

Переяслов Ю.В.

Дорожкин М.А.

Имитационная модель движения космических аппаратов глобальных навигационных спутниковых систем

В статье представлена программная реализация моделирования движения космических аппаратов глобальных навигационных спутниковых систем. Программа имеет простой и удобный интерфейс, что позволяет использовать ее как профессионалам, так и людям без опыта работы с подобными системами.

Ключевые слова: гнсс , навигация , спутники , глонасс , модель , имитация моделирование , космические аппараты.

Глобальные навигационные системы (ГНС) являются важным инструментом для определения местоположения и навигации в различных условиях. Они используются в авиации, морском и автомобильном транспорте, для научных и военных целей, а также в других областях, где точность и надежность навигации являются критически важными.

Современный мир невозможно представить без глобальных навигационных спутниковых систем, таких как GPS, GLONASS, Galileo и Beidou. GPS (Global Positioning System) - это система спутниковой навигации, разработанная и управляемая США. Она состоит из 24 спутников, которые вращаются в орбите на высоте около 20 000 км. Орбита GPS-спутников является круговой и наклонена на угол 55 градусов к экватору. GPS использует три спутника для определения местоположения, используя технологию трехмерной трилатерации. GLONASS (Global Navigation Satellite System) - система спутниковой навигации, разработанная и управляемая Россией. Она состоит из 24 спутников, которые вращаются в орбите на высоте около 19 000 км. Орбита GLONASS-спутников является круговой и наклонена на угол 65 градусов к экватору. GLONASS использует четыре спутника для определения местоположения, используя технологию четырехмерной трилатерации. Galileo - система спутниковой навигации, разработанная и управляемая Европейским союзом. Она состоит из 30 спутников, которые вращаются в орбите на высоте около 23 000 км. Орбита Galileo-спутников является круговой и наклонена на угол 56 градусов к экватору. Galileo использует четыре спутника для определения местоположения, используя технологию четырехмерной трилатерации. Beidou - система спутниковой навигации, разработанная и управляемая Китаем, имеет несколько орбит на разных высотах. В общей сложности, система состоит из 35 спутников, которые вращаются на трех орбитах: геостационарной (на высоте около 36 000 км), средней околоземной (на высоте около 21 000 км) и низкой земной (на высоте около 1 500 км). Beidou использует три спутника для определения местоположения, используя технологию трехмерной трилатерации.

Основным принципиальным отличием между этими системами является количество спутников и точность определения местоположения. GPS и GLONASS используют более старые технологии, которые обеспечивают точность определения местоположения до нескольких метров. Galileo и Beidou используют более новые технологии, которые обеспечивают точность определения местоположения до нескольких сантиметров.

Математическое описание движения КА основывается на законах Ньютона и Кеплера. Орбита КА описывается уравнением движения, а для построения орбиты используются формулы, такие как уравнение эллипса и законы Кеплера, которые определяют форму и размер орбиты. Однако, чтобы эти спутниковые системы работали эффективно, необходимо иметь точные данные о движении космических аппаратов, которые их обеспечивают. Именно здесь на помощь приходит имитационная модель движения космических аппаратов.

Имитационная модель – это математическая, а так же графическая модель, которая позволяет имитировать процессы и явления в реальном мире. В случае с космическими аппаратами, имитационная модель позволяет точно определить их положение в любой момент времени.

Для создания имитационной модели движения космических аппаратов ГНС используются следующие данные:

- большая полуось **a**
- эксцентриситет **e**
- наклонение орбиты **i**
- долгота восходящего узла **Ω**
- аргумент перигея **ω**
- время прохождения точки перигея **t_{Π}**

Координаты КО в АГСК, соответствующие текущему времени КО вычисляем по следующим формулам:

$$x = r(\eta)(\cos(\Omega) \cos(u) - \sin(\Omega) \sin(u) \cos(i)) \quad (1)$$

$$y = r(\eta)(\sin(\Omega) \cos(u) + \cos(\Omega) \sin(u) \cos(i)) \quad (2)$$

$$z = r(\eta) \sin(u) \sin(i) \quad (3)$$

Рассчитаем аргумент широты и геоцентрическое расстояние

$$u = \omega + \eta \quad (4)$$

$$r(\eta) = \frac{a(1 - e)^2}{1 - e * \cos(\eta)} \quad (5)$$

η – истинная аномалия.

Программа представляет собой среду для построения орбит и космических аппаратов глобальных навигационных спутниковых систем как в виде двухмерной так и в виде трехмерной графики, с возможностью отображения основных характеристик выбранной ГНСС. Она создана на основе многофункциональной среды графического программирования – LabVIEW и может быть установлена на компьютерах с операционными системами Windows.

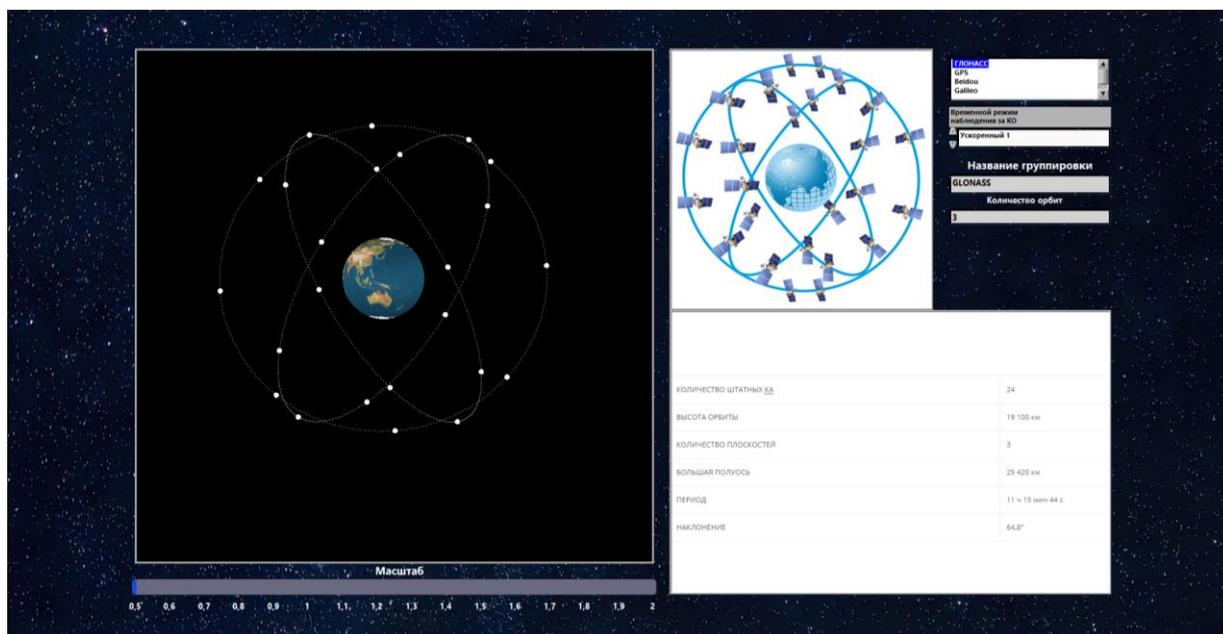


Рисунок 1. Графическая модель движения ГНСС ГЛОНАСС.

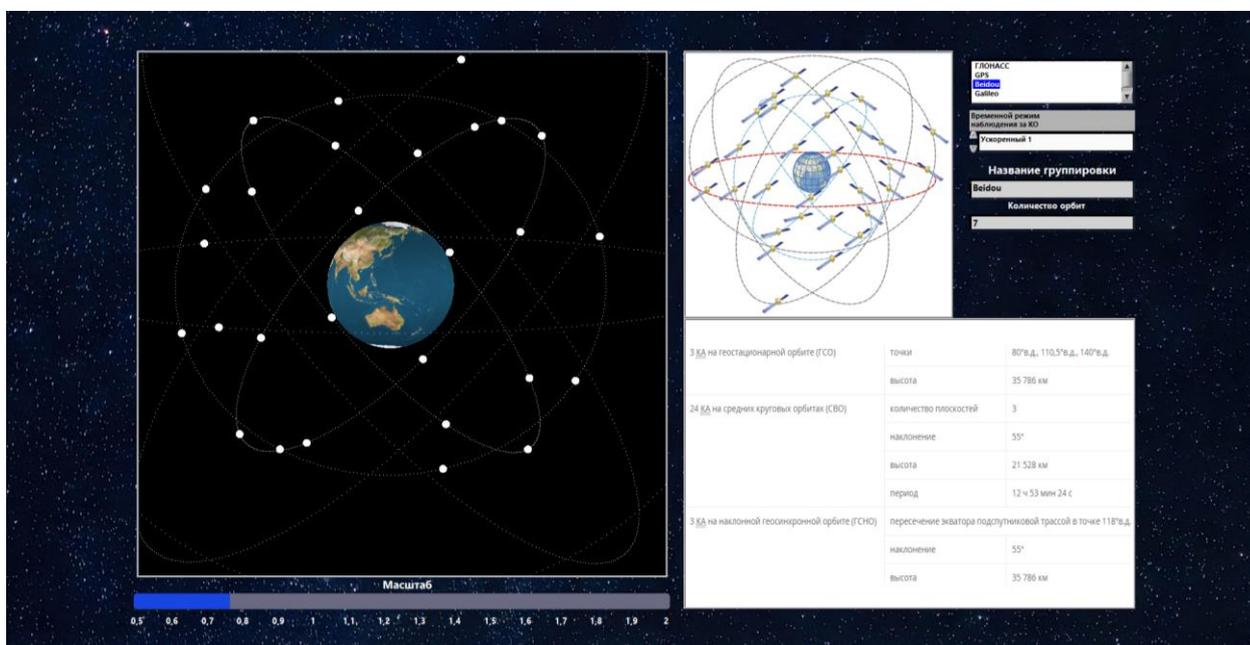


Рисунок 2. Графическая модель движения ГНСС Beidou.

Работа программы заключается в следующем: в специальном поле списка, расположенном на лицевой панели программы мы имеем возможность выбрать одну из четырех доступных ГНСС, также установить масштаб, выбрать один из двух режимов

наблюдения за движением ГНСС в околоземном космическом пространстве. После этого запустить программу.

Программа МДГНСС имеет широкий спектр применения. Возможно применение для разработки новых ГНС, тестирования их работы и определения оптимальных параметров. МДГНСС также можно использовать в образовательных целях, например для обучения специалистов в области контроля космического пространства. Таким образом, имитационная модель движения космических аппаратов является важным инструментом для обеспечения точности и надежности работы глобальных навигационных спутниковых систем, планирования и проведения космических миссий, обучения специалистов в области космонавтики и научных исследований космического пространства. Ее развитие и усовершенствование имеют важное значение для дальнейшего развития космической технологии и науки в целом.

Список литературы:

1. Наблюдение и измерение характеристик космического объекта: учебное пособие / В.Н. Алдохина, А.А. Бабишкин, В.О. Королев и др.; под общей редакцией В.Н. Алдохиной, - СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2016. - 172 с.