

УДК 629.78.05

СИСТЕМА СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА «БИОН-М»

© 2013 А. И. Мантуров, В. И. Рублев, Р. Ю. Мунтян

ФГУП «ГНПРКЦ “ЦСКБ-Прогресс”», г. Самара

Рассматриваются состав, характеристики и результаты оценки точности системы спутниковой навигации КА «Бион-М» по получаемой с борта КА навигационной информации.

Система спутниковой навигации, точностные характеристики, условия проведения навигационных определений.

19.05.2013 г. завершён полёт космического аппарата (КА) «Бион-М» народно-хозяйственного назначения, являющегося космической биологической лабораторией. Управление данным КА осуществлялось с использованием созданной для КА «Бион-М» новой цифровой системы управления – бортового комплекса управления (БКУ). С целью повышения эффективности управления аппаратом в состав БКУ введена система спутниковой навигации (СН). Использование на данном аппарате СН для решения баллистико-навигационных задач позволило получить значительный экономический эффект по сравнению с предыдущими КА типа «Бион» за счёт отказа от дорогостоящего привлечения наземных измерительных средств.

СН состоит из бортового синхронизирующего координатно-временного устройства (БСКВУ), используемого в качестве навигационной аппаратуры потребителя, и программного обеспечения, реализованного в бортовой вычислительной системе БКУ. Двухчастотное БСКВУ позволяет принимать высокоточные радионавигационные сигналы системы ГЛОНАСС, а схема размещения на КА антенных устройств (АУ) БСКВУ обеспечивает необходимую видимость навигационных КА при произвольной ориентации КА, в том числе при ориентации КА на Солнце.

Масса БСКВУ составляет не более 15,6 кг. Энергопотребление БСКВУ в режиме выдачи синхросигналов, координат и скорости центра масс КА составляет не более 50 Вт. Ресурс работы составляет 53 000 часов. Вероятность безотказной работы БСКВУ в режиме выдачи навигационной информации составляет 0,99.

Процесс получения навигационной информации о положении и скорости центра масс КА «Бион-М» осуществляется следующим образом:

– БСКВУ принимает радионавигационные сигналы системы ГЛОНАСС или систем ГЛОНАСС и GPS и на основе определённых значений псевдодальностей и радиальных скоростей относительно всех видимых навигационных КА определяет положение и скорость центра масс КА «Бион-М» в привязке к шкале времени системы ГЛОНАСС, являющихся результатами одномоментных навигационных определений (ОНО);

– с использованием программного обеспечения СН проводится обработка результатов ОНО по методу динамической фильтрации (фильтр Калмана) на интервале 20 мин с периодичностью 2 мин и обновление в бортовом комплексе управления координат и скорости центра масс КА;

– осуществляется формирование массивов навигационной информации с периодичностью от 30 до 360 мин для последующей передачи её в наземный ком-

плекс управления в составе информации оперативного контроля по обратному каналу командной радиолинии.

Точность ОНО существенно зависит от количества видимых навигационных КА и их взаимного расположения относительно АУ БСКВУ (геометрического фактора).

На рис. 1, 2 приведены условия проведения навигационных определений по количеству видимых навигационных спутников и геометрии сеанса одномоментных навигационных определений для фактической даты функционирования ССН.

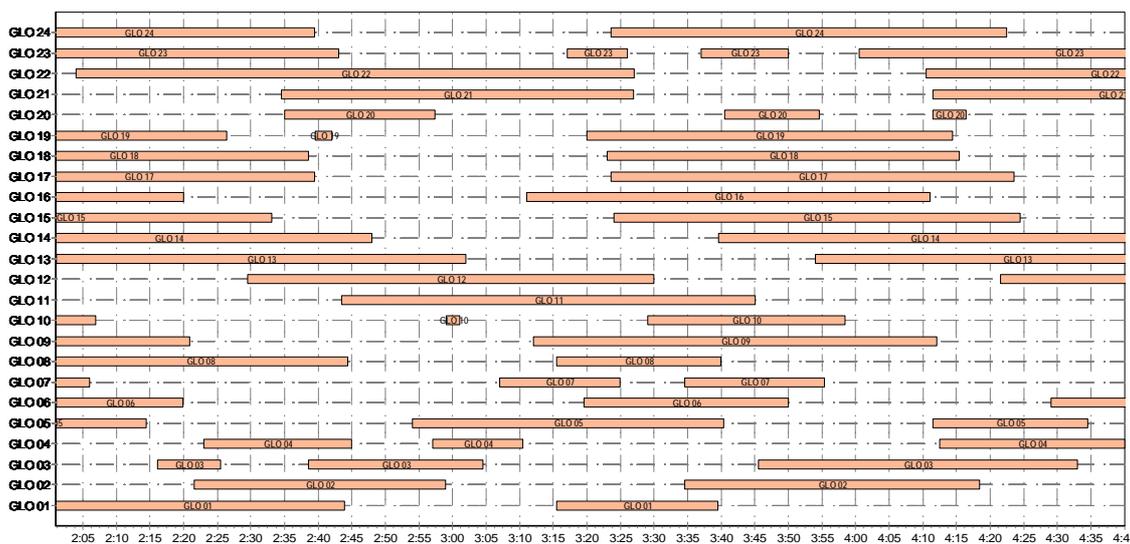


Рис. 1. Интервалы видимости навигационных спутников системы ГЛОНАСС

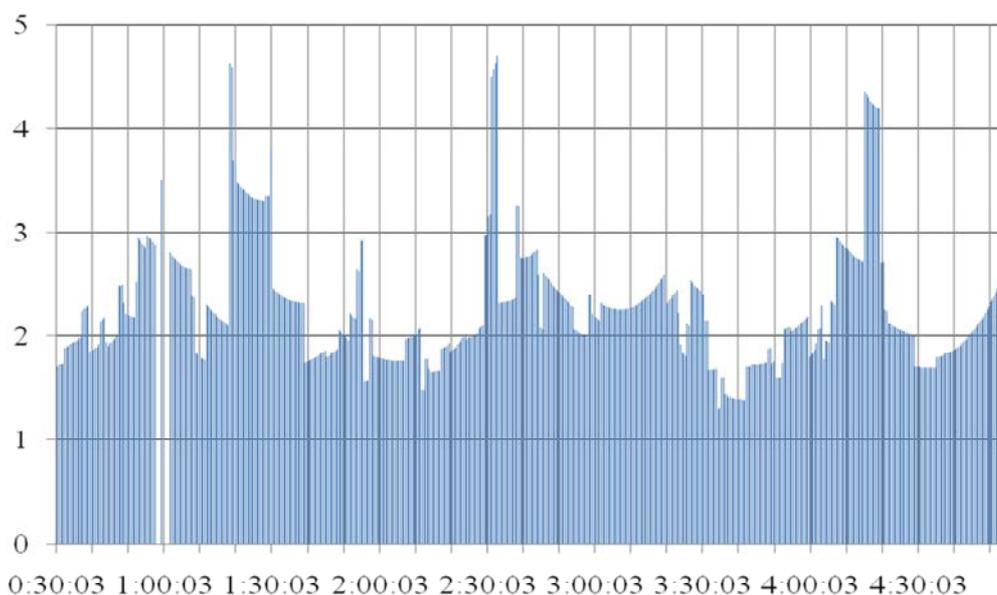


Рис. 2. Изменение пространственного геометрического фактора ОНО 24.04.2013 г.

После полёта проведена оценка точностных характеристик системы по методике, основанной на результатах сравнения параметров орбиты, полученной по результатам определения ССН, с параметрами эталонной орбиты. Эталонная орбита определялась по результатам обработки навигационной информации, получаемой с борта КА в составе информации оперативного контроля (ИОК) на интервале нескольких витков полёта КА. Определение параметров эталонной орбиты проводилось на наземных вычислительных средствах ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» по методу наименьших квадратов с использованием высокоточной модели движения центра масс КА.

На рис. 3 приведены результаты оценки точностных характеристик ССН при использовании навигационного поля системы ГЛОНАСС 24.04.2013 г. Аналогичные условия характерны для всего полёта космического аппарата.

На основании анализа полученных результатов оценки можно сделать следующие выводы:

- максимальные погрешности определения координат и составляющих вектора скорости ССН по навигационному полю ГЛОНАСС не превышают соответственно 10 м и 3 см/с на участках полёта, где ось диаграммы направленности АУ совпадает с радиус-вектором, и 40 м и 8 см/с на участках полёта, где ось диаграммы направленности АУ составляет с радиус-вектором угол $\sim 90^\circ$;

- при работе ССН по навигационному полю систем ГЛОНАСС и GPS погрешности определения координат и скорости центра масс практически аналогичны вышеприведённым значениям;

- максимальные погрешности прогноза параметров движения в БКУ на интервале одного витка полёта КА не превышали 150 м по радиусу и бинормали и 750 м – по направлению вдоль орбиты.

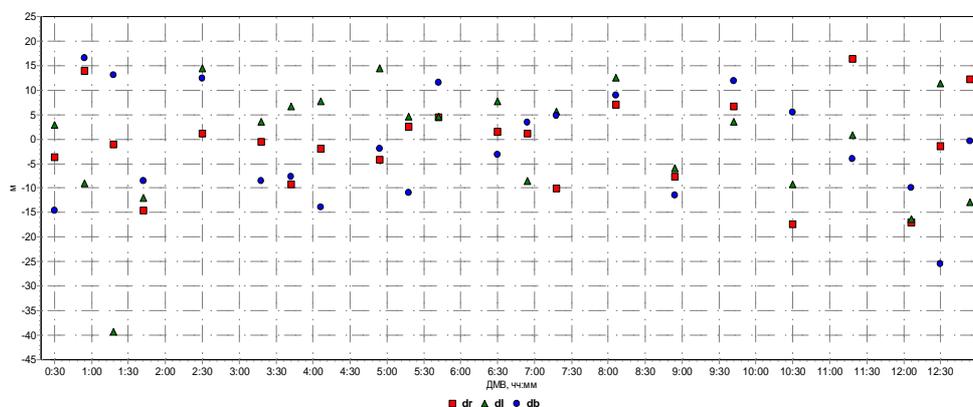


Рис. 3. Точность навигационных определений (отклонения координат центра масс КА от эталонных значений)

SYSTEM OF SATELLITE NAVIGATION OF «BION-M» SPACE VEHICLE

© 2013 A. I. Manturov, V. I. Rublyov, R. Yu. Muntyan

Space Rocket Center «TsSKB-Progress», Samara

The paper describes the make up, characteristics and the results of assessing the accuracy of «Bion-M» spacecraft satellite navigation system by the navigation data obtained from the space vehicle.

Satellite navigation system, accuracy characteristics, conditions of navigation measurement execution.

Информация об авторах

Мантуров Александр Иванович, доктор технических наук, профессор, начальник отдела, ФГУП «ГНПРКЦ “ЦСКБ-Прогресс”», г. Самара. E-mail: mail@samspace.ru. Область научных интересов: динамика полета КА, системы управления космическими аппаратами.

Рублев Валерий Иванович, заместитель начальника отдела, ФГУП «ГНПРКЦ “ЦСКБ-Прогресс”», г. Самара. E-mail: mail@samspace.ru. Область научных интересов: динамика полета КА, системы управления космическими аппаратами, системы спутниковой навигации.

Мунтян Роман Юрьевич, инженер-конструктор первой категории, ФГУП «ГНПРКЦ “ЦСКБ-Прогресс”», г. Самара. E-mail: mail@samspace.ru. Область научных интересов: системы спутниковой навигации, методы статистической обработки.

Manturov Alexander Ivanovich, doctor of technical science, head of department, Space Rocket Center «TsSKB-Progress». E-mail: mail@samspace.ru. Area of research: spacecraft flight dynamics, spacecraft control systems.

Rublyov Valery Ivanovich, deputy head of department, Space Rocket Center «TsSKB-Progress». E-mail: mail@samspace.ru. Area of research: spacecraft flight dynamics, spacecraft control systems, satellite navigation systems.

Muntyan Roman Yuryevich, design engineer of the 1st category, Space Rocket Center «TsSKB-Progress». E-mail: mail@samspace.ru. Area of research: satellite navigation systems, methods of statistical processing.