

УДК 629.7

**Ахметов Р. Н., Аншаков Г. П., Типухов В. А., Григорьев С. К., Филатов А. В.,
Ивакин Д. А., Шипов М. Г.**

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА «РЕСУРС-П»

Введение

Космический аппарат (КА) дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) «Ресурс-П» разработки ГНП РКЦ «ЦСКБ-Прогресс» был выведен на орбиту 25 июня 2013 года.

Система управления движением (СУД) КА ДЗЗ «Ресурс-П» представляет собой совокупность бортовых приборов и бортового программного обеспечения и предназначена для решения функциональных задач в соответствии с целевым назначением КА «Ресурс-П».

СУД предназначена для:

- приведения КА из неориентированного в ориентированное в орбитальной системе координат (ОСК) положение;
- построения приборной инерциальной системы координат текущей эпохи;
- управления движением КА относительно центра масс отработкой рассчитываемой в бортовом комплексе управления (БКУ) программы управления угловым движением (ПУУД) программной системы координат (ПСК) в инерциальной системе координат (ИСК) с целью обеспечения необходимых условий:
 - а) на участке работы целевой аппаратуры (ЦА);
 - б) на участке выдачи импульса тяги в заданном направлении;
 - в) на межрежимном интервале;
- измерения приращения «кажущейся» скорости и выдачи команды на выключение корректирующей двигательной установки (КДУ) при достижении ею заданного значения;
- обеспечение режима дежурной ориентации;
- диагностирование состояния системы с автономной реконфигурацией системы при обнаружении отказа её структурных элементов.

1 Основные технические характеристики СУД

СУД КА «Ресурс-П» обеспечивает:

- 1) приведение КА в ориентированное положение за время не более 245 мин. после отделения КА от ракеты-носителя;
- 2) время перенацеливания оси визирования целевой аппаратуры КА от трассы до

края полосы обзора за время не более 45 секунд;

3) диапазон углов перенацеливания оси визирования целевой аппаратуры КА по каналам крена и тангажа $\pm 45^\circ$, по каналу рыскания $\pm 60^\circ$;

4) отработку ПУУД с угловой скоростью до $2^\circ/\text{с}$ и угловым ускорением до $0.15^\circ/\text{с}^2$;

5) отработку ПУУД с погрешностью ($P=0,96$):

а) на интервале наблюдения маршрута:

при значениях угловой скорости КА до $1,2^\circ/\text{с}$:

- по углу: $\pm 2'$ по всем каналам;

- по угловой скорости: $0,005^\circ/\text{с}$ по всем каналам;

при значениях угловой скорости КА от $1,2$ до $1,5^\circ/\text{с}$:

- по углу: $\pm 5'$ по каналу рыскания, $\pm 7'$ по каналам крена и тангажа;

- по угловой скорости: $0,005^\circ/\text{с}$ по всем каналам;

б) вне маршрута отработку ПУУД с погрешностью по углу не более:

$\pm 6'$ по каналу рыскания;

$\pm 7'$ по каналам крена и тангажа;

б) точность выдачи импульса тяги КДУ ($P=0,96$):

- по направлению: $\pm 2,0^\circ$ по каждому каналу;

- по модулю $\pm 0,3$ м/с.

2 Состав системы управления движением КА «Ресурс-П»

В состав СУД входят: четыре блока определения координат звезд - БОКЗ-М60, два инфракрасных построителя местной вертикали – ИКПМВ 301К, блок измерителей угловой скорости – волоконно-оптический – БИУС ВОА, измеритель угловой скорости – волоконно-оптический с акселерометрами – ИУС ВОА, многофункциональный программируемый контроллер – МПК, шесть силовых гироскопических комплексов (СГК) в качестве основных исполнительных органов, магнитная система сброса накопленного кинетического момента – ССКМ.

Функционально в состав СУД входят: бортовое программное обеспечение (БПО) СУД в СЦВМ, жидкостные реактивные двигатели малой тяги – ЖРДМТ и КДУ.

Бортовая аппаратура СУД разработана по техническому заданию ГНП РКЦ «ЦСКБ-Прогресс» смежными предприятиями: ИКИ РАН, ОАО НПП КП «Квант», ОАО НПП «Антарес», ФГУП «НИИ командных приборов».

БПО СУД разработано головным предприятием ГНП РКЦ «ЦСКБ-Прогресс».

3 Научно-технические задачи, решённые в процессе создания СУД КА «Ресурс-П»

В процессе создания СУД КА «Ресурс-П» потребовалось решить ряд сложных научно-технических задач, таких как:

- исследование влияния и разработки методов парирования влияния тяжёлых заряженных частиц (ТЗЧ) и высоко-энергетических протонов космического пространства (ВЭП КП) на БА СУД;

- прецизионный синтез структуры и алгоритмов стабилизации движения упруго-деформируемого КА с использованием комплекса исполнительных органов, включающих шесть силовых гироскопических комплексов с учётом обхода сингулярных состояний и «не возбуждения» упругих колебаний КА;

- разработка алгоритмов построения единого астроизмерительного базиса («виртуального» БОКЗ);

- разработка алгоритмов бесплатформенной инерциальной системы определения ориентации (БИСО) на базе датчиков угловой скорости (ИУС ВОА, БИУС ВОА) и блоков определения координат звезд (БОКЗ-М60);

- внедрение безрасходного (без затрат рабочего тела) способа приведения КА в ориентированное положение с использованием магнитной системы сброса кинетического момента и силового гироскопического комплекса.

4 Результаты лётно-конструкторских испытаний КА «Ресурс-П»

Оценка точностных и динамических характеристик системы управления движением на этапе лётно-конструкторских испытаний проводилась по результатам анализа телеметрической информации, полученной в процессе штатной работы КА.

Стоит отметить, что на первоначальном этапе лётно-конструкторских испытаний в режимах работы СУД, предусматривающих работу целевой аппаратуры, при осуществлении активных манёвров наблюдались колебания измеренных проекций угловой скорости на ось Y связанной системы координат, амплитуда которых достигала в отдельных случаях 0,06 %/с. Сравнительный анализ информации измерителя угловой скорости на данных участках и межрежимном интервале позволил установить зависимость амплитуды колебаний от уровня стабилизационной составляющей управляющего момента. Уменьшение коэффициентов регулятора, формирующего стабилизационную составляющую момента, привело к

уменьшению амплитуды колебания до уровня, соответствующего требованиям технического задания на СУД.

По результатам лётно-конструкторских испытаний СУД сделаны следующие выводы:

- лётные испытания СУД проведены в полном объёме;
- СУД обеспечила характеристики в соответствии с требованиями ТЗ на СУД во всех отработанных режимах функционирования КА.

Заключение

Результаты функционирования КА "Ресурс-П" №1 в целом и всех его систем и агрегатов на этапе лётно-конструкторских испытаний подтвердили высокую эффективность КА и выполнение требований технического задания заказчика.

КА "Ресурс-П" №1 30 сентября 2013 года по решению Государственной комиссии принят в штатную эксплуатацию.