

Луць О.В.

аспірант,

*Днепропетровский национальный университет
имени Олеса Гончара*

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ УГЛОВЫХ МАНЕВРОВ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА И ДЛИНЫ УЧАСТКА ПРИ СТЕРЕОСЪЕМКЕ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ

При помощи дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса можно решать ряд задач, например, определять высоты объектов, расположенных на Земле, по информации, полученной от космического аппарата (КА). В этом случае, обрабатывают снимки одного и того же участка поверхности Земли, полученные при его съемке под разными углами отклонения КА от направления в надир (стереопары).

Предложена математическая модель, с помощью которой, задав необходимые исходные данные, можно рассчитать программные углы отклонений КА по тангажу, крену и рысканию, угловые скорости и угловые ускорения КА в этих каналах управления, обеспечивающие требуемый режим стереосъемки [1].

Методика расчета параметров программного углового движения КА вокруг центра масс учитывает следующие исходные положения и допущения [1]:

- время отсчитывается от момента прохождения КА восходящего узла витка орбиты, на котором производится съемка;
- стереоизображение участка поверхности Земли формируется путем последовательного получения двух изображений участка из различных точек одного и того же витка орбиты КА;
- при расчете параметров угловых маневров КА учитывается смещение снимаемого участка относительно трассы за счет вращения Земли;
- при расчете времени получения каждого изображения составляющая линейной скорости движения КА относительно снимаемого участка за счет вращения Земли принимается постоянной;
- каждое изображение участка формируется за счет орбитального движения КА путем последовательного получения строк изображения с помощью линейки чувствительных элементов оптической полезной нагрузки КА;
- оптическая полезная нагрузка КА жестко связана с корпусом КА, а ее наведение для выполнения стереосъемки участка Земли осуществляется за счет выполнения программного движения КА вокруг центра масс;
- при получении каждого изображения стереопары программные углы ориентации КА по тангажу, крену, рысканию остаются постоянными;
- модель Земли представляет собой сферу радиусом 6371 км;
- вращение Земли вокруг своей оси происходит с постоянной угловой скоростью $7,29211 \cdot 10^{-5}$ рад / с;
- движение центра масс КА по орбите принимается равномерным;

– управление КА оптимальное по времени, процесс перенацеливания КА происходит без колебаний и затуханий.

Для расчета параметров программного углового движения КА вокруг центра масс при проведении трассовой стереосъемки участка Земли используются следующие исходные данные: высота орбиты КА; наклонение орбиты КА; аргумент широты КА в восходящем узле орбиты; длина снимаемого участка Земли; географическая широта центра снимаемого участка Земли; расстояние от следа трассы КА (СТ) до центра участка Земли; массив дискретных значений угла отклонения КА по тангажу; массив дискретных значений времени перенацеливания КА по тангажу [1].

С использованием разработанной методики, проведено численное моделирование в среде MathCAD процессов стереосъемки участков Земли.

На рис. 1 представлена зависимость максимальной длины снимаемого участка Земли от географической широты центра снимаемого участка и расстояния от центра участка до следа трассы КА [1].

Расчеты проведены для следующих условий: высота орбиты КА 650 км; наклонение орбиты КА $i = 98$ град; аргумент широты КА в восходящем узле орбиты 60 град; время перенацеливания КА в канале тангажа на 70 градусов 45 с; длина снимаемого участка от 20 км до 650 км; расстояние от СТ КА до центра снимаемого участка от 0 до 450 км; географическая широта центра снимаемого участка от 0 до $(\pi - i)$ град.

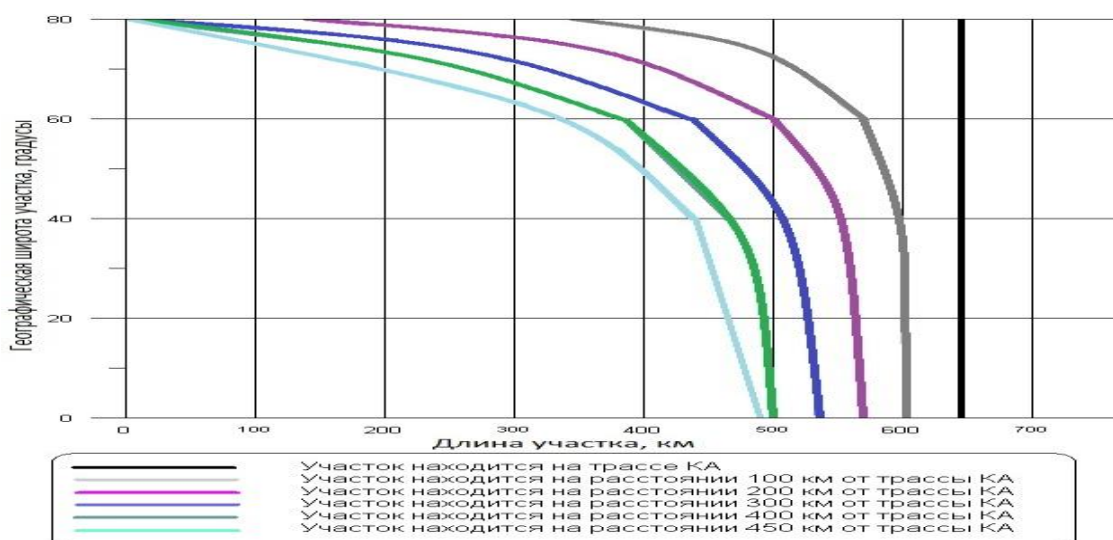


Рис. 1. Зависимость максимальной длины снимаемого участка Земли от географической широты центра участка и расстояния от центра участка до СТ КА

Источник: разработка автора

Из рис. 1 следует, что максимальная длина снимаемого участка зависит от географической широты центра этого участка и расстояния от центра участка до СТ КА.

Если участок расположен на трассе КА, то географическая широта центра участка не влияет на максимальную длину снимаемого участка, а длина участка ограничивается лишь угловой скоростью перенацеливания КА.

В случае расположения участка на некотором расстоянии от СТ КА (особенно это заметно при расположении участка на географической широте более 45 град):

– угол между СТ КА и географической параллелью, на которой расположен снимаемый участок Земли, уменьшается;

– вектор линейной скорости движения поверхности Земли и вектор орбитальной скорости КА стремятся быть параллельными, что достигается на широте участка ($\pi - i$) град, но направлены они в противоположные стороны.

Можно сделать вывод также о том, что чем больше географическая широта участка и чем больше расстояние от участка до СТ КА, тем меньшей длины участок можно снимать в режиме стереосъемки.

В частности, если участок расположен на расстоянии 450 км от следа трассы, то максимальная географическая широта участка, позволяющая провести стереосъемку, составит 76 град (для участка длиной 50 км). На широте участка близкой к ($\pi - i$) град стереосъемку участка осуществить невозможно.

На рис. 2 представлена зависимость программного угла поворота КА по крену от расстояния между центром участка и СТ КА [1].

Расчеты проведены для случая расположения снимаемого участка слева и справа от СТ КА при следующих условиях: длина снимаемого участка 400 км; расстояние от СТ КА до центра снимаемого участка от -440 км до +440 км; географическая широта центра участка 45 град.

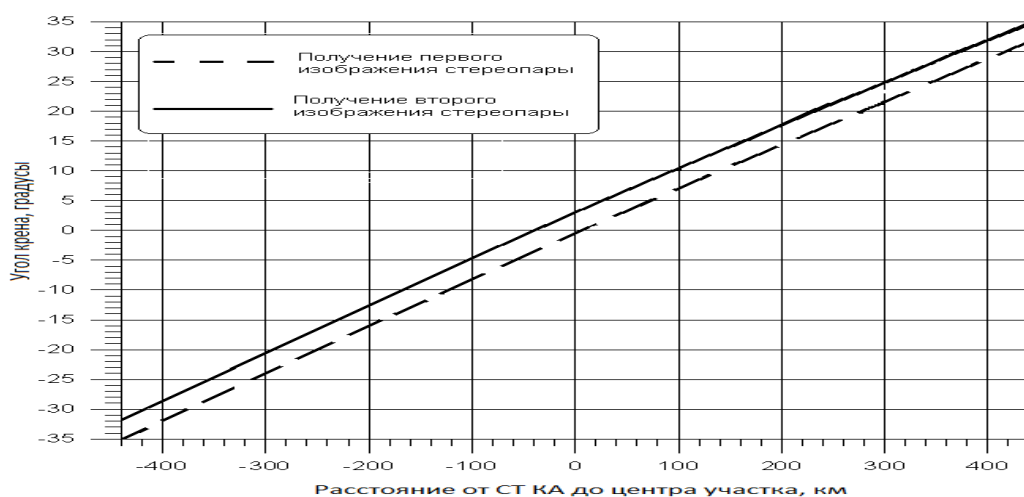


Рис. 2. Зависимость программного угла поворота КА по крену от расстояния между центром участка и СТ КА

Источник: разработка автора

Следует учитывать, что за счет вращения Земли в течение времени съемки участка для получения первого изображения стереопары и перенацеливания КА участок сместится в сторону от трассы КА (когда участок расположен слева от

трассы КА) или в сторону трассы КА (когда участок расположен справа от трассы КА). Поэтому программный угол ориентации КА по крену для получения второго изображения стереопары должен быть меньше, чем для первого изображения, когда участок расположен справа от трассы КА, и больше, чем для первого изображения, когда участок расположен слева от трассы КА.

Расчеты, результаты которых приведены на рис. 3, выполнены при следующих условиях: длина снимаемого участка 550 км; расстояние от СТ КА до центра снимаемого участка 200 км; географическая широта центра участка 45 град. Здесь представлена зависимость программного угла ориентации КА по тангажу от времени. В каналах крена и рыскания зависимости имеют аналогичный характер, но отличаются численными значениями [1].

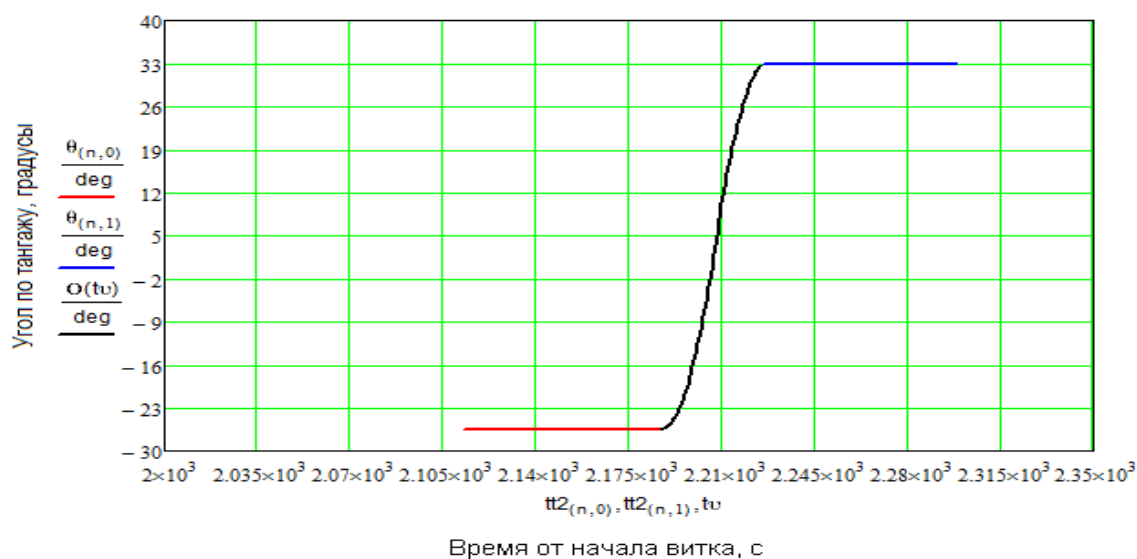


Рис. 3. Зависимость программного угла ориентации КА по тангажу от времени

Источник: разработка автора

Список использованных источников:

1. Луць О.В., Манойленко А.А. Методика расчета параметров угловых маневров космического аппарата для стереосъемки участков поверхности Земли. Вісник Дніпропетр. ун-ту. Сер. Ракетно-космічна техніка. – Вип. 20. – 2017. – С. 37–50.