

# **Расчет орбитального движения искусственного спутника земли на основе 3D-модели его орбиты в околоземном космическом пространстве относительно наблюдательного средства**

Лозовиков Д.А., Матвеев Д.А.

ВКА им. А. Ф. Можайского, курсанты

.Представлен алгоритм расчета орбитального движения относительно наблюдательного средства потребителя и построения искусственных спутников Земли, движущихся по эллиптическим орбитам в околоземном космическом пространстве при задании элементов орбиты данных объектов.

Ключевые слова: элементы орбиты, модель, орбита, ИСЗ.

## **Введение**

Основной проблемой в понимании орбитального движения искусственного спутника Земли (ИСЗ) является недостаточно развитое пространственное мышление обучающихся. Для наглядного восприятия обучающими учебного материала, связанного с движением ИСЗ мы создали пакет программ, позволяющий строить модели орбит в околоземном космическом пространстве, рассчитывать и прогнозировать координаты относительно средства наблюдения.

**Целью исследования является** рассчитать по известным параметрам орбиты (большая полуось, эксцентриситет, наклонение орбиты, долгота восходящего узла, аргумент перигея, время прохождения перигея) орбитальное движение ИСЗ, построить 3D модель его орбиты в околоземном космическом пространстве (ОКП).

Начальными данными для построения орбиты ИСЗ в ОКП являются параметры, полученные из TLE - двухстрочного формата данных. Формат TLE определен группировкой NORAD, применяется в NORAD, NASA и других системах. TLE представляет собой текстовый файл, содержащий параметры, такие как: эксцентриситет ( $e$ ), наклонение орбиты ( $i$ ), долгота восходящего узла ( $\Omega$ ), аргумент перигея ( $\omega$ ), год эпохи, время эпохи, средняя аномалия и другие.

## **Реализация динамической модели построения орбит ИСЗ в среде LabView**

Программной реализацией алгоритма является виртуальный прибор, выполненный в среде графического программирования LabView. Данная среда позволяет с высокой

степенью наглядности создавать виртуальные модели и отслеживать динамику процесса, используя программируемые логические контроллеры, а, следовательно, в то же время осуществлять управление этими процессами.

Реализация алгоритма осуществляется с помощью блок-диаграммы. Все команды, операторы циклов и сравнения изображаются графически.

На рисунке 1 изображена лицевая панель виртуального прибора построения орбиты искусственного спутника Земли по заданным параметрам его орбиты. На лицевой панели представлены контроллеры для выбора начальных данных (слева); модель Земли и построенная орбита(справа). Также есть возможность выбора масштаба с помощью ползунка(справа).

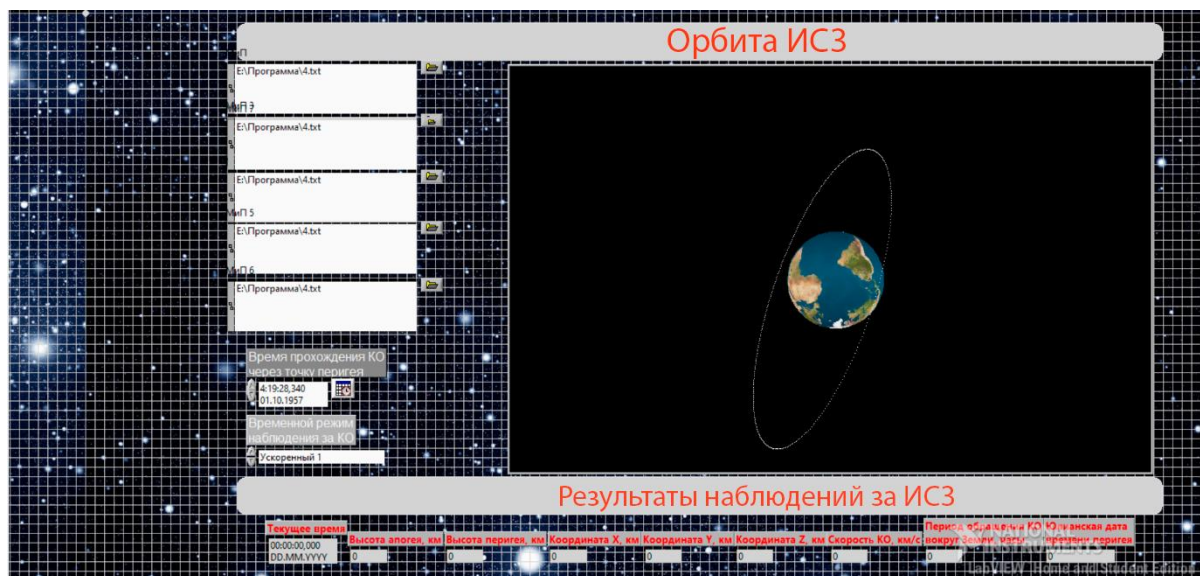


Рис. 1. Виртуальны прибор построения орбиты ИСЗ

На рисунке 2 изображена лицевая панель виртуального прибора для расчета движения ИСЗ относительно наблюдательного средства. На лицевой панели представлены контроллеры для выбора начальных данных (слева); модель Земли, зона действия наблюдательного средства и построенная орбита(справа). Результаты расчетов представлены в виде массива данных с указанием дальности до ИСЗ, азимута и угла места, а также величинами скоростей (по центру).

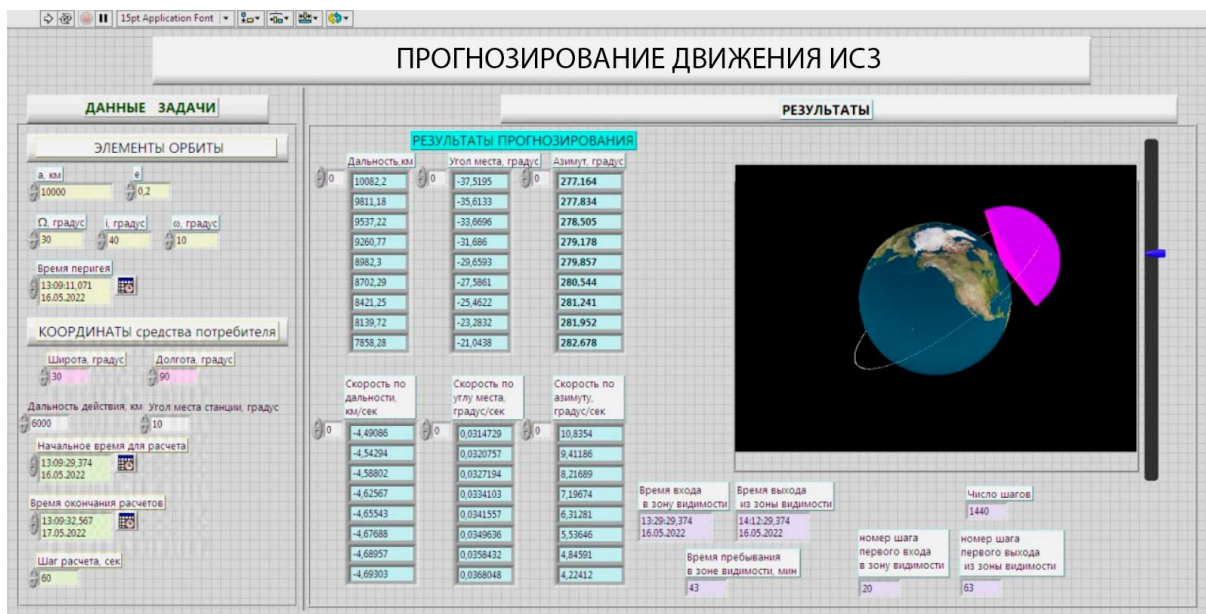


Рис. 2. Виртуальный прибор расчета движения ИСЗ относительно наблюдательного средства

### Результаты исследования

В результате исследования были получены два виртуальных прибора, позволяющих строить орбиту ИСЗ и рассчитать его движение относительно наблюдательного средства. Данные виртуальные приборы наглядно демонстрируют в масштабе реального времени любые изменения орбиты и строят ее 3D модель в зависимости от исходных данных.

### Заключение

Рассмотренные виртуальные приборы позволяют обучающимся и студентам развить пространственное мышление, анализировать движение ИСЗ по различным орбитам. Данные приборы могут быть использованы в образовательных целях.

### Список используемой литературы:

1. Наблюдение и измерение характеристик космических объектов. / В.Н. Алдохина, А.А. Бабишкин, В.О. Королев, Д.А. Рогов, Д.В. Фролов, С.В. Чистяков.- СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2016.-162 с.
2. В.А. Иванов, Д.С. Силютин сборник избранных статей по материалам научных конференций ГНИИ «Нацразвитие» (Санкт-Петербург, Октябрь 2021).– СПб.: ГНИИ «Нацразвитие»,2021.– 6-9с.
3. В.Д. Лиференко, В.О. Королев. Компоненты и технологии [Текст] / В.Д. Лиференко, В.О. Королев // Компоненты и технологии.-2016.-№10.С.140-141.
4. Алдохина В.Н., Куликов С.В., Лиференко В.Д., Чесноков Д.С. Виртуальный прибор для исследования формы трассы полета ИСЗ от значений элементов орбиты // Компоненты и технологии. 2017. № 2. С. 128–130.