

Санкт–Петербургский государственный университет
Кафедра теоретической и прикладной механики

ОТЧЕТ ПО УЧЕБНОЙ ПРАКТИКЕ (НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ)
ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИИ КОСМИЧЕСКОГО ПАРУСА

Выполнил: студент 451 группы
Куяшева Арина Азаматовна

Руководитель практики:
канд. физ.-мат. наук, доцент СПбГУ
Наумова Наталья Владимировна

Санкт-Петербург
2021

Содержание

Введение	2
Постановка задачи	3
Методы решения	3
Литература	3

Введение

Солнечный парус - это приспособление для приведения в движения космического корабля с использованием радиационного давления, оказываемого солнечным светом на большие зеркала.

Свет состоит из частиц, называемых фотонами. Фотоны не имеют массы, но, путешествуя в космосе, у них есть импульс. Когда свет попадает на солнечный парус, имеющий зеркальную поверхность, фотоны в этом свете отражаются от паруса (т. е. отражаются от него, как от зеркала). Когда фотоны попадают в парус, их импульс передается ему, давая небольшой толчок. Отскакивая от паруса, фотоны толкают его еще раз. Оба толчка очень легкие, но в космическом вакууме, где нет ничего, что могло бы замедлить парус, каждый толчок способствует изменению скорости.

Когда солнечный парус обращен прямо к Солнцу, фотоны толкают космический корабль вперед, от Солнца. Но солнечный парус может двигаться и в других направлениях, лавируя, как парусная лодка, изменяя угол наклона паруса относительно Солнца. Можно даже сместить орбиту космического корабля вокруг Солнца, наклонив парус так, чтобы солнечные фотоны толкались против направления, в котором он движется. Солнечные паруса также могут управлять своим направлением другими способами, например, изменяя их центр масс или используя концевые лопасти.

Космические корабли получают большую часть своего импульса, когда они запускаются с Земли, а затем большинство из них увеличивают свою скорость или меняют курс, используя химические ракеты, сжигающие топливо, которое космический корабль несет на борту. Но больше ракетного топлива означает больший вес, что ограничивает его количество. Большинство космических кораблей развивают свою максимальную скорость, а затем равномерно движутся по космосу или полагаются на гравитацию с других планет, чтобы добраться до места назначения. С солнечными парусами космический корабль может продолжать ускоряться, пока на него воздействует свет. В солнечной системе солнечный свет может постоянно толкать парус, ускоряя космический корабль на протяжении всего его путешествия. Это означает, что космические корабли с солнечными парусами могут развивать скорость, которая практически невозможна для химических ракет.

Современные солнечные паруса изготавливаются из легких материалов, таких как майлар или полиимид, с металлическим отражающим покрытием. Они разворачиваются с помощью штанг, которые разматываются, как рулетка.

Скорость солнечного паруса зависит от его размера и массы. Парус большего размера улавливает больше солнечного света, набирает больше оборотов и ускоряется быстрее при той же массе. Для данного размера паруса космический корабль с меньшей массой будет иметь более высокое ускорение. Ускорение также зависит от расстояния до источника света и силы источника света. По мере того как космический корабль с солнечным парусом удаляется от Солнца, количество доступного ему солнечного света уменьшается, а это значит, что он ускоряется медленнее. Теоретически мощные лазеры, нацеленные на далекий солнечный парус, могут обеспечить дополнительное ускорение по мере удаления космического корабля от Солнца.

В краткосрочной перспективе солнечные паруса могут эффективно использоваться для различных классов миссий, включая мониторинг Солнца, облет нескольких объектов и служить движущей силой для небольших спутников.

Постановка задачи

Дана трехслойная круглая пластина радиуса 600 метров. На её внутреннем и внешнем слоях задана поверхностная сила, которая заставляет пластину прогибаться. Нужно рассчитать радиус кривизны поверхности и представить полученные расчеты в виде графика.

Выражение для поверхностной силы $T = 2k_0\pi\sigma^2R$, где $k_0 = 9 * 10^9$,

σ - плотность поверхностного заряда,

R - радиус кривизны.

Методы решения

Используемый метод решения: метод конечных элементов, реализация которого осуществляется в программном комплексе Ansys.

Метод конечных элементов (МКЭ) — это численный метод решения дифференциальных уравнений с частными производными, а также интегральных уравнений, возникающих при решении задач прикладной физики. Метод широко используется для решения задач механики деформируемого твёрдого тела, теплообмена, гидродинамики, электродинамики и топологической оптимизации.

Ansys — универсальная программная система конечно-элементного (МКЭ) анализа, существующая и развивающаяся на протяжении последних 30 лет, является довольно популярной у специалистов в сфере автоматизированных инженерных расчётов (САПР, или САЕ) и КЭ решения линейных и нелинейных, стационарных и нестационарных пространственных задач механики деформируемого твёрдого тела и механики конструкций (включая нестационарные геометрически и физически нелинейные задачи контактного взаимодействия элементов конструкций), задач механики жидкости и газа, теплопередачи и теплообмена, электродинамики, акустики, а также механики связанных полей.

Список литературы

- [1] Поляхова Е. Н. Космический полет с солнечным парусом. // Издательство URSS, 2010, Изд. 2.
- [2] Давыдкин М., Гостева Е. Солнечный парус. Методические указания к разработке проекта в виртуальной среде. // Издательство "МИСИС 2020, 57 с.
- [3] Блинов В. Н., Сеченов Ю. Н., Шалай В. В. Малые космические аппараты: справ. пособие // Издательство Омский государственный технический университет, 2016, 88 с. - 94 с.
- [4] Чуркин В. М., Чуркина Т. Ю. Построение математической модели раскрытия солнечного паруса космического аппарата // Известия ТулГУ. Технические науки - 2015г. №3, 54 с. - 60 с.
- [5] Чумаченко Е. Н., Данхэм Д. У., Назиров Р. Р., Кулагин В. П., Малашкин А. В., Эйсмонт Н. А., Федоренко А. Н. О задаче моделирования и управления шарообразными космическими парусами // Вестник Тамбовского государственного технического университета - 2011г. №4, 1044 с. - 1052 с.

- [6] Хабибуллин Р. М. Программа управления для некомпланарного гелиоцентрического перелета к Венере космического аппарата с неидеально отражающим солнечным парусом // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение, 2019 год, №4, 117 с. - 128 с.
- [7] Родиков В. Е. Приключения радиолуча // Издательство Молодая Гвардия, 1988, 319 с. - 330 с.