

## АНАЛИЗ АПОСТЕРИОРНОЙ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА "РЕСУРС-ДК"

С 15.06.06 г. по настоящее время на борту космического аппарата (КА) "Ресурс-ДК" успешно функционирует система спутниковой навигации (ССН), в состав которой входят бортовое навигационно-временное устройство (БНВУ) и реализованное в бортовой вычислительной системе КА программное обеспечение ССН [1]. БНВУ принимает радионавигационные сигналы стандартной точности на частоте L1 ( $\approx 1600$  МГц). С целью уменьшения влияния ионосферной задержки распространения навигационных радиосигналов в БНВУ поступают в обработку радиосигналы от навигационных космических аппаратов (НКА), расположенных выше плоскости местного горизонта.

Для апостериорной оценки точностных характеристик системы спутниковой навигации КА "Ресурс-ДК" использовалась методика оценки точностных характеристик системы [2]. В качестве эталонных параметров движения центра масс (ПДЦМ) КА использовались результаты статистической обработки на наземных вычислительных средствах значений ПДЦМ, получаемых из БНВУ или ССН с некоторой дискретностью. Обработка проводилась с использованием метода наименьших квадратов (МНК) или метода динамической фильтрации (МДФ) и модели движения центра масс КА, учитывающей не менее 16 гармоник разложения гравитационного поля Земли. Минимальная периодичность обновления ПДЦМ в бортовом комплексе управления составляет 20 минут при периодичности поступления результатов одномоментных навигационных определений (ОНО) из БНВУ, равной 2 мин. С учетом этого эталонные ПДЦМ для проведения оценки точности ОНО и ССН определялись путем статистической обработки на интервале 100 – 200 минут результатов ОНО, передаваемых с борта КА с периодичностью 2 – 10 минут.

Кроме этого, был реализован вариант определения эталонных ПДЦМ для оценки точности прогноза ПДЦМ, определяемых ССН. При этом проводилась статистическая обработка ПДЦМ на интервале до одних суток с периодичностью 40 – 100 минут. Полученные результаты оценки точности прогноза ПДЦМ в БКУ практически совпадают для вариантов получения эталонной орбиты с использованием результатов ОНО из БНВУ и использованием ПДЦМ, определяемых ССН.

Результаты оценки точности ОНО в БНВУ для вариантов использования навигационного поля ГЛОНАСС приведены на рис. 1, а для навигационного поля ГЛОНАСС+GPS на рис. 2.

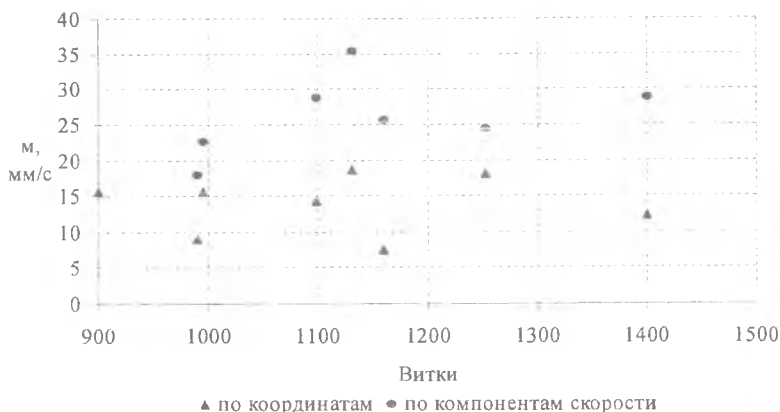


Рис. 1. Максимальные СКО по координатам и по компонентам скорости для различных выборок на витках 990, 995, 1098, 1131, 1159, 1252, 1400 (ГЛОНАСС)

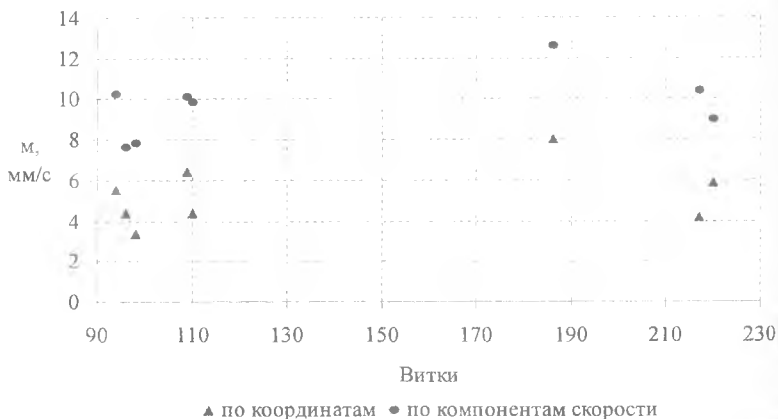


Рис. 2. Максимальные СКО по координатам и по компонентам скорости для различных выборок на витках 94, 96, 98, 109, 110, 186, 217, 220 (ГЛОНАСС+GPS)

Эти оценки показывают, что погрешности ( $\sigma$ ) ОНО при использовании системы ГЛОНАСС в количестве 12-14 НКА составляют 14 м по координатам и 2,4 см/с по компонентам вектора скорости.

При использовании навигационного поля ГЛОНАСС+GPS (41-43 НКА) за счет значительного улучшения среднего геометрического фактора навигационных определений погрешности ( $\sigma$ ) ОНО составляют 6 м по координатам и 1,0 см/с по компонентам вектора скорости.

Апостериорная оценка точности прогноза ПДЦМ КА в бортовом комплексе управления при использовании в ССН статистической обработки результатов ОНО и бортовой модели движения, учитывающей 4 члена разложения геопотенциала, показывает, что погрешности ( $\sigma$ ) прогноза ПДЦМ на интервале один виток по положению составляют: по радиусу и бинормали 100 м, вдоль орбиты 300-400 м.

Дополнительно проведен анализ влияния периодичности поступления векторов ПДЦМ из БНВУ на точность статистической обработки результатов ОНО на фиксированном интервале времени. На рис. 3, 4 приведены сравнительные результаты моделирования статистической обработки полученных с борта КА результатов ОНО на интервале 6000 с для варианта обработки навигационной информации с использованием метода наименьших квадратов при периодичности поступления ПДЦМ в обработку от 120 до 1200 с.

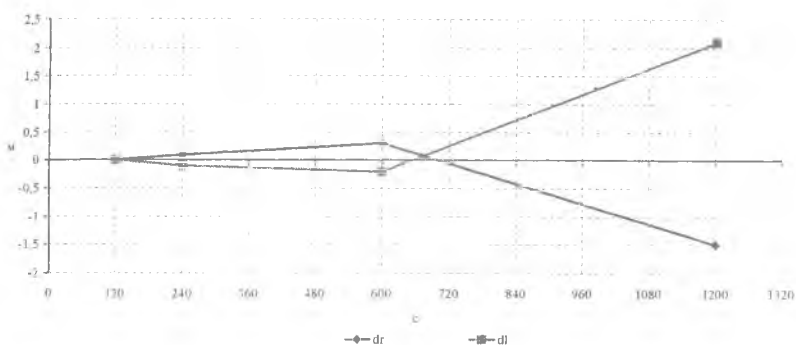


Рис. 3. Отличия результатов оценки векторов ПДЦМ с использованием МНК в зависимости от периодичности поступления в обработку результатов ОНО (на момент последних ПДЦМ) относительно варианта 120 с

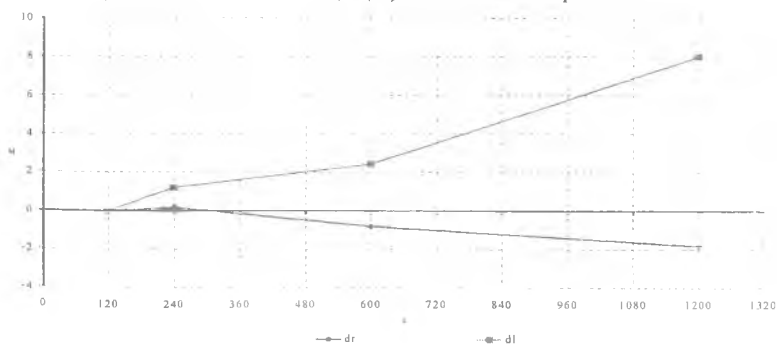


Рис. 4. Отличия результатов прогноза ПДЦМ на интервале один виток по результатам оценки векторов ПДЦМ с использованием МНК в зависимости от периодичности поступления в обработку результатов ОНО относительно варианта 120 с

Результаты моделирования с использованием метода динамической фильтрации практически не отличаются от результатов, приведенных на рис. 3, 4. Таким образом, периодичность поступления ПДЦМ из БНВУ практически не влияет на точность статистической обработки, если периодичность поступления не превышает 600 с. Это свидетельствует о том, что результаты ОНО на интервале до 600 с являются сильно коррелированными между собой для существующих характеристик системы ГЛОНАСС БНВУ.

#### **Библиографический список**

1. Аншаков Г.П., Мангуров А.И., Мостовой Я.А., Рублев В.И., Усталов Ю.М. "Борьба с помехами в навигационном обеспечении КА дистанционного зондирования Земли "РесурДК". Сборник трудов XIII Санкт-Петербургской международной конференции по интегрированным навигационным системам, С-П, 2006. – С. 187-193.
2. Рублев В.И., Ткаченко Ю.В. "Методика апостериорной оценки точностных характеристик системы спутниковой навигации космического аппарата дистанционного зондирования Земли". Сборник трудов XII Всероссийского научно-технического семинара по управлению движением и навигации летательных аппаратов. Самара, 2006. – С. 114-117.