

Расчёт радиуса геостационарной орбиты искусственного спутника

Болтовский Лев Александрович

Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема

Студент

Аннотация

Целью данной статьи является, вывод методики для расчета радиуса орбиты искусственного спутника, вращающегося по геостационарной орбите. В ходе данной работы использованы поисковые, аналитические и вычислительные методы исследования, позволившие с высокой точностью определить искомое значение. В результате удалось определить радиус орбиты на примере телекоммуникационного спутника ямал-401

Ключевые слова: геостационарная орбита, спутник, ямал-401

Calculation of the radius of the geostationary orbit of an artificial satellite

Boltovskiy Lev Alexandrovich

Sholom-Aleichem Priamursky State University

Student

Abstract

The purpose of this paper is to derive a methodology for calculating the orbital radius of an artificial satellite orbiting a geostationary orbit. In the course of this work, search, analytical and computational methods of research were used, which allowed us to determine the desired value with high accuracy. As a result, it was possible to determine the radius of orbit on the example of telecommunication satellite Yamal-401

Keywords: geostationary orbit, satellite, yamal-401

1. Введение

1.1 Актуальность исследования

Тема является актуальной, поскольку геостационарные орбиты играют ключевую роль в современной инфраструктуре связи, метеорологии и навигации. Спутники, находящиеся на этой орбите, обеспечивают стабильную связь, передачу данных и мониторинг Земли, что важно для развития телекоммуникаций, телевидения и Интернета. Точный расчет радиуса орбиты необходим для того, чтобы спутник относительно устойчивым ориентировал точки на поверхности Земли, что позволяет обеспечить стабильность и надежность работы системы.

Кроме того, расчеты радиусов геостационарной орбиты имеют значение в ходе среднего освоения космоса и регулирования орбитального пространства. Поскольку геостационарная орбита ограничена, правильное

планирование и распределение спутников между разными видами транспорта требует расчетов с высокой точностью. Ошибки в расчетах могут привести к столкновению спутников или сбоям в их работе, что требует более тщательного изучения и совершенствования.

1.2 Обзор исследований

В статье А. В. Малинкина [1] рассмотрены подходы к формализованному описанию движения космического объекта на круговой экваториальной орбите относительно космического объекта на геостационарной орбите. Проанализированы подходы к формализованному описанию параметров фазирования орбит космических аппаратов (КА) в исследовании А. В. Чарушникова [2]. В работе И. В. Мазаева [3] Построена математическая модель лазерной локации искусственных спутников Земли, находящихся на эллиптических орбитах. Проведенный численный анализ модели показал, что центры пятен, образуемые на поверхности Земли отраженными от ретрорефлектора ИСЗ световыми импульсами, находятся на значительных (300–1400 м) расстояниях от лазерной станции. Представлена последняя версия программного комплекса «Численная модель движения искусственных спутников Земли» в статье А. Г. Александровой [4]. Описана созданная авторами база данных по отказам на более 300 космических аппаратах с различными орбитами за период 1971–1994 гг., послужившая основой для статистического анализа влияния окружающей среды на работу спутников в исследовании А. В. Белова [5].

1.3 Цель исследования

Целью данной статьи является, вывод методики для расчета радиуса орбиты искусственного спутника, вращающегося по геостационарной орбите.

2. Методы исследования

Геостационарная орбита (рис. 1) — это круговая орбита, на которой спутник вращается с угловой скоростью, равной скорости Земли вокруг своей оси (3,07 км/с). Это позволяет спутнику сохранять устойчивое положение точки на поверхности планеты. Такая орбита широко используется для спутниковой связи, телевидения, метеорологических наблюдений и других задач, где требуется постоянное покрытие одной и той же области Земли.

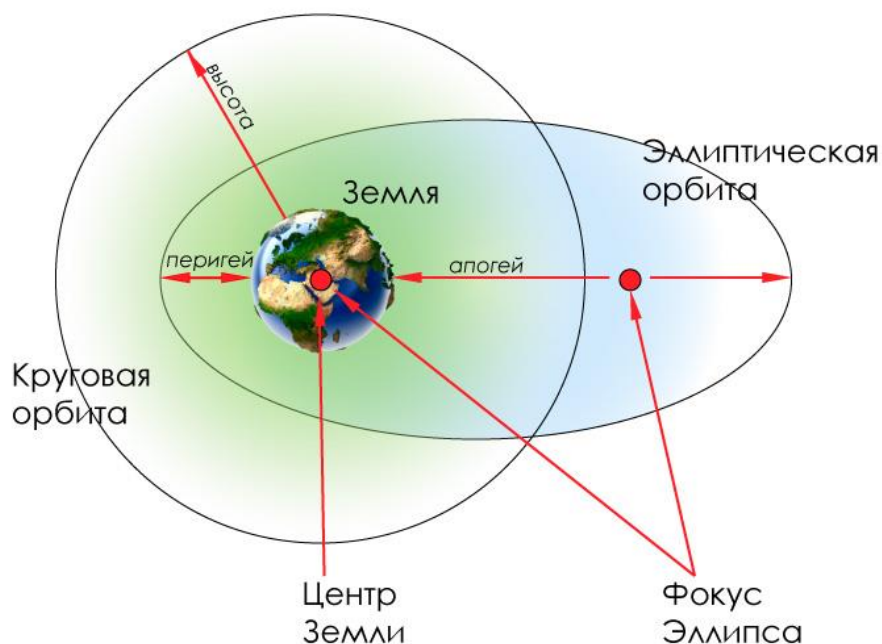


Рисунок 1 – Круговая и эллиптическая орбита

«Ямал-401» — коммерческий геостационарный телекоммуникационный спутник большой размерности, принадлежащий российскому спутниковому оператору Газпром космические системы. Спутник был изготовлен ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва» при участии французской компании Thales Alenia Space, которая поставила полезную нагрузку и некоторые другие компоненты спутника.

Для расчета интересующих нас значений и более детального понимания зависимости скорости от радиуса выведем формулу:

Спутник, имеющий массу (M_c), вращается вокруг небесного тела (это может быть звезда, планета или другой объект) массой (M_z). Так как орбита геостационарная (круговая), мы имеем право записать уравнение для центростремительной силы ($F_{ц}$)

$$F_{ц} = (M_c \cdot V^2) / R,$$

где: V – скорость, с которой спутник вращается вокруг небесного тела (для круговой орбиты это значение равно 3,7 км/с); R – искомый радиус.

Спутник притягивается к небесному телу за счет гравитационной силы (F_g), а это значит, что F_g может быть представлена как

$$F_g = (G \cdot M_c \cdot M_z) / R^2,$$

G - гравитационная постоянная. $F_{ц}$ и F_g можно приравнять друг к другу, так как рассматривается геостационарная орбита, следовательно:

$$F_{ц} = F_g$$

Тогда

$$(Mc \cdot V2)R = (G \cdot Mc \cdot M3)R2.$$

Упростим выражение

$$V2 = (G \cdot M3)R.$$

Выразим R

$$= (G \cdot M3)V2,$$

$$M3 = 5,9736 \cdot 10^{24} \text{ кг},$$

$$V = 3,07 \text{ км/с или } 3070 \text{ м/с}.$$

Теперь имея все данные, можно рассчитать радиус орбиты для телекоммуникационного спутника ямал-401

$$R = \frac{(6,67430 \cdot 10^{-11} \cdot 5,9736 \cdot 10^{24})}{3070^2} = 42,289 \text{ км}.$$

Расстояние от центра земли до спутника составляет 42,289 км

3. Выводы

В результате проведенных данной работы продемонстрирована методика для расчета радиуса. Вычислен радиус до спутника Ямал-401.

Библиографический список

1. Малинка А. В. Модель относительного движения космических объектов геостационарной орбиты и объектов круговой экваториальной орбиты // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. 2010. Т. 114. №. 1. С. 27–28.
2. Чарушников А. В., Малинка А. В. Методика фазирования орбит космических аппаратов при осуществлении их встречи на геостационарной орбите // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. 2010. Т. 114. №. 1. С. 29–30.
3. Мазаева И. В., Гавриш О. Н., Лебедева М. В. Численное исследование эффективности лазерной локации искусственных спутников Земли, находящихся на эллиптических орбитах // Вестник Московского университета. Серия 3: Физика. Астрономия. 2021. №. 4. С. 52–57.
4. Александрова А. Г., Попандопуло Н. А., Кучерявченко Н. А. [и др.] Численная модель движения искусственных спутников Земли // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. 2023. – №. 86. С. 5–20.
5. Белов А. В., Виллорези Д., Дорман Л. И. [и др.] Влияние космической среды на функционирование искусственных спутников Земли // Геомагнетизм и аэрономия. 2004. Т. 44. №. 4. С. 502–510.