

Стратегия «гарантированного управления» надежностью радиоэлектронных систем информационного обмена с космическими аппаратами

В. В. Гришин, В. А. Шаулов, Д. Н. Галяутдинов

Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского

Аннотация. Рассматриваются возможные технические состояния и надежность радиоэлектронных систем информационного обмена с космическими аппаратами. Проводится анализ существующих стратегий управления надежностью радиоэлектронных систем информационного обмена с космическими аппаратами. Предлагается стратегия «гарантированного управления» надежностью радиоэлектронных систем информационного обмена с космическими аппаратами, основанная на мониторинге их технического состояния.

Ключевые слова: радиоэлектронные системы информационного обмена с космическими аппаратами, техническое состояние, надежность, стратегия управления надежностью

I. ВВЕДЕНИЕ

Эксплуатацию радиоэлектронных систем информационного обмена с космическими аппаратами (далее – РСИО) можно представить двумя взаимосвязанными процессами: применение РСИО по назначению и поддержание работоспособного технического состояния РСИО, которое определяет уровень их надежности.

Техническое состояние объекта эксплуатации определяется как состояние, которое характеризуется в определенный момент времени, при определенных условиях внешней среды, значениями параметров, установленных технической документацией на объект [1].

Параметры, определяющие техническое состояние РСИО, в процессе эксплуатации подвержены изменению, а это значит, что можно говорить о разном уровне их надежности, так как изменение значений параметров технического состояния приводит к изменению показателей надежности.

Таким образом, управляя параметрами технического состояния (далее – техническим состоянием), мы можем управлять показателями надежности (далее – надежностью) РСИО.

В общем случае, управление надежностью может быть непрерывным или дискретным (периодическим). Для осуществления непрерывного управления надежностью необходим непрерывный контроль параметров состояния. Непрерывный контроль параметров характеризуется большими затратами всех видов ресурсов и осуществляется только на объектах особой важности. Для остальных объектов, в том числе и

для РСИО, используют периодический контроль параметров и соответствующие стратегии управления их надежностью.

II. НАДЕЖНОСТЬ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА

Надежность является одним из важнейших эксплуатационно-технических свойств РСИО, так как она определяет как эффективность их применения по назначению, так и эффективность системы их эксплуатации. Чем надежнее система, тем большее время она будет находиться в работоспособном состоянии. И наоборот, менее надежная система большее время будет находиться в неработоспособном состоянии.

В соответствии с [2] под надежностью понимается свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность объекта выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

Надежность РСИО является комплексным (сложным) свойством, которое в зависимости от назначения и условий ее применения включает в себя простые свойства (безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость) или сочетание этих свойств.

На стадии эксплуатации требуемая надежность РСИО обеспечивается следующими мероприятиями (рис. 1):

- контролем параметров, характеризующих способность системы выполнять требуемые функции;
- определением и анализом показателей надежности;
- строгим выполнением установленной технологии и нормативов по проведению технического обслуживания, ремонта, диагностирования и других мероприятий эксплуатации;
- своевременным пополнением запасными инструментами и принадлежностями (ЗИП), контрольно-измерительными приборами и диагностическими устройствами (при необходимости);

- поддержанием требуемого уровня квалификации персонала эксплуатирующего персонала.



Рис. 1.

Показателем надежности называется количественная характеристика одного или нескольких свойств РСИО, составляющих надежность, [3]. Так как надежность является комплексным свойством, то и показатели надежности разделяются на единичные и комплексные.

Единичные показатели количественно характеризуют только одно из свойств, составляющих надежность РСИО. Комплексные показатели надежности характеризуют несколько свойств, составляющих надежность.

Показатели надежности позволяют контролировать надежность РСИО, сравнивать различные варианты эксплуатации систем, рассчитывать сроки их службы, периодичность технического обслуживания и ремонта, потребность в комплектах ЗИП и, как следствие, управлять надежностью.

Для оценивания надежности могут использоваться различные показатели. Чаще всего используются следующие: вероятность безотказной работы, средняя наработка на отказ, интенсивность отказов, вероятность восстановления, среднее время восстановления, коэффициент готовности, коэффициент оперативной готовности, коэффициент технического использования.

Из указанных показателей для решения задачи управления надежностью РСИО чаще всего используются комплексные показатели, например коэффициент готовности или коэффициент технического использования [2].

Коэффициент готовности K_g представляет собой вероятность того, что в данный момент времени РСИО находится в работоспособном состоянии, кроме планируемых периодов, в течение которых применение ее по назначению не предусматривается.

Коэффициент технического использования $K_{ТИ}$ представляет собой отношение математического ожидания суммарного времени пребывания РСИО в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к математическому ожиданию суммарного времени ее пребывания в работоспособном состоянии и простоев, обусловленных техническим обслуживанием и ремонтом за тот же период.

Анализ показывает, что управлять надежностью РСИО можно через мероприятия, обеспечивающие требуемый уровень их надежности. В зависимости от используемых мероприятий и характера их реализации различают различные виды стратегий управления надежностью.

III. АНАЛИЗ СТРАТЕГИЙ УПРАВЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТЬЮ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА

В настоящее время на практике применяются три основные стратегии управления надежностью РСИО:

- стратегия «до отказа»;
- календарная стратегия;
- стратегия «по фактическому состоянию».

Выбор стратегии управления надежностью должен определяться технологической возможностью и степенью влияния РСИО на результативность функционирования системы эксплуатации более высокого иерархического уровня, например, космического комплекса [4]. Если это влияние невелико, т.е. отказ РСИО не приведет к срыву выполнения задачи космическим комплексом, то следует использовать стратегию управления надежностью «до отказа». В этом случае РСИО эксплуатируется до отказа с последующим восстановлением работоспособного состояния. При этом период безотказной работы зависит от уровня надежности РСИО, заложенного при изготовлении.

Если влияние РСИО на результативность функционирования космического комплекса существенно, но при этом невозможно точно определить момент наступления отказа (предотказного состояния), тогда целесообразно использовать календарную стратегию управления надежностью, характеристики которой статистически определяются для данного типа РСИО. В соответствии с этой стратегией управление надежностью РСИО необходимо осуществлять путем контроля работоспособности и периодического проведения на них календарного технического обслуживания с выполнением эксплуатационных мероприятий, направленных на поддержание требуемого уровня надежности. Если техническое состояние неработоспособное, то проводится восстановление работоспособности (повышение надежности). Достоинство стратегии определяется простотой планирования эксплуатационных мероприятий и тем, что в промежутках между техническим обслуживанием не надо проводить измерения параметров, характеризующих техническое состояние РСИО, а только контроль работоспособности. Вместе с тем, календарная стратегия имеет свои недостатки, так как эксплуатационные мероприятия могут проводиться либо преждевременно, либо слишком поздно. В первом случае имеет место недоиспользование технического

ресурса РСИО, а во втором – высока вероятность отказов РСИО в процессе их применения.

Если влияние РСИО на результативность функционирования космического комплекса существенно и при этом возможно определить момент наступления отказа (предотказного состояния), тогда можно использовать стратегию управления надежностью «по фактическому состоянию» [5]. При использовании этой стратегии проводится дискретный контроль основных параметров технического состояния, на основании которого определяется реальный уровень надежности РСИО. Если параметры в норме, то система эксплуатируется до следующего контроля. Если параметры не в норме, то при работоспособном состоянии проводятся профилактические работы по приведению параметров технического состояния в установленные пределы. Если техническое состояние неработоспособное, то проводится восстановление работоспособности РСИО (повышение надежности). При этом техническое обслуживание планируется и проводится в зависимости от текущего технического состояния системы. Положительный эффект от использования такой стратегии определяется возможностью в наибольшей степени использовать технический ресурс РСИО. Однако, возможности такой стратегии по определению предотказного состояния существенно ограничены, так как при дискретном контроле учет только настоящего технического состояния РСИО не исключает возможности возникновения постепенных отказов в процессе ее применения на интервале между моментами дискретного контроля. Кроме того, текущий контроль технического состояния не позволяет адекватно планировать эксплуатационные мероприятия, проводимые на РСИО.

IV. СТРАТЕГИЯ «ГАРАНТИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ» НАДЕЖНОСТЬЮ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА

Для устранения недостатков стратегии управления надежностью РСИО «по фактическому состоянию» предлагается стратегия управления надежностью, основанная по оценке текущего технического состояния и прогнозировании показателей надежности системы. Такую стратегию можно назвать стратегией «гарантированного управления» надежностью, так как она обеспечивает гарантированное (с заданной достоверностью) предупреждение постепенных отказов РСИО (определение предотказного состояния) на заданном интервале функционирования.

Под предотказным состоянием РСИО будем понимать такое ее состояние, когда момент возникновения возможного отказа, определенный по результатам прогнозирования надежности, предшествует применению системы по назначению [5].

При использовании этой стратегии проводится не только дискретный контроль параметров технического состояния, на основании которого определяется текущий уровень надежности РСИО, но и прогнозирование надежности на заданный интервал функционирования с

целью исключения возникновения отказов в процессе применения системы по назначению на интервале между моментами дискретного контроля. При необходимости проведения (по результатам прогнозирования) профилактических работ определяются и планируются сроки их выполнения и объем. Если текущие параметры и прогнозные показатели в норме, то РСИО эксплуатируется до следующего контроля. Если параметры не в норме, проводятся профилактические работы по приведению параметров в установленные пределы (повышение надежности системы). При неработоспособном состоянии проводится восстановление (ремонт) работоспособности РСИО (повышение ее надежности).

Стратегия «гарантированного управления» надежностью является индивидуальной и включает в себя все положительные факторы рассмотренных ранее стратегий.

Важным элементом стратегии «гарантированного управления» надежностью РСИО является подсистема мониторинга технического состояния, которая осуществляет не только контроль и получение информации о текущем состоянии системы, но и получение информации о ее будущем состоянии и возможных вариантах управленческих действий, направленных на поддержание требуемого уровня надежности.

Недостатком реализации предлагаемой стратегии является повышение стоимости производства РСИО вследствие необходимости внедрения полнофункционального мониторинга ее технического состояния. Этот недостаток является платой за повышение надежности РСИО.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Так как современные РСИО являются важным элементом космических комплексов, существенно влияющим на применение орбитальных систем космических аппаратов по целевому назначению, целесообразно в процессе их эксплуатации использовать стратегию «гарантированного управления» надежностью.

Реализация такой стратегии должна начинаться еще на этапе разработки технического задания на создание РСИО.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] ГОСТ 20911-89 Техническая диагностика. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2009. 11 с.
- [2] ГОСТ 27.102-2021 Надежность в технике. Надежность объекта. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2021. 46 с.
- [3] *Половко А.М., Гуров С.В.* Основы теории надежности. СПб.: БХВ-Петербург, 2006. 702 с.
- [4] ГОСТ Р 53802-2010 Системы и комплексы космические. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2019. 27 с.
- [5] *Черкесов Г.Н.* Надёжность аппаратно-программных комплексов. СПб.: Питер, 2005. 479 с.