

УДК 629.78

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОСВЕЩЕНИЯ НЕФТЯНОЙ ПЛАТФОРМЫ «ПРИРАЗЛОМНАЯ» КОСМИЧЕСКИМ АППАРАТОМ С СОЛНЕЧНЫМ ПАРУСОМ

© Куприянов Д.Д., Старинова О.Л.

e-mail: ddkuprik17@gmail.com

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация*

Работа посвящена проблеме освещения заданной точки Земной поверхности, расположенной в высоких широтах. В качестве осветителя предлагается использовать космический аппарат с солнечным парусом. Поверхность солнечного паруса считается идеально отражающей и ориентированной так, чтобы отражённый луч был направлен на освещаемую точку. Математическая модель движения разработана с учётом нецентральности гравитационного поля и атмосферы Земли, а также светового давления. Проведено численное моделирование движения космического аппарата. Получены результаты возможной длительности освещения для различных рабочих орбит (высота орбиты, наклонение).

Космический аппарат с солнечным парусом (КАСП), способен выполнять большой спектр различных задач. Он имеет небольшую тягу, что позволяет поддерживать аппарат на цилиндрической орбите, совершать космические перелёты, корректировать параметры своей орбиты, убирать космический мусор и освещать определённые участки на поверхности небесных тел [1]. В околополярных зонах Земли наблюдается полярная ночь – период, когда Солнце не появляется из-за горизонта. Это значительно усложняет работу аварийных и спасательных служб, добычу нефти на арктическом шельфе, понижает температуру поверхности. Предлагаемый доклад посвящён проблеме освещения участка поверхности Земли, находящегося в зоне полярной ночи.

Рассматривается ориентация солнечного паруса в пространстве и её изменение во время движения космического аппарата, учитывая вращение самой планеты вокруг своей оси и вокруг Солнца. Поле притяжения Земли считается центральным, гравитационные сила со стороны Луны и других небесных тел не учитываются. На рисунке 1 изображена используемая инерциальная планетоцентрическая система координат. Начало отсчета 'O' находится в центре масс Земли, основная плоскость xOy совпадает с плоскостью экватора, а ось x направлена в точку весеннего равноденствия, от которой ведется отсчет долгот поверхности планеты, ось z – по оси вращения планеты, а ось y дополняет систему до правой.

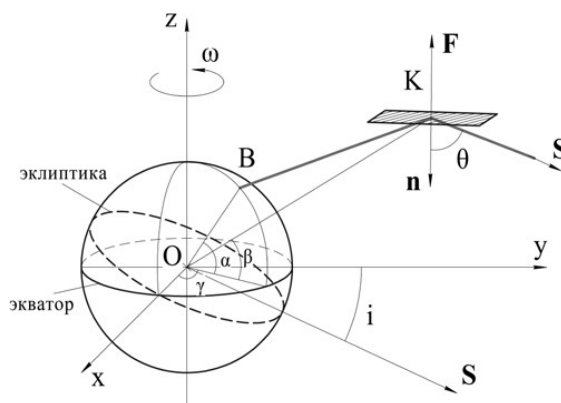


Рис. 1. Используемые координаты, углы и вектора

Известна широта и долгота участка (углы α и γ), определяющие его положение в пространстве, в то время как КАСП расположен на геостационарной орбите Земли, которая имеет значение $R = 35786$ км. Данная орбита необходима для постоянного свечения, однако она расположена в плоскости экватора, что увеличивает угол падения солнечных лучей на широтных участках.

Вектор нормали солнечного паруса определяется как биссектриса угла между падающими и отраженными лучами света, которые должны попадать в заданную точку на поверхности Земли.

Следует отметить, что освещение Земли возможно не на всех участках орбиты [2] – космический аппарат может попадать в тень или пребывать в таких зонах орбиты, где аппарат невозможно сориентировать нужным для отражения лучей в заданную точку образом. Для расчёта возможности и времени освещения, был создан программный комплекс с возможностью выбора начальных условий: массы аппарата, площади солнечного паруса, географического расположения освещаемой точки, параметров орбиты КА, даты начала движения. Например, для широты точки освещения равной 69 град., площади солнечного паруса – 500 м², массе КА – 600 кг, начальной высотой спутника над геостационарной орбитой – 30 км, в результате моделирования было получено время освещения в 43200 секунд для одного витка орбиты. Промежуточные результаты моделирования для исходных данных показаны на рис. 2.

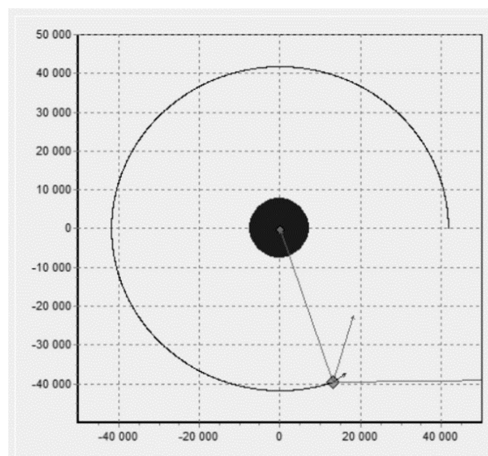


Рис. 2. Промежуточный результат моделирования

Одним из результатов работы стало создание программного комплекса. Проведено численное моделирование движения КАСП. Получены результаты длительности освещения заданного околополярного участка с различных орбит. В дальнейшем результаты данной работы будут использованы для дальнейшего изучения движения космического аппарата с солнечным парусом и возможности освещения различных участков Земли и других небесных тел.

Библиографический список

1. Space Mirror, <https://triz-journal.com/space-mirror/>
2. Forward, R. L., "Light-Levitated Geostationary Cylindrical Orbits Using Perforated Light Sails," The Journal of Astronautical Sciences, Vol. 32, No. 2, April-June 1984, pp. 221-226.