|  |  |
| --- | --- |
| *Описание: voenmeh* | МИНОБРНАУКИ РОССИИ  федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  высшего профессионального образования  **«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»**  **(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»)** |
| БГТУ.СМК-Ф-4.2-К5-01 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Факультет |  | А |  | Ракетно-космической техники |
|  |  | шифр |  | наименование |
| Кафедра |  | А3 |  | "Космические аппараты и двигатели" |
|  |  | шифр |  | наименование |

НИР

на тему:

Оценка напряженно-деформированного состояния конструкции корпуса РБ в виде тора

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Выполнил студент группы | | | |  | | А3М32 |
| Буянов Д.О. | | | | | | |
| Фамилия И.О. | | | | | | |
| **РУКОВОДИТЕЛЬ** | | | | | | |
| Евстафьев В.А. | |  |  | | | |
| Фамилия И.О. Подпись | | | | | | |
| Оценка |  | | | |  | |
| «\_\_\_\_\_» |  | | | | 20\_\_\_\_ г. | |

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2017г.

**Оглавление**

Введение………………………………………………………………………….3

1. Описание конструкции тора………………………...………………………..4

2. Моделирование тора в SolidWorks…………………………………………..6

3. Расчет напряжений в торе при помощи Ansys………………………….…..9

4. Разработка конструктивно-компоновочной схемы………………………...11

Заключение……………………………………………………………………...12

Библиографический список……………………………………………………13

**Введение**

В данной работе будет рассмотрен расчет топливного бака РН “Ангара”. В общем случае, при проектирование топливных баков в первую очередь стремятся к максимальной оптимизации массы, также большую роль играет компоновочная схема изделия, так как пространство, отведенное у РН под ПН, весьма ограничено. При этом учитывается и множество других факторов: простота конструкции, технологичность, надежность, герметичность, низкая стоимость.

Критериями оптимизации массы и компоновки являются минимальная из возможных масс и максимальная плотность компоновки. Таким образом, в общем случае, задача оптимизации будет звучать так: при заданных ограничениях найти оптимальное значение массы. В качестве ограничений в первую очередь выступает компоновочная схема баков и всего РБ в целом.

Топливные баки в РКТ всегда являются оболочками вращения, так как в этом случае получается минимальная толщина стенки и как следствие минимальная масса за счет снижения концентраций напряжений. Наибольшую компактность из таких баков имеет несущий торовый бак в сочетании с МДУ, которая к нему крепится по внутреннему диаметру. Топливо ЖРД включает в себя 2 компонента: окислитель и горючее, соответственно, необходимо как минимум 2 бака. В предложенном варианте компоновки с целью увеличения компактности РБ, эти баки будут заключены в один тор. С целью отцентровки ТКА будет сделано 2 бака окислителя и 2 бака горючего, которые попарно будут уравновешивать друг друга, что обеспечит не смещение центра масс ТКА относительно координатных осей, кроме продольной оси. Разделять баки окислителя и баки горючего будут сферические днища.

**1. Описание конструкции тора**

Тор, заключающий в себе топливные баки, позволяет получить высококомпактный разгонный блок. Помимо его основной функции (емкость для хранения топлива), он также выполняет функцию силового элемента РБ. По внутреннему диаметру к нему крепится МДУ, и он воспринимает нагрузки от нее, вызванные действием силы тяги ДУ, а по внешнему диаметру к нему крепится ферма, которая передает нагрузки на тор от наседающей массы КА и собственно самой фермы.

Баки, которые заключает в себе тор, будут изготавливаться из материала марки АМг6, так как данный материал один из наиболее пригодных в силу своих характеристик. Так как количество рабочего тела получится достаточно большим, то целесообразно применять насосную систему подачи топлива из баков в камеру сгорания ДУ. С целью сохранения отцентровки подача топлива будет происходить таким образом, чтобы количество топлива, оставшееся в баках, которые попарно уравновешивают друг друга, было одинаковым.

Как известно, наибольшие напряжения тор испытывает по внутреннему диаметру, поэтому при расчетах толщины стенки максимальная толщина для сохранения прочности конструкции получается в этом месте.

Рассматриваемый тор заключает в себе два бака окислителя и два бака горючего, которые разделяют сферические днища, имеющие одинаковые геометрические параметры. Так как внутреннее избыточное давление в баках окислителя больше, чем в баках горючего, то целесообразно расположить днища выпуклостью в бак горючего, чтобы днища работали на растяжение.

При проектирование сферических днищ стараются найти оптимальное значение между массой и компоновкой, в нашем случае компоновка днища не играет роли, поэтому наиболее выгодно по массе будет сделать днище, радиус кривизны которого будет равен половине радиуса образующей окружности тора. Данное днище будет привариваться к баку окислителя, из-за увеличенного давления в этом баке. В качестве материала для изготовления днища выступает все тот же АМg6.

При создании бака, весь тор будет собран из равных 4 частей, ограниченных фланцами. К этим фланцам будут приварены днища, а также благодаря им произойдет крепление частей между собой. Также эти фланцы будут выступать в качестве силовой части бака, через которую он будет соединен с внутренней поверхностью РБ, и нагрузки, поступающие с двигательной установки, будут от стенки бака передаваться на оболочку РБ через эти фланцы.

В верхней части тора будет располагаться шпангоут, который будет приварен ко всем фланцам, и к которому будет приделана ферма для соединения РБ с бытовым модулем. Так же, для более компактной компоновки, приборный отсек так же будет помещен в тор, гораздо более меньшего диаметра, который будет располагаться над топливным баком. Он будет приварен к тому же шпангоуту, к которому крепится соединительная ферма, и который соединяет между собой 4 фланца бака.

В данной работе в качестве расчетного случая будет выступать случай, когда баки нагружены внутренним давлением. Моделирование будет проводиться в SolidWorks, а рассчитываться напряжения в Ansys.

Исходные данные:

|  |  |
| --- | --- |
| Радиус образующей окружности тора, м: | 1,05 |
| Расстояние от центра образующей окружности до оси вращения тора, м: | 1,2 |
| Материал, из которого изготовлен тор и днища: | АМg6 |
| Максимальное внутреннее избыточное давление в баках окислителя, Па: | 2,5· |
| Максимальное внутреннее избыточное давление в баках горючего, Па: | 2· |

**2. Моделирование тора в SolidWorks**

Посредством программного пакета, создана модель тора, исходя из данных параметров. Из 4 частей тора, представляющих собой данные части (Рис.1) , был собран бак целиком.

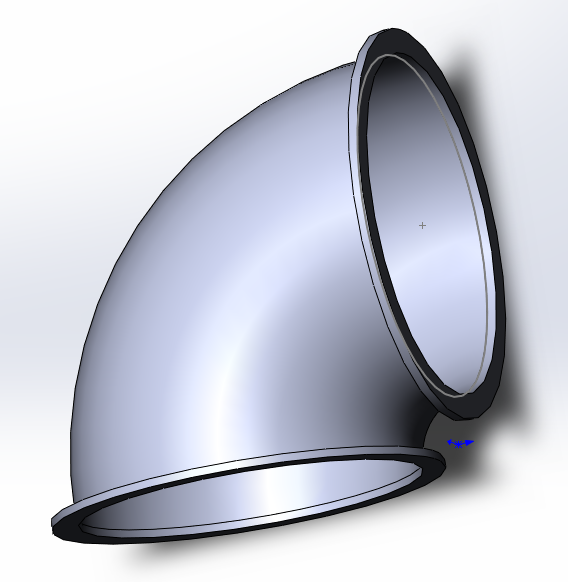


Рисунок 1 – Часть тора

Между этими частями были размещены днища, и в совмещении с 4 частями тора получилась следующая сборка(Рис.2).

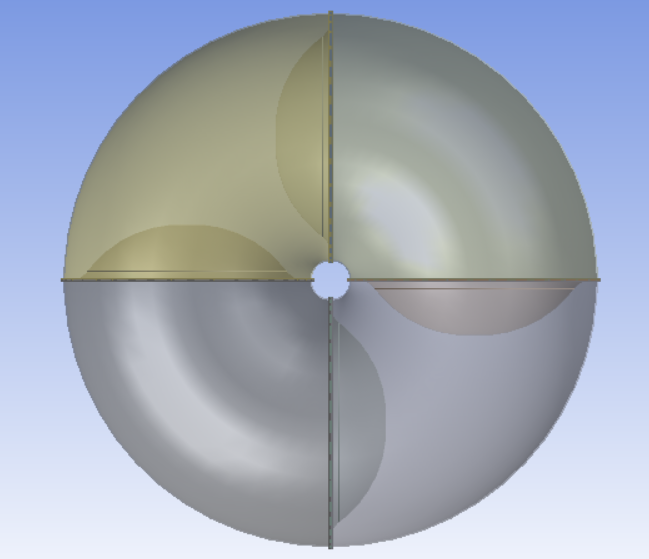
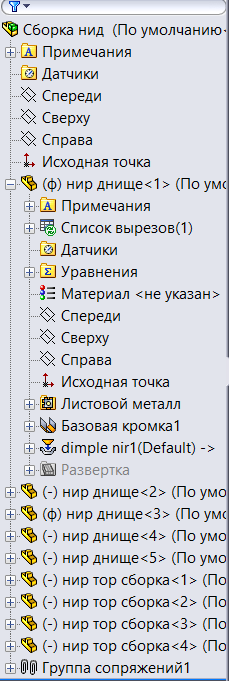


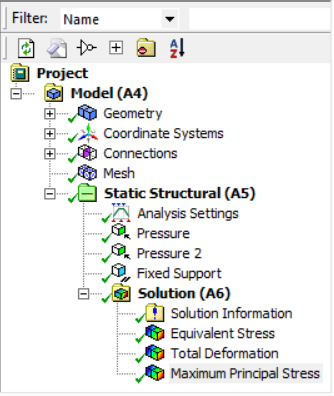
Рисунок 2 - Тор

Итоговое Дерево построения геометрической модели выглядит следующим образом:



**3. Расчет напряжений в торе при помощи Ansys**

Дерево построения в Ansys выглядит следующим образом:

****

Импортируется строительная модель из SolidWorks, строится конечно-элементная секта в разделе Mesh. Далее задаются внутренние избыточные давления в баках окислителя и горючего

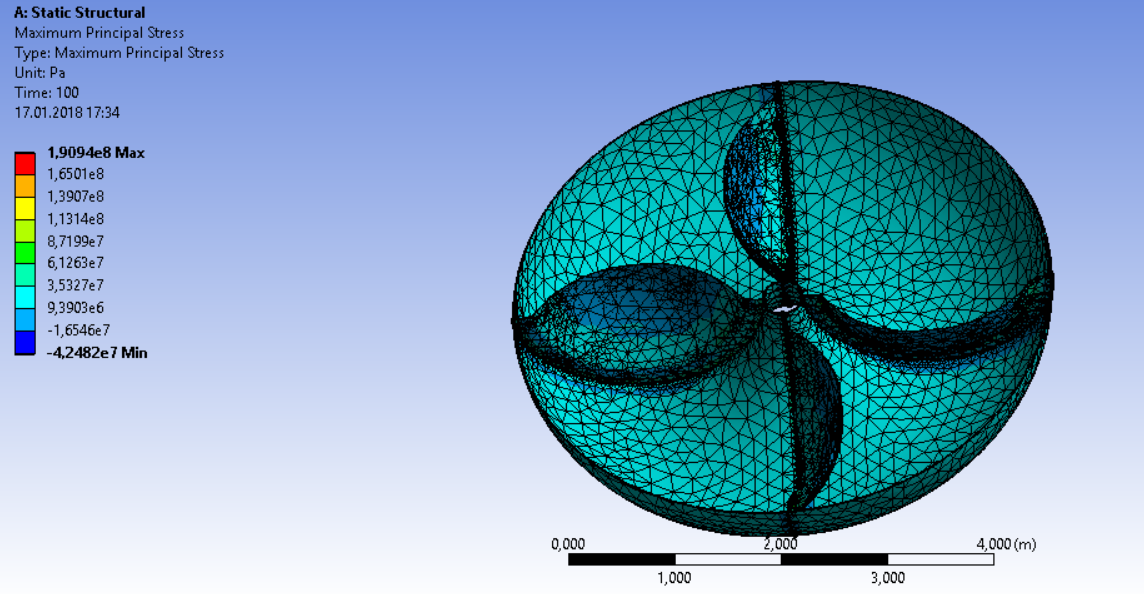
****

Рисунок 3 – Максимальное напряжение торе

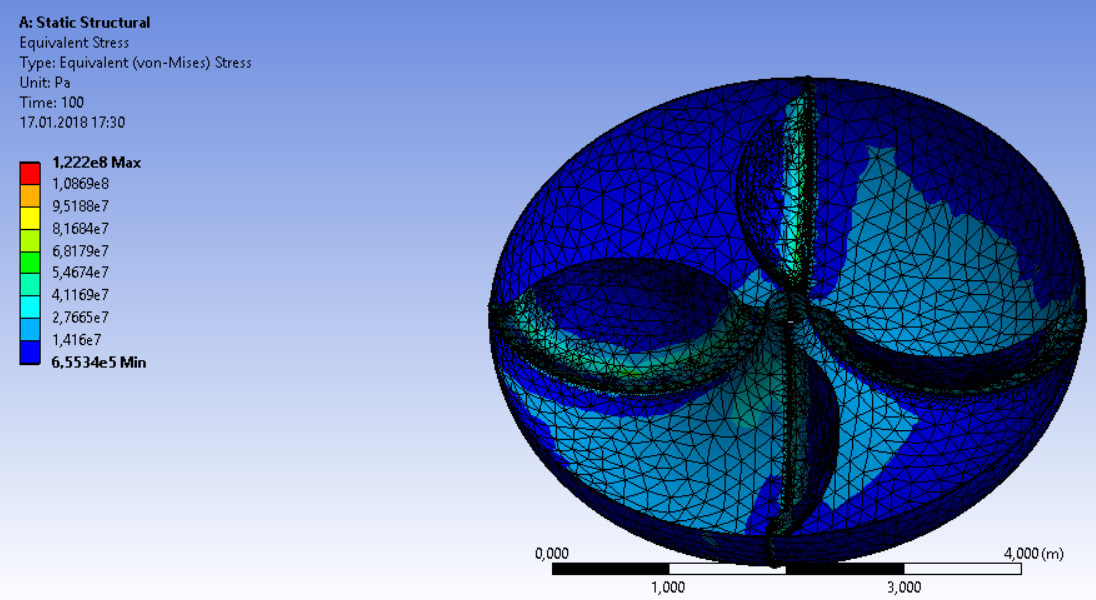
****

Рисунок 4 – Эквивалентное напряжение в торе

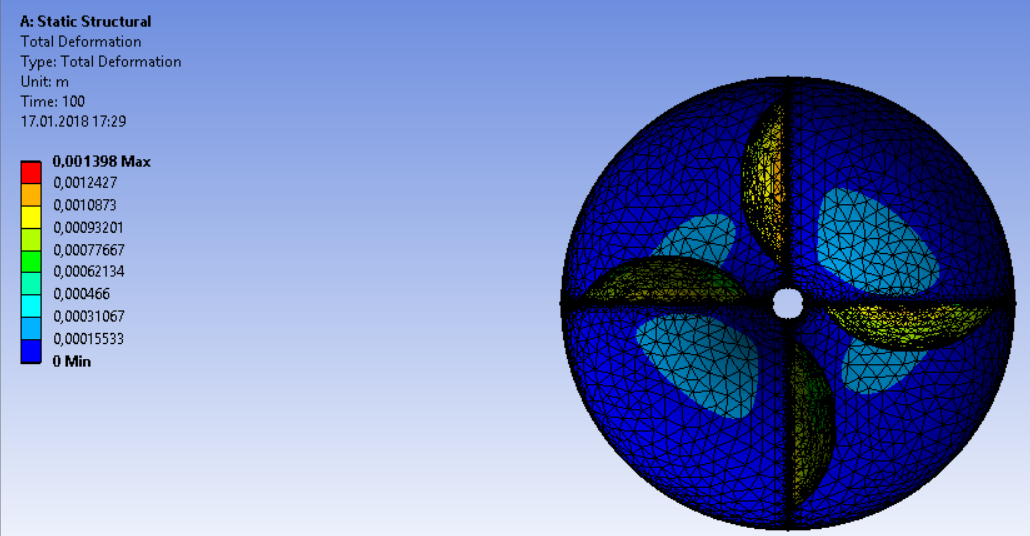


Рисунок 5 – Деформации в торе

**4. Конструктивно компоновочная схема РН**

Разработана конструктивно-компоновочная схема корпуса РБ с более компактной компоновкой за счет наличия торового бака и более выгодного расположения приборного отсека (Рис 3).

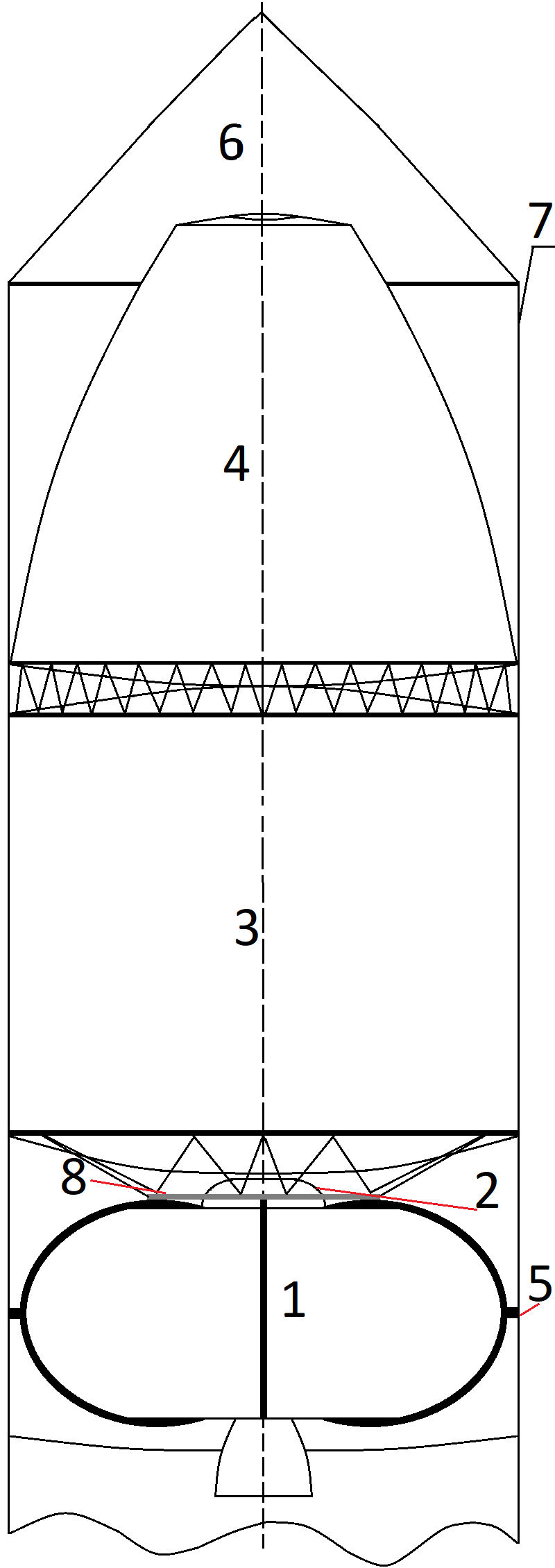


Рисунок 3 – Конструктивно – компоновочная схема. Где:

1-Топливный торовый бак, 2- торовый приборный отсек, 3- бытовой отсек, 4- спускаемый аппарат, 5- кронштейн, 6- обтекатель, 7- корпус ракеты, 8- шпангоут для крепления фермы к баку

**Заключение**

В результате произведенных расчетов получили, что максимальные напряжения в торе действуют в районе внутреннего диаметра. Самое большое напряжение равно 190 МПа, что не превышает предела текучести в 300 МПа, а это значит, что тор достаточно прочный.

Данный результат показывает, что максимальные напряжения действуют по внутреннему диаметру тора, и толщина стенки тора определяется по тому месту, где на тор воздействуют максимальные напряжения.

**Библиографический список**

1. Мишин В.П. Основы конструирование ракет-носителей космических аппаратов. / Б.В. Грабин, О.И. Давыдов, В.И. Жихарев и др. М.: Машиностроение, 1991 – 416 с.

2. Никольский В.В. Основы проектирования автоматических космических аппаратов. / В.В. Никольский; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2007. – 230 с.

3. Евстафьев В.А. Основы конструирования космических аппаратов. / В.А. Евстафьев; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2008. – 95 с.

4. Никольский В.В. Системное проектирование транспортных космических аппаратов. / В.В. Никольский; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2001. – 101 с.

5. Лизин В.Т., Пяткин В.А. Проектирование тонкостенных конструкций: Учеб. пособие для студентов вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2003. – 448с.: ил.