T.P.} = 0,000025 1/с |

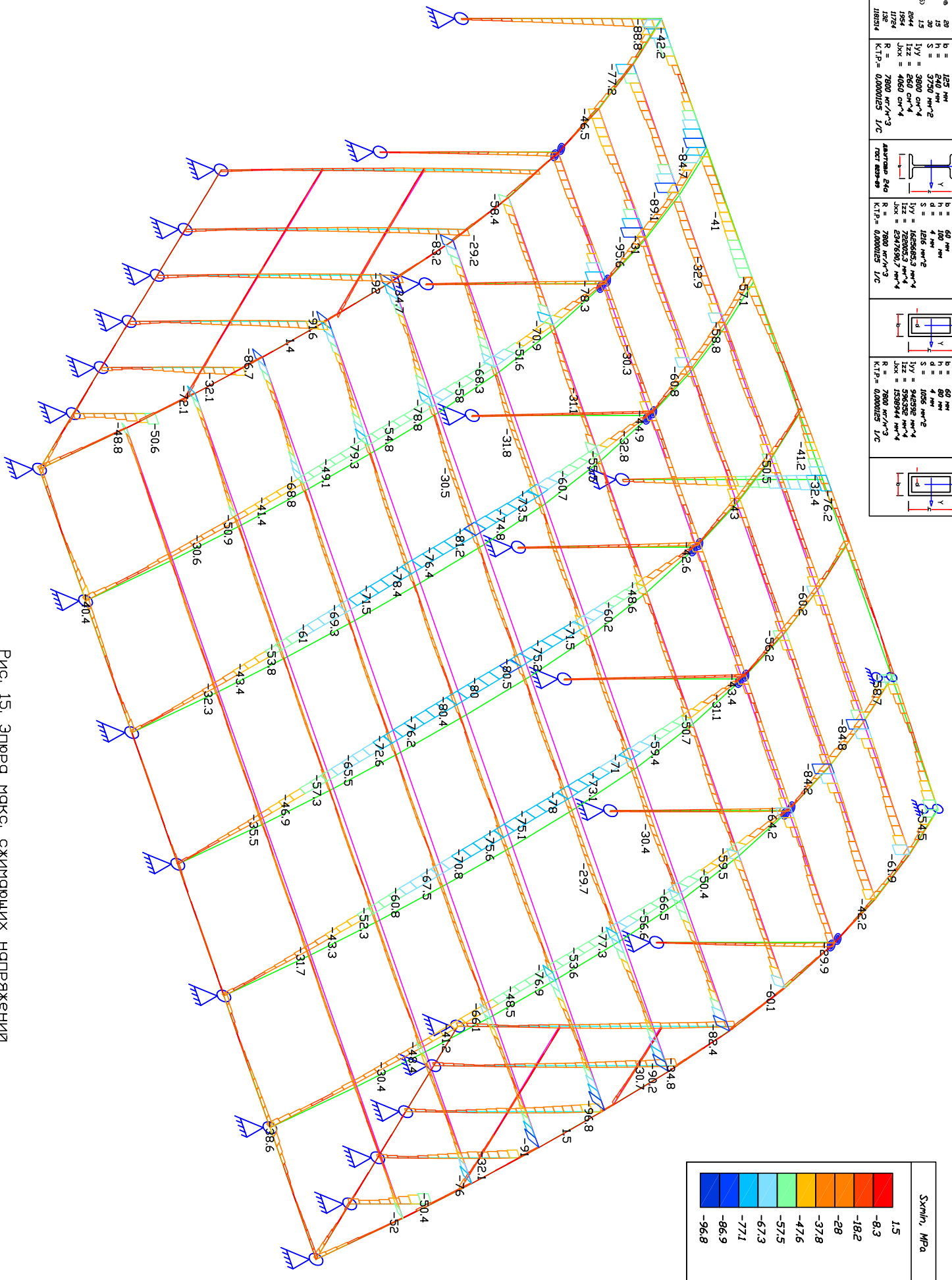
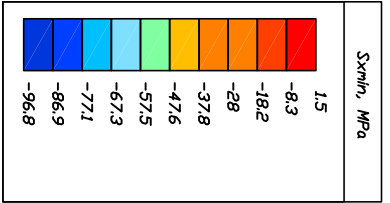
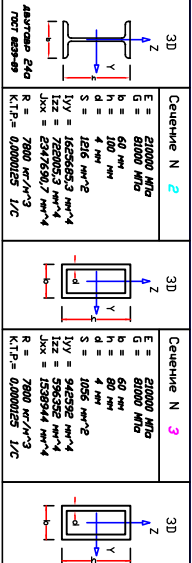


Рис. 15. Эпюра макс. сжимающих напряжений

| Задача | 3D | Сечение N 1 | Сечение N 2 | Сечение N 3 | 3D | | | |
|---|----|-------------|-------------|-------------|--|--|--|--|
| Ребра/Ряды (Q/1) Тип, код, ст Подтип Но каталога Значения (Q/1-5) Значения Усиление Усиление Размеры НК | | | | | E = 21000 МПа I = 126 мм ⁴ W = 250 мм ³ S = 3750 мм ² I _{yy} = 3800 см ⁴ I _{zz} = 260 см ⁴ J _{xx} = 4060 см ⁴ R _{т.р.} = 0,000025 1/с | E = 21000 МПа I = 60 мм ⁴ W = 100 мм ³ S = 4 мм ² I _{yy} = 162668,3 мм ⁴ I _{zz} = 234750,7 мм ⁴ J _{xx} = 1539944 мм ⁴ R _{т.р.} = 0,000025 1/с | E = 21000 МПа I = 60 мм ⁴ W = 80 мм ³ S = 4 мм ² I _{yy} = 562392 мм ⁴ I _{zz} = 1539944 мм ⁴ J _{xx} = 1539944 мм ⁴ R _{т.р.} = 0,000025 1/с | E = 21000 МПа I = 60 мм ⁴ W = 80 мм ³ S = 4 мм ² I _{yy} = 562392 мм ⁴ I _{zz} = 1539944 мм ⁴ J _{xx} = 1539944 мм ⁴ R _{т.р.} = 0,000025 1/с |

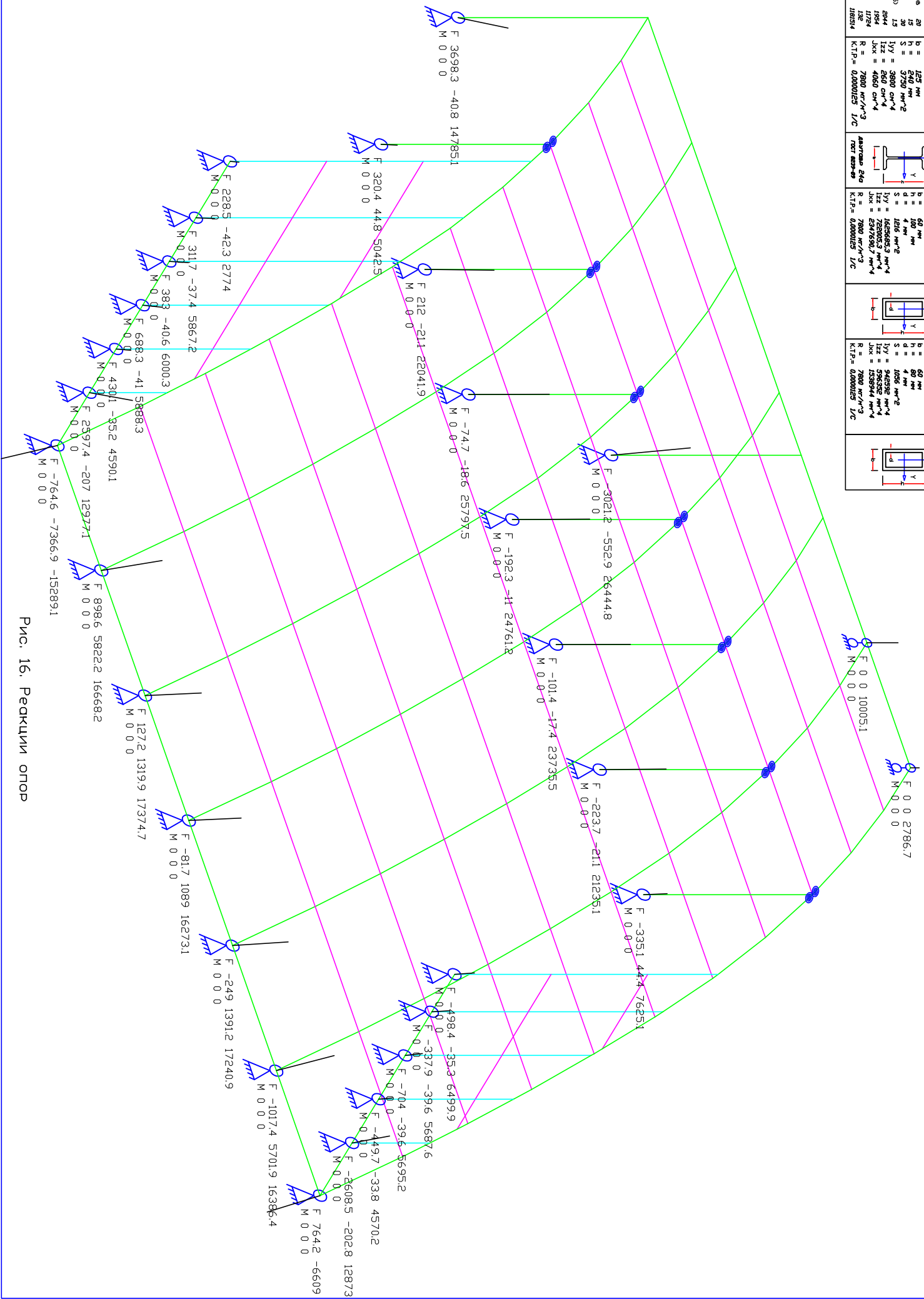


Рис. 16. Реакции опор