

*Патай А.В.,*

*ведущий инженер-конструктор*

*Филиал ФГУП «ЦЭНКИ»-НИИСК им. В.П. Бармина*

*Россия, г. Москва*

*Ломакин В.В.,*

*старший преподаватель кафедры «Стартовые ракетные комплексы»*

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Россия, г. Москва*

*Кравченко Д.И.*

*студент*

*6 курс, факультет «Приборостроительный»*

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Россия, г. Москва*

**КИНЕМАТИКА МЕХАНИЗМА ОТВОДА УСТРОЙСТВА  
ОТВОДА-ПОДВОДА КОММУНИКАЦИЙ К ВЕРХНИМ СТУПЕНЯМ  
РАКЕТ ТЯЖЕЛОГО И СВЕРХТЯЖЕЛОГО КЛАССА**

*Аннотация:* В статье рассмотрена кинематика механизма отвода устройства, совмещающего функцию подвода-отвода коммуникаций и их обслуживания, для ракет тяжелого и сверхтяжелого класса. Предложен вариант механизмов привода поворотной мачты и привода отвода БРС.

*Ключевые слова:* ракета космического назначения, ракета-носитель, РКН, механизм, поворотная мачта, кинематика, MSC, Adams.

*Annotation:* In the article, you can find the information about kinematics of the mechanism of the removal device that combines the function of communications' supply-diversion and their maintenance, for the rockets of heavy and superheavy class. The proposed version of the drive rotary and drive removal quick couplings..

**Key words:** *space rocket, launch vehicle, LV, mechanism, the rotatable mast, kinematics, MSC, Adams.*

Ракеты тяжелого и сверхтяжелого класса имеют сложную компоновочную схему и, как правило, отличаются внушительными габаритами. В следствие чего, возникает проблема при предстартовой подготовке ракет космического назначения (РКН), связанная с подачей компонентов ракетного топлива (КРТ), электрических кабелей и обеспечением доступа обслуживающего персонала к ступени ракеты. Как правило, в качестве устройств, обеспечивающих связь ракеты с башней обслуживания, выступают специальные крупногабаритные агрегаты. Конструкция этих агрегатов должна быть достаточно прочной и располагать на себе средства обслуживания и устройства подвода-отвода коммуникаций, а также обеспечивать защиту оборудования в момент пуска РКН.

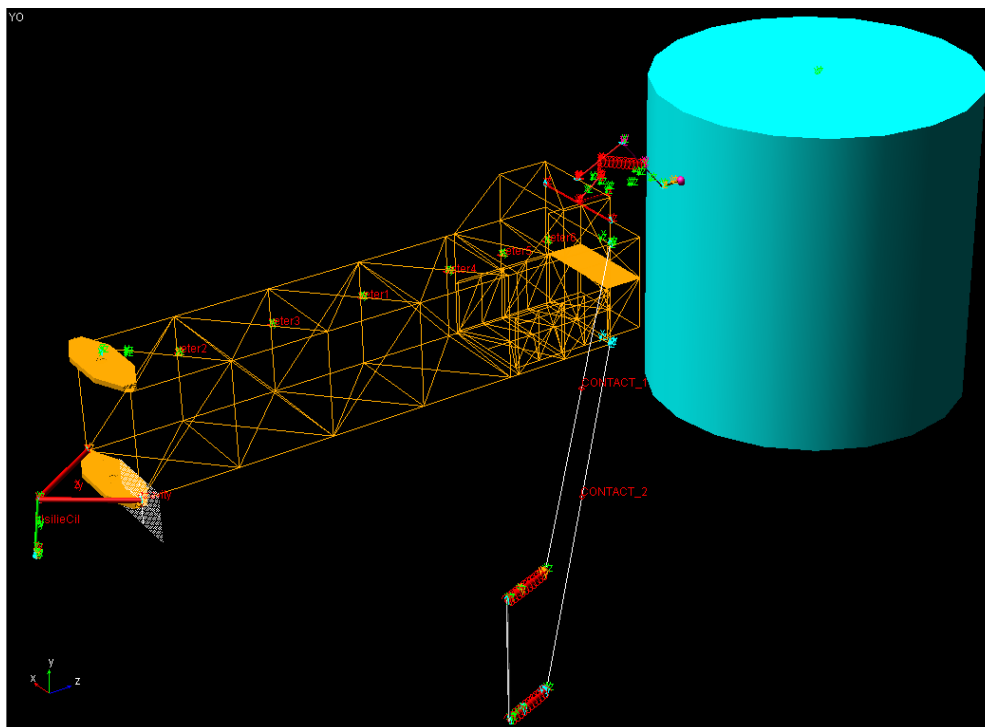
Для сверхтяжелой ракеты класса «Энергия» необходимо разработать устройство подвода-отвода коммуникаций и площадки обслуживания ко второй и третьей ступени, а именно рассмотреть кинематику отвода указанного агрегата и проверить прочность выбранного варианта конструкции в момент удара об демпфер.

Перед проведением кинематического расчета зададимся требованиями к разрабатываемым механизмам, основанными на опыте построения подобных агрегатов для уже существующих РКН:

1. Отвод должен осуществляться с помощью гидравлического или пневматического привода не более, чем за 9 секунд с момента старта РКН;
2. Усилие, которое передается устройством БРС на борт РКН не должно превышать 3.1 кН;
3. Ход БРС в вертикальном положении не более 200 мм, а в горизонтальном не более 300 мм;

4. В конечном положении траектории отвода конструкции предусмотреть демпфирующие устройства для полной остановки агрегата.

Для расчета кинематики отвода агрегата используется программный комплекс MSC Adams. В данном расчете учитывалась работа пневмоцилиндров привода отвода поворотной мачты, гидробуфера БРС, гидробуфера поворотной мачты и движение РКН. Схема расчетной модели приведена на рисунке 1.

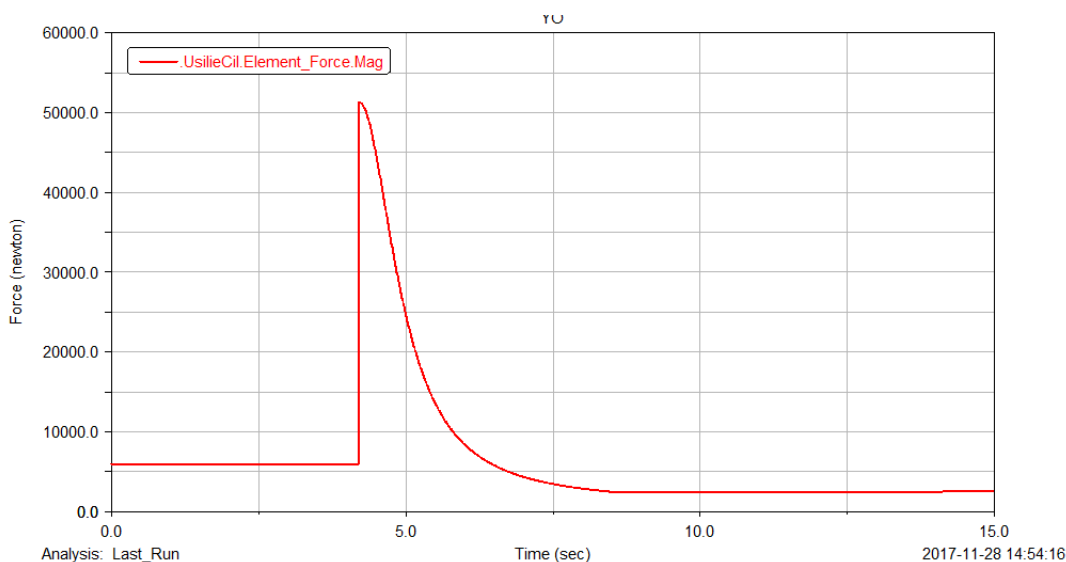


*Рисунок 1 – Схема расчетной модели*

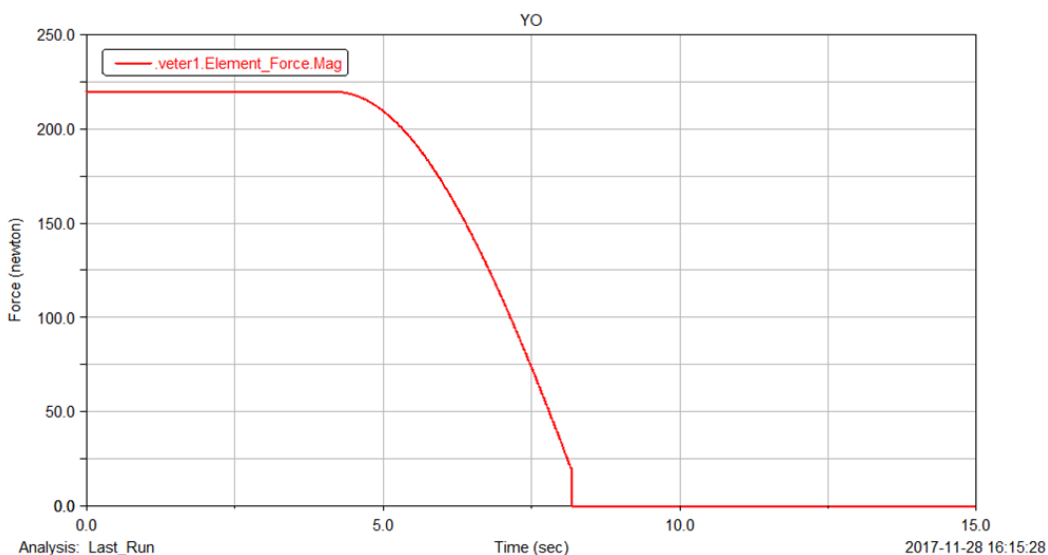
Исходя из вышеуказанных требований, была подобрана оптимальная конструкция привода поворотной мачты, которую приводит в движение пневмоцилиндр. Начальное давление в пневмоцилиндре -  $80 \text{ кгс/см}^2$ , начальный объем -  $24000 \text{ см}^3$ , рабочий ход - 1710 мм. График усилия в пневмоцилиндре приведен на рисунке 2.

Отвод моделируется с учетом ветрового воздействия, вектор скорости которого направлен в сторону отвода.

График ветрового воздействия приведен на рисунке 3.



***Рисунок 2 – Усилие в пневмоцилиндре***



***Рисунок 3 – График изменения ветрового воздействия***

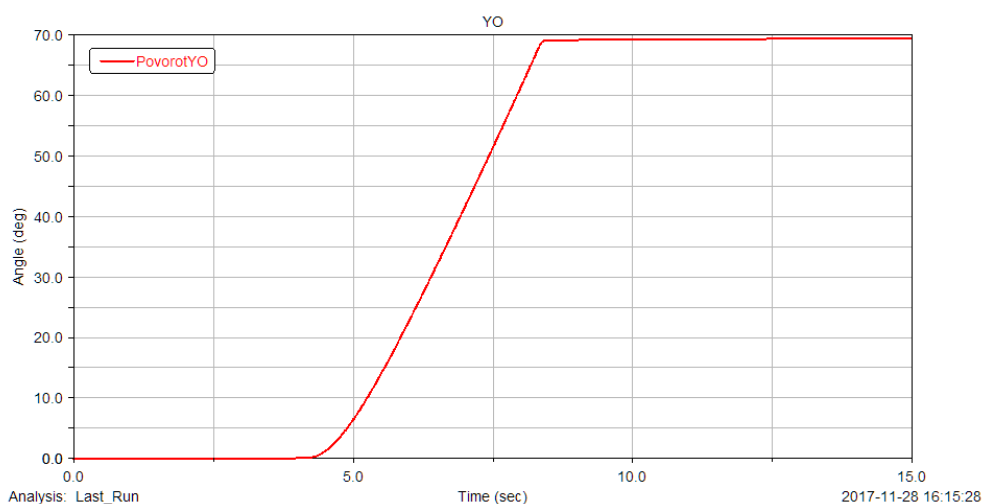
В результате проведенной работы:

Установлено, что, при заданных в исходных данных, внешних воздействующих факторов, выбранная конструкция механизма отвода поворотной мачты, характеристики пневмоцилиндра удовлетворяют предъявляемым к ним требованиям:

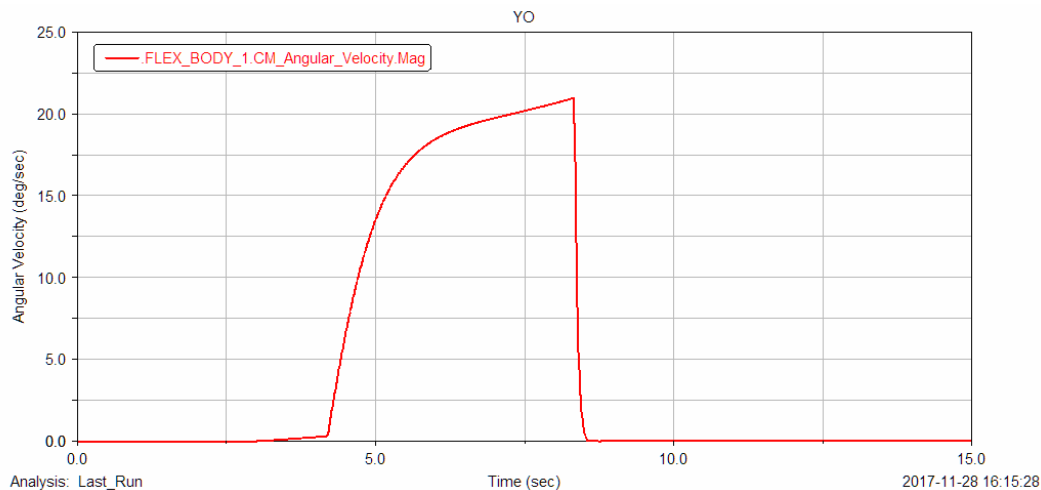
1. Отвод осуществляется в допустимом интервале времени (отвод за 4.44 секунды, допустимо 9 секунд);

2. Усилие со стороны механизма подвода\отвода БРС на борт ракеты не превышает допустимого значения в 320 кгс и составляет 251 кгс;
3. Прочностные характеристики силовой конструкции мачты удовлетворяют условию прочности.

Графики изменения угла отвода и угловой скорости по времени приведены на рисунках 4 и 5.



**Рисунок 11 – График угла поворота мачты**

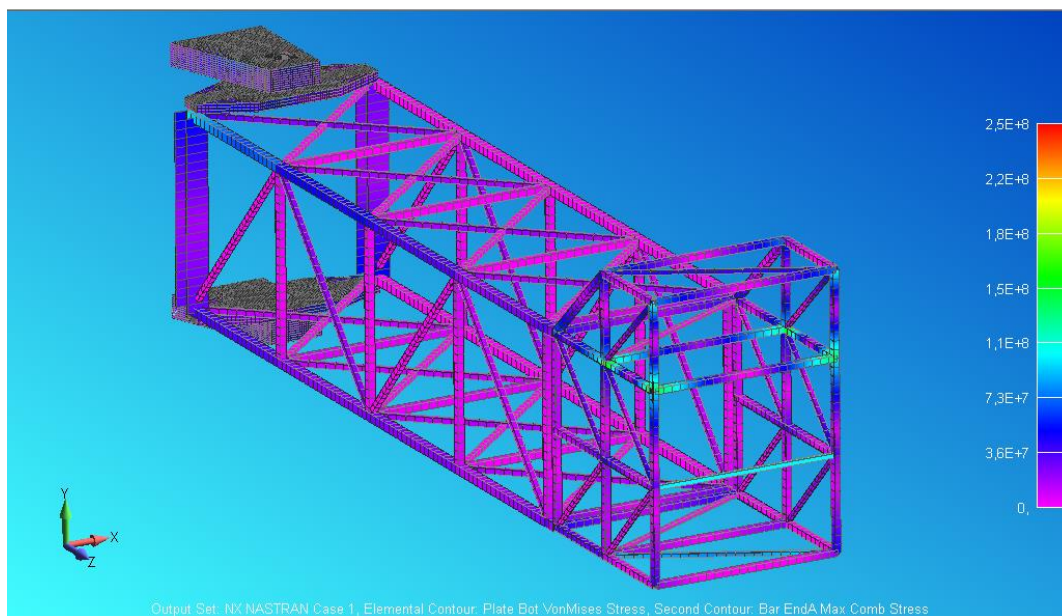


**Рисунок 5 – График угловой скорости поворотной мачты**

Суммарная нагрузка на места контакта поворотной мачты с гидравлическим тормозом в момент удара составляет 66.6 кН.

В соответствии с полученными нагрузками на поворотную мачту в точках контакта с гидравлическими тормозами проведен проверочный расчет на прочность. Результаты расчета показали, что конструкция удовлетворяет

условиям прочности и жесткости. Распределение напряжений в балочных элементах устройства отвода в момент удара представлено на рисунке 6.



**Рисунок 17 – Напряжения в балочных элементах мачты**

### Литература:

1. Бирюков Г.П., Маненков Е.Н., Левин Б.К. «Технологическое оборудование отечественных ракетно-космических комплексов»: учебное пособие для ВУЗов. / Под ред. Фадеева А.С., Торпачева А.В. – М.: РЕСТАРТ, 2012;
2. Рычков С.П. «Моделирование конструкций в среде Femap with NX Nastran» - М.: ДМК Пресс, 2013;
3. Леонтенков А.А., Васильев Г.Ю., Кондаков В.И., Кобелев В.Н., Борисенко В.С., Калмыков А.В., Тихонов Ю.А. «ЦКБТМ 50 лет. Наземное оборудование» / Под ред. Кобелева В.Н. – М., 1997;
4. NASA – George C. Marshall Space Flight Center «Saturn V - Flight Manual SA-507». 1969.