

центра масс аппарата. В программе применен метод динамической фильтрации с использованием фильтра Калмана. При этом в программном обеспечении бортового комплекса управления реализована модель движения центра масс аппарата, учитывающая четыре полные гармоники разложения гравитационного поля Земли и статическую модель плотности атмосферы. Статистическая обработка позволяет проводить определение параметров движения центра масс КА по поступающим из БСКВУ одномоментным навигационным определениям с периодичностью 2 мин. При этом длительность интервалов статистической обработки для периодического решения навигационной задачи может достигать до 100 мин в зависимости от возможности осуществления одномоментных измерений с помощью БСКВУ.

За время полета КА получен большой объем навигационной информации о результатах определения положения и скорости центра масс КА. Эта информация использовалась для апостериорной оценки точности параметров движения аппарата, определяемых системой (точностных характеристик ССН). Оценка точностных характеристик системы навигации проведена в соответствии с разработанной для этапа летных испытаний методикой. В качестве эталонных параметров движения аппарата использовались параметры движения, соответствующие эталонной орбите. Такая орбита строилась по результатам статистической обработки значений параметров движения, получаемых системой с периодичностью 50-100 мин на интервалах времени длительностью до одних суток полета аппарата. Обработка проводилась на наземных вычислительных средствах (с использованием метода наименьших квадратов) и высокоточной модели движения центра масс КА.



Среднеквадратические погрешности прогнозирования параметров движения центра масс, получаемые ССН на различных интервалах полета аппарата, в прогнозе на один виток полета составили 50-70 м по радиусу и бинормали, 300-400 м по направлению вдоль орбиты.

Иллюстрации изменения погрешностей прогноза параметров движения аппарата по радиусу и вдоль орбиты на некоторых витках полета приведены на рисунках 2, 3. Отметим, что в случае использования в БКУ модели движения центра масс с учетом 8 гармоник разложения гравитационного поля Земли (ГПЗ), погрешности прогноза параметров движения могут быть существенно уменьшены.

В процессе штатной эксплуатации периодически осуществлялась оценка точностных характеристик в прогнозе на один виток полета. Изменение погрешности прогноза параметров движения аппарата по результатам работы ССН оказалось незначительным. Одновременно проводившаяся оценка погрешности одномоментных навигационных определений координат и составляющих вектора скорости аппарата, получаемых БСКВУ, показала, что их среднеквадратические погрешности не превышают по координатам шести метров и по составляющим вектора скорости одного сантиметра в секунду.

Система навигации позволила осуществить в БКУ КА «Ресурс-ДК1» организацию автоматического снабжения навигационной информацией всех бортовых потребителей, прежде всего программ бортового баллистического обеспечения.

Кроме того, возможность передачи бортовым комплексом управления параметров движения в НКУ, позволила снабжать навигационной информацией наземную инфраструктуру, предназначенную для планирования целевого применения и управления КА с минимальным привлечением наземных измерительных средств. Это, в свою очередь, привело к существенному повышению эффективности эксплуатации аппарата и повышению автономности его функционирования.



ФГУП «Государственный научно-производственный ракетно-космический центр «ЦСКБ-Прогресс»

Россия, 443009, г. Самара, ул. Земеца, д. 18
Тел./факс: (846) 955-1361, 992-6518
E-mail: mail@progress.samara.ru

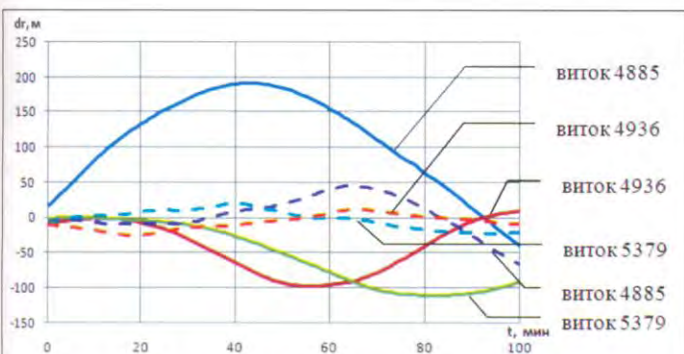


Рис. 2. Изменение погрешностей прогноза по радиусу на интервале 100 мин. при использовании в БКУ модели движения, учитывающих 4 гармоники ГПЗ (сплошные линии) и 8 гармоник (пунктирные линии)

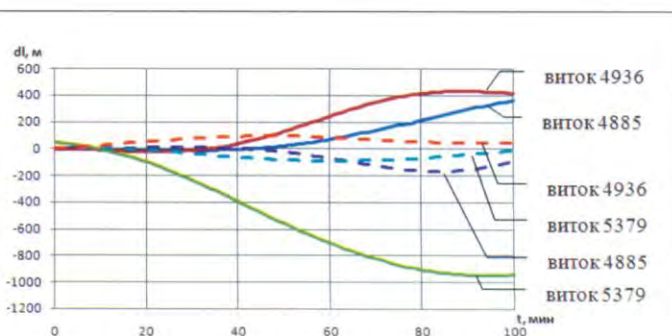


Рис. 3. Изменение погрешностей прогноза вдоль орбиты на интервале 100 мин. при использовании в БКУ модели движения, учитывающей 4 гармоники ГПЗ (сплошные линии) и 8 гармоник (пунктирные линии)

Система спутниковой навигации космического аппарата «Ресурс-ДК1»



Равиль Ахметов,
генеральный конструктор ФГУП «ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс», кандидат технических наук

Александр Мантуров,
начальник отдела ФГУП «ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс», доктор технических наук

Владимир Мочалов,
главный конструктор – начальник отделения ФГУП «ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс»

Валерий Рублев,
заместитель начальника отдела ФГУП «ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс»

Получаемая с помощью КА зондирования Земли информация находит все большее применение в широком спектре решаемых прикладных задач. Со стороны потребителей такой информации предъявляются различные требования к ее качеству. Требования, прежде всего, определяют экономическую эффективность использования информации, получение информации в различных диапазонах электромагнитного спектра с необходимым пространственным и радиометрическим разрешением в полосе захвата используемой аппаратуры зондирования и в необходимой полосе обзора аппарата, оперативность получения потребителем информации необходимого

объема. Важнейший вклад в выполнении этих требований вносят характеристики систем управления КА. Разработка и создание систем управления существующих и перспективных КА ДЗЗ предполагает повышение степени их автономности. Это, в свою очередь, требует реализации на борту аппаратов систем навигации.

С применением в бортовых комплексах управления (БКУ) навигационной информации, получаемой от системы автономной навигации, существенным образом связана эффективность эксплуатации аппаратов. Становится возможным осуществлять автономное формирование программ управления аппаратами в интересах решения целевых задач зондирования. Получаемые в виде гладких непрерывных функций программные траектории углового движения аппаратов могут быть отработаны на планируемых интервалах проведения наблюдений с применением систем ориентации и стабилизации, использующих инерциальные датчики. По результатам определения системой навигации параметров движения центра масс программы управления КА «Ресурс-ДК1» реализуются с необходимой точностью и оперативностью и выполнением условий зондирования в полосе захвата аппаратуры зондирования.

С середины 2006 г. на изготовленном ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» и функционирующем по настоящее время КА ДЗЗ «Ресурс-ДК1» штатно эксплуатируется система спутниковой навигации (СН) с использованием как радионавигационного поля системы ГЛОНАСС, так и с совмест-

ным использованием радионавигационных полей систем ГЛОНАСС и GPS. Система проводит статистическую обработку одномоментных навигационных определений (ОНО), получаемых из навигационной аппаратуры. В качестве навигационной аппаратуры используется бортовое синхронизирующее координатно-временное устройство (БСКВУ), разработанное ОАО «РИРВ». С его помощью проводятся одномоментные измерения параметров движения аппарата «Ресурс-ДК1» по четырем навигационным космическим аппаратам, (рис. 1).

СН позволяет решать следующие функциональные задачи:

- проводить одномоментные измерения параметров движения аппарата;
- определять параметры движения центра масс аппарата по результатам статистической обработки одномоментных измерений;
- периодически обновлять параметры движения центра масс аппарата для автоматического использования в бортовом комплексе управления;
- формировать и накапливать навигационную и контрольную информацию для передачи в наземный комплекс управления.

Программное обеспечение системы навигации, реализованное в вычислительной системе БКУ КА, осуществляет управление и контроль функционирования БСКВУ и управление процессом периодического решения навигационной задачи.

Для статистической обработки одномоментных навигационных определений, получаемых из БСКВУ, задействуется программа определения параметров движения



Рис. 1. Структурная схема системы