

МЕТОДИКА АПОСТЕРИОРНОЙ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Точностные характеристики системы спутниковой навигации (СН) характеризуются уровнем погрешностей определения координат и составляющих скорости в навигационном аппаратуре потребителя (НАП) и СН, а также погрешностями прогноза на заданном интервале этих параметров на борту космического аппарата дистанционного зондирования Земли (КА ДЗЗ). Погрешности знания координат центра масс КА ДЗЗ в зависимости от интервала прогноза КА возрастают в несколько раз по сравнению с погрешностями определения в НАП координат и составляющих вектора скорости центра масс в орбитальной системе координат [1], [2]. С учетом этого, эталонные значения координат и составляющих вектора скорости центра масс КА ДЗЗ, используемые для апостериорной оценки точности прогноза параметров движения центра масс (ПДЦМ) КА по результатам определения системой навигации на этапе натурных испытаний, должны иметь погрешности на уровне ошибок определения в НАП координат центра масс КА ДЗЗ. Для оценки точности определения параметров движения с заданной погрешности знания эталонных параметров движения должны быть на уровне 25% погрешностей определения параметров движения центра масс КА в НАП и СН [3].

В качестве эталонных ПДЦМ можно использовать результаты статистической обработки на наземных вычислительных средствах значений ПДЦМ, получаемых с некоторой дискретностью из НАП или СН с использованием при обработке метода наименьших квадратов или метода динамической фильтрации и модели движения центра масс КА ДЗЗ, учитывающей не менее 16 членов разложения гравитационного поля Земли [1].

Для иллюстрации на рис. 1 – 3 приведены предельные погрешности прогноза положения центра масс КА на расчетной эталонной орбите, полученной моделированием статистической обработки значений ПДЦМ, определяемых системой спутниковой навигации с дискретностью $0,25 \cdot T$ выток полета КА для круговой орбиты с высотой ~ 500 км, от количества обрабатываемых ПДЦМ при значениях $\Delta t_{\text{опр}} = \Delta l_{\text{опр}} = \Delta h_{\text{опр}} = 1000$ с ($\Delta V_{\text{горп}} = \Delta V_{\text{горп}} = \Delta V_{\text{горп}}$).

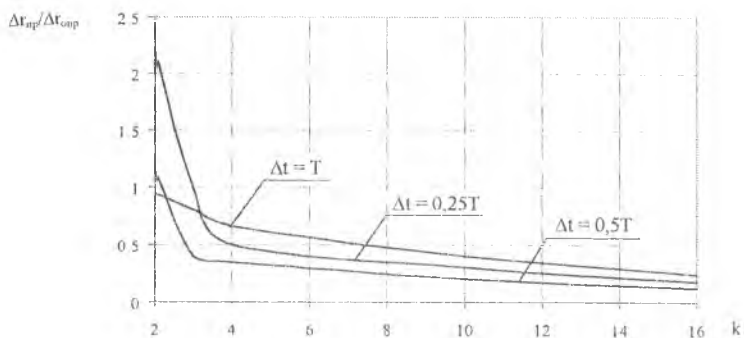


Рис. 1. — Зависимость предельных погрешностей прогноза эталонной орбиты по радиусу от количества обрабатываемых векторов

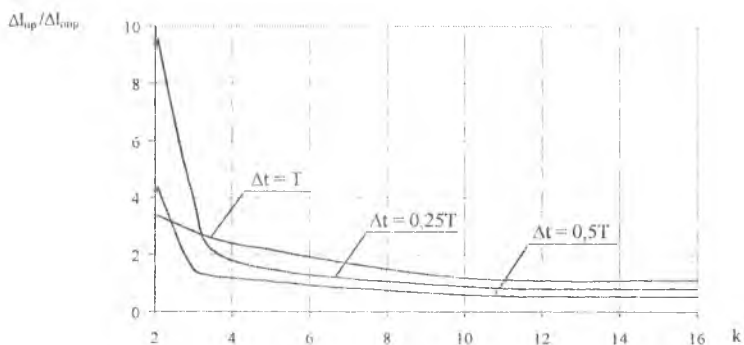


Рис. 2. — Зависимость предельных погрешностей прогноза эталонной орбиты по направлению вдоль орбиты от количества обрабатываемых векторов

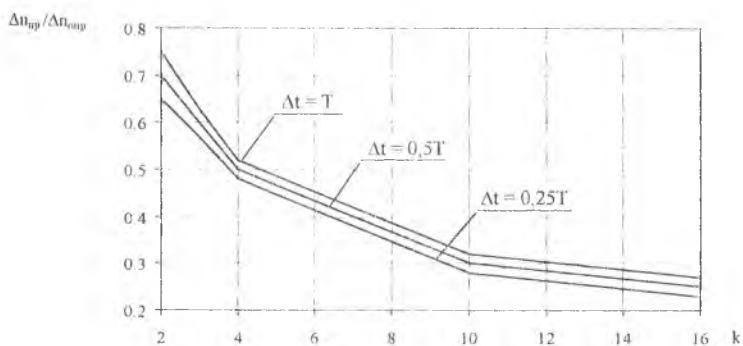


Рис. 3. — Зависимость предельных погрешностей прогноза эталонной орбиты по бинормали от количества обрабатываемых векторов

Здесь $\Delta r_{\text{опр}}$, $\Delta l_{\text{опр}}$, $\Delta n_{\text{опр}}$, $\Delta V r_{\text{опр}}$, $\Delta V l_{\text{опр}}$, $\Delta V n_{\text{опр}}$ – погрешности одномоментных навигационных определений в НАП координат и составляющих вектора скорости центра масс, соответственно по радиусу, вдоль орбиты и по бинормали к орбите;

$\Delta r_{\text{пр}}$, $\Delta l_{\text{пр}}$, $\Delta n_{\text{пр}}$ – погрешности прогноза вектора положения центра масс КА на интервале одного витка соответственно по радиусу, вдоль орбиты и по бинормали к орбите.

На основании вышеприведенных материалов можно сделать заключение, что для проведения оценки точности одномоментных навигационных определений ПДЦМ КА в НАП прогноза ПДЦМ на борту КА ДЗЗ необходимо получение не менее 6 значений ПДЦМ ССН с дискретностью 0,5 витка полета КА.

Порядок проведения апостериорной оценки точностных характеристик ССН заключается в следующем:

1) на борту КА с заданной периодичностью и в необходимом объеме формируются массивы ПДЦМ КА для последующей передачи на Землю;

2) по полученной навигационной информации на наземных вычислительных средствах определяются эталонные ПДЦМ КА;

3) рассчитываются ПДЦМ КА на заданном интервале прогноза с использованием в качестве начальных условий ПДЦМ КА, определенных ССН, и их отклонения от эталонных положению центра масс;

4) рассчитываются статистические оценки отклонений для уровня вероятности 0,5 по результатам определения оценок для математического ожидания, дисперсии и вида закона распределения отклонений, что принимается за оценку точностных характеристик ССН;

5) полученные точностные характеристики ССН сравниваются с заданными для конкретного КА ДЗЗ.

Таким образом, предложен сравнительно простой способ апостериорной оценки точностных характеристик ССН, который не требует привлечения дополнительных измерительных средств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горбенко О.А., Рублев В.И. Некоторые результаты оценки точности определения движением низкоорбитальных космических аппаратов с использованием спутниковой навигации. Труды X Всероссийского научно-технического семинара по управлению движением и навигации летательных аппаратов. – Самара: 2002, С.74-77

2. Антонов Ю.Г., Дружин В.В., Федоров Д.П., Мантуров А.И., Огарков В.И., Рублев В.И., Федоров Д.Н. Навигационно-временное обеспечение космических аппаратов дистанционного зондирования Земли с использованием системы спутниковой навигации. Сб. научных трудов ФГУП ГИИ РКЦ «ЦСКБ-ПРОГРЕСС», выпуск 3 – Самара: 2004, С.93 - 99.
3. ГОСТ 8.508-84. Метрологические характеристики средств измерений и точностные характеристики средств автоматизации ГСП. Общие методы оценки и контроля. Издание официальное.