

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО РАДИОЗОНДИРОВАНИЮ ИОНОСФЕРЫ С ОРБИТЫ ИСКУССТВЕННОГО СПУТНИКА ЗЕМЛИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА В ЦЕЛЯХ ПОИСКА ПРЕДВЕСТНИКОВ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СТИХИЙНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

А.М. Качуро, кандидат технических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

В.Н. Лиференко, доктор технических наук, профессор;

В.Н. Алдохина, кандидат физико-математических наук, доцент.

Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского

Предложена модель эксперимента по радиозондированию ионосферы с борта пилотируемого космического аппарата с точки зрения использования метода визуального мониторинга в целях поиска предвестников чрезвычайных стихийных происшествий. Решение задачи реализовано в среде графического программирования LabVIEW.

Ключевые слова: спутниковая съемка Земли, оперативный мониторинг чрезвычайных стихийных происшествий, среда графического программирования LabView, радиозондирование, ионосфера, космический аппарат

SIMULATION EXPERIMENT ON RADIOTHERAPY UNDERSTANDING OF THE IONOSPHERE FROM THE ORBIT OF AN ARTIFICIAL SATELLITE OF THE EARTH WITH THE USE OF A SPACECRAFT IN SEARCH OF THE PRECURSORS OF THE EXTRAORDINARY STI-SHOCKS AND NATURAL DISASTER

A.M. Kachuro. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

V.N. Lifirenko; V.N. Aldohina. Mozhaisky military space academy

The proposed model of the experiment on sounding of the ionosphere aboard a manned space from the point of view of using the method of visual monitoring in order to find precursors of extraordinary natural occurrences. The decision task is implemented in the LabVIEW graphical programming environment.

Keywords: satellite imagery Land, monitoring emergency natural disaster, LabView graphical programming environment, radiotherapy-tion, ionosphere, spacecraft

Методы прогнозирования наиболее развиты применительно к чрезвычайным ситуациям (ЧС) природного характера, точнее к вызывающим их предпосылкам или источникам. Для своевременного прогнозирования возникновения ЧС, прежде всего, необходима хорошо отлаженная система государственного мониторинга за предвестниками стихийных бедствий и техногенных происшествий – изменениями в магнитном, электрическом, гравитационном полях Земли, в природной среде или технологических процессах, которые появляются за некоторое время до наступления опасного события, но обусловлены этим событием [1, 2].

Задача прогнозирования природной ЧС решается, в том числе с использованием пилотируемых космических аппаратов, так как в подавляющем большинстве случаев

известны координаты возможного возникновения ЧС и максимальная мощность (потенциал опасности) [1].

Для визуализации зависимости формы и пространственного расположения орбиты космических объектов от значений элементов орбиты с целью мониторинга предвестников чрезвычайных стихийных происшествий предложена компьютерная модель построения орбиты искусственного спутника Земли (ИСЗ) или пилотируемого космического аппарата в среде графического программирования LabVIEW [3].

Движение космического объекта будет вполне определено, если известны его элементы орбиты: большая полуось a , эксцентриситет e , наклонение i , угол перигея ω , угол восходящего узла Ω и время $t_{п}$ прохождения через перигей. За основную плоскость, относительно которой определяется плоскость орбиты, принимается плоскость экватора.

Приведем блок-диаграмму виртуального прибора построения орбиты космического объекта (рис. 1). Для простоты представления авторы убрали из прибора блоки, отвечающие за дополнительные построения (экваториальную плоскость, направление на точку весеннего равноденствия, линию узлов и линию апсид). Всю рабочую область можно условно разделить на три блока: блок исходных данных, вычислительный блок, блок построения изображения [4, 5].

Блок 1 – ввод исходных данных: задаются элементы орбиты космического объекта и масштабирующий коэффициент (последний по умолчанию равен 1).

Блок 2 является вычислительным.

Как известно, координаты (x_j, y_j, z_j) точек орбиты в абсолютной геоцентрической системе координат рассчитываются по формулам:

$$\begin{pmatrix} x_j \\ y_j \\ z_j \end{pmatrix} = M \cdot \begin{pmatrix} a(\cos j - e) \\ a\sqrt{1 - e^2} \sin j \\ 0 \end{pmatrix}.$$

где
$$M = \begin{pmatrix} \cos \omega \cos \Omega - \sin \omega \sin \Omega \cos i & -\sin \omega \cos \Omega - \cos \omega \sin \Omega \cos i & 0 \\ \cos \omega \sin \Omega - \sin \omega \cos \Omega \cos i & -\sin \omega \sin \Omega + \cos \omega \cos \Omega \cos i & 0 \\ \sin \omega \sin i & \cos \omega \sin i & 0 \end{pmatrix}$$

– матрица вращения, $j=1, \dots, 360$ [1].

Вычисление координат точек орбиты в представляемом приборе производится с помощью структуры For Loop (структура цикла for...do...).

Положение космического объекта на орбите вычисляется с помощью структуры While Loop, при этом осуществляется перебор по всем точкам орбиты и находится нужная, соответствующая времени прохождения ИСЗ через перигей.

Матрица вращения M , период обращения ИСЗ вокруг Земли, угол поворота Земли на текущее время находятся один раз с помощью структуры Formula Node. Структура Case позволяет привести текущее время в секундах в промежуток от 0 до T (T – период).

Блок 3 – блок построения. В этом блоке происходит построение трех объектов: объемного изображения Земли, точек орбиты, положения искусственного спутника на орбите. Орбита выводится на экран как массив точек. Положение космического объекта на орбите отмечено красным. Земля изображается сферой с «натянутой» на нее картой.

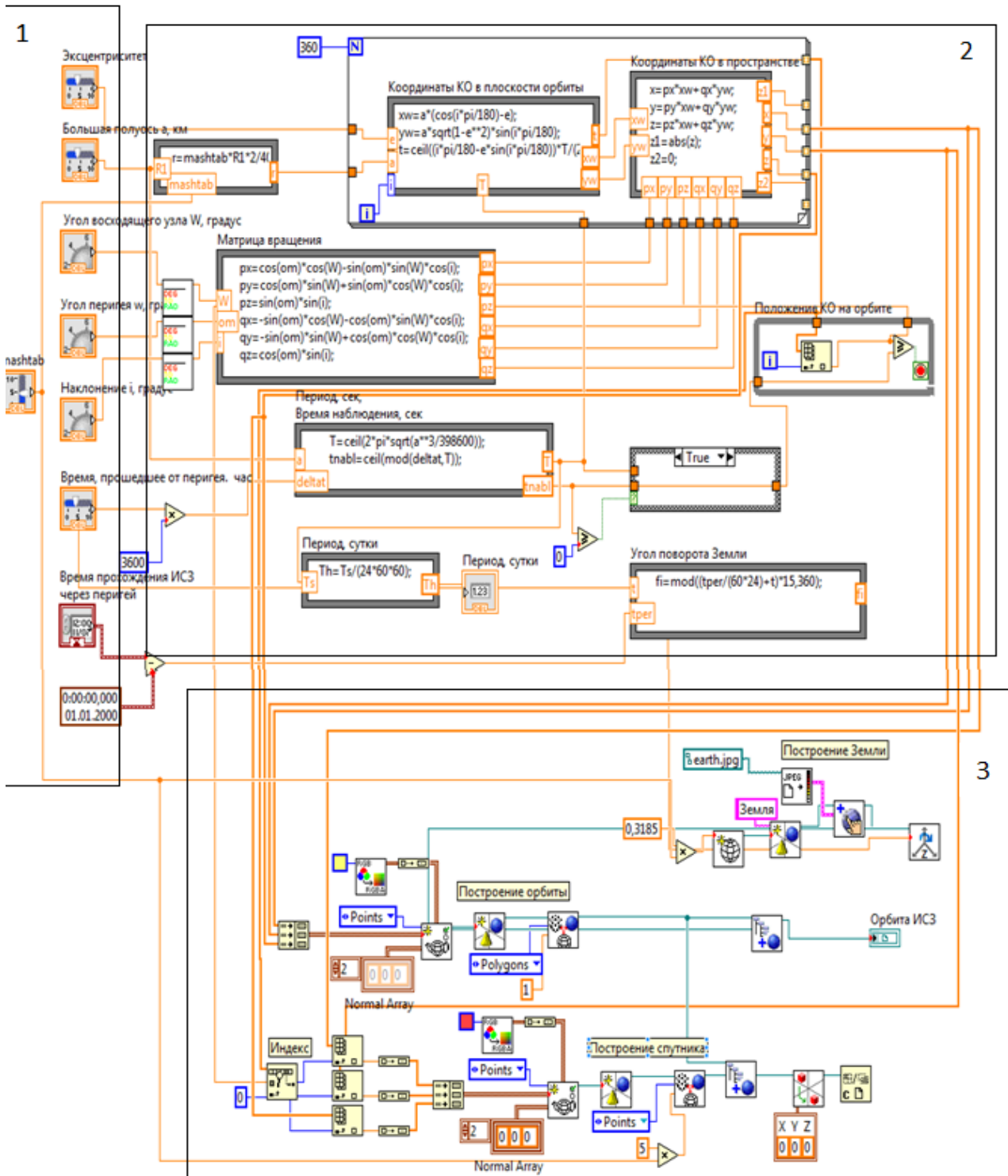


Рис. 1. Блок-диаграмма виртуального прибора построения орбиты космического объекта

На лицевой панели (рис. 2) предусмотрены два блока данных: входные и выходные. Для отображения входных начальных данных авторы выбрали ползунки и вращающиеся ручки. Значения большой полуоси a , эксцентриситета e и времени нахождения космического объекта на орбите, прошедшего от времени перигея, отображаются в виде ползунков. Границы изменения большой полуоси задаются от 6,5 тыс. км до 40 тыс. км, эксцентриситета – от 0 до 0,999 (только эллиптические орбиты), времени $t_{\text{тек}}$ – от 0 до 24 ч.

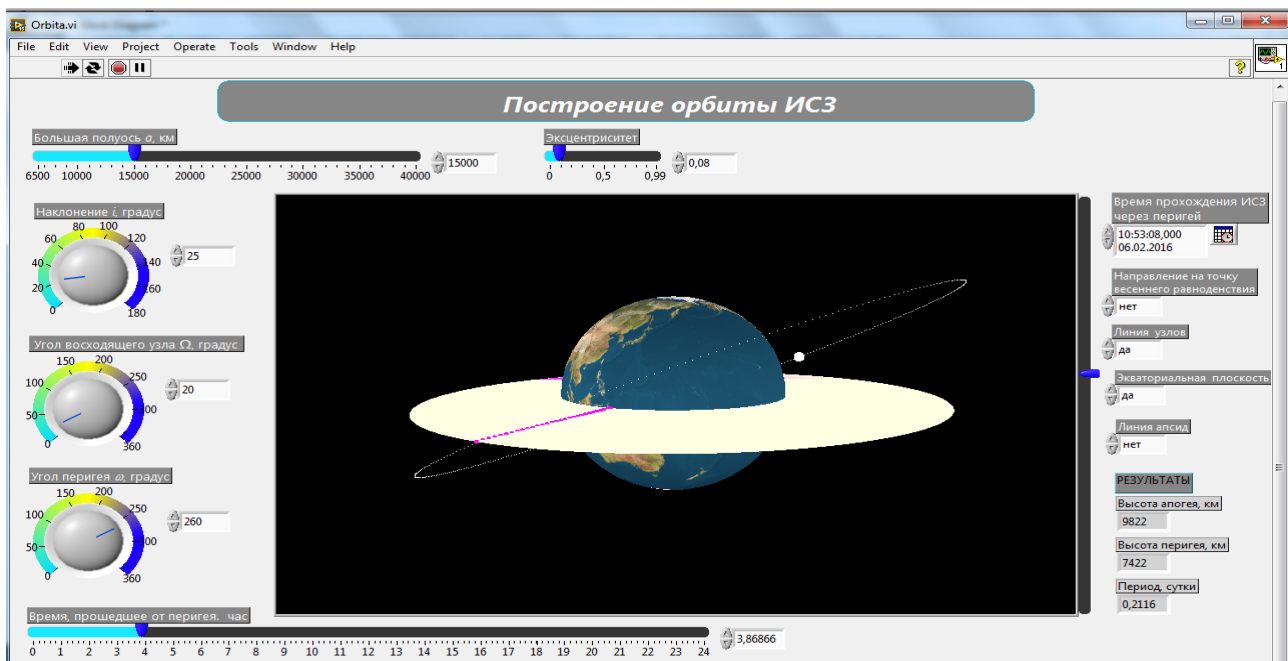


Рис. 2. Вид лицевой панели виртуального прибора

Для отображения угловых параметров предусмотрены вращающиеся ручки. Границы изменения наклона орбиты i задаются от 0° до 180° долготы восходящего узла Ω и аргумента перигея ω – от 0° до 360° .

Время перигея задается в формате ЧЧ:ММ:СС, День.Месяц.Год.

Для того, чтобы выбрать дополнительные построения, предусмотрены меню с вариантами ответа «да»/«нет». Меню предлагаются для выбора построения/не построения направления на точку весеннего равноденствия, линии узлов, экваториальной плоскости, линии апсид.

Выходными данными являются числовые значения высот апогея и перигея в км, периода космического объекта в часах (в правой части экрана), а также объемное изображение орбиты космического объекта на фоне Земного шара.

На рис. 2 представлена лицевая панель прибора со следующими входными данными: большая полуось $a = 15000$ км, эксцентриситет $e = 0,08$, наклонение орбиты $i = 25^\circ$, угол восходящего узла $\Omega = 20^\circ$, угол перигея $\omega = 260^\circ$, время прохождения ИСЗ через перигей 10:53:08, 06.02.2016, время, прошедшее от перигея – два часа, направление на точку весеннего равноденствия – «нет», линия узлов – «да», экваториальная плоскость – «да», линия апсид – «нет». На выходе получаем числовые данные: высота апогея равна 9 822 км, высота перигея – 7 422 км, период – 0,2116 суток и объемное изображение орбиты.

Как изменяется пространственное расположение орбиты легко проследить, изменяя ее угловые характеристики (рис. 3).

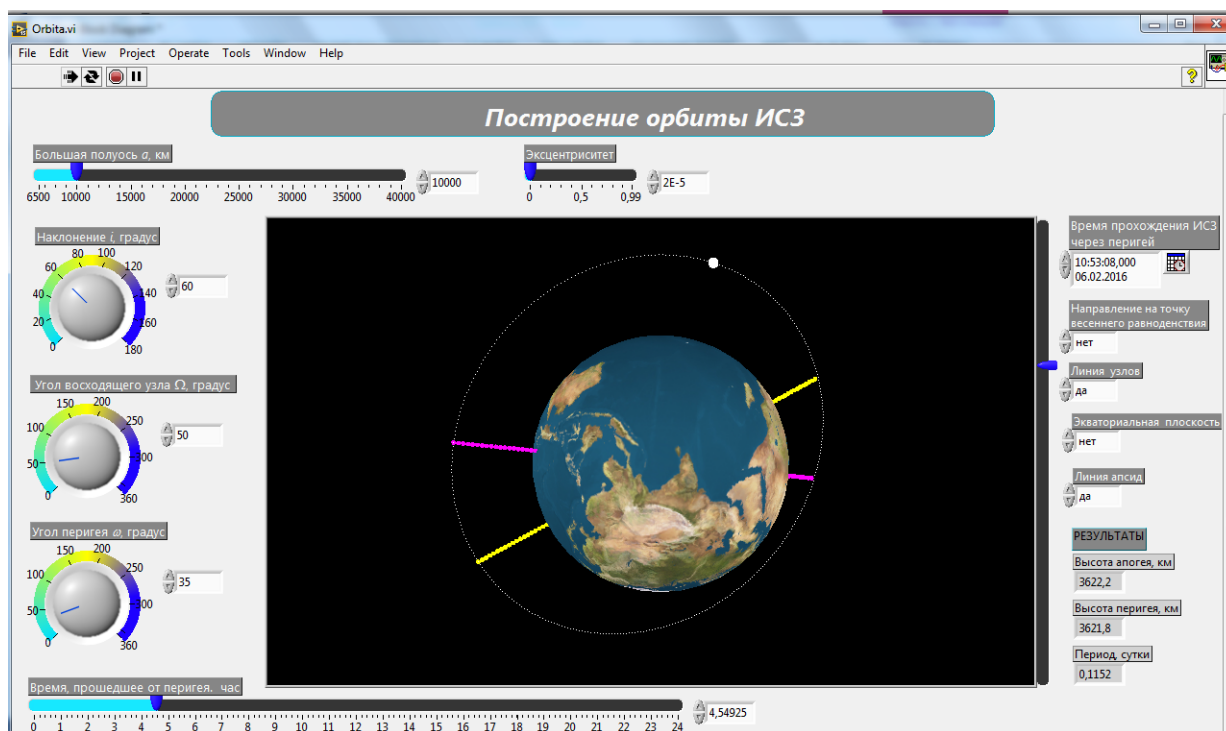


Рис. 3. Пример работы виртуального прибора по построению модели орбиты ИСЗ

Проследить за изменением формы можно, изменяя значения большой полуоси и эксцентриситета. При этом картинка становится наиболее наглядной, если на плоскость орбиты смотреть сверху.

Изменять числовые значения начальных данных можно как с помощью «мыши», непрерывно передвигая ползунки и вращающиеся ручки, так и непосредственно вводя числовые значения. У каждого числового параметра имеется числовая панель для ввода точных значений.

Для увеличения/уменьшения изображения предусмотрен масштабирующий ползунок справа от окна вывода.

Таким образом, использование среды графического программирования LabVIEW позволяет с высокой степенью наглядности создавать виртуальные модели и отслеживать в режиме реального или ускоренного времени динамику процесса.

Данный виртуальный прибор применяется для подготовки и обучения специалистов в области управления космическими аппаратами с учетом специфики МЧС России.

Литература

1. Эскобал П. Методы определения орбит. М.: Мир, 1970.
2. Галишев М.А., Моторыгин Ю.Д. Стохастические методы принятия решений для уменьшения вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций // Проблемы управления рисками в техносфере. 2013. № 4 (28). С. 59–64.
3. Трэвис Дж., Кринг Дж. LabVIEW для всех. 4-е изд. М.: ДМК-Пресс, 2011.
4. Иванов Н.М., Лысенко Л.Н. Баллистика и навигация космических аппаратов: учеб. для вузов. М.: Дрофа, 2004.
5. Кононович Э.В., Мороз В.И. Общий курс астрономии: учеб. пособие. М.: УРСС, 2001.

References

1. Escobal P. Methods of determining orbits. M.: Mir, 1970.
2. Galishev M.A. Motorigen Yu.D. Stochastic decision-making methods to reduce the likelihood of emergencies // Problems of risk management in technosphere. 2013. No. 4 (28). P. 59–64.

3. Travis J., Kring George. LabVIEW for everyone. 4th edition. M.: DMK Press, 2011.
4. Ivanov N.M., Lysenko L.N. Ballistics and navigation space AP-preparations: textbook for universities. M.: Drofa, 2004.
5. Kononovich E.V., Moroz V.I. Course of the General astronomy: proc. allowance. M.: URSS, 2001.