

Горбенко О.А., Рублев В.И., Ткаченко Ю.В.

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ НИЗКООРБИТАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ

При определении параметров движения центра масс (ПДЦМ) космического аппарата (КА) с использованием спутниковой навигации [1] широкое применение находит статистическая обработка (фильтрация) навигационной информации. Рассмотрим оценку точности определения ПДЦМ КА при использовании алгоритма рекуррентной фильтрации для статистической обработки последовательности дискретных одномоментных определений ПДЦМ КА, получаемых в навигационной аппаратуре потребителя (НАП).

При реализации в НАП двухчастотного метода измерения псевдодальности и радиальной псевдоскорости погрешности одномоментных определений ПДЦМ, в частности, зависят от геометрического фактора, погрешностей знания эфемерид навигационных КА (НКА) и полноты представления гравитационного потенциала Земли (ГПЗ) в модели движения центра масс (ЦМ) КА. Также известно [2], что при проведении навигационных измерений по одному и тому же созвездию НКА имеет место сильная корреляция между погрешностями одномоментных определений ПДЦМ КА.

Рассмотрен случай определения вектора ПДЦМ КА посредством статистической фильтрации фильтром Калмана [3] некоторого количества векторов ПДЦМ, получаемых из НАП с дискретностью 0,25 – 0,5 витка.

Фильтр Калмана реализован в скалярной форме в орбитальной системе координат (ОСК) с последовательным уточнением априорного вектора ПДЦМ КА \hat{q}_{i+1}^* по измерениям \hat{y}_j ($j=1,6$) компонент этого вектора и полученного из НАП вектора \hat{q}_{i+1} . При этом в качестве априорного \hat{q}_{i+1}^* используется вектор, получаемый прогнозированием на момент t_{i+1} оценки вектора ПДЦМ \hat{q}_i , полученной на момент t_i . Формулы для получения оценки вектора ПДЦМ по выборке текущих измерений являются стандартными и поэтому не приводятся. Организацию описанного процесса получения оценки вектора ПДЦМ КА можно реализовать

программным обеспечением системы спутниковой навигации (ССН) при минимальном информационном обмене на борту КА. В состав ССН входят НАП и программное обеспечение.

Проведено статистическое моделирование оценки точности определения орбиты при следующих исходных данных и допущениях:

- КА находится на круговой орбите с наклоном 71° и высотой полета 500 км;
- интервал между определениями ПДЦМ в НАП составляет 0,25 и 0,5 витка (90° , 180° по аргументу широты);
- погрешности определения ПДЦМ в НАП носят случайный характер и распределены по нормальному закону, математическое ожидание погрешностей равно нулю, предельные отклонения ($P = 0,9973$) составляют 50 м по координатам и 5 см/с по составляющим вектора скорости в ОСК;
- используемая при статистической обработке модель движения ЦМ КА учитывает 4, 8 и 16 членов разложения геопотенциала в ряд по сферическим функциям;
- количество векторов ПДЦМ КА, используемых для определения орбиты, составляет от 2 до 10;
- дискретность положения орбиты КА по долготе восходящего узла составляет 5° .
- положение первого вектора ПДЦМ по аргументу широты составляет 0° , 120° , 240° .

Оценка точности определения ПДЦМ КА в ССН проводилась относительно невозмущенной орбиты, получаемой с использованием модели движения ЦМ, учитывающей 16 полных членов разложения ГПЗ.

При проведении моделирования погрешность знания баллистического коэффициента не учитывалась.

Зависимости предельных ($P = 0,9973$) погрешностей определения ПДЦМ по радиусу и вдоль орбиты и соответствующих им погрешностей прогноза на полувитковом интервале от количества обрабатываемой навигационной информации (n векторов ПДЦМ КА t, \vec{r}, \vec{V}) с интервалом 0,5 витка полета КА) приведены на рисунках 1 – 2.

Анализ результатов моделирования показывает, что при статистической обработке 4..6 векторов ПДЦМ, поступающих из НАП с интервалом $\sim 0,5$ витка, при использовании модели движения ЦМ КА, учитывающей 8 полных членов разложения ГПЗ, погрешности определе-

ния и прогноза ПДЦМ не превышают уровня погрешностей определения ПДЦМ в НАП по радиусу и четырехкратного уровня погрешностей определения ПДЦМ в НАП вдоль орбиты, что говорит о целесообразности применения статобработки навигационной информации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС / Под редакцией В.Харисова, А.И.Петрова, В.А.Болдина. – М.: ИПРЖР, 1988
2. Сетевые спутниковые радионавигационные системы / Под редакцией В.С.Шебшаевича. – М.: Радио и связь, 1993 г.
3. А.В.Балакришнан. Теория фильтрации Калмана – М.: Мир, 1988 г.

Зависимость предельных погрешностей определения ПДЦМ КА по радиусу и вдоль орбиты от количества обрабатываемых векторов ПДЦМ

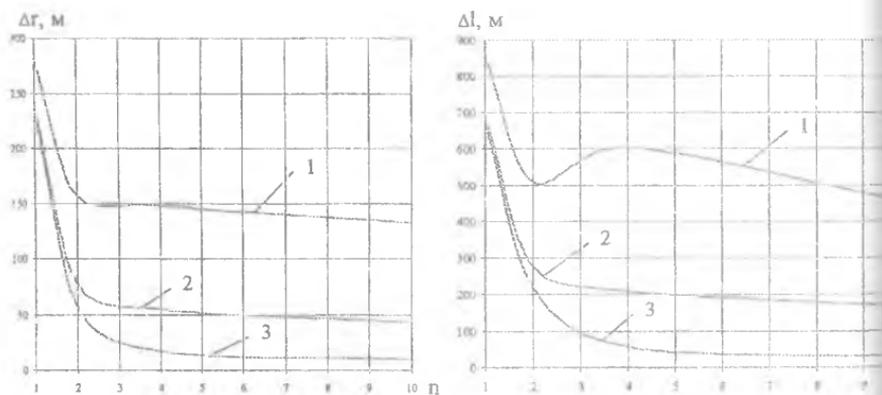


Рис. 1

Зависимость предельных погрешностей прогноза ПДЦМ КА на интервале 0,5 витка по радиусу и вдоль орбиты от количества обрабатываемых векторов ПДЦМ

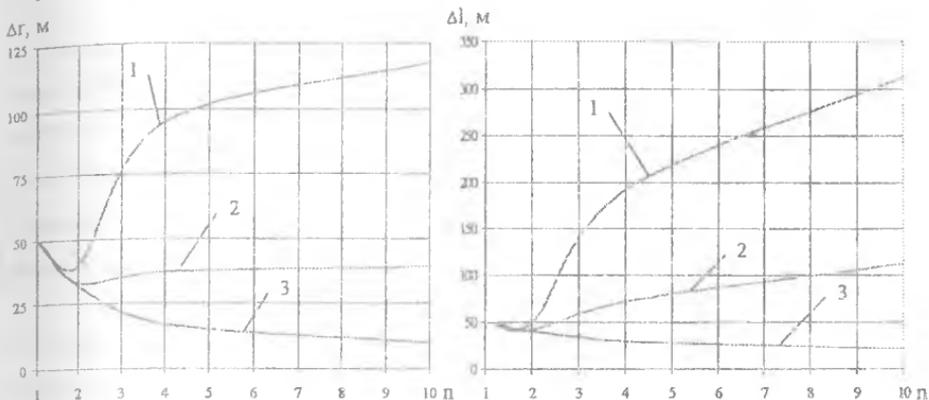


Рис. 2

- 1 — модель движения ЦМ учитывает 4 члена разложения ГПЗ;
- 2 — модель движения ЦМ учитывает 8 членов разложения ГПЗ;
- 3 — модель движения ЦМ учитывает 16 членов разложения ГПЗ.

УДК 629.78.015

Дорошин А.В.

ДВИЖЕНИЕ СПУСКАЕМОГО АППАРАТА С ВРАЩАЮЩИМСЯ СТАБИЛИЗИРУЮЩИМ БЛОКОМ

Одной из важных задач при осуществлении неуправляемого движения в атмосфере спускаемого аппарата (СА) является уменьшение зоны рассеивания точек его посадки. Посадка СА в выбранном районе земной поверхности с требуемой величиной зоны рассеивания зависит от величин углов входа СА в плотные слои атмосферы [1]. Для обеспечения требуемых углов входа необходимо определенным образом сориентировать СА и выдать тормозной импульс, обеспечивающий сход с околоземной орбиты. Для стабилизации направления продольной оси СА можно применить способ частичной закрукки, при которой во вращательное