



МГТУ имени Н.Э. Баумана
Студенческая научная весна
Аэрокосмический факультет
май 2020



1. КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ- УТИЛИЗАТОР КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА

Автор:
студент гр. АК1-121 *Стогний Михаил Владимирович*

Руководитель:
д.т.н., профессор каф. СМ-2
Щеглов Георгий Александрович

Москва, 2020

Проблема(-ы)

В процессе освоения космоса человечеством неизбежно возникает космический мусор (КМ), так как ни один запуск РН не обходится без такового. Из-за наличия КМ в околоземном пространстве возникает ряд проблем: затраты топлива на постоянное маневрирование КА с целью избежать столкновения с КМ, невозможность запуска РН в любое время и др.

Задача(-и)

В предыдущих работах [1,2] было подробно рассказано про сам КА и принцип его работы. Основной задачей данной работы является определение нагрузок, возникающих в различных частях КА во время переходных режимов, возникающих в процессе стыковки с КМ, а также выбор параметров системы амортизации манипулятора КА.

Актуальность проблемы

В последние годы широко обсуждается проблема космического мусора, проводятся целые конференции, посвящённые данной проблеме (например, конференция «Космический мусор: фундаментальные и практические аспекты угрозы», проходившая в 2019 г.).

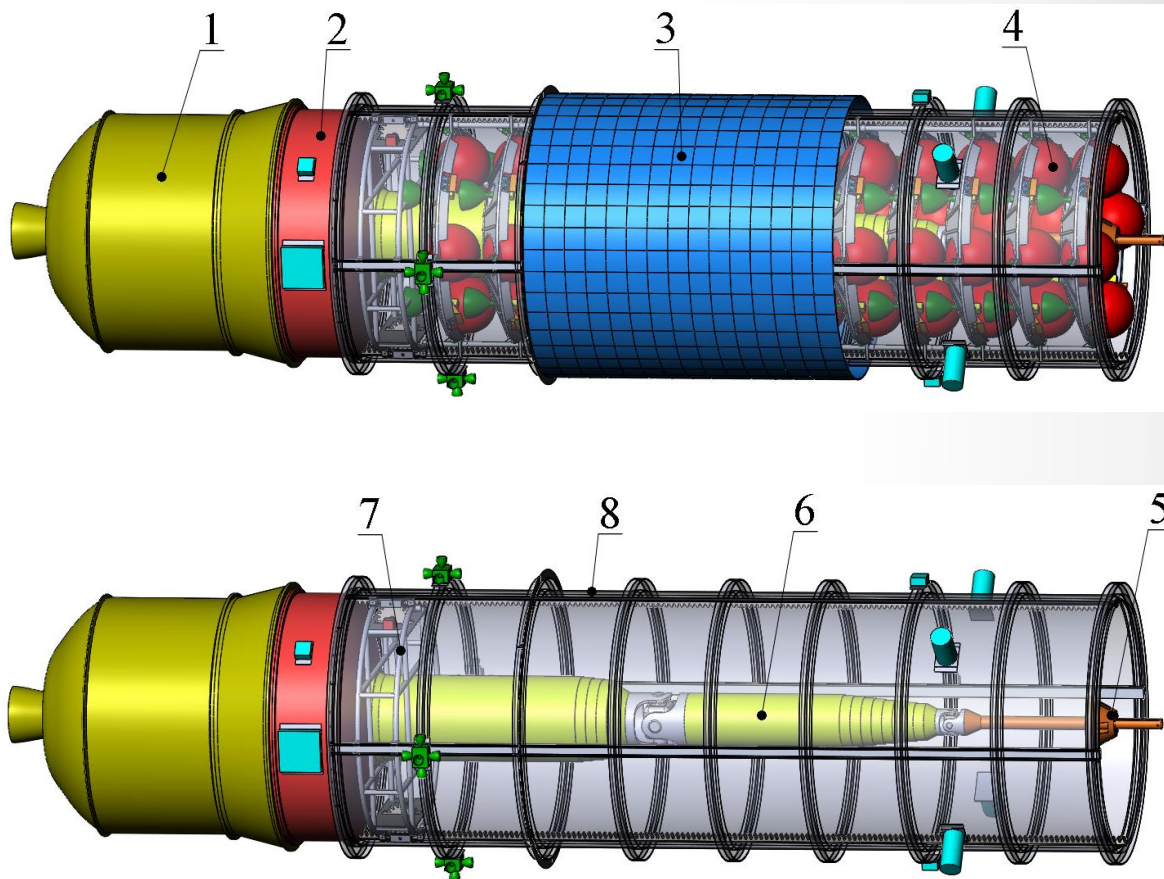
В научных источниках можно найти немало способов решения данной проблемы [3-5]. Однако все эти решения обладают одним из двух недостатков: слишком длительный процесс очистки или чрезмерно большие нагрузки, возникающие в соединениях КА в процессе захвата КМ. Предлагаемое же решение старается найти компромисс между двумя вышеперечисленными недостатками.

Методы исследования

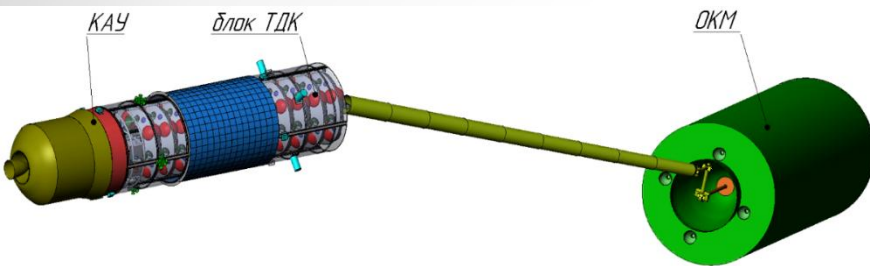
Для определения нагрузок в процессе стыковки КА с КМ было произведено численное моделирование стыковки в программе «MCS Adams».

КА-сборщик (КАС) в транспортном положении

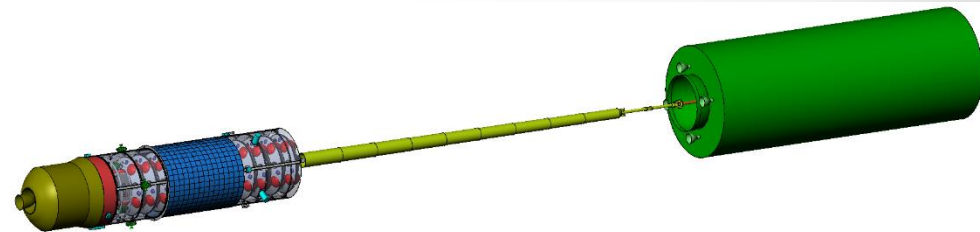
Поз.	Наименование
1	Двигательный отсек
2	Приборно-агрегатный отсек
3	Солнечная панель
4	Связка ТДК
5	Механизм захвата
6	Телескопическая часть манипулятора
7	Каретка
8	Направляющая каретки



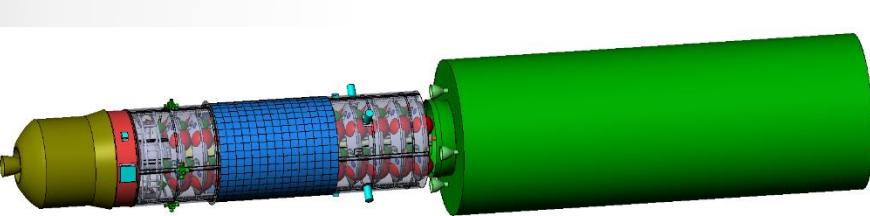
Стадии обслуживания КМ



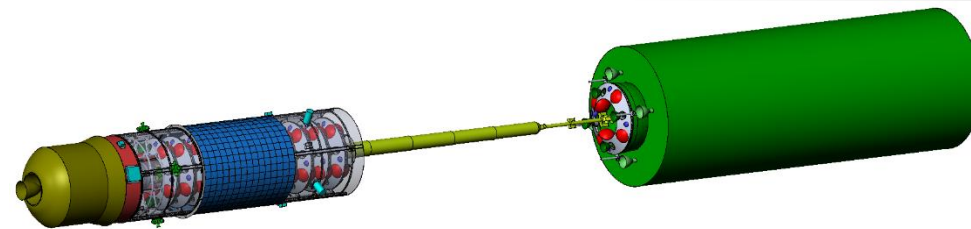
1. Захват



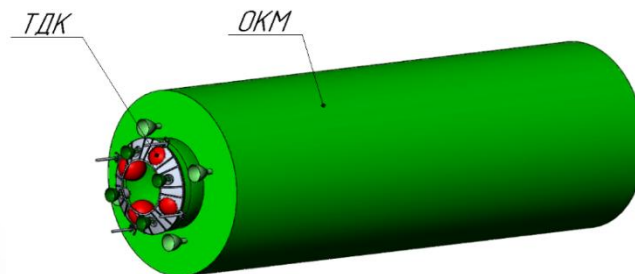
2. Совмещение продольных осей симметрии



3. Стягивание и размещение ТДК

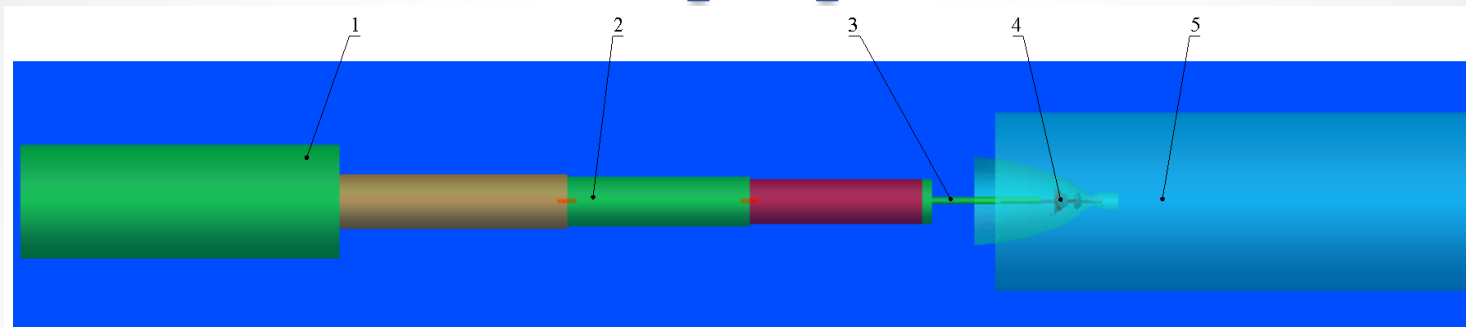


4. Разведение

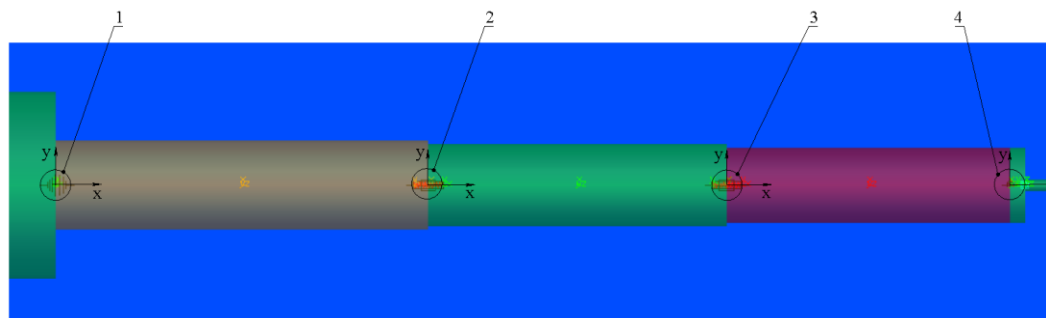


5. Сведение КМ в плотные слои атмосферы Земли посредством ТДК

Расчётная модель в программе «MCS Adams»

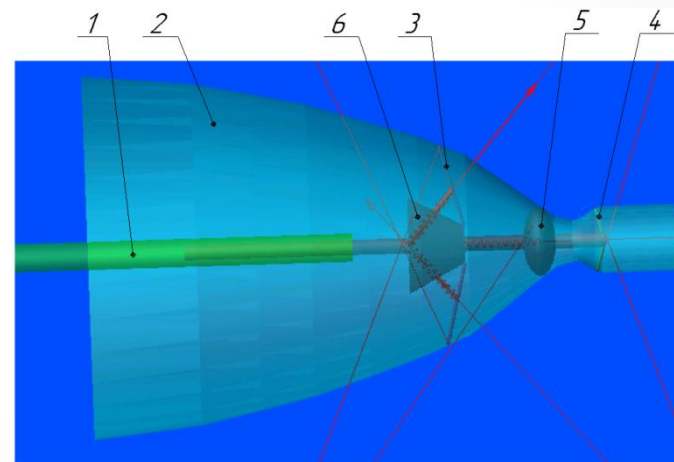


Расчётная схема стыковки КАУ и КМ



Соединения манипулятора (1, 4 – угловые амортизаторы; 2, 3 – линейные амортизаторы)

Поз.	Наименование
1	КАС
2	Манипулятор
3	Штанга стыковочного устройства
4	Стыковочное устройство
5	КМ



Стыковочное устройство

Расчётная модель в программе «MCS Adams»

Массово-инерционные характеристики объектов стыковки:

Объект	М, кг	$I_x, \text{кг}\cdot\text{м}^2$	$I_y, \text{кг}\cdot\text{м}^2$	$I_z, \text{кг}\cdot\text{м}^2$
КМ - Вторая ступень РН «Зенит-2»	9 000	30 622	107 819	107 819
КАС	15 560	10 698	180 808	180 808
Манипулятор	400	108	9 215	9 215

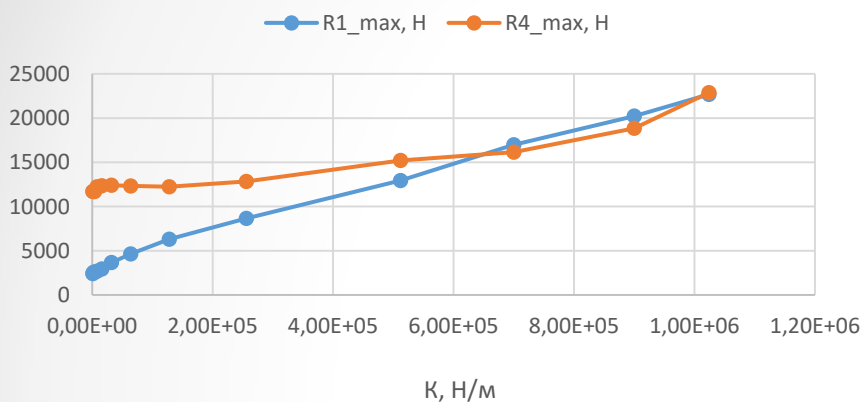
*Моменты инерции приведены относительно соответствующих центральных осей.

Начальная угловая скорость КМ - $\omega = 12$ град/с,
КАС – неподвижен.

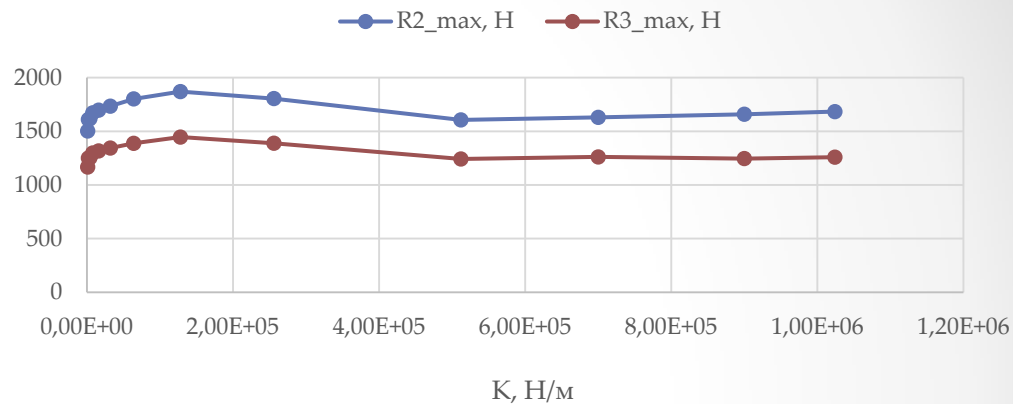
В расчётах варьировалась, как жёсткость
амортизаторов, так и длина манипулятора.

Результаты

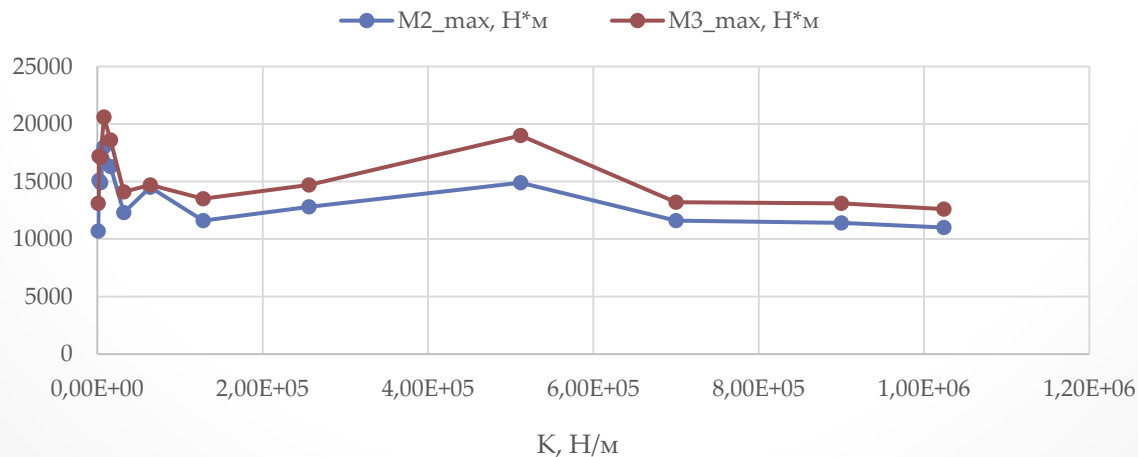
Зависимости максимальных по модулю реакций в кинематических парах в зависимости от жёсткости линейных амортизаторов:



Реакции в кинематических парах №1, 4.



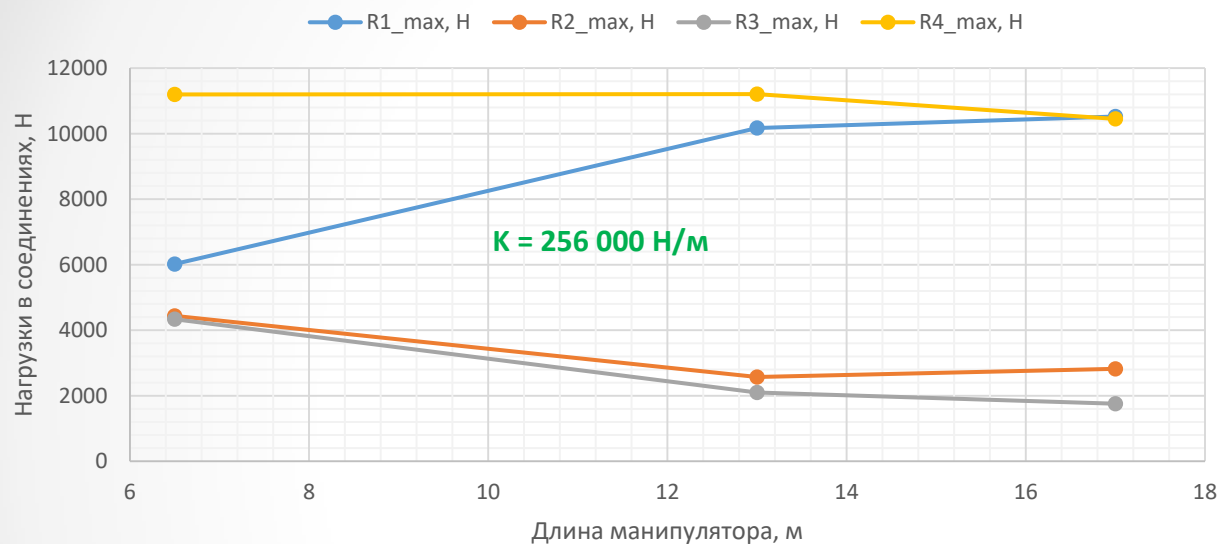
Реакции в кинематических парах №2, 3.



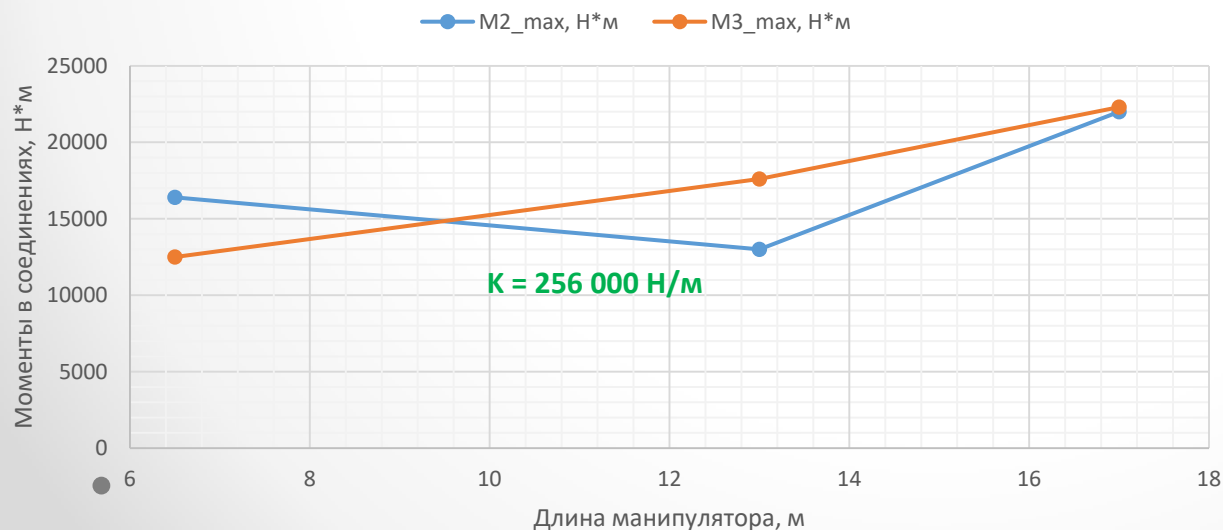
Моменты в кинематических парах №2, 3.

Результаты

График зависимости максимальных по модулю реакций в соединениях в зависимости от длины манипулятора при жёсткости линейных амортизаторов $K=256\,000\text{ Н/м}$:



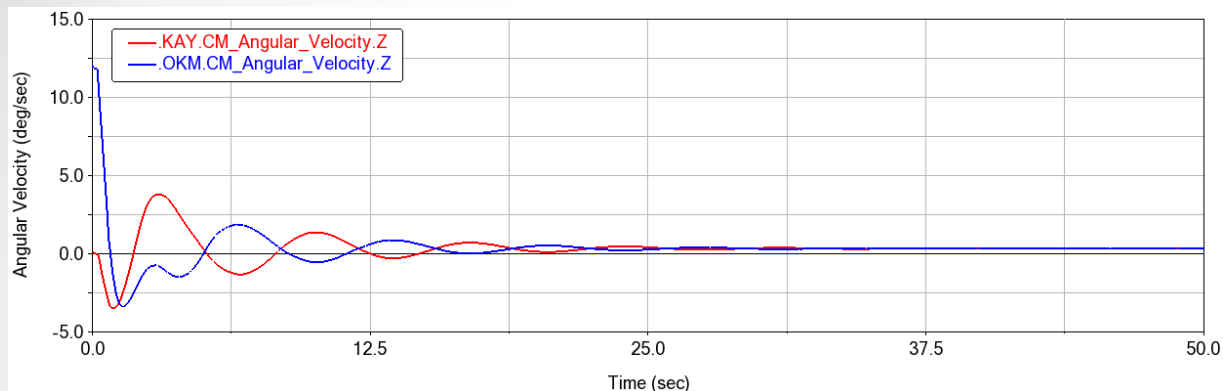
Реакции в кинематических парах



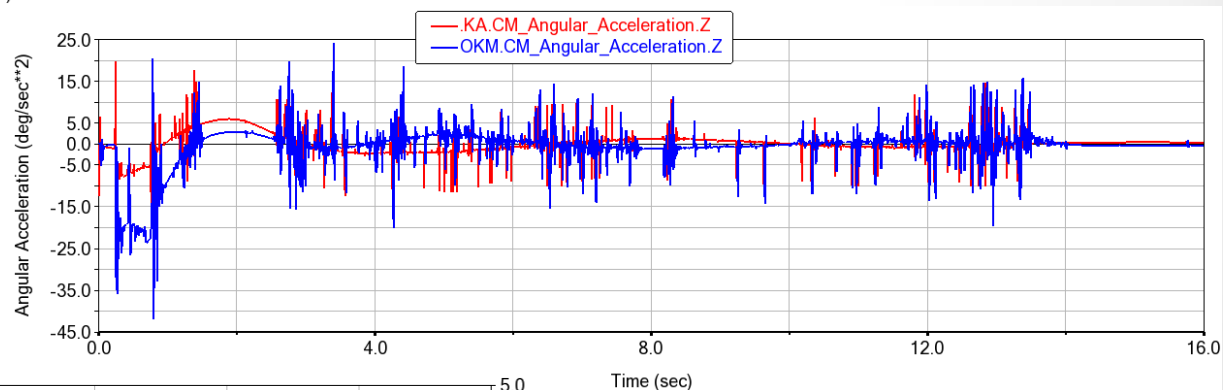
Моменты в кинематических парах

Результаты

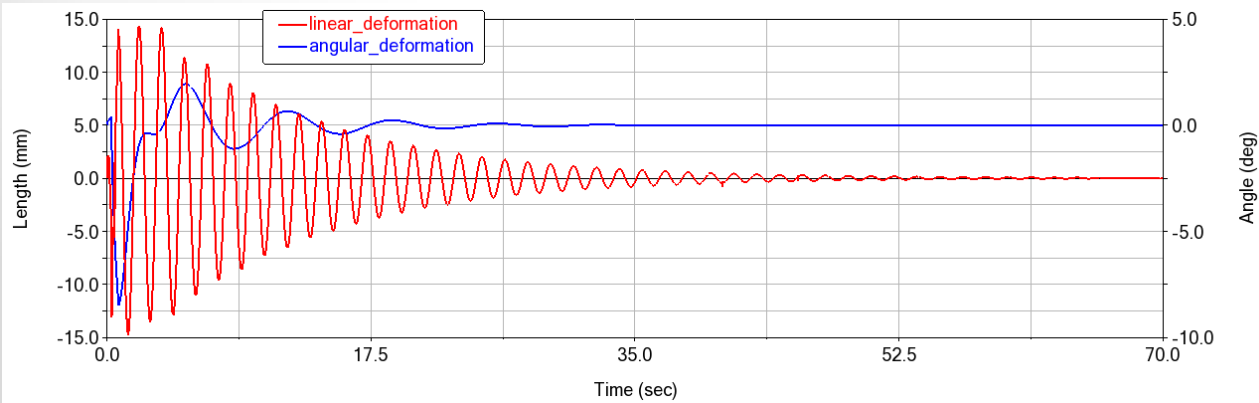
Результаты расчета переходного режима при выбранных параметрах ($K=256\,000$ Н/м, $L_{MANIP} = 13$ м) модели :



Угловая скорость КАУ и КМ

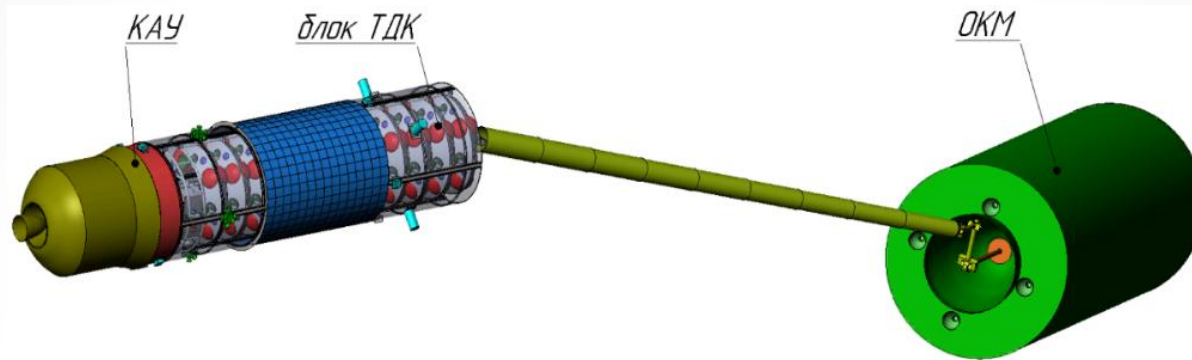


Угловое ускорение КАУ и КМ



Линейные и угловые перемещения соединений манипулятора

Выводы



1. Описана схема стыковки КАУ с КМ.
2. Получены результаты численного моделирования стыковки, а именно нагрузки в соединениях манипулятора КАУ.
3. Построены переходные процессы при выбранных значениях длины манипулятора и жёсткости амортизаторов.

Список литературных источников

1. Щеглов Г.А., Борзенков М.А., Каменев Н.Д., Стогний М.В. Варианты компоновочных схем космических аппаратов для увода крупных объектов космического мусора // Всероссийская конференция с международным участием «Космический мусор: фундаментальные и практические аспекты угрозы» ИКИ РАН Москва, 17-19 апреля 2019 г. С.68.
2. Баранов А.А., Гришко Д.А., Щеглов Г.А., Шолмин А.С., Стогний М.В., Каменев Н.Д. Анализ стартовой массы космических аппаратов, уводящих крупные объекты с низких орбит и из окрестности ГСО // Актуальные проблемы космонавтики: Труды XLIV академических чтений по космонавтике, посвященных памяти академика С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых – пионеров освоения космического пространства, Москва 28-31 января 2020 г. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020. Т.1. С.701-703
3. Phipps C.R. A laser-optical system to re-enter or lower low Earth orbit space debris // Acta Astronautica, 2014, vol. 93, pp. 418 – 429.
4. Schaub H., Moorer D.F. Geosynchronous large debris reorbiter: Challenges and prospects // The Journal of the Astronautical Sciences, 2012, vol. 59, no. 1-2, pp. 161 -176.
5. Kitamura S., Hayakawa Y., Kawamoto S. A reorbiter for large GEO debris objects using ion beam irradiation // Acta Astronautica, 2014, vol. 94, no. 2, pp. 725 – 735.