

Тинухов В.А., Филатов А.В.

СОВРЕМЕННАЯ КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ МАЛОМАССОГАБАРИТНЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

В связи с повышением требований к качеству информации наблюдения и точности привязки снимков на местности, в настоящее время имеется тенденция повышения точности ориентации и стабилизации космических аппаратов дистанционного зондирования Земли (КА ДЗЗ) до значений от нескольких угловых минут до долей угловой минуты.

Такая точность ориентации КА ДЗЗ обеспечивается совместной работой гироскопических «датчиков памяти» различных типов и «датчиков внешней ориентации» – бортовых координаторов звёзд. Данные бортовые приборы должны обладать адекватными поставленным задачам точностными характеристиками.

Однако, созданием высокоточных приборов системы управления движением (СУД) задача обеспечения требуемой точности ориентации КА ДЗЗ не исчерпывается, так как для упомянутых точностей ориентации ошибки установки осей чувствительности приборов относительно базовых осей КА начинают играть определяющую роль.

В настоящее время принимаемые конструктивно-технологические меры не могут обеспечить требуемой точности установки приборов на КА. Конечно, в наземных условиях юстировка посадочных мест под чувствительные элементы бортовой аппаратуры (БА) обеспечивает требуемые точности установки БА. Но, кроме того, что такая юстировка очень дорогостоящая, необходимо учесть тот факт, что под действием вибронагрузок при выведении КА на рабочую орбиту угловое положение БА изменяется, сводя на нет точности, достигаемые юстировкой. Поэтому достижение требуемой точности ориентации КА ДЗЗ должно базироваться на процедурах уточнения взаимного углового положения «датчиков памяти» и «датчиков внешней ориентации», аппаратуры наблюдения КА ДЗЗ и «датчиков внешней ориентации», а также процедуры ввода «датчиков памяти» в точностную готовность путём их калибровки в процессе полёта КА. Следует отметить, что уточнения взаимного углового положения БА и калибровка датчиков памяти будут эффективны лишь при высокой степени стабильности конструкции.

Следующим шагом в достижении требуемой точности ориентации КА ДЗЗ является повышение частоты коррекции датчиков памяти от астрокорректоров с приближе-

нием в пределе к квазинепрерывной коррекции, т. е. к квазицрному управлению ориентацией КА от звёздных датчиков [1].

1. Наземная калибровка чувствительных элементов (ЧЭ) системы управления движением космического аппарата

Если по требованиям тактико-технического задания СУД должна обеспечивать некоторые точности ориентации сразу после выведения КА, то встаёт вопрос о проведении наземной калибровки ЧЭ СУД и юстировки их взаимного положения.

При решении этого вопроса необходимо учитывать, что наземная калибровка и юстировка не должна быть прецизионной, а должна обеспечивать лишь возможность выполнения задач СУД, для которых требования к точности ориентации КА значительно ниже, чем аналогичные требования при целевой работе КА:

- переход на рабочую орбиту – выдача импульса тяги;
- обеспечении выставки панелей солнечных батарей нормалью к направлению на Солнце.

2. Полётная калибровка чувствительных элементов системы управления движением космического аппарата

После вывода КА на рабочую орбиту для обеспечения работы изделия по целевому назначению необходимо реализовать процедуры уточнения взаимного углового положения «датчиков памяти» и «датчиков внешней ориентации», аппаратуры наблюдения КА ДЗЗ и «датчиков внешней ориентации», а также процедуры ввода «датчиков памяти» в точностную готовность путём их калибровки в процессе полёта КА. При этом сведение баз звёздных датчиков в полёте является первостепенной задачей.

2.1. Приведение базовых осей звёздных координаторов КА «Ресурс-ДК1» к единой базе

Из соображений по сохранению работоспособности СУД КА при отказе одного бортового оптического координатора звёзд (БОКЗ) на борту КА устанавливаются два, три и более звёздных координатора. С течением времени в поле зрения работающего БОКЗ может попадать Солнце или Луна, что требует перехода на другой БОКЗ. Переход с одного БОКЗ на другой не должен сопровождаться скачком в определении ориентации КА из-за наличия ошибок установки БОКЗ. Для этого должна быть проведена процедура приведения приборных систем координат звёздных датчиков к единой базе.

Такая процедура на КА «Ресурс-ДК1» была реализована по телеметрической информации с одновременно работающих БОКЗ-М1 и БОКЗ-М2 [2]. Использование полученных таким образом параметров установки позволили убрать ошибки углов за-

крутки приборной системы координат (ПСК) БОКЗ вокруг нормали к посадочной плоскости. На современных КА ДЗЗ исключение ошибок закрутки ПСК БОКЗ вокруг нормали к посадочной плоскости КА целесообразно реализовать отдельным алгоритмом в бортовом программном обеспечении бортового комплекса управления. Ниже приведены ошибки привязки баз БОКЗ-М к единой «виртуальной» базе. Они составили менее одной минуты (рис. 1) и практически не изменились (рис. 2)

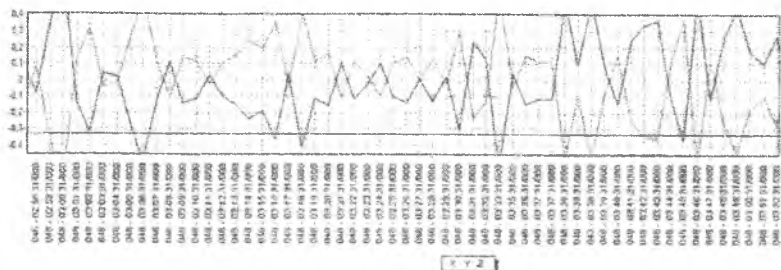


Рис. 1. Невязки баз БОКЗ в инерциальной системе координат (ИСК) относительно единой базы, витки 5545-5546, угл. мин.

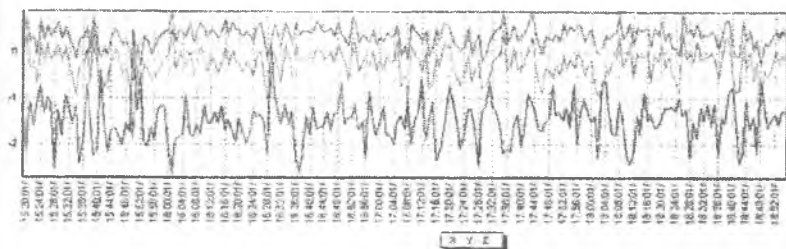


Рис. 2. Невязки баз БОКЗ в ИСК относительно единой базы, витки 17126-17129, угл. мин.

2.2. Калибровка датчиков угловой скорости (ДУС)

При отсутствии информации от звёздных датчиков и невозможности проведения астрокоррекции датчиков памяти (режим «памяти») точность определения ориентации КА определяется точностью знания ошибки взаимной установки датчиков памяти и звёздных датчиков, а также погрешностями датчиков памяти. При использовании в качестве датчика памяти ДУС наиболее важным становится знание постоянной составляющей погрешности измерения угловой скорости (нулевого сигнала ДУС) и масштабного коэффициента. Для определения взаимного углового положения ДУС и звёздных датчиков и составляющих погрешности измерения угловой скорости проводится калибровка ДУС.

В процессе калибровки ДУС осуществляется несколько поворотов вокруг произвольных осей с постоянной скоростью. По окончании отработки заданной траектории по информации со звёздных датчиков и ДУС определяются элементы матрицы направляющих косинусов, определяющей положение ЧЭ ДУС относительно единой базы звёздных датчиков, а также масштабный коэффициент и постоянная составляющая погрешности измерения угловой скорости. Длительность калибровки ДУС составляет порядка 30 минут. Калибровка ДУС должна проводиться перед началом штатной работы СУД и далее с периодичностью 2-3 раза в месяц. Следует отметить, что прецизионные точности результатов калибровки ДУС будут достигнуты лишь при высокой степени стабильности конструкции посадочных мест под ЧЭ СУД.

3. Выводы

Для обеспечения выполнения тактико-технического задания на современных КА ДЗЗ в части СУД необходимо обеспечить ряд мероприятий как на земле, так и в космосе:

- обеспечение высокой степени стабильности конструкции посадочных мест под ЧЭ СУД;
- наземная калибровка ЧЭ СУД и первичная паспортизация посадочных плоскостей под ЧЭ СУД;
- сведение осей звёздных датчиков к единой базе;
- калибровка датчиков угловых скоростей.

Библиографический список

1. Аншаков, Г.П. Квазинепрерывная астрокоррекция инерциальных датчиков памяти спутников дистанционного зондирования Земли [Текст] / Г.П. Аншаков, Р.Г. Залялова, Я.А. Мостовой, В.А. Типухов. // Материалы Юбилейной 15 Санкт-Петербургской международной конференции по интегрированным навигационным системам. – С-П: 2008. – С. 304-311.
2. Залялова, Р.Г. Уточнение параметров установки звёздных координаторов по результатам обработки их измерений [Текст] / Р.Г. Залялова, Д.А. Ивакин. // Материалы II научно-технической конференции «Системы наблюдения, мониторинга и дистанционного зондирования Земли». – М.: 2005. С. 57-59.