

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПО ДЛЯ ГЛОНАСС

В.В. Конин¹, А.С. Погурельский²

Национальный авиационный университет

пр. Космонавта Комарова, 1, Киев, Украина, 03680.

E-mail: gns.edu@yandex.ru

Аннотация

Ключевые слова: спутниковая навигационная система, ГЛОНАСС, алгоритмы

Представлены результаты исследования ГЛОНАСС. Исследования были выполнены с использованием спутниковой навигационной станции ProPack-V3 и собственного ПО в программной среде MathLab. Выполнено сравнение результатов эфемерид и результатов решения задачи позиционирования полученных приёмником ProPack-V3 и созданным ПО. Выбран оптимальный алгоритм расчёта эфемерид. Альтернативное ПО содержит функции пересчёта эфемерид, конвертирования координатных систем, программ, декодирующих навигационное сообщение, программ перевода альманаха ГЛОНАСС в формат YUMA и др. Приведены результаты экспериментальной проверки алгоритмов.

Вступление

В настоящее время очевидно, что российская ГЛОбальная Спутниковая Навигационная Система (ГЛОНАСС) преодолела тяжёлый период и находится в стадии восстановления. При проектировании спутниковых приёмников ГЛОНАСС актуальны задачи пересчёта эфемерид на текущий момент времени. В различной научно-технической литературе наблюдаются расхождения в алгоритмах расчёта координат и скорости спутников ГЛОНАСС с использованием эфемеридной информации. В данном докладе представлены результаты исследований различных алгоритмов пересчёта эфемерид. Были исследованы алгоритмы, предложенные в интерфейсном контрольном документе ГЛОНАСС (ИКД ГЛОНАСС) [1] с исправлением опечаток, выявленных при помощи материалов из другой научно-технической литературы. Эта информация была использована для получения соотношений, приведенных ниже. В исследованиях использовались экспериментальные данные (эфемериды, псевдодальности, ионосферные, тропосферные и временные коррекции, позиции), полученные при помощи навигационного приёмника ProPack-V3. Пересчёт эфемерид и вычисление позиции выполнялись в программной среде MathLab и после сравнивались с результатами, полученными навигационным приёмником.

Основной алгоритм пересчёта эфемерид на текущий момент времени из ИКД ГЛОНАСС можно записать в виде:

$$\begin{bmatrix} \dot{X} \\ \dot{Y} \\ \dot{Z} \end{bmatrix} = \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}, \quad (1)$$
$$\begin{bmatrix} \ddot{X} \\ \ddot{Y} \\ \ddot{Z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_x & 0 & 0 \\ 0 & K_y & 0 \\ 0 & 0 & K_z \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} J_{xS} + J_{xL} \\ J_{yS} + J_{yL} \\ J_{zS} + J_{zL} \end{bmatrix},$$

где

$$K_x = K_y = -\mu + \frac{3}{2} C_{20} \rho^2 (1 - 5Z^2),$$

$$K_z = -\mu + \frac{3}{2} C_{20} \rho^2 (5 - 5Z^2)$$

Интегрирование системы (1) выполняется в «фиксированной» системе координат. Координаты, скорости, лунные и солнечные ускорения являются входными данными для интегрирования системы (1). Они могут быть получены из навигационного сообщения и пересчитываются из Гринвической координатной системы (ПЗ-90) в абсолютную координатную систему. Лунные и солнечные ускорения также могут быть вычислены в «фиксированной» системе координат по формулам (2-3) из ИКД [1].

Исследовались следующие алгоритмы пересчёта эфемерид:

1. алгоритм 1 - по формулам (1-3) из ИКД ГЛОНАСС [1];
2. алгоритм 2 – соотношение (1) и значения лунных и солнечных ускорений, полученные и пересчитанные в «фиксированной» системе координат;
3. алгоритм 3 – с использованием формул, выведенных самостоятельно и исправленных соотношений в ПЗ-90.

¹ Доктор технических наук, профессор

² Младший научный сотрудник

Результаты исследований

На следующих графиках приведены результаты сравнения спутниковых координат, полученных при помощи алгоритма 1 (рис. 1), алгоритма 2 (рис. 2), алгоритма 3 (рис. 3) и результата расчёта их позиции, выполненные навигационным приёмником Pro-Pack-V3 в течение заданного интервала времени.

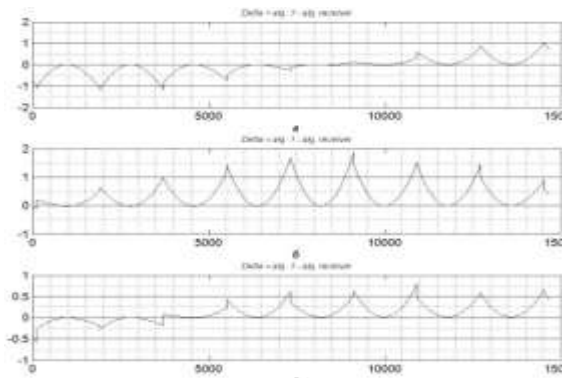


Рис. 1

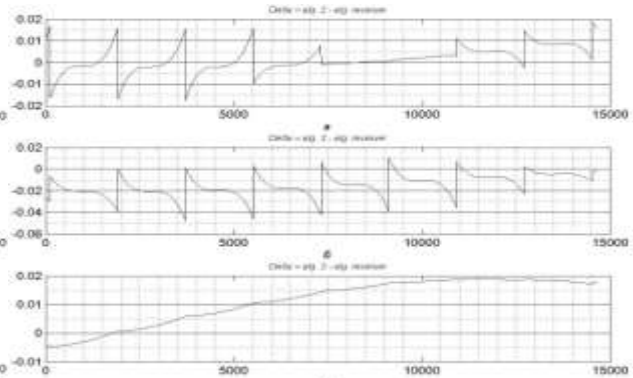


Рис. 2

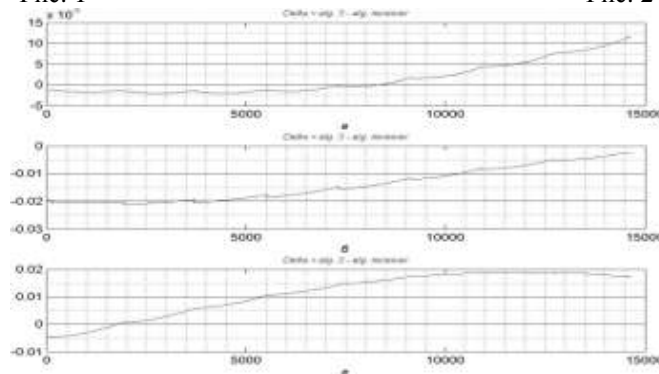


Рис. 3.

Полученные результаты демонстрируют одинаковую точность исследованных алгоритмов с незначительным преимуществом алгоритма 3. Поэтому этот алгоритм был применён в программе, реализующей решение навигационной с использованием результатов измерений, полученных спутниковым приёмником. Результаты вычисления позиции программой и получаемые приёмником сравнивались между собой (рис. 4).

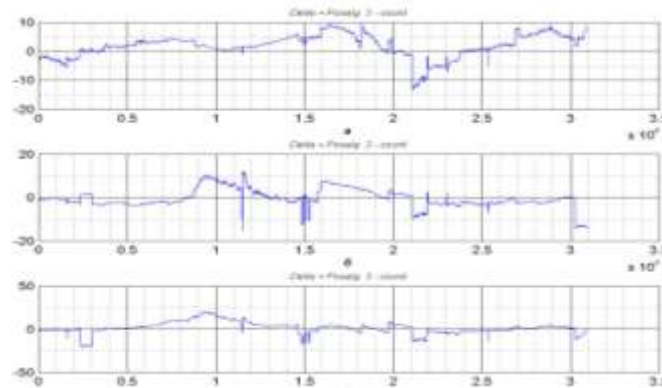


Рис. 4

Выводы

Было создано программное обеспечение, реализующее обработку данных ГЛОНАСС, содержащее алгоритмы альтернативные предложенным в ИКД ГЛОНАСС, и обеспечивающее высокий уровень точности решения навигационной задачи.

Литература

1. *Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС (Интерфейсный контрольный документ)/* Координац. науч.-информ. центр РФ.- М., 1998. - 57с.

DEVELOPMENT OF GLONASS DATA PROCESSING SOFTWARE

V.V. Konin¹, A.S. Pogurelsky²

National Aviation University

1, Kosmonavta Komarova ave., 03680, Kyiv, Ukraine.

E-mail: gnss.edu@yandex.ru

Abstract

Key words: satellite navigation system, GLONASS, algorithms

It represents results of GLONASS analysis. Research was being completed with use satellite navigation station ProPack-V3 and own developed software in MathLab environment. It was compared ephemeris calculation results and results of positioning obtained by ProPack-V3 and developed software. It was selected an optimal ephemeris calculation algorithm. The alternative software consists of ephemeris calculation functions, coordinate system conversion functions, navigation message decoding programs, almanac GLONASS into YUMA-format conversion program, etc. The results of experimental test of the algorithms are given.

Introduction

At a present time we can see that the Russian GLObal NAVigation Satellite System (GLONASS) passed a difficult time and has been recovering. For purposes of GLONASS navigation satellite receivers design it is actual problem of re-calculation of ephemeris to current time. There are discrepancies in algorithms for calculation of coordinates and velocity of GLONASS satellites using ephemeris parameters in various scientific and technical literature. In this report are given the results of research of different algorithms for re-calculation of ephemeris. It was being researched algorithms given in GLONASS Interface Control Document (GLONASS ICD) [1] with misprints correcting, that were being detected with help of materials from another scientific and technical literature. This information were used for receiving relations, that are given below. In researches were being used experimental data (ephemeris, pseudorange, ionospheric, tropospheric and time scale corrections, positions) had being obtained with help of navigation receiver ProPack-V3. Re-calculations of ephemeris and position calculations were processing in MathLab environment and after that results were compared with data obtained by navigation receiver.

The main algorithm of re-calculation of ephemeris to current time from GLONASS ICD let note as

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \dot{X} \\ \dot{Y} \\ \dot{Z} \end{bmatrix} &= \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}, \\ \begin{bmatrix} \ddot{X} \\ \ddot{Y} \\ \ddot{Z} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} K_x & 0 & 0 \\ 0 & K_y & 0 \\ 0 & 0 & K_z \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} J_{xS} + J_{xL} \\ J_{yS} + J_{yL} \\ J_{zS} + J_{zL} \end{bmatrix}, \end{aligned} \quad (1)$$

where

$$K_x = K_y = -\mu + \frac{3}{2} C_{20} \rho^2 (1 - 5Z^2),$$

$$K_z = -\mu + \frac{3}{2} C_{20} \rho^2 (5 - 5Z^2)$$

Integration of the system (1) is completing in ECEF coordinate system. Coordinates, velocities, lunar and solar accelerations are initial conditions for integration of the system (1); they are taken from a navigation message and then re-computed from Greenwich coordinate system (PZ-90) to an absolute coordinate system. Also lunar and solar accelerations can be computed in ECEF coordinate system with help of formulas (2-3) from GLONASS ICD [1].

It was being researched next number of algorithms of ephemeris re-calculation:

1. algorithm 1 – formulas (1-3) GLONASS ICD [1];
2. algorithm 2 – relation (1) and values of lunar and solar accelerations have received and re-calculated in ECEF coordinate system;
3. algorithm 3 – with usage formulas, own developed and corrected relations in PZ-90.

¹ Doctor of Technical Sciences, Professor

² Junior Researcher

Results of research

The following figures demonstrate the results of comparing satellite coordinates, obtained with help of algorithm 1 (fig. 1), algorithm 2 (fig. 2), algorithm 3 (fig. 3) and results of computation its position in navigation receiver Pro-Pack-V3 during defined time interval.

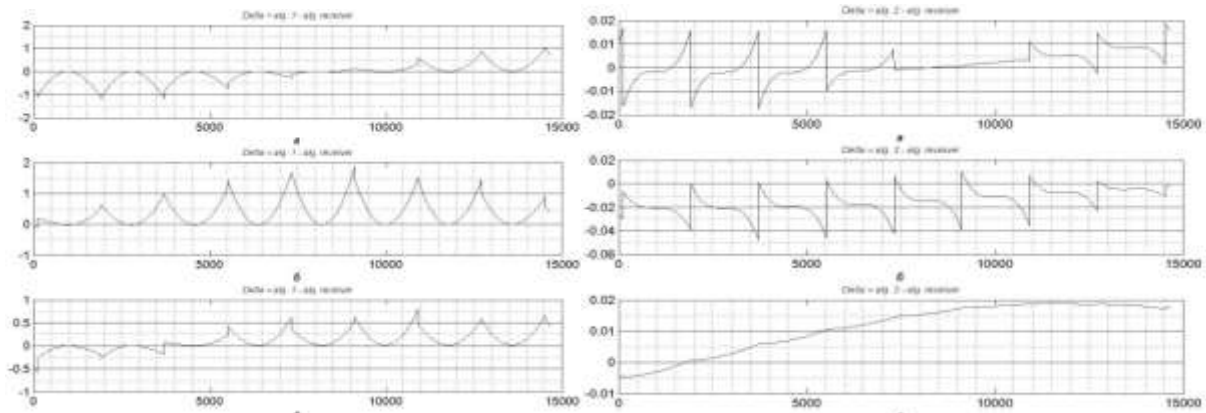


Fig. 1

Fig. 2

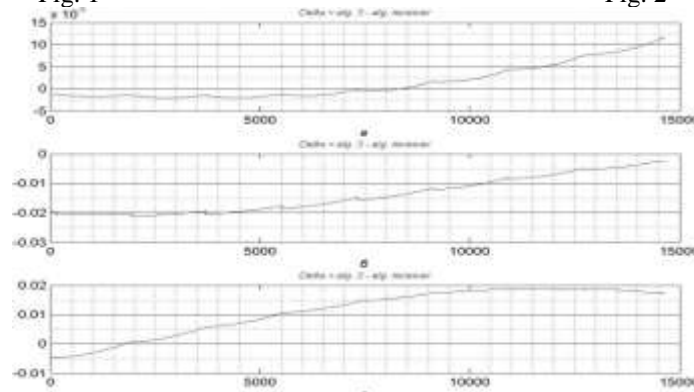


Fig. 3.

Results of research are show the equal precision of algorithms that were analyzed with low advantage of algorithm 3. Therefore this algorithm was applied in program that provides navigation problem solution with use data of measurements obtained by satellite receiver. Results of position computing by program were compared with results of positioning obtained by receiver (fig. 4).

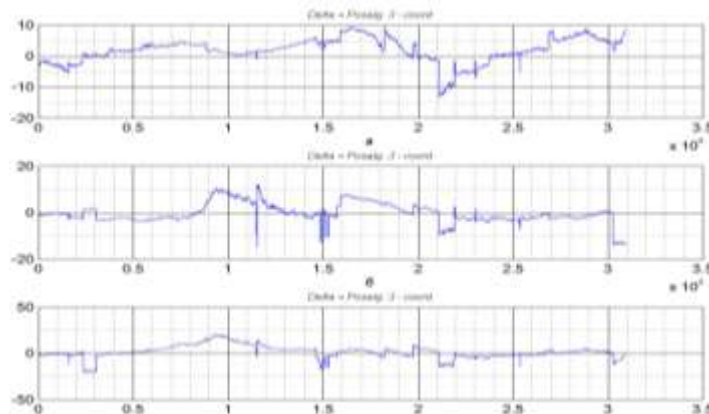


Fig. 4

Conclusions

It were developed GLONASS data processing software that contains algorithms alternative to given in GLONASS ICD and provides high level of precision of navigation problem solving.

References

1. *Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС (Интерфейсный контрольный документ)/ Координац. науч.-информ. центр РФ.- М., 1998. - 57с.*