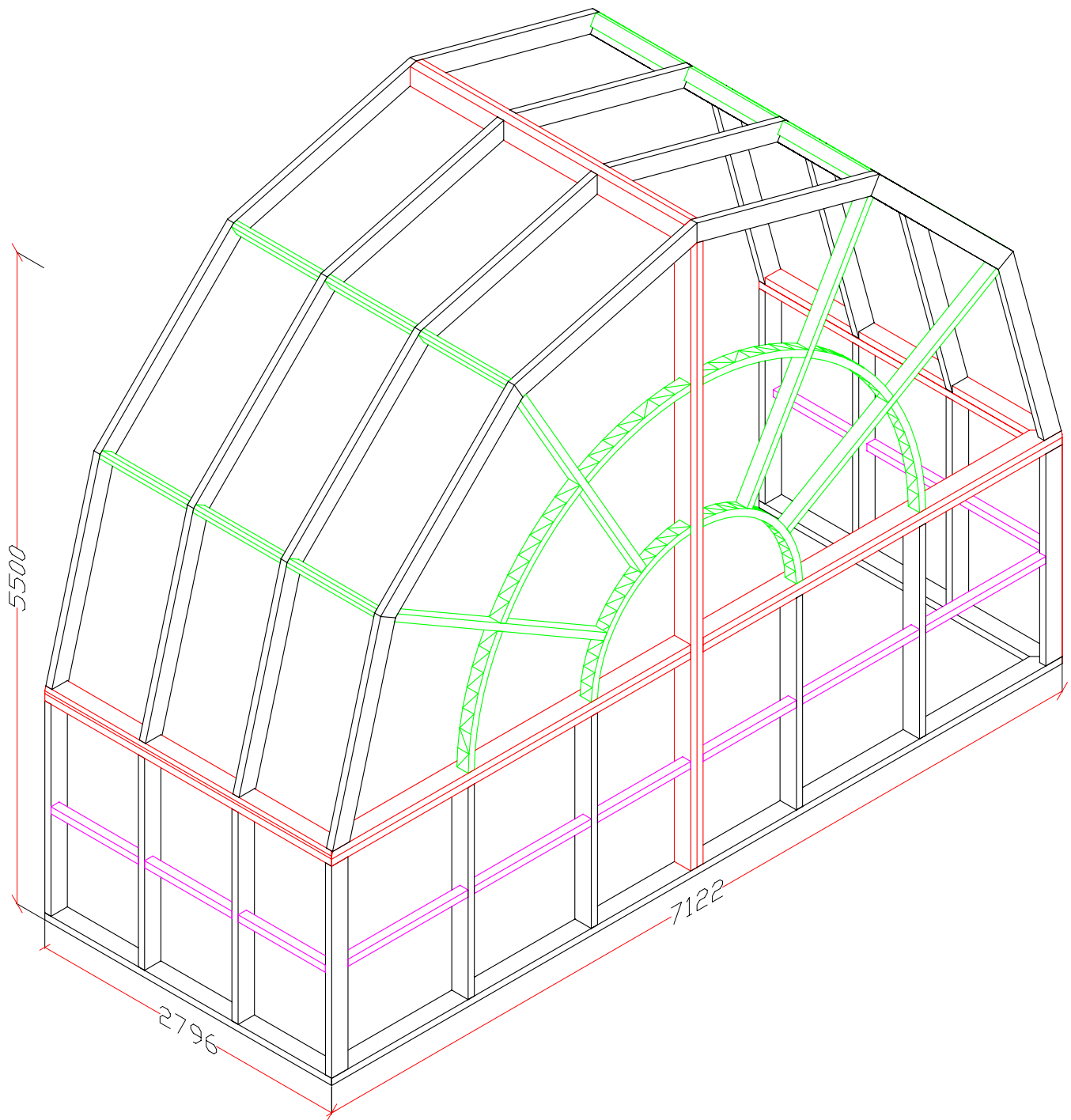


Пример 5. Построение эпюр для
каркаса зимнего сада



Площадь крыши - 31,7 м²
Площадь фасада - 44,4 м²
Объем бруса каркаса - 1,373 м³
Длина бруса 146,78 м

Материал.

Клееный брус, сосна. Сечения бруса:

- 1) 160x60 мм
- 2) 160x120 мм
- 3) 110x60 мм
- 4) 80x60 мм

Сечения на чертеже обозначены цветом.

Масса конструкции.

Стеклопакеты:

крыши = 31,7 м² * 25 кг/м² = 792,5 кг
фасада = 44,4 м² * 20 кг/м² = 888 кг

Деревянный каркас:

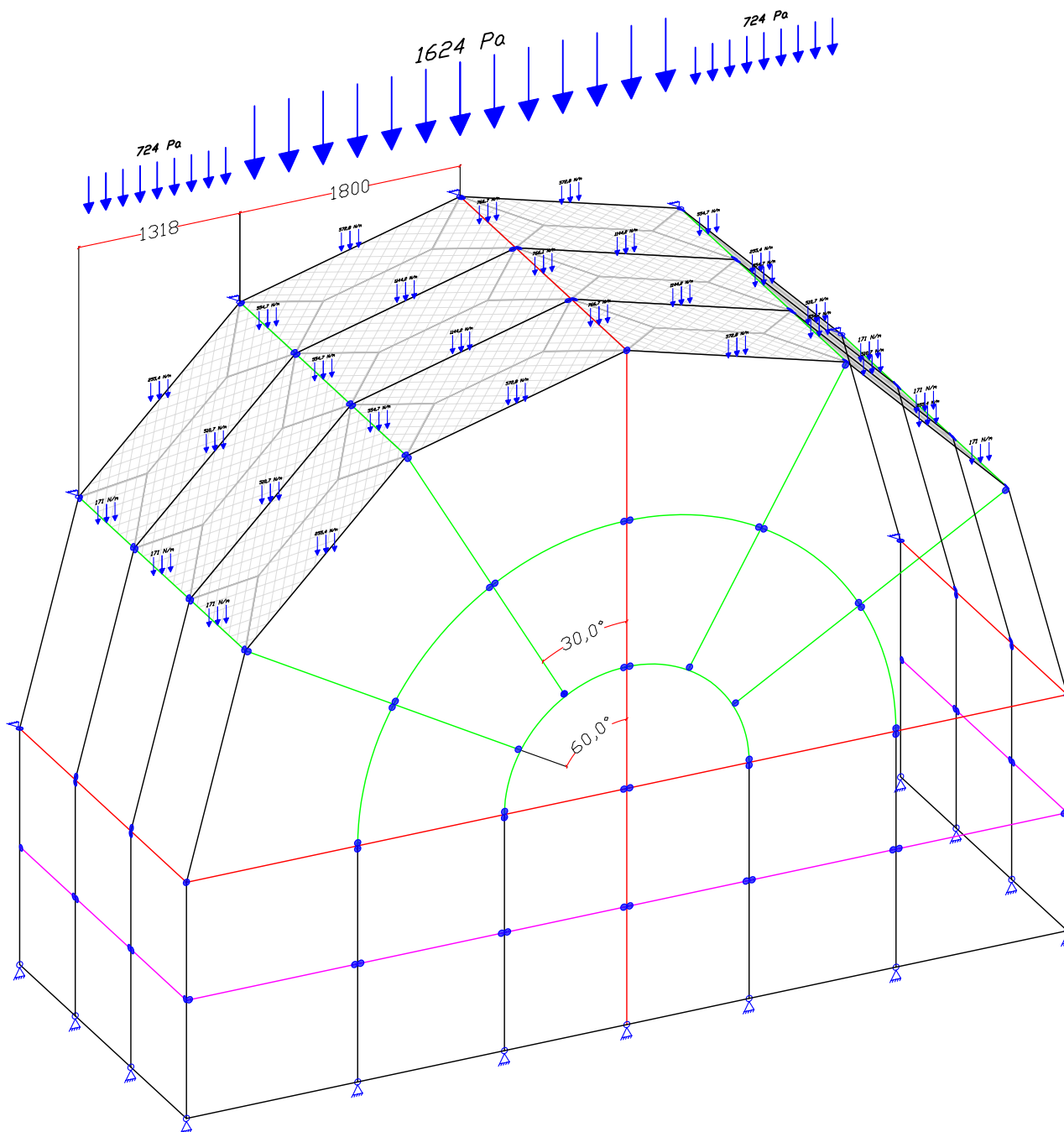
1,373 м³ * 575 кг/м³ = 789,5 кг

Алюминиевая обвязка = 205 кг

Полная масса конструкции = 2675 кг

Приведенная плотность стержней =
2675 кг / 1,373 м³ = 1948 кг/м³

Задание снеговой нагрузки



Согласно СНиП 2.01.07-85ж
снеговая нагрузка:

$$S = S_g * m_1$$

Для III снегового района:

$$S_g = 1800 \text{ Pa}$$

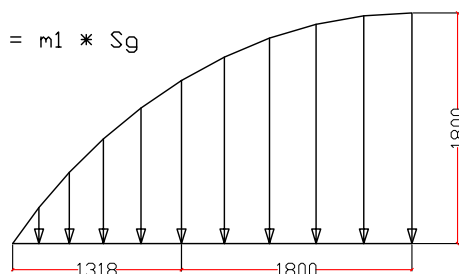
Для здания со сводчатыми и близкими
к ним по очертанию покрытиями:

$$m_1 = \cos(1.5 * \alpha) \text{ (схема 2, вариант 1)}$$

Переменную нагрузку S приближенно заменяем
эквивалентными нагрузками S_1 и S_2
постоянными по скатам крыши.

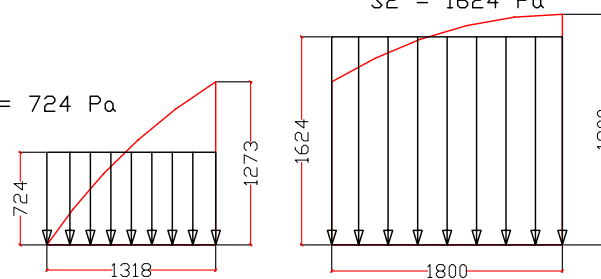
S_1 и S_2 распределяем по длине стержней
крыши.

График $S = m_1 * S_g$

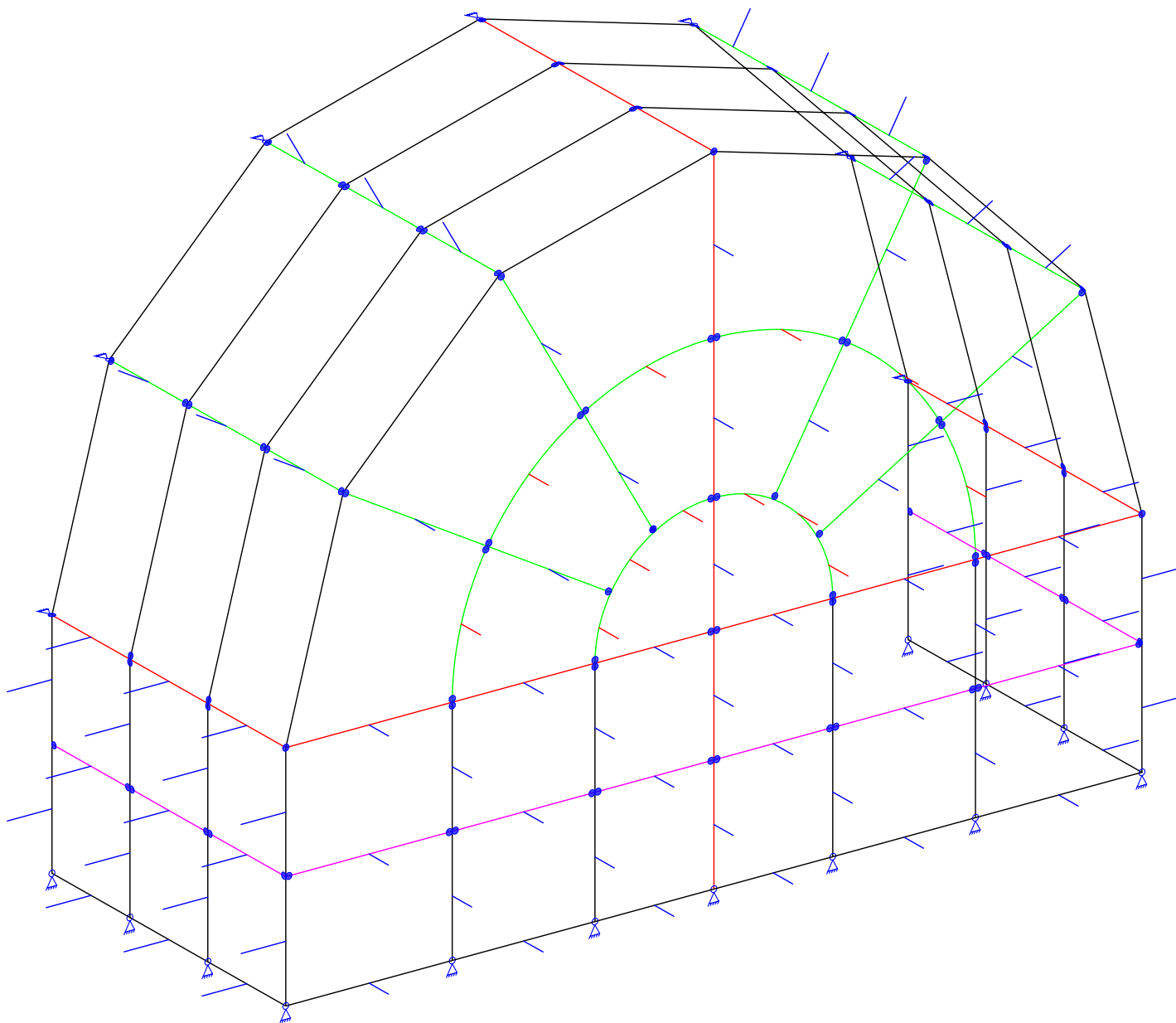


$S_2 = 1624 \text{ Pa}$

$S_1 = 724 \text{ Pa}$



Опоры, шарниры, ориентация сечений стержней,
свойства материалов, параметры задачи

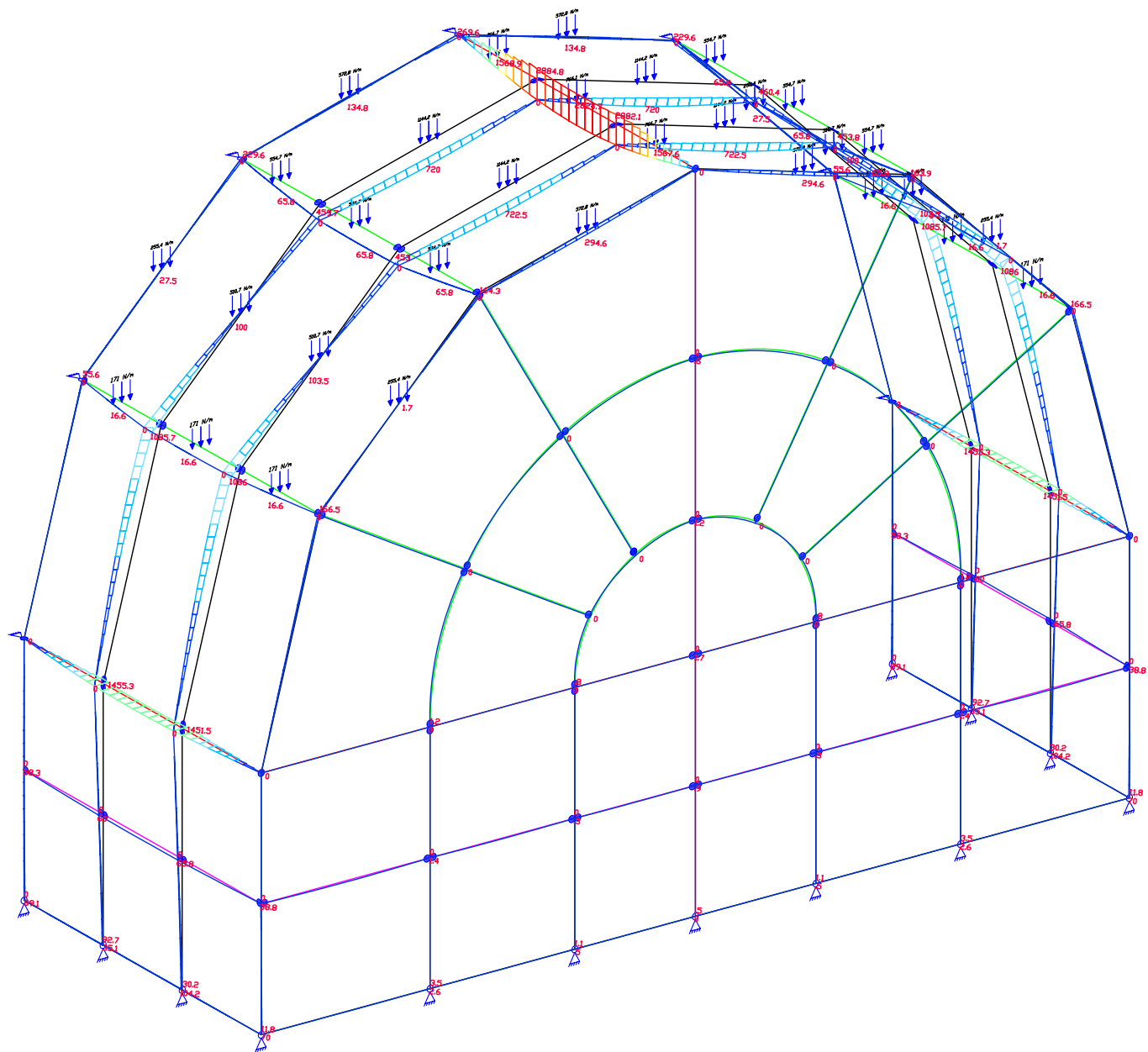


На слое "Axis Z Local" задаем направление оси Zл локальной системы координат стержня. Для этого проводим отрезки из середины стержня в направлении оси Zл. Ось Zл совпадает с главной осью Z сечения и находится в плоскости максимальной жесткости стержня. По умолчанию Zл сориентирована против действия силы тяжести. Задание Zл для вертикальных стержней обязательно.

www.karkasa.narod.ru

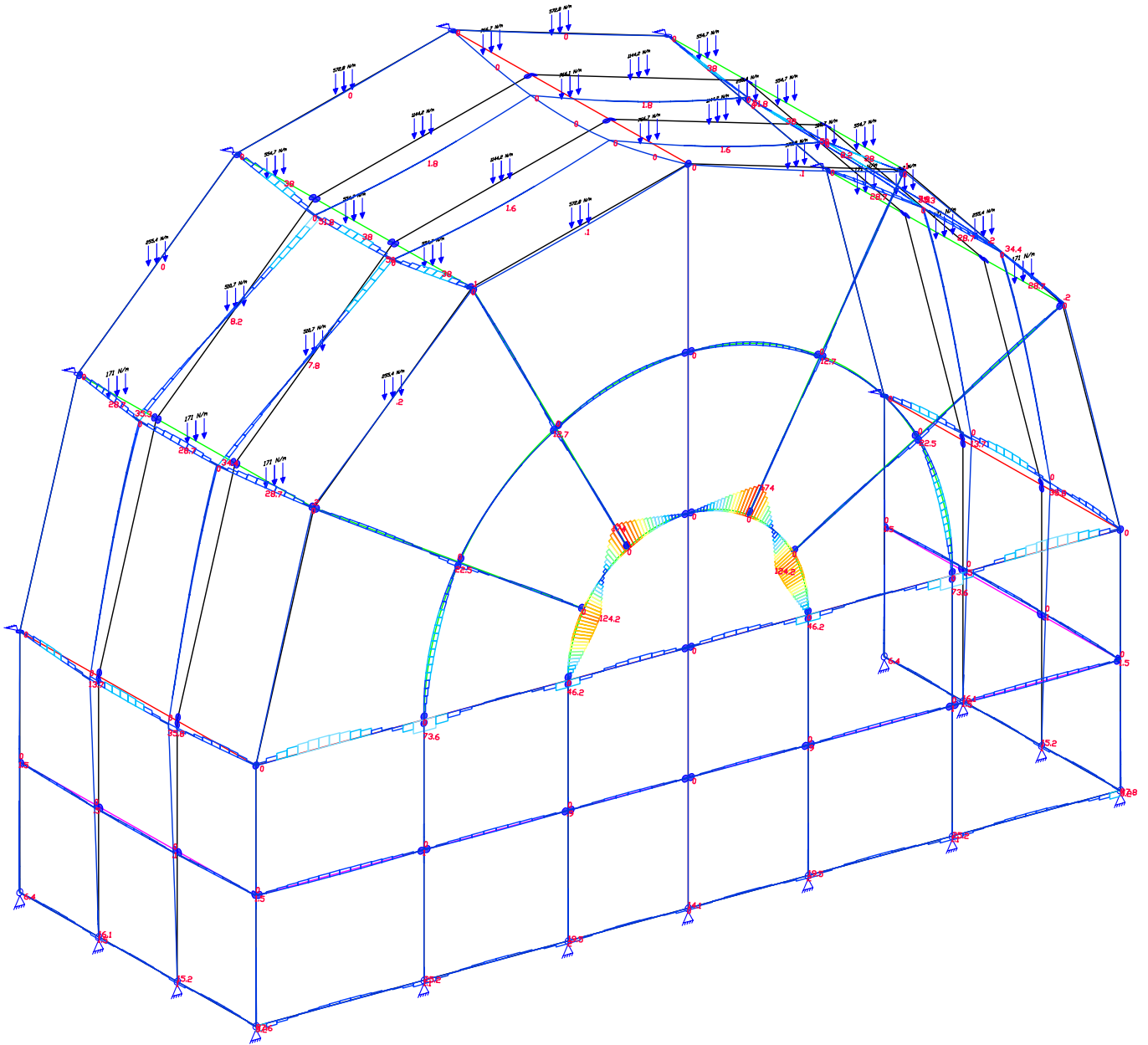
<p>Сечение N 1</p> <p>E = 10000 МПа G = 5000 МПа b = 60 мм h = 160 мм S = 9600 мм² Iyy = 20480000 мм⁴ Izz = 2880000 мм⁴ Jxx = 23360000 мм⁴ R = 1948 кг/м³</p>	<p>3D</p>	<p>Сечение N 2</p> <p>E = 10000 МПа G = 5000 МПа b = 120 мм h = 160 мм S = 19200 мм² Iyy = 40960000 мм⁴ Izz = 23040000 мм⁴ Jxx = 64000000 мм⁴ R = 1948 кг/м³</p>	<p>3D</p>	<p>Задача 3D</p> <p>Ферма/Рама (0/1) 1 Плотность узлов 20 Высота эпюр 20 На деформ. оси 30 Значения (0/1) 1 Элементов 1688 Узлов 1633 Уравнений 9798 Ширина ленты 108 Размер МЖ 818085</p>
<p>Сечение N 3</p> <p>E = 10000 МПа G = 5000 МПа b = 60 мм h = 110 мм S = 6600 мм² Iyy = 6655000 мм⁴ Izz = 1980000 мм⁴ Jxx = 8635000 мм⁴ R = 1948 кг/м³</p>	<p>3D</p>	<p>Сечение N 4</p> <p>E = 10000 МПа G = 5000 МПа b = 60 мм h = 80 мм S = 4800 мм² Iyy = 2560000 мм⁴ Izz = 1440000 мм⁴ Jxx = 4000000 мм⁴ R = 1948 кг/м³</p>	<p>3D</p>	

Изгибающий момент M_y



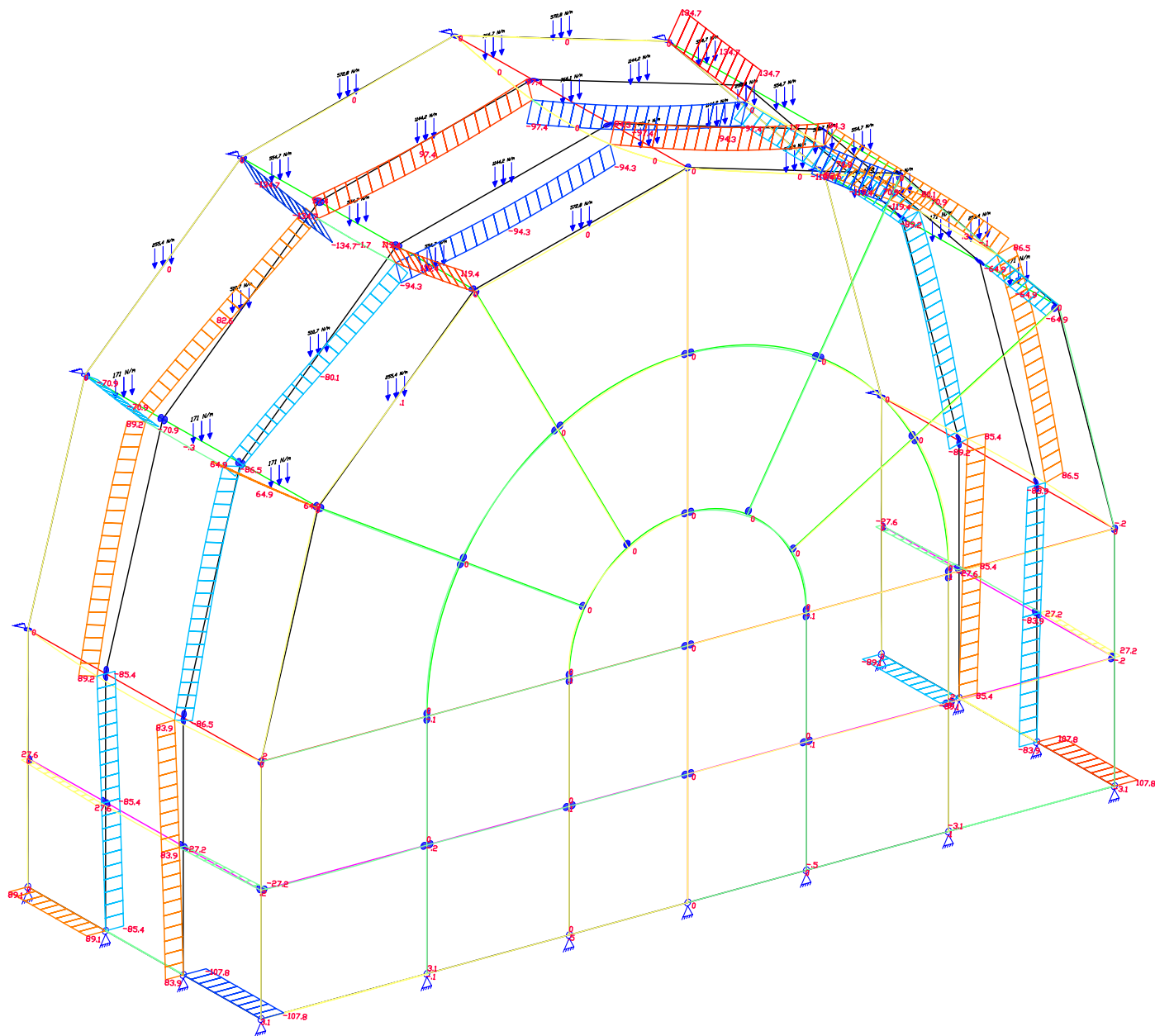
M_y, Nm	Сечение N 1	3D	Сечение N 2	3D	Задача 3D
2884.8	E = 10000 МПа G = 5000 МПа b = 60 мм h = 160 мм S = 9600 мм ² I _{yy} = 20480000 мм ⁴ I _{zz} = 2880000 мм ⁴ J _{xx} = 23360000 мм ⁴ R = 1948 кг/м ³		E = 10000 МПа G = 5000 МПа b = 120 мм h = 160 мм S = 19200 мм ² I _{yy} = 40960000 мм ⁴ I _{zz} = 23040000 мм ⁴ J _{xx} = 64000000 мм ⁴ R = 1948 кг/м ³		
2596.3	Сечение N 3	3D	Сечение N 4	3D	
2307.8	E = 10000 МПа G = 5000 МПа b = 60 мм h = 110 мм S = 6600 мм ² I _{yy} = 6655000 мм ⁴ I _{zz} = 1980000 мм ⁴ J _{xx} = 8635000 мм ⁴ R = 1948 кг/м ³		E = 10000 МПа G = 5000 МПа b = 60 мм h = 80 мм S = 4800 мм ² I _{yy} = 2560000 мм ⁴ I _{zz} = 1440000 мм ⁴ J _{xx} = 4000000 мм ⁴ R = 1948 кг/м ³		
2019.4					Ферма/Рама (0/1) 1
1730.9					Плотность узлов 20
1442.4					Высота эпюр 20
1153.9					На деформ. оси 30
865.4					Значения (0/1) 1
577					Элементов 1688
288.5					Узлов 1633
0					Уравнений 9798
					Ширина ленты 108
					Размер МЖ 818085

Изгибающий момент M_z



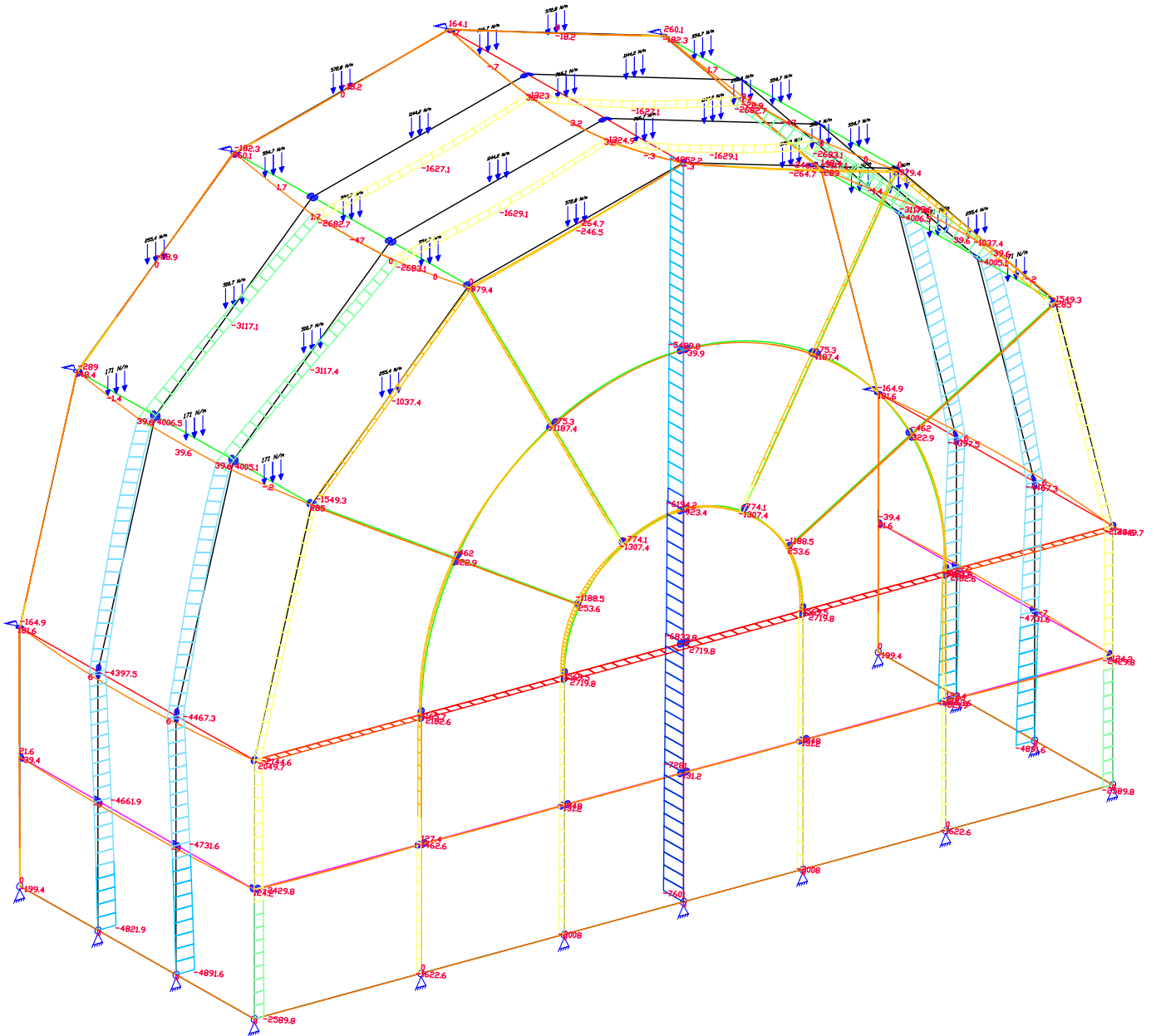
M_z, Nm	Сечение N 1	3D	Сечение N 2	3D	Задача 3D
174	$E = 10000 \text{ МПа}$ $G = 5000 \text{ МПа}$ $b = 60 \text{ мм}$ $h = 160 \text{ мм}$ $S = 9600 \text{ мм}^2$ $I_{yy} = 20480000 \text{ мм}^4$ $I_{zz} = 2880000 \text{ мм}^4$ $J_{xx} = 23360000 \text{ мм}^4$ $R = 1948 \text{ кг/м}^3$		$E = 10000 \text{ МПа}$ $G = 5000 \text{ МПа}$ $b = 120 \text{ мм}$ $h = 160 \text{ мм}$ $S = 19200 \text{ мм}^2$ $I_{yy} = 40960000 \text{ мм}^4$ $I_{zz} = 23040000 \text{ мм}^4$ $J_{xx} = 64000000 \text{ мм}^4$ $R = 1948 \text{ кг/м}^3$		
156.6	Сечение N 3	3D	Сечение N 4	3D	
139.2	$E = 10000 \text{ МПа}$ $G = 5000 \text{ МПа}$ $b = 60 \text{ мм}$ $h = 110 \text{ мм}$ $S = 6600 \text{ мм}^2$ $I_{yy} = 6655000 \text{ мм}^4$ $I_{zz} = 1980000 \text{ мм}^4$ $J_{xx} = 8635000 \text{ мм}^4$ $R = 1948 \text{ кг/м}^3$		$E = 10000 \text{ МПа}$ $G = 5000 \text{ МПа}$ $b = 60 \text{ мм}$ $h = 80 \text{ мм}$ $S = 4800 \text{ мм}^2$ $I_{yy} = 2560000 \text{ мм}^4$ $I_{zz} = 1440000 \text{ мм}^4$ $J_{xx} = 4000000 \text{ мм}^4$ $R = 1948 \text{ кг/м}^3$		
121.8					Ферма/Рама (0/1) 1
104.4					Плотность узлов 20
87					Высота эпюр 20
69.6					На деформ. оси 30
52.2					Значения (0/1) 1
34.8					Элементов 1688
17.4					Узлов 1633
0					Уравнений 9798
					Ширина ленты 108
					Размер МЖ 818085

Крутящий момент Mx



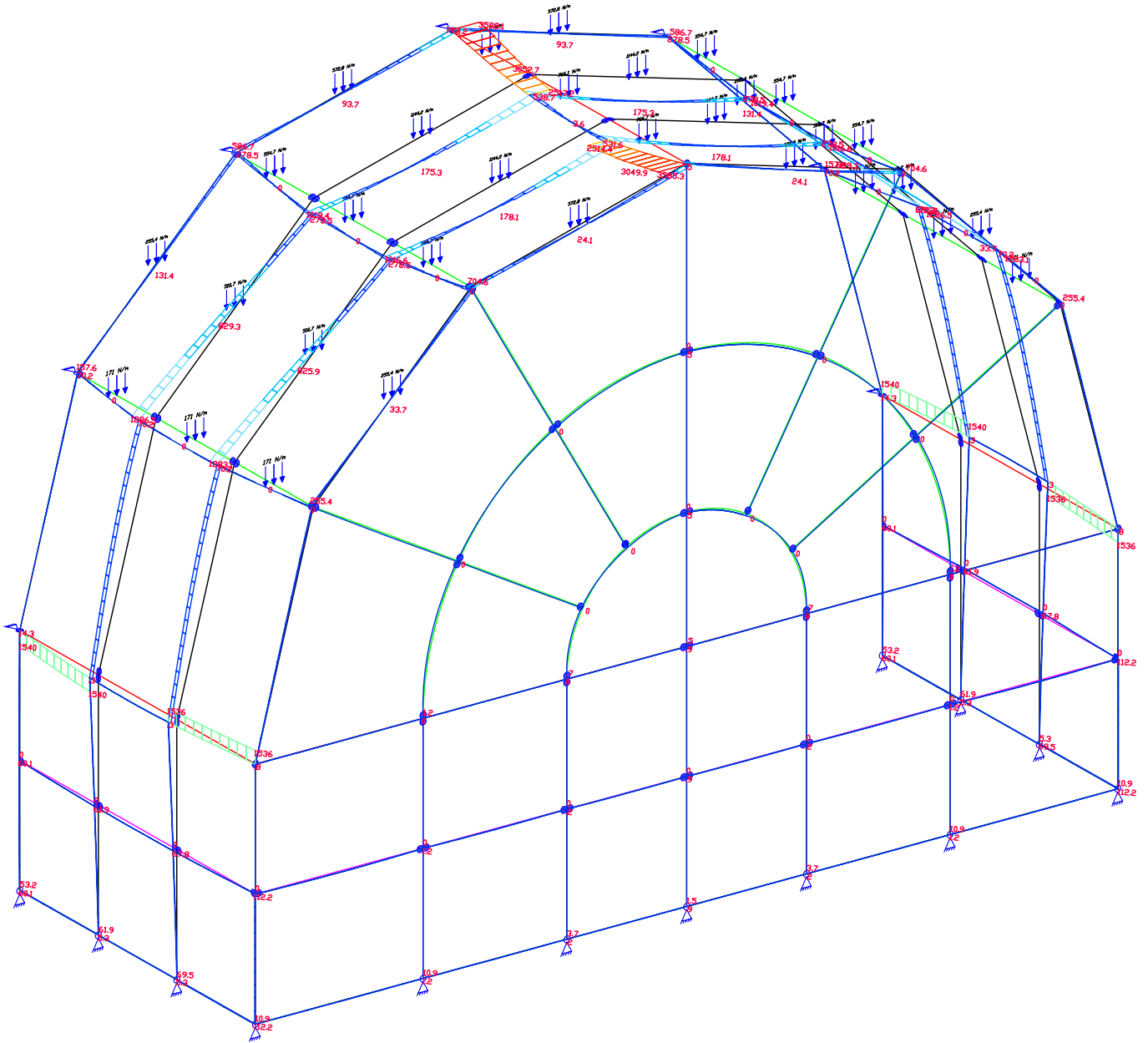
M_x, Nm	Сечение N 1	3D	Сечение N 2	3D	Задача 3D
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: red; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: orange; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: yellow; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: lightgreen; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: green; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: cyan; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: blue; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: darkblue; margin-bottom: 2px;"></div> </div>	E = 10000 МПа G = 5000 МПа b = 60 мм h = 160 мм S = 9600 мм ² I _{yy} = 20480000 мм ⁴ I _{zz} = 2880000 мм ⁴ J _{xx} = 23360000 мм ⁴ R = 1948 кг/м ³		E = 10000 МПа G = 5000 МПа b = 120 мм h = 160 мм S = 19200 мм ² I _{yy} = 40960000 мм ⁴ I _{zz} = 23040000 мм ⁴ J _{xx} = 64000000 мм ⁴ R = 1948 кг/м ³		
134.7 107.8 80.8 53.9 26.9 0 -26.9 -53.9 -80.8 -107.8 -134.7	E = 10000 МПа G = 5000 МПа b = 60 мм h = 110 мм S = 6600 мм ² I _{yy} = 6655000 мм ⁴ I _{zz} = 1980000 мм ⁴ J _{xx} = 8635000 мм ⁴ R = 1948 кг/м ³		E = 10000 МПа G = 5000 МПа b = 60 мм h = 80 мм S = 4800 мм ² I _{yy} = 2560000 мм ⁴ I _{zz} = 1440000 мм ⁴ J _{xx} = 4000000 мм ⁴ R = 1948 кг/м ³		Элементов 1688 Узлов 1633 Уравнений 9798 Ширина ленты 108 Размер МЖ 818085

Продольная сила N



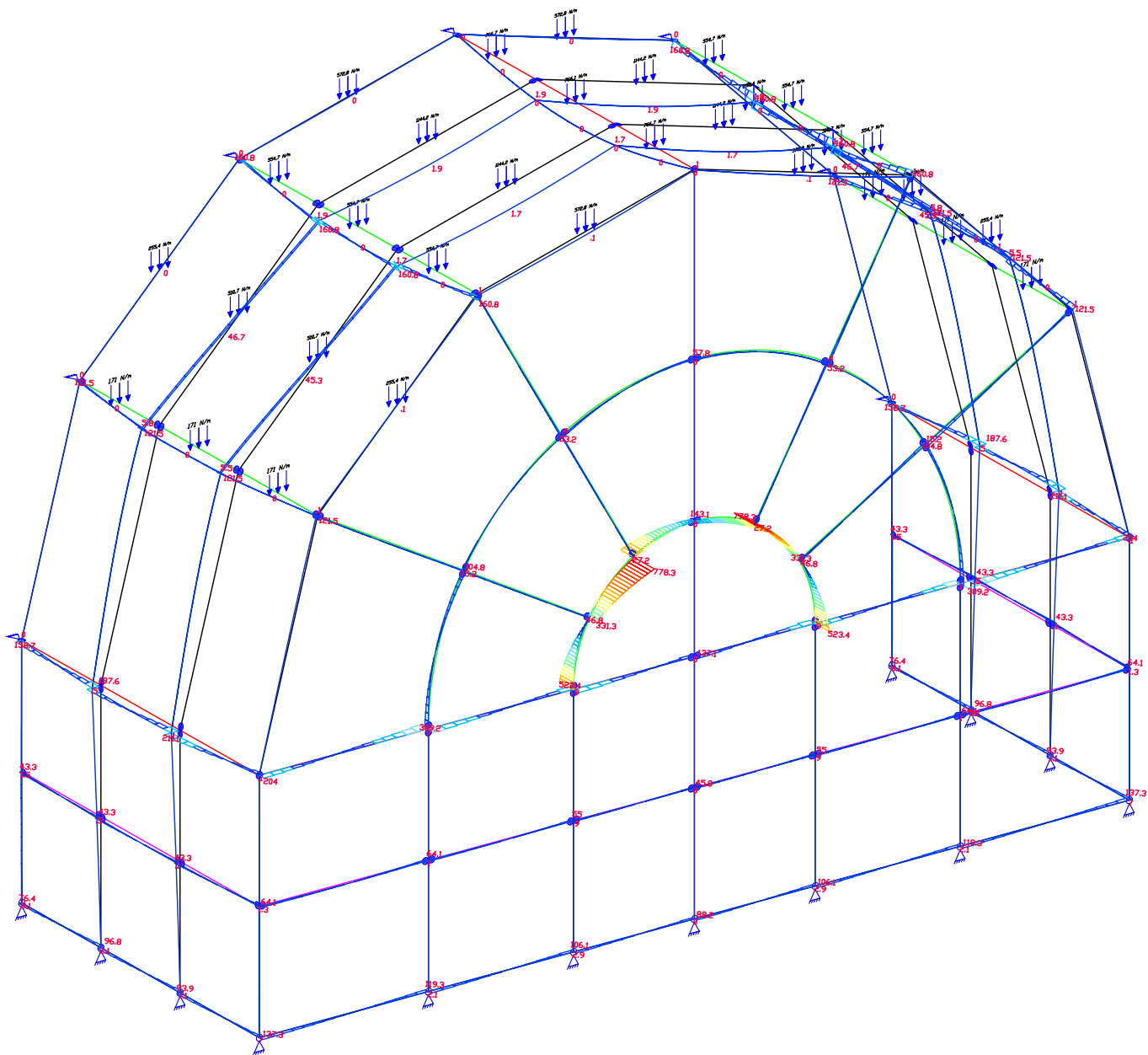
N, N	Сечение N 1	3D	Сечение N 2	3D	Задача 3D
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: red; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: orange; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: yellow; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: lightgreen; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: cyan; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: blue; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: darkblue;"></div> </div> <p style="font-size: small; margin-top: 5px;">www.karkasa.narod.ru</p>	<p>E = 10000 МПа G = 5000 МПа b = 60 мм h = 160 мм S = 9600 мм² I_{yy} = 20480000 мм⁴ I_{zz} = 2880000 мм⁴ J_{xx} = 23360000 мм⁴ R = 1948 кг/м³</p>		<p>E = 10000 МПа G = 5000 МПа b = 120 мм h = 160 мм S = 19200 мм² I_{yy} = 40960000 мм⁴ I_{zz} = 23040000 мм⁴ J_{xx} = 64000000 мм⁴ R = 1948 кг/м³</p>		
	<p>Сечение N 3 E = 10000 МПа G = 5000 МПа b = 60 мм h = 110 мм S = 6600 мм² I_{yy} = 6655000 мм⁴ I_{zz} = 1980000 мм⁴ J_{xx} = 8635000 мм⁴ R = 1948 кг/м³</p>		<p>Сечение N 4 E = 10000 МПа G = 5000 МПа b = 60 мм h = 80 мм S = 4800 мм² I_{yy} = 2560000 мм⁴ I_{zz} = 1440000 мм⁴ J_{xx} = 4000000 мм⁴ R = 1948 кг/м³</p>		<p>Элементов 1688 Узлов 1633 Уравнений 9798 Ширина ленты 108 Размер МЖ 818085</p>

Поперечная сила Qz



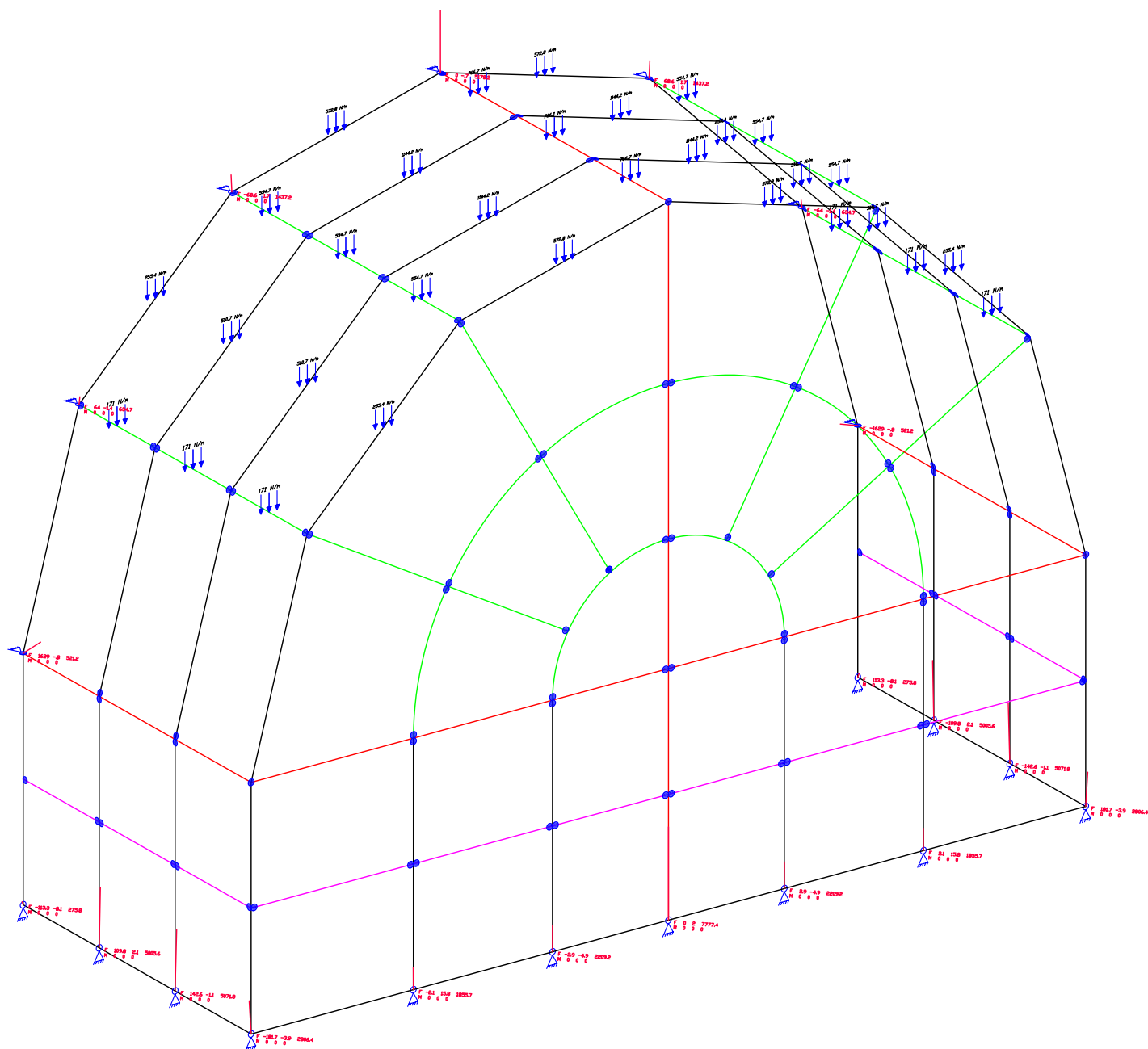
Qz, N	Сечение N 1	3D	Сечение N 2	3D	Задача 3D
3588.1	$E = 10000 \text{ МПа}$ $G = 5000 \text{ МПа}$ $b = 60 \text{ мм}$ $h = 160 \text{ мм}$ $S = 9600 \text{ мм}^2$ $I_{yy} = 20480000 \text{ мм}^4$ $I_{zz} = 2880000 \text{ мм}^4$ $J_{xx} = 23360000 \text{ мм}^4$ $R = 1948 \text{ кг/м}^3$		$E = 10000 \text{ МПа}$ $G = 5000 \text{ МПа}$ $b = 120 \text{ мм}$ $h = 160 \text{ мм}$ $S = 19200 \text{ мм}^2$ $I_{yy} = 40960000 \text{ мм}^4$ $I_{zz} = 23040000 \text{ мм}^4$ $J_{xx} = 64000000 \text{ мм}^4$ $R = 1948 \text{ кг/м}^3$		
3229.3	Сечение N 3	3D	Сечение N 4	3D	
2870.5	$E = 10000 \text{ МПа}$ $G = 5000 \text{ МПа}$ $b = 60 \text{ мм}$ $h = 110 \text{ мм}$ $S = 6600 \text{ мм}^2$ $I_{yy} = 6655000 \text{ мм}^4$ $I_{zz} = 1980000 \text{ мм}^4$ $J_{xx} = 8635000 \text{ мм}^4$ $R = 1948 \text{ кг/м}^3$		$E = 10000 \text{ МПа}$ $G = 5000 \text{ МПа}$ $b = 60 \text{ мм}$ $h = 80 \text{ мм}$ $S = 4800 \text{ мм}^2$ $I_{yy} = 2560000 \text{ мм}^4$ $I_{zz} = 1440000 \text{ мм}^4$ $J_{xx} = 4000000 \text{ мм}^4$ $R = 1948 \text{ кг/м}^3$		
2511.7					Ферма/Рама (0/1) 1
2152.9					Плотность узлов 20
1794.1					Высота эпюр 20
1435.3					На деформ. оси 30
1076.4					Значения (0/1) 1
717.6					Элементов 1688
358.8					Узлов 1633
0					Уравнений 9798
					Ширина ленты 108
					Размер МЖ 818085

Поперечная сила Q_y



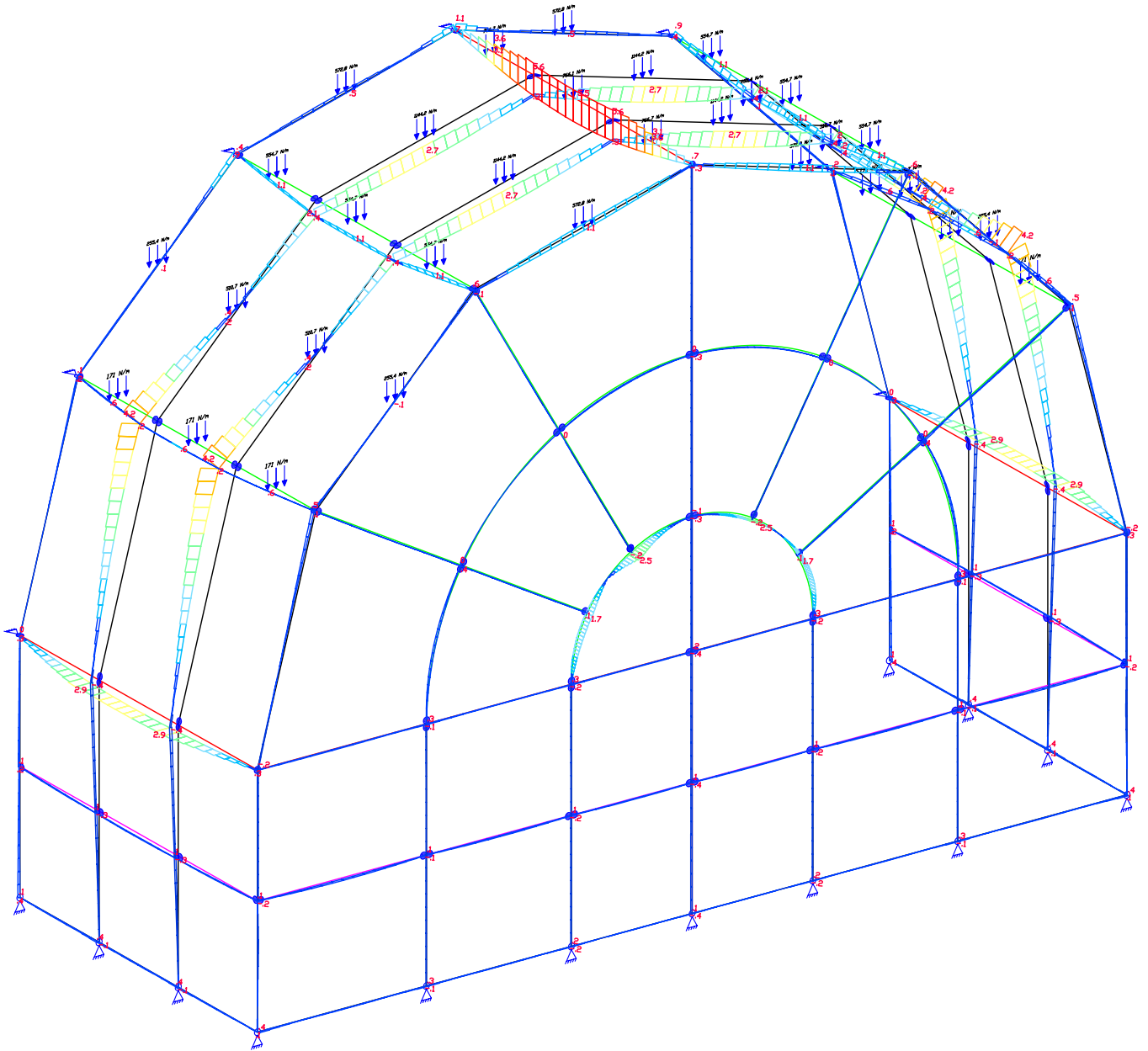
Q_y, N	Сечение N 1	3D	Сечение N 2	3D	Задача 3D																			
778.3	E = 10000 МПа G = 5000 МПа b = 60 мм h = 160 мм S = 9600 мм ² I _{yy} = 20480000 мм ⁴ I _{zz} = 2880000 мм ⁴ J _{xx} = 23360000 мм ⁴ R = 1948 кг/м ³		E = 10000 МПа G = 5000 МПа b = 120 мм h = 160 мм S = 19200 мм ² I _{yy} = 40960000 мм ⁴ I _{zz} = 23040000 мм ⁴ J _{xx} = 64000000 мм ⁴ R = 1948 кг/м ³																					
700.5	Сечение N 3	3D	Сечение N 4	3D																				
622.7	E = 10000 МПа G = 5000 МПа b = 60 мм h = 110 мм S = 6600 мм ² I _{yy} = 6655000 мм ⁴ I _{zz} = 1980000 мм ⁴ J _{xx} = 8635000 мм ⁴ R = 1948 кг/м ³		E = 10000 МПа G = 5000 МПа b = 60 мм h = 80 мм S = 4800 мм ² I _{yy} = 2560000 мм ⁴ I _{zz} = 1440000 мм ⁴ J _{xx} = 4000000 мм ⁴ R = 1948 кг/м ³																					
544.8	<table border="0"> <tr> <td>Ферма/Рама (0/1)</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Плотность узлов</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Высота эпюр</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>На деформ. оси</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>Значения (0/1)</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Элементов</td> <td>1688</td> </tr> <tr> <td>Узлов</td> <td>1633</td> </tr> <tr> <td>Уравнений</td> <td>9798</td> </tr> <tr> <td>Ширина ленты</td> <td>108</td> </tr> <tr> <td>Размер МЖ</td> <td>818085</td> </tr> </table>				Ферма/Рама (0/1)	1	Плотность узлов	20	Высота эпюр	20	На деформ. оси	30	Значения (0/1)	1	Элементов	1688	Узлов	1633	Уравнений	9798	Ширина ленты	108	Размер МЖ	818085
Ферма/Рама (0/1)	1																							
Плотность узлов	20																							
Высота эпюр	20																							
На деформ. оси	30																							
Значения (0/1)	1																							
Элементов	1688																							
Узлов	1633																							
Уравнений	9798																							
Ширина ленты	108																							
Размер МЖ	818085																							
467																								
389.2																								
311.3																								
233.5																								
155.7																								
77.8																								
0																								

Реакции опор



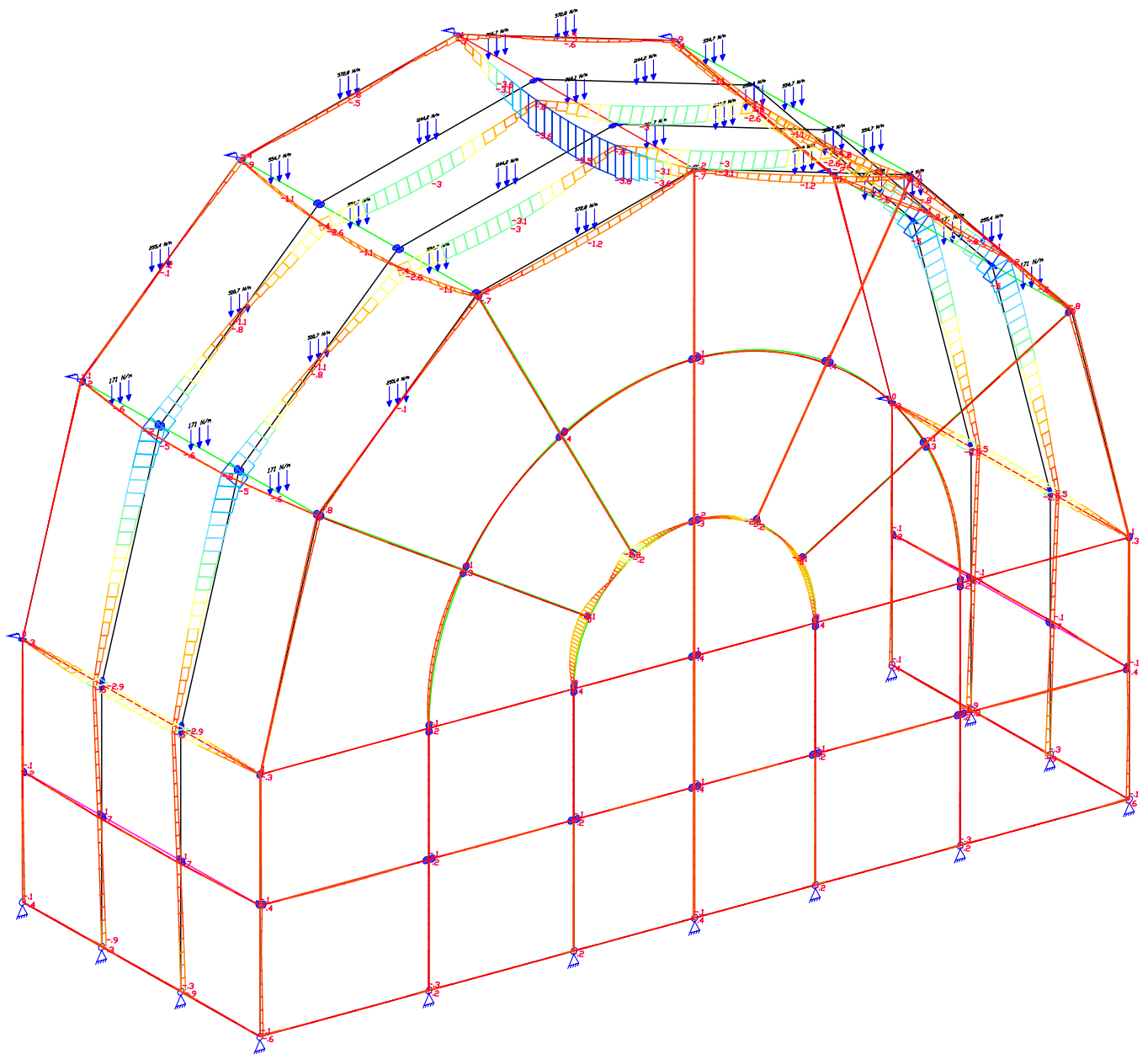
<p>Сечение N 1</p> <p>$E = 10000 \text{ МПа}$ $G = 5000 \text{ МПа}$ $b = 60 \text{ мм}$ $h = 160 \text{ мм}$ $S = 9600 \text{ мм}^2$ $I_{yy} = 20480000 \text{ мм}^4$ $I_{zz} = 2880000 \text{ мм}^4$ $J_{xx} = 23360000 \text{ мм}^4$ $R = 1948 \text{ кг/м}^3$</p>	<p>3D</p>	<p>Сечение N 2</p> <p>$E = 10000 \text{ МПа}$ $G = 5000 \text{ МПа}$ $b = 120 \text{ мм}$ $h = 160 \text{ мм}$ $S = 19200 \text{ мм}^2$ $I_{yy} = 40960000 \text{ мм}^4$ $I_{zz} = 23040000 \text{ мм}^4$ $J_{xx} = 64000000 \text{ мм}^4$ $R = 1948 \text{ кг/м}^3$</p>	<p>3D</p>	<p>Задача 3D</p> <p>Ферма/Рама (0/1) 1 Плотность узлов 20 Высота эпюр 20 На деформ. оси 30 Значения (0/1) 1</p>
<p>Сечение N 3</p> <p>$E = 10000 \text{ МПа}$ $G = 5000 \text{ МПа}$ $b = 60 \text{ мм}$ $h = 110 \text{ мм}$ $S = 6600 \text{ мм}^2$ $I_{yy} = 6655000 \text{ мм}^4$ $I_{zz} = 1980000 \text{ мм}^4$ $J_{xx} = 8635000 \text{ мм}^4$ $R = 1948 \text{ кг/м}^3$</p>	<p>3D</p>	<p>Сечение N 4</p> <p>$E = 10000 \text{ МПа}$ $G = 5000 \text{ МПа}$ $b = 60 \text{ мм}$ $h = 80 \text{ мм}$ $S = 4800 \text{ мм}^2$ $I_{yy} = 2560000 \text{ мм}^4$ $I_{zz} = 1440000 \text{ мм}^4$ $J_{xx} = 4000000 \text{ мм}^4$ $R = 1948 \text{ кг/м}^3$</p>	<p>3D</p>	

Максимальные напряжения от изгиба и растяжения-сжатия S_{xmax}



S_{xmax}, MPa	Сечение N 1	3D	Сечение N 2	3D	Задача 3D
	E = 10000 МПа G = 5000 МПа b = 60 мм h = 160 мм S = 9600 мм ² I _{yy} = 20480000 мм ⁴ I _{zz} = 2880000 мм ⁴ J _{xx} = 23360000 мм ⁴ R = 1948 кг/м ³		E = 10000 МПа G = 5000 МПа b = 120 мм h = 160 мм S = 19200 мм ² I _{yy} = 40960000 мм ⁴ I _{zz} = 23040000 мм ⁴ J _{xx} = 64000000 мм ⁴ R = 1948 кг/м ³		
	Сечение N 3 E = 10000 МПа G = 5000 МПа b = 60 мм h = 110 мм S = 6600 мм ² I _{yy} = 6655000 мм ⁴ I _{zz} = 1980000 мм ⁴ J _{xx} = 8635000 мм ⁴ R = 1948 кг/м ³		Сечение N 4 E = 10000 МПа G = 5000 МПа b = 60 мм h = 80 мм S = 4800 мм ² I _{yy} = 2560000 мм ⁴ I _{zz} = 1440000 мм ⁴ J _{xx} = 4000000 мм ⁴ R = 1948 кг/м ³		Элементов 1688 Узлов 1633 Уравнений 9798 Ширина ленты 108 Размер МЖ 818085

Минимальные напряжения от изгиба и растяжения-сжатия S_{xmin}



S_{xmin}, MPa	Сечение N 1	3D	Сечение N 2	3D	Задача 3D
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: red; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: orange; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: yellow; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: lightgreen; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: cyan; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: blue; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: darkblue;"></div> </div> <p>.1 -0.5 -1 -1.6 -2.2 -2.8 -3.3 -3.9 -4.5 -5.1 -5.6</p> <p>www.karkasa.narod.ru</p>	<p>E = 10000 МПа G = 5000 МПа b = 60 мм h = 160 мм S = 9600 мм² I_{yy} = 20480000 мм⁴ I_{zz} = 2880000 мм⁴ J_{xx} = 23360000 мм⁴ R = 1948 кг/м³</p>		<p>E = 10000 МПа G = 5000 МПа b = 120 мм h = 160 мм S = 19200 мм² I_{yy} = 40960000 мм⁴ I_{zz} = 23040000 мм⁴ J_{xx} = 64000000 мм⁴ R = 1948 кг/м³</p>		
	Сечение N 3	3D	Сечение N 4	3D	Элементов 1688 Узлов 1633 Уравнений 9798 Ширина ленты 108 Размер МЖ 818085
	<p>E = 10000 МПа G = 5000 МПа b = 60 мм h = 110 мм S = 6600 мм² I_{yy} = 6655000 мм⁴ I_{zz} = 1980000 мм⁴ J_{xx} = 8635000 мм⁴ R = 1948 кг/м³</p>		<p>E = 10000 МПа G = 5000 МПа b = 60 мм h = 80 мм S = 4800 мм² I_{yy} = 2560000 мм⁴ I_{zz} = 1440000 мм⁴ J_{xx} = 4000000 мм⁴ R = 1948 кг/м³</p>		