

И. А. Максимов

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ В УСЛОВИЯХ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА И ФАКТОРОВ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА

Приведены результаты статистического анализа корреляции случаев аномального функционирования космических аппаратов (КА) с повышенными уровнями геомагнитной активности. Представлены основные результаты проведенного в ОАО «ИСС» комплекса работ по исследованию негативного влияния космической среды на КА, разработки методов и средств защиты.

Ключевые слова: космический аппарат, функционирование КА, факторы космического пространства, факторы техногенного характера, методы и средства защиты.

Основной эксплуатационной характеристикой любой спутниковой системы является ее долговечность, т. е. способность выполнять поставленные целевые задачи в течение требуемого срока активного существования (САС) всеми входящими в ее состав космическими аппаратами (КА).

В состав современного КА входят сотни радиоэлектронных блоков, оптических устройств и рабочих поверхностей, тысячи элементов конструкции и кабельных сборок. Весь этот технический комплекс должен функционировать в течение длительного САС (до 15 лет) в условиях негативного воздействия космической среды.

В процессе натурной эксплуатации КА подвергаются воздействию широкого спектра факторов космического пространства (ФКП) и факторов техногенного характера (ФТХ). Анализ результатов эксплуатации КА отечественного и зарубежного производства показывает наличие значительной степени корреляции случаев аномальной работы КА с вариациями солнечной активности, геомагнитной возмущенностью космической среды, а также техногенными условиями эксплуатации КА.

Так, по заключению Федерального космического агентства и Космических войск «...Одним из главных факторов, влияющих на стабильность характеристик и надежность бортовой радиоэлектронной аппаратуры, является ионизирующее излучение космического пространства.

По имеющимся данным, на долю данных эффектов приходится до 30...50 % отказов бортовой радиоэлектронной аппаратуры [1], а обеспечение требуемой стойкости является одной из важнейших задач создания КА с длительными САС 10–15 лет, предусмотренных Федеральной космической программой России» [2].

Исследования, проведенные NASA и ВВС США, также показали, что до 1/3 сбоев и отказов при функционировании зарубежных КА имеют эксплуатационный характер и обусловлены геофизическими факторами.

В ходе исследований была выявлена четкая зависимость между уровнем геомагнитной активности и частотой отказов КА различного целевого назначения.

Определено, что по мере возрастания солнечной активности число отказов бортовой аппаратуры КА возрастает в несколько раз [3].

Анализ данных по аномалиям в функционировании отечественных КА, проведенный специалистами

4 ЦНИИ МО РФ, показал, что общее количество неисправностей в бортовых системах КА и нарушений обмена управляющей и целевой информацией в периоды высокой гелиогеофизической активности возрастает в 2–2,5 раза, что, в свою очередь, резко сокращает среднее время их активного функционирования. Более 50 % (а по отдельным системам – до 90 %) из них происходят по причине внешних воздействий среды на бортовую аппаратуру КА. Более 80 % таких сбоев и отказов в той или иной степени влияют на выполнение целевых задач [3].

Данные проблемы становятся особо актуальными в связи с переходом на негерметичное исполнение КА. Переход на данное проектно-компоновочное исполнение КА обусловлен необходимостью повышения САС до 15 лет и увеличением энерговооруженности вновь разрабатываемых КА. Однако при этом появляются новые механизмы влияния космической окружающей среды на бортовые системы КА, которые в свою очередь без соответствующей очень тщательной проработки и принятия необходимых мер защиты могут привести к катастрофическим отказам в работе бортовых систем современных отечественных КА.

Существенное влияние на работоспособность КА могут оказывать и техногенные факторы. Так во время функционирования стационарных плазменных двигателей (СПД) был зафиксирован ряд аномалий в работе бортовых систем. Прежде всего, это связано с интенсивным взаимодействием струи СПД с поверхностью, собственной внешней атмосферой и высоковольтным оборудованием КА. Кроме того, работа СПД может создавать оптические помехи, влиять на прием и передачу радиосигналов, вызывать помехи в цепях питания и управления, оказывать тепловое, силовое, загрязняющее, эрозийное воздействие на элементы КА, влиять на интенсивность и амплитуду зарядо-разрядных процессов на элементах конструкции КА и помеховую обстановку на борту КА.

Как видно, спектр дестабилизирующих факторов, воздействующих на КА в процессе его орбитальной эксплуатации, чрезвычайно широк. Поэтому одной из основных проблем в области прикладной космофизики при создании и обеспечении надежного функционирования КА является проблема обеспечения его стойкости к воз-

действию факторов космического пространства и факторов техногенного характера.

С целью решение этой проблемы в ОАО«ИСС» был проведен комплекс работ по исследованию уровней и механизмов воздействия ФКП и ФТХ на бортовые системы КА, созданию моделей воздействия, последующей разработке и отработке методов и средств защиты, а также созданию системы диагностики и контроля стойкости КА, используемой в процессе наземных испытаний и натурной эксплуатации КА.

К настоящему времени в этом направлении были получены следующие основные результаты:

1. Выявлены следующие ранее неучитываемые при создании и натурной эксплуатации механизмы воздействия ФКП и ФТХ на КА:

– квазистатическая разность потенциалов, наводимая между шинами питания и корпусом КА;

– развитие разрядных процессов в результате воздействия плазмы СПД на высоковольтное оборудование КА.

2. Созданы модели воздействия указанных механизмов на КА и на этой основе разработаны необходимые методы и средства защиты, позволяющие обеспечить надежное функционирование современных отечественных КА.

3. В стендовых условиях отработана эффективность фильтров, разработанных для защиты от наведения квазистатической разности потенциалов между шинами питания и корпусом КА.

4. Проведен комплекс экспериментальных исследований по определению критериев возникновения и развития разрядных процессов в высоковольтном оборудовании в условиях воздействия плазмы СПД.

5. Подготовлены и проведены натурные эксперименты, позволившие:

– оценить степень влияния на зарядку конструкции КА искусственных плазменных образований;

– подтвердить эффективность разработанных средств защиты от наведения между шинами питания и корпусом КА квазистатической разности потенциалов, возникающей в результате дифференциальной зарядки элементов конструкции КА;

– определить параметры плазмы штатного СПД в местах размещения бортовой аппаратуры, а также оценить степень влияния плазмы СПД на зарядку конструкции КА.

Библиографические ссылки

1. Решение совместного заседания секции № 4 НТС Федерального космического агентства и Космических войск «Проблемные вопросы создания перспективных космических комплексов, обеспечения надежности и длительности цикла их функционирования и развития соответствующих технологий» от 18 октября 2007. М., 2007. С. 2–3.

2. Решение проблемного совета № 3-РК Научно-технического совета Российского авиационно-космического агентства № 27-2002 от 20 октября 2002. М., 2002. С. 4.

3. Разработка технического обоснования установки на КА «Глонасс-М» и КА «Глонасс-К» аппаратуры контроля внешней среды, НТО на составную часть ОКР «Глонасс-МК» (шифр «ДИЭРА-ВТО») / В. С. Крымов, С. В. Карлов [и др.]. М., 2005. С. 19–20.

I. A. Maximov

PROBLEMS OF SUPPORT OF RELIABLE OPERATION OF MODERN SC UNDER FACTORS OF SPACE AND TECHNOGENEOUS CHARACTER DESTABILISING INFLUENCE

Results of statistic analyses of abnormal functioning of SC with increased levels of geomagnetic activity, along with the main results of work package of research of negative influence of space environment on SC, carried out in "ISS" JSC, and the main results of development of means and methods of protection are described in the article.

Keywords: space craft, SC (space craft) operation, space factors, technogeneuous factors and protective means.

© Максимов И. А., 2010