

Техническая справка № 245/ЦП от 14.10.2019г.

Расчет на прочность узлов соединения на МРД

1. Расчет на прочность винтов М10

Таблица 1 – Результаты расчета на прочность винтов М10 из стали 30ХГСА от эксплуатационной растягивающей силы

Наименование параметра	Значение параметра
Максимальная эксплуатационная растягивающая нагрузка, действующая на кронштейн T_p , кгс	3916,84
Количество винтов, шт.	12
Эксплуатационная нагрузка на один винт P_o , кгс	326,4
Момент затяжки M_k , кгс·мм	3000
Усилие затяжки Q_o , кгс $Q_o = M_k / fd$; $f=0,2$ – коэффициент трения d – диаметр винта	1500
Площадь сечения винта F , мм ²	52,29
Напряжение от затяжки в сечении винта $\sigma_1 = \frac{Q_o}{F}$, кгс/мм ²	28,7
Напряжения кручения в сечении винта $\tau_1 = \frac{M_k}{0,2 \cdot d^3}$, кгс/мм ²	27,6
Результирующие напряжения $\sigma_{эkv.} = \sqrt{\sigma_1^2 + 3 \cdot \tau_1^2}$, кгс/мм ²	55,8
	2143 > 326,4 раскрытия стыка не происходит
Полное усилие на винт с учетом расчетной нагрузки (P_o^p) и усилия затяжки (Q_o) $P_{p.} = Q_o + k \cdot P_{o.}^p$, кгс $k=0,3$ – коэффициент основной нагрузки	1598,92

Продолжение таблицы 1

Напряжение растяжения в сечении винта от максимальной нагрузки $\sigma_2 = \frac{P_p}{F}$, кгс/мм ²	30,56
Результирующие напряжения $\sigma_{экр.} = \sqrt{\sigma_2^2 + 3 \cdot \tau_1^2}$, кгс/мм ²	56,74
Запас прочности $n = \frac{\sigma_T}{\sigma_{экр.}}$ $\sigma_T = 85$ кгс/мм ² – предел текучести для материала винта (сталь 30ХГСА)	1,49

Таблица 2 – Результаты расчета на прочность винтов М10 из стали 30ХГСА от эксплуатационной сдвигающей силы

Наименование параметра	Значение параметра
Максимальная эксплуатационная сдвигающая нагрузка, действующая на кронштейн $T_{сдв}$, кгс	3963,41
Количество винтов, шт.	12
Эксплуатационная сдвигающая сила на один винт P_v , кгс	330,3
Напряжение среза для винта $\tau_{ср}$, кгс/мм ² ; $\tau_{ср} = \frac{T}{F} = \frac{T}{\pi \cdot r^2}$ $F = 52,29$ мм ² – площадь сечения винта	6,32
Запас прочности по напряжениям среза $\eta = \frac{[\tau_{ср}]}{\tau_{ср}}$ $[\tau_{ср}] = 0,6\sigma_B = 0,6 \cdot 110 = 66$ кгс/мм ² $\sigma_B = 110$ кгс/мм ² – предел прочности стали 30 ХГСА	10,4

В материалах наружной оболочки и кронштейна от $T_{сдв}$ возникают напряжения смятия:

- в кронштейне

$$\sigma_{см} = \frac{T}{t \cdot d} \left(2,5 + \frac{1}{2} \cdot \frac{0,5 \cdot l}{t} \right) = \frac{330,3}{20 \cdot 10} \left(2,5 + \frac{1}{2} \cdot \frac{0,5 \cdot 20}{20} \right) = 4,54 \text{ кгс/мм}^2$$

где $l=20$ мм – толщина наружной оболочки (с коробом)

$t=20$ мм – толщина полки кронштейна;

$d=10$ мм – диаметр винта.

Запас прочности по напряжениям смятия

- сталь 20

$$\eta = \frac{[\sigma_{\text{см}}]}{\sigma_{\text{см}}} = \frac{55,64}{4,54} > 10,$$

- сталь 30

$$\eta = \frac{[\sigma_{\text{см}}]}{\sigma_{\text{см}}} = \frac{66,3}{4,54} > 10,$$

где $[\sigma_{\text{см}}]=1,3\sigma_{\text{в}}$, кгс/мм² – предел прочности при смятии материала кронштейна;

$\sigma_{\text{в}}=42,8$ кгс/мм² – предел прочности стали 20; $\sigma_{\text{в}}=51$ кгс/мм² – стали 30.

- в наружной оболочке

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{T_{\text{сдв}}}{0,5l \cdot d} = \frac{330,3}{0,5 \cdot 20 \cdot 10} = 3,3 \text{ кгс/мм}^2$$

Запас прочности по напряжениям смятия

$$\eta = \frac{[\sigma_{\text{см}}]}{\sigma_{\text{см}}} = \frac{49,7}{3,3} > 10,$$

где $[\sigma_{\text{см}}]=49,7$ кгс/мм² – разрушающее напряжение углепластика на основе углеродной нити М46, пропитанной эпоксидным связующим в кольцевом направлении.

2. Расчет болтов М20 из стали 30ХГСА

Таблица 3 – Расчет болтов М20

Наименование параметра	Значение параметра
Максимальная эксплуатационная сдвигающая нагрузка, действующая на кронштейн $T_{\text{сдв}}$, кгс	3963,41
Количество болтов, шт.	8
Эксплуатационная сдвигающая сила на один болт $P_{\text{с}}$, кгс	495,43
Напряжение среза для болта $\tau_{\text{ср}}$, кгс/мм ² ;	0,55

$\tau_{cp} = \frac{T}{F} = \frac{T}{\pi \cdot r^2}$ $F=900,46 \text{ мм}^2 - \text{площадь сечения болта}$	
Запас прочности $\eta = \frac{[\tau_{cp}]}{\tau_{cp}}$ $[\tau_{cp}] = 0,6\sigma_B = 0,6 \cdot 110 = 66 \text{ кгс/мм}^2$	>10

3. Расчет напряженно-деформированного состояния МРД с учетом изменившихся условий закрепления

Таблица 4 – Максимальные напряжения в элементах конструкции

Элемент конструкции	Максимальные напряжения сжатия (-)/растяжения (+), кгс/мм ²	Предел прочности материала кгс/мм ²	Запас прочности по отношению к разрушающему напряжению материала η
Наружная оболочка	-3,0...+2,89	-49,7...+115	>10
Внутренняя оболочка			
основа	-29,3...+28,7	-58,2...+79,1	«-»1,99...«+»2,8
уток	-3,89...+3,59	-19,7...+33,2	«-»5,06...«+»9,25
Короб			
наружная стенка	-3,0...+2,89		>10
внутренняя стенка	-19,2...+23,5	-49,7...+115	«-»2,56...«+»4,89
боковые стенки	-2,04...+2,06		>10
Запас по устойчивости		1,24	
Максимальное перемещение конструкции, мм		1,34	

Деформированное состояние модели приведено на рисунках 1 и 2.

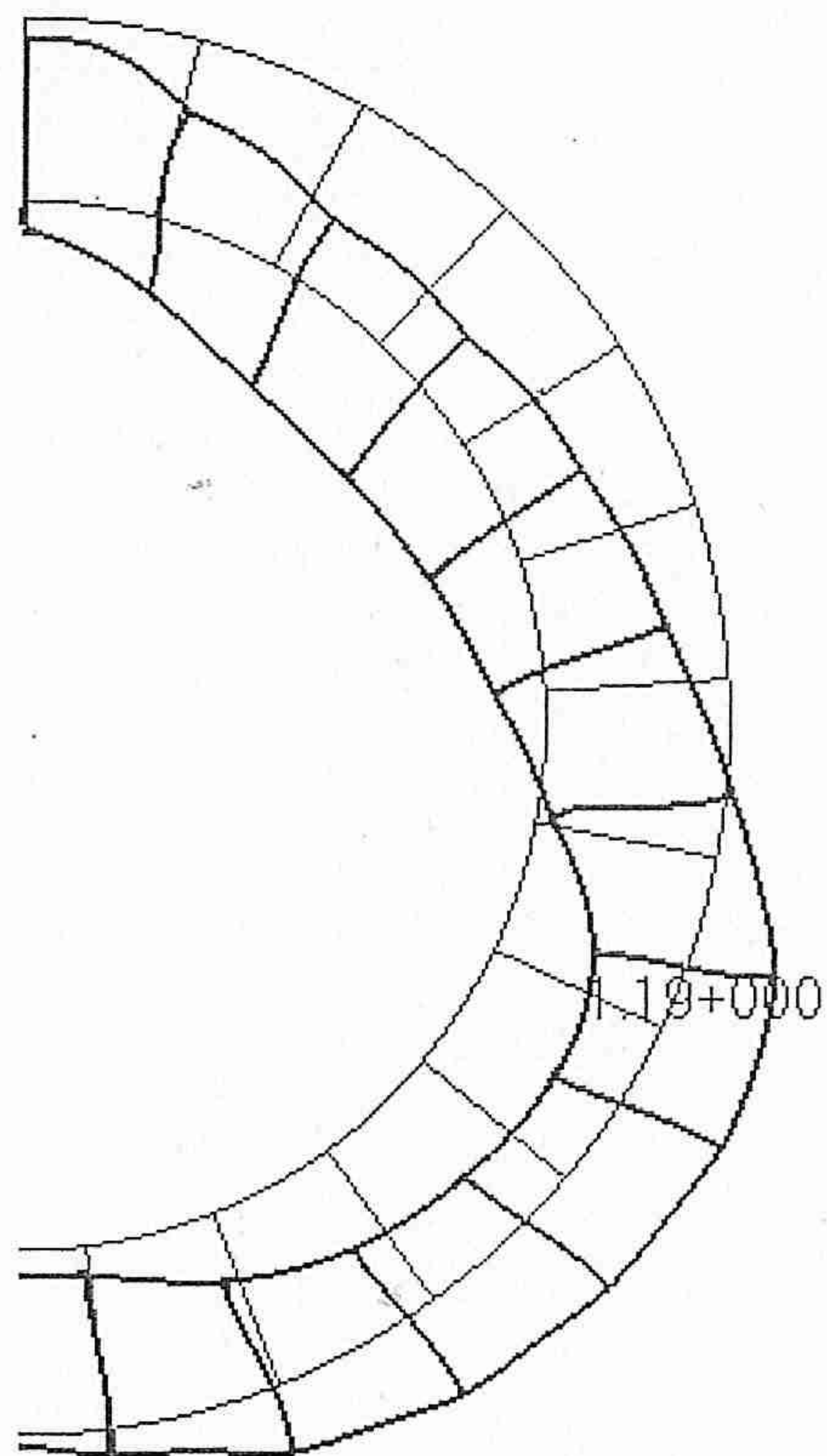
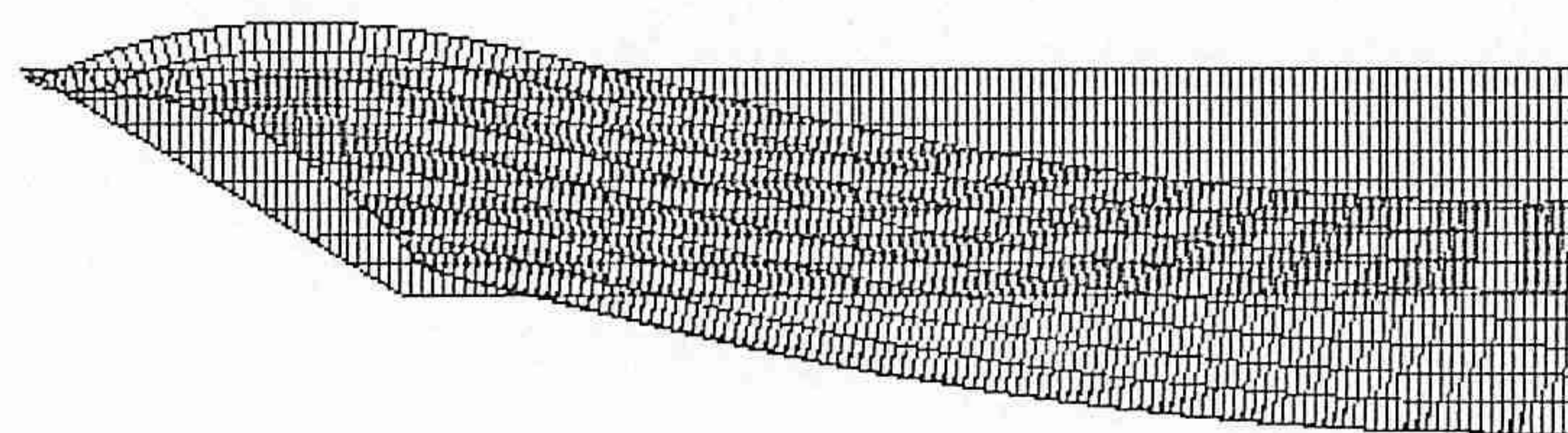


Рисунок 1 – Деформированное состояние модели в поперечном направлении
(среднее сечение по длине изделия)



+

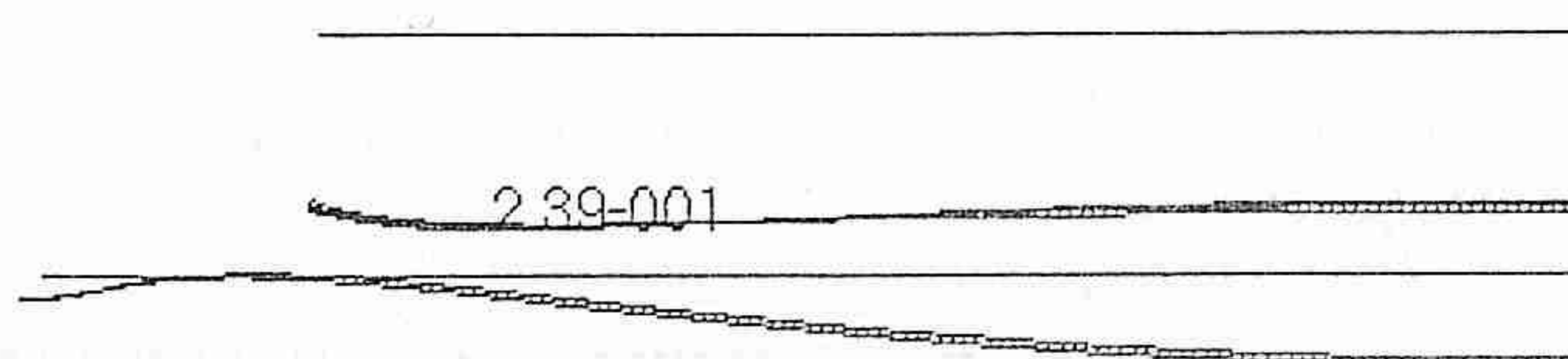


Рисунок 2 – Деформированное состояние модели в продольном направлении

Минимальные запасы прочности элементов конструкции МРД относительно эксплуатационных нагрузок приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Минимальные запасы прочности элементов конструкции

Элемент конструкции	Запас прочности по отношению к разрушающему напряжению материала η
Наружная оболочка	>10
Внутренняя оболочка	
основа	1,99
уток	5,06
Короб	
наружная стенка	>10
внутренняя стенка	2,56
боковые стенки	>10
Кронштейн	>10
Винт М10	1,49
Болт М20	>10

Выводы

Проведенный расчет на прочность узлов крепления силового каркаса МРД к опорным кольцам показал, что все элементы крепления удовлетворяют требованиям ТЗ.

Начальник сектора 911

Инженер отд.91




В.В.Репинский

Н.Л.Заикина