

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ НАВИГАЦИОННОГО ПРИЕМНИКА НАНОСПУТНИКА

Ю. А. Степук, М. В. Волчанина, А. А. Спиридонов, В. А. Саечников

*Белорусский государственный университет
Минск, Беларусь
e-mail: sansan@tut.by*

Моделируется работа навигационного приемника наноспутника. Исследуются параметры орбит навигационного спутника и наноспутника и характеристики навигационных сигналов.

Ключевые слова: сверхмалый космический аппарат; навигационный приемник; наноспутник.

MODELING OF NAVIGATION RECEIVER OPERATION FOR NANOSATELLITE

Y. A. Stepuk, M. V. Volchanina, A. A. Spiridonov, V. A. Saechnikov

*Belarusian State University
Minsk, Belarus*

Nanosatellite GPS receiver operation are simulated. The orbital parameters of navigation satellite and nanosatellite and characteristics of navigation signals are investigated.

Keywords: small satellite; navigation receiver; nanosatellite.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в связи с повышением уровня сложности научных задач к сверхмалым космическим аппаратам (нано- и пикоспутникам) предъявляются жесткие требования в части точности определения положения спутника на орбите. Это связано с повышением разрешающей способности измерительной аппаратуры и систем наблюдения Земли из космоса. Очевидно, что при этом на системы спутника параллельно накладываются ограничения по массе, габаритам и потребляемой мощности [1].

GPS-приемники используются на борту сверхмалого космического аппарата (СМКА) как для определения точных координат и скорости, так и для решения научных задач, например радиозатменное зондирование ионосферы [2]. Но из-за ограниченности энергетики спутника приемник не может работать все время на орбите, поэтому существенным при работе является уменьшение времени «холодного» старта [3]. Поиск сигнала осуществляется по задержке и доплеровскому сдвигу частот, который увеличивается в разы по сравнению с наземным приемником. Важным является вопрос предсказания диапазона этих параметров для каждого навигационного спутника в данной точке орбиты. Поэтому сегодня актуально численное моделирование ор-

бит навигационного спутника и низкоорбитального сверхмалого космического аппарата, а также параметров навигационных сигналов.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЗАИМНОГО ПОЛОЖЕНИЯ НАВИГАЦИОННОГО СПУТНИКА И НИЗКООРБИТАЛЬНОГО НАНОСПУТНИКА

Для точного определения интервалов наблюдения каждого навигационного спутника в приемнике низкоорбитального наноспутника проводилось численное моделирование геометрии их взаимного положения, рассчитывались интервалы наблюдения навигационного спутника в приемнике низкоорбитального наноспутника и дальность между ними. По известным координатам навигационного спутника и наноспутника в геоцентрической прямоугольной системе координат (ГПСК) определялись параметры их взаимного положения в пространстве относительно Земли: наклонная дальность $D(t)$, угол $\gamma(t)$ между радиус-вектором навигационного спутника $R_{НА}$ и направлением на низкоорбитальный наноспутник, предельный угол $\gamma_{ПР}(t)$, определяющий заход навигационного спутника за тень Земли, как это показано на рис. 1.

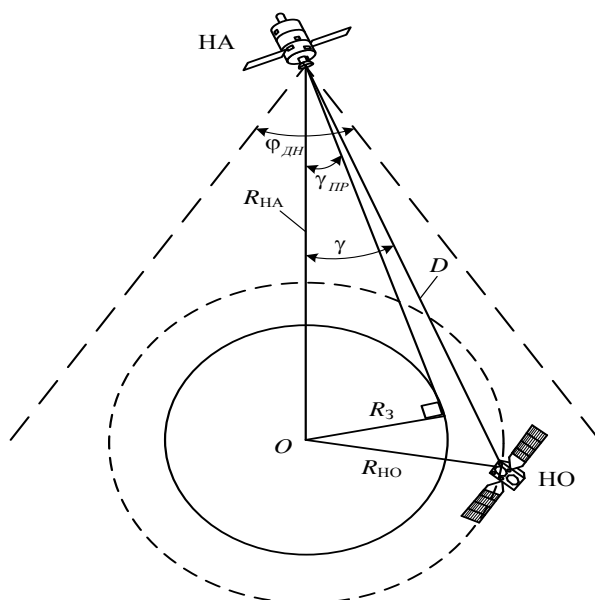


Рис. 1. Взаимное положение навигационного спутника и низкоорбитального наноспутника (НО – низкоорбитальный наноспутник; НА – навигационный спутник)

Было разработано программное обеспечение (ПО) для нахождения геометрических параметров спутников и характеристик навигационных сигналов. Данное ПО имеет следующую структуру:

1. Получение орбитальных данных навигационного спутника и низкоорбитального наноспутника в TLE-формате из базы данных NORAD.
2. Обработка данных, полученных из базы данных NORAD. Определение разности времени между данными по навигационному спутнику и низкоорбитальному. Получение основных орбитальных параметров спутников на начало моделирования.
3. Прогнозирование параметров орбиты навигационного спутника и наноспутника в течение интервала времени моделирования.

4. Вычисление наклонной дальности, относительной скорости спутников, интервалов видимости навигационного спутника, взаимного расположения, доплеровского сдвига частот навигационных сигналов.

На рис. 2 и 3 представлены результаты численного моделирования для навигационного спутника GPS 25 и наноспутника с параметрами орбиты: высота 750 км в апогее, 720 км в перигее и наклонение 98° .

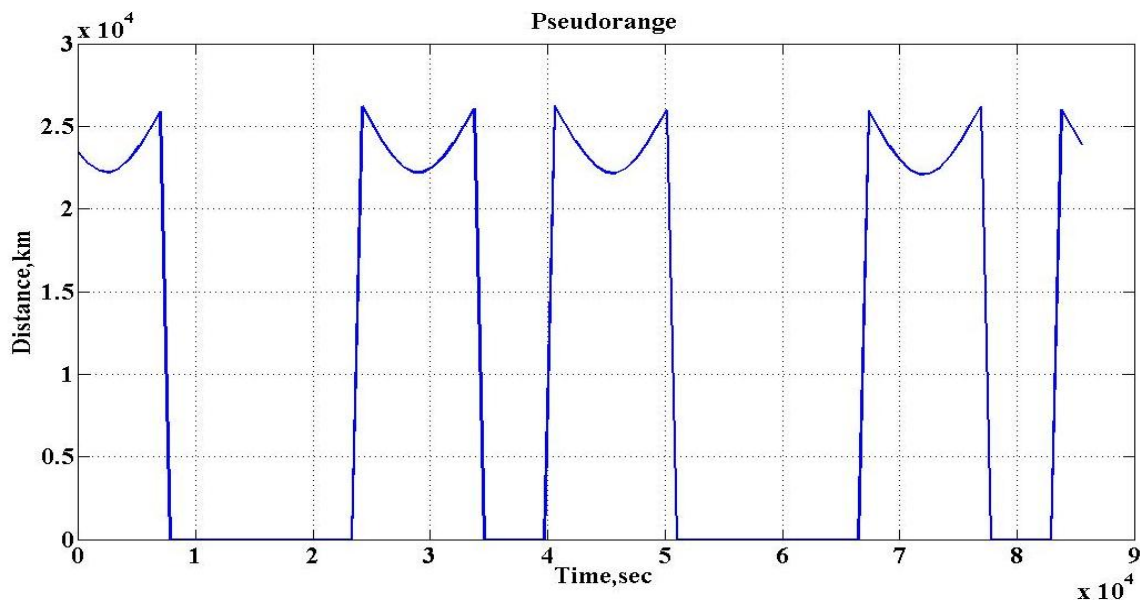


Рис. 2. График изменения дальности между навигационным спутником и низкоорбитальным наноспутником в зависимости от времени

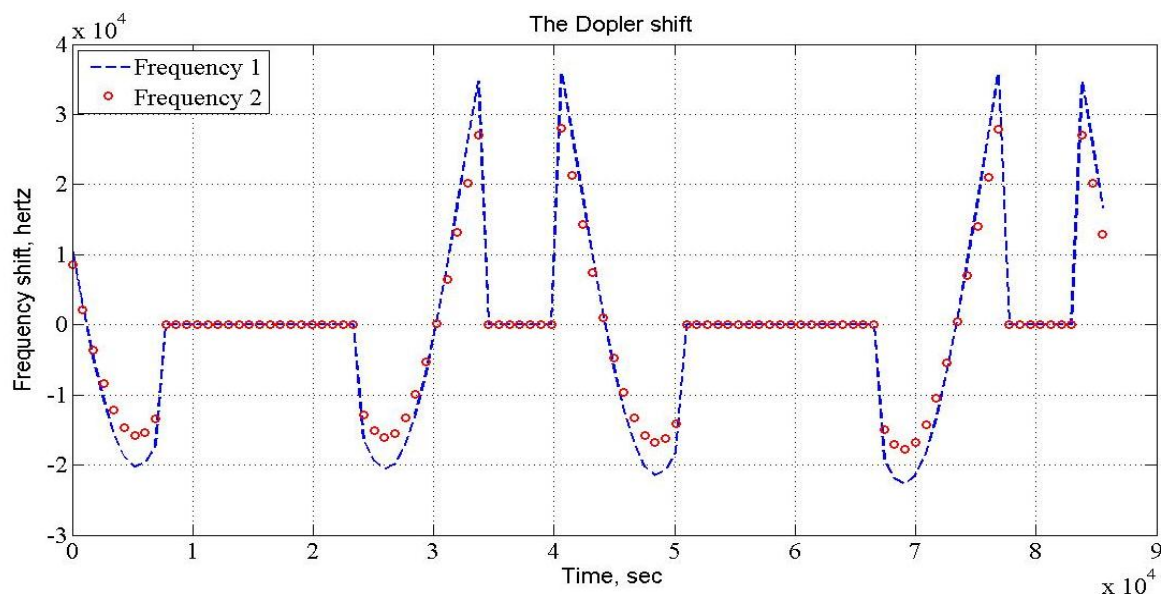


Рис. 3. График доплеровского сдвига между навигационным спутником и низкоорбитальным спутником в зависимости от времени на двух частотах

На рис. 2 представлен график изменения дальности между GPS 25 и наноспутником за одни сутки. График имеет периодическую структуру. Значение дальности из-

меняется в пределах от 22 000 до 26 000 км. Зона, где значение дальности равно нулю, означает, что спутники находятся в области земной тени.

На рис. 3 представлен график изменения доплеровского сдвига, вычисленный для GPS 25 и наноспутника за одни сутки. Вычисления доплеровского сдвига были произведены на двух частотах: $F1 = 1575,42$ МГц и $F2 = 1227,60$ МГц. Значение доплеровского сдвига равно нулю при минимальном значении дальности, а с увеличением дальности модуль доплеровского сдвига растёт, достигая максимального значения порядка 35 кГц для данного временного интервала моделирования, что в 7 раз превосходит значения наземного приемника, что приведет к увеличению времени поиска сигнала без дополнительных изменений алгоритма.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Было проведено численное моделирование орбит навигационного спутника и низкоорбитального наноспутника, осуществлен расчет наклонной дальности от навигационного спутника до низкоорбитального наноспутника, относительной скорости навигационного спутника и низкоорбитального спутника, доплеровского сдвига частот. Моделирование орбитального движения наноспутника относительно навигационных спутников и параметров навигационных сигналов позволит для данного момента времени предсказать диапазон изменений доплеровского сдвига и задержки сигналов, что позволит оптимизировать алгоритм поиска, уменьшить время холодного старта приемника.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Абламейко С. В., Саечников А. А., Спиридонов А. А. Глобальные навигационные спутниковые системы второго поколения ГЛОНАСС и GPS : метод. пособие. Минск : БГУ, 2011. 147 с.
2. Абламейко С. В., Саечников А. А., Спиридонов А. А. Малые космические аппараты : метод. пособие. Минск : БГУ, 2012. 164 с.
3. Kovar P. Cold Start Strategy of the CubeSat GPS Receiver // *Advances in Electrical and Computer Engineering*. 2014. Vol. 14, № 2. P. 29–34.