



**Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)**

ФАКУЛЬТЕТ: Специальное машиностроение

КАФЕДРА: Космические аппараты и ракеты-носители

Малогобаритный разгонный блок для ракеты-носителя сверхлёгкого класса

Студент СМ1-81Б:

С.А. Алексеев

Руководитель ВКР:

И.А. Соболев, к.т.н., доцент

Формирование технического задания

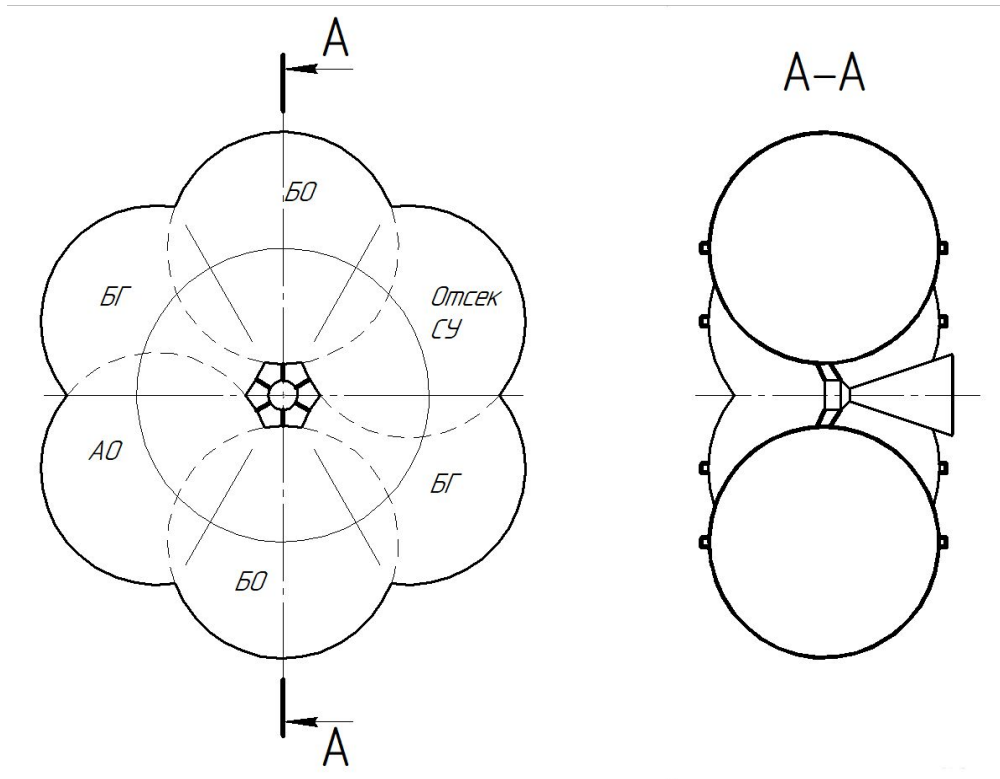
Цель работы:

Спроектировать малогабаритный разгонный блок (МРБ) на основе ЖРД для выведения КА массой $M_{ка} = 250$ кг на целевую орбиту с параметрами $H_{\alpha} = H_{\pi} = 500$ км, $i = 97.4$ град. Также необходимо предотвратить длительное нахождение МРБ в околоземном космическом пространстве после выполнения вывода ПН на целевую орбиту.

Задачи работы:

- Разработать схему выведения ПН на рабочую орбиту;
- Разработать схему сведения МРБ в плотные слои атмосферы;
- Разработать схему довыведения ПН на опорную орбиту и получить суммарный запас характеристической скорости
- Выбрать конструктивно-компоновочную схему МРБ;
- Получить массу МРБ и его элементов;
- Исходя из полученной массы определить объем основных элементов МРБ и их геометрические характеристики;
- Определить ПГС МРБ;
- Получить картину напряжений в несущей оболочке МРБ в комплексе Patran – Nastarn и разработать силовой набор.

Конструктивно-компоновочная схема МРБ



- Близкое расположение баков рождает надобность использования топлив, близких по температурным диапазонам
- Сравнимые объемы баков и ограничение по диаметру ограничивает топливную пару по различию плотностей компонентов
- Форма баков не позволяет использовать вытеснительную систему подачи
- Расположение ДУ близко к центру масс не позволяет использовать качание ДУ для управления

Схематичное изображение несущей оболочки МРБ

Итоги объемного и массового расчета

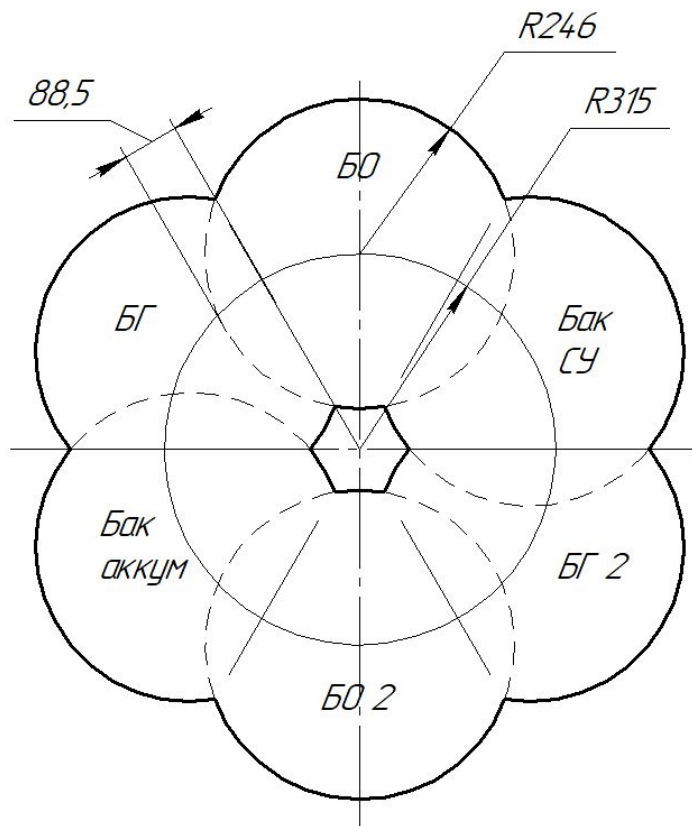
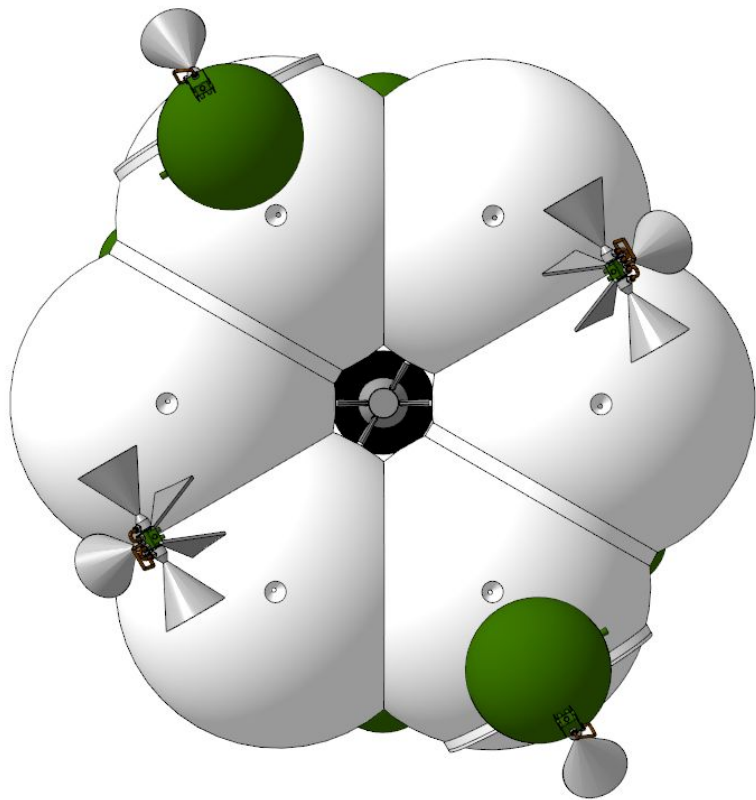


Схема расположения баков

Объект	Масса, кг
МРБ+ПН	633.7
РБ	383.7
Топливо	237.64
Топливные отсеки МРБ	43
ДУ	5
Прочие элементы (СОИС, аккумуляторы, приборы и т.д.)	102

Объект	
Бак окислителя (один)	62
Бак горючего (один)	40.4
Приборный отсек (1)	51.2
Газ вытеснения и наддува	4.2
Окислитель СОИС	10.5
Горючее СОИС	6.7

Внешний вид МРБ

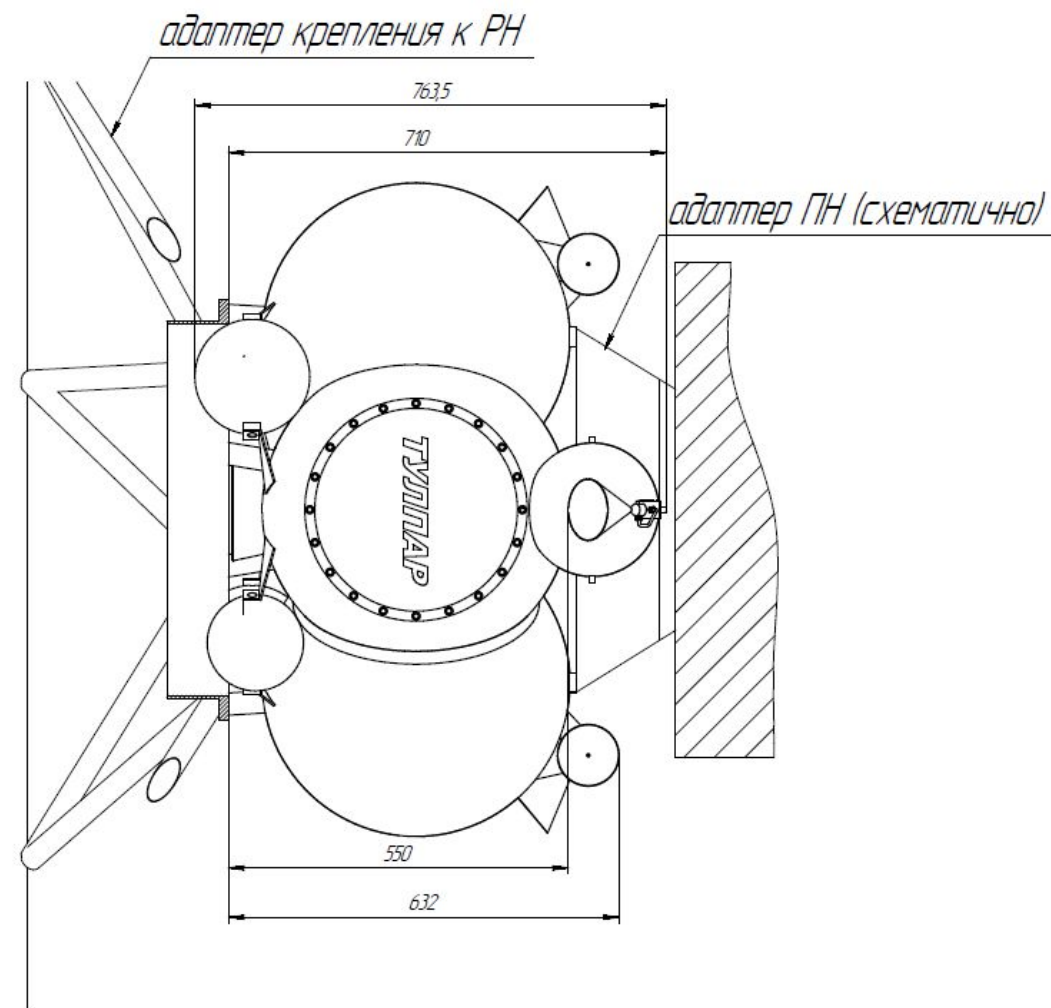
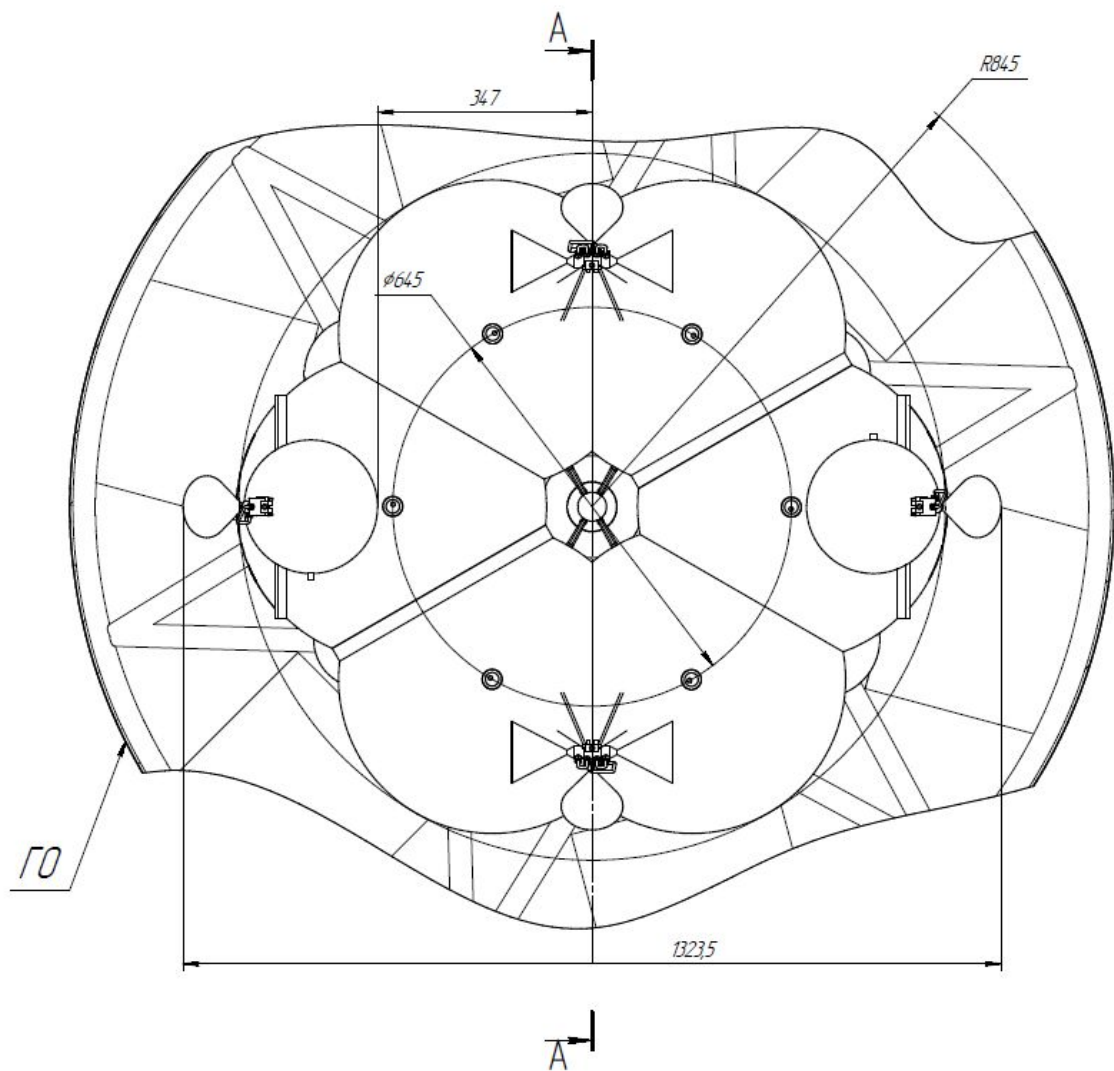


МРБ, вид сверху



МРБ, в изометрии

Вид МРБ под обтекателем РН



Прочностной анализ оболочки МРБ, постановка задачи

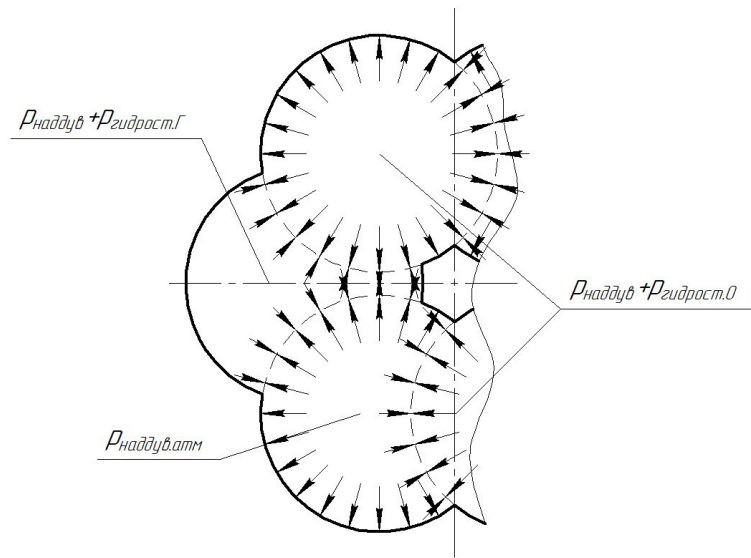
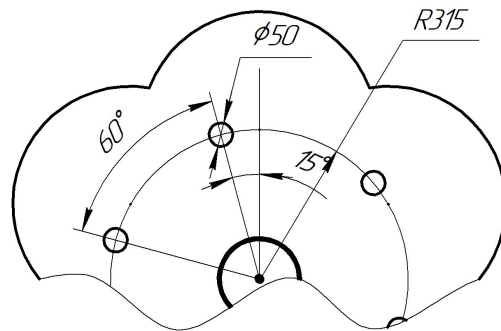
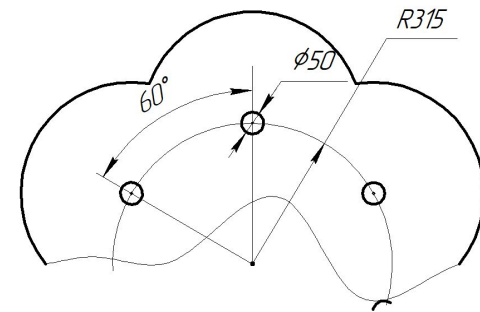


Схема модели для исследования, вид сверху



Схемы крепления адаптера ПН и ПН к оболочке

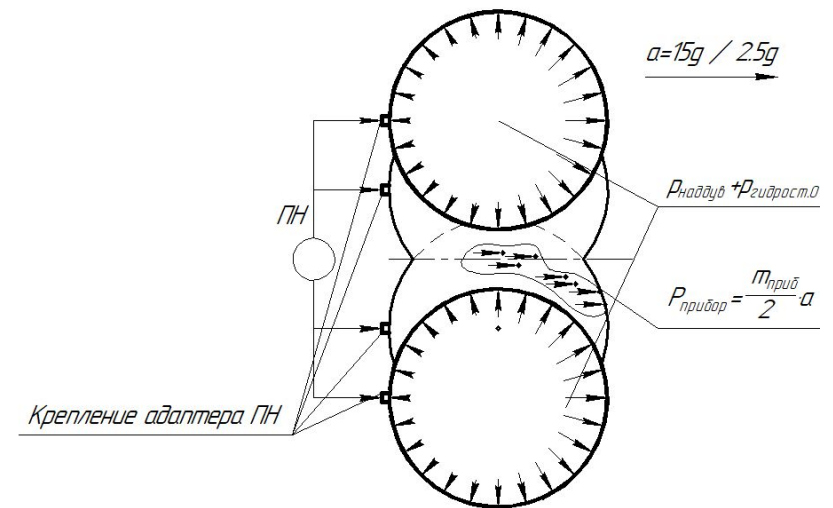


Схема модели для исследования, вид сбоку

Прочностной анализ оболочки МРБ, постановка задачи

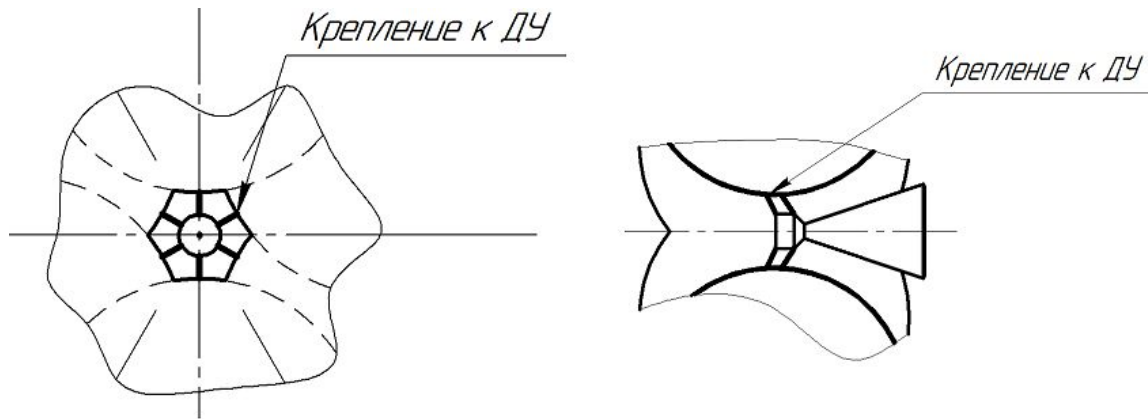
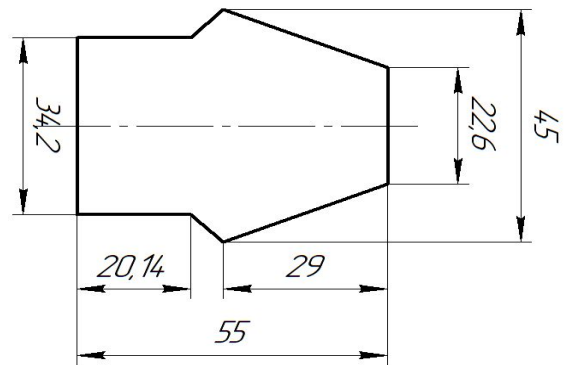


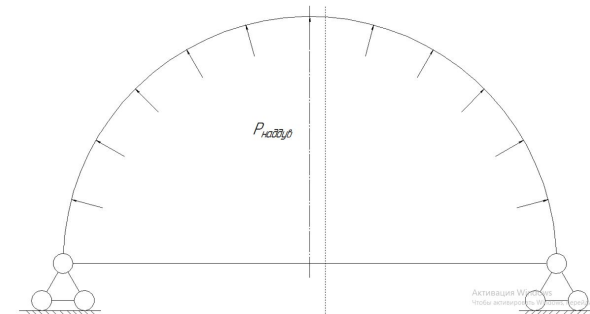
Схема крепления оболочки к ДУ



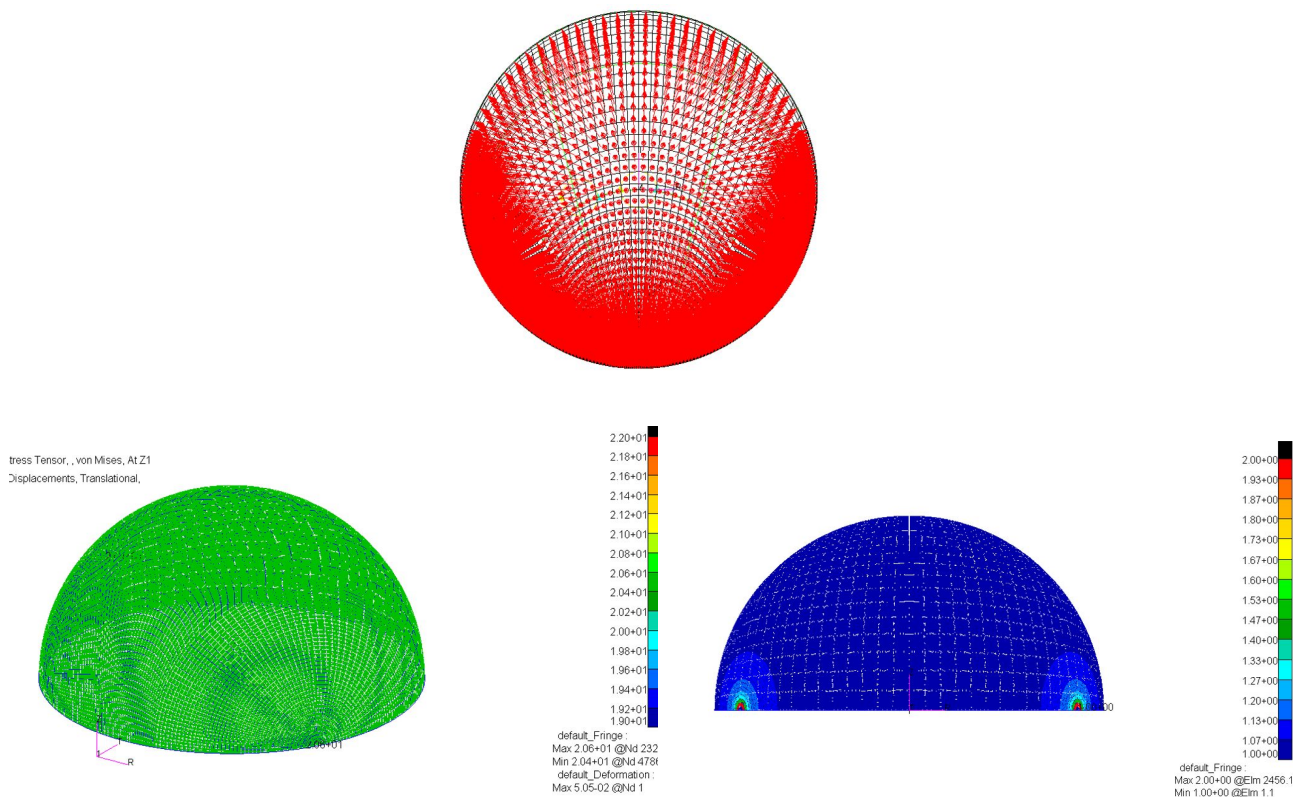
Контур сварки крепления ДУ

Допущения модели:

- крепления различных приборов и мелких элементов конструкции, в том числе и баков СОИС не учитывается
 - не учитывается способ закрепления приборов и аккумуляторов в приборном отсеке
 - не учитывается конструкция адаптеров
- Необходима проверка построения КЭ модели.

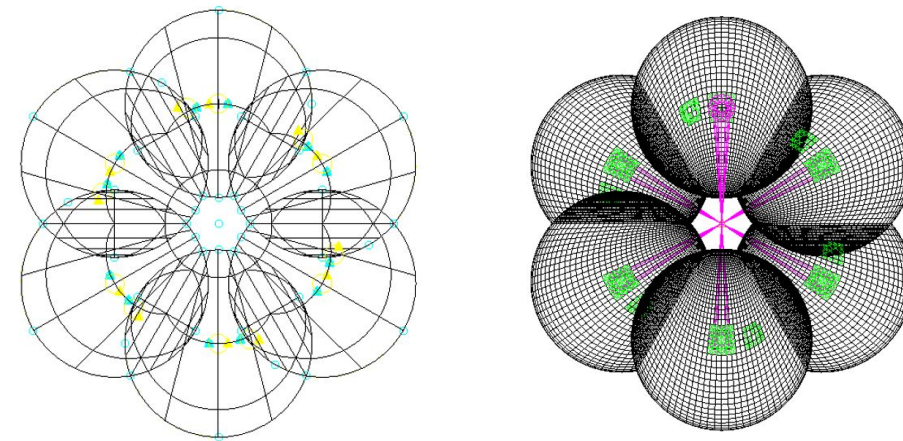


Построение модели



Проверка построения КЭ модели

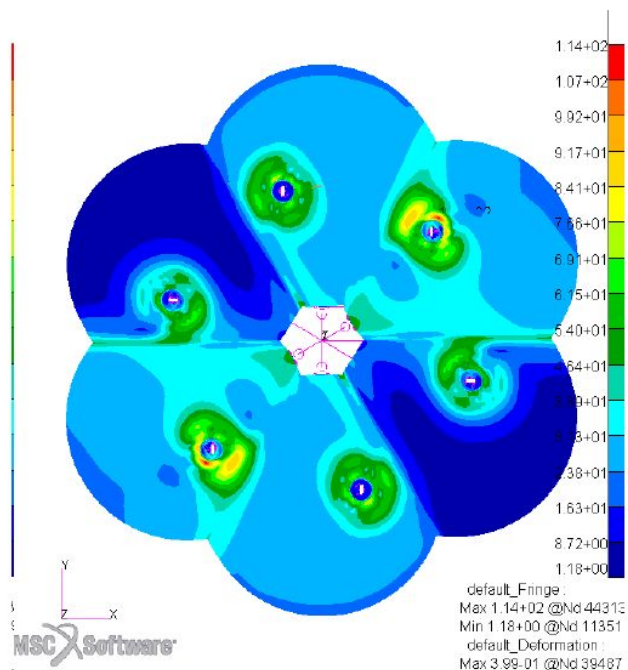
$$\sigma = \frac{p_0 \cdot r}{2 \cdot \delta} = \frac{0.5 \cdot 246}{2 \cdot 3} = 20.5 \text{ Мпа}$$



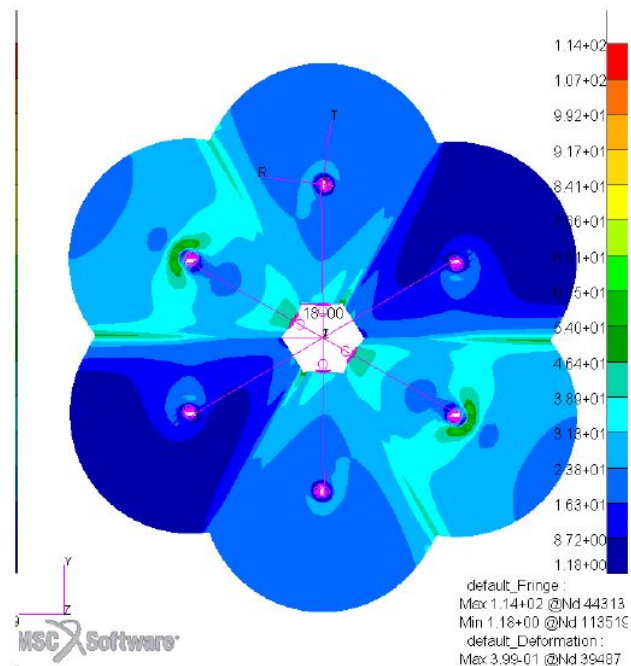
Полная геометрия модели и
КЭ представление модели
(вид сверху)

Результат прочностного анализа оболочки МРБ (при закреплении к РН)

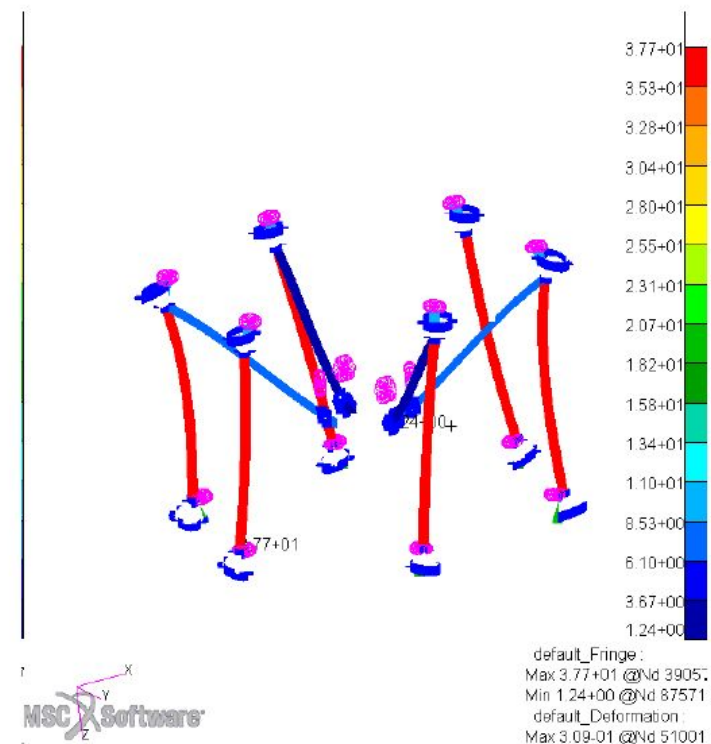
Картина эквивалентных напряжений (вид снизу)



Картина эквивалентных напряжений (вид сверху)



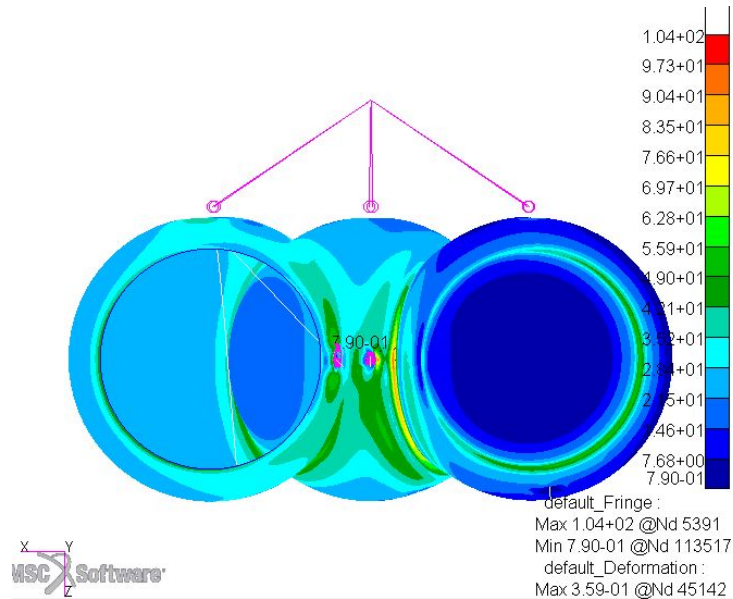
Картина сжимающих напряжений в стержнях (изометрия)



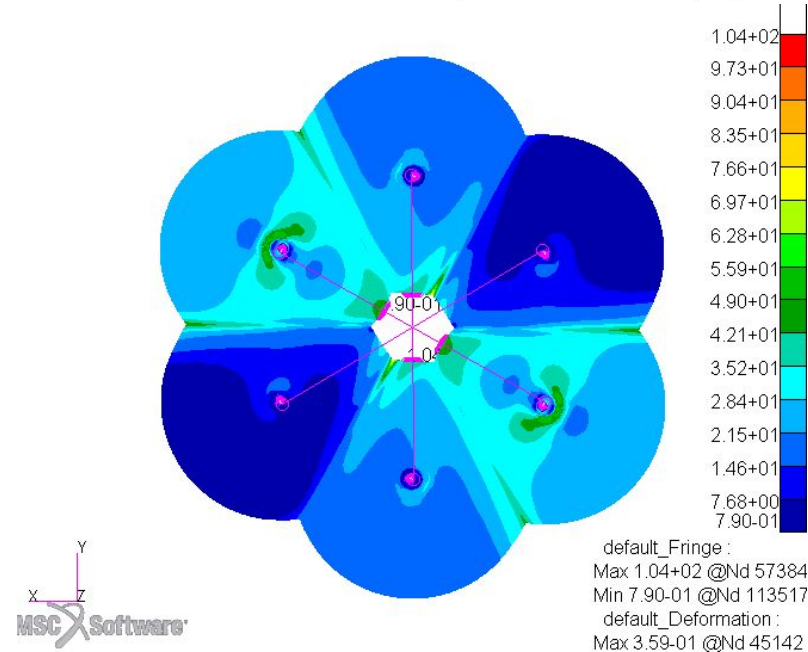
$$\sigma_{\text{ЭКВ}} < \frac{\sigma_{\text{T}}}{[n]} = 115 \text{ МПа}$$

Результат прочностного анализа оболочки МРБ (при полете под действием собственной ДУ)

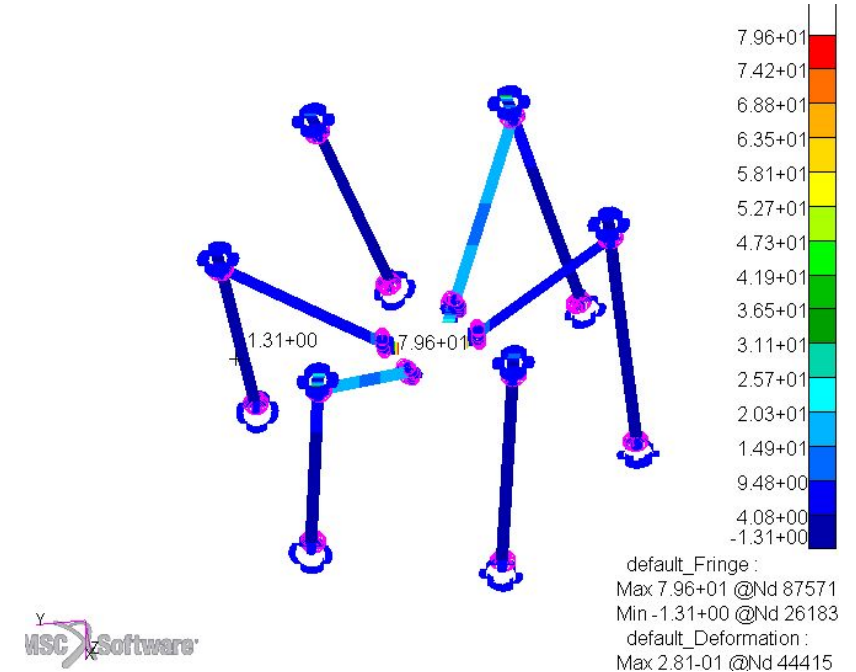
Картина эквивалентных напряжений (вид изнутри)



Картина эквивалентных напряжений (вид сверху)



Картина полных напряжений в стержнях (изометрия)



В ходе исследований был разработан следующий силовой набор:

- Вертикально: 6 труб диаметром 20 мм и толщиной стенки 2 мм. Трубки входят в конические гнезда на каждом конце. При этом, диаметр верха урезанного конуса совпадает с диаметром трубки, а нижний с диаметром закрепления (50 мм)
- От креплений ДУ: Диаметр трубок – 10 мм, толщина стенки 3 мм. Со стороны ПН эти трубы крепятся к трубам силового набора, приведенного ранее. Закрепление происходит в месте входа в гнездо.
- Также были введены шпангоуты на стыках баков окислителя и приборных отсеков

Спасибо за внимание

