

Алгоритм реконфигурации аппаратно-программных средств радиоэлектронных систем управления космическими аппаратами на основе данных технического диагностирования

В. В. Гришин, А. В. Гришин, В. А. Шаулов, А. В. Бродовский

Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского

Аннотация. Проводится анализ надёжности функционирования радиоэлектронных систем управления космическими аппаратами на этапе целевого применения. Рассматриваются процесс управления надёжностью функционирования радиоэлектронных систем на основе данных оперативного технического диагностирования и прогнозирования технического состояния аппаратных и программных средств на заданный интервал упреждения. Предлагается реконфигурация аппаратно-программных средств как механизм выбора наиболее надёжной комплектации этих средств, основанная на данных их оперативного технического диагностирования и интегрированной логистической поддержки.

Ключевые слова: радиоэлектронные системы, надёжность функционирования, техническое состояние, техническое диагностирование, алгоритм реконфигурации

I. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время важную роль во многих сферах деятельности человечества играют космические системы и комплексы [1]. Решение задач связи, навигации, метеорологии, геодезии, обороноспособности и др. предполагает развертывание и поддержание соответствующих орбитальных систем космических аппаратов.

Для выполнения космическими аппаратами (КА) задач в соответствии с целевым назначением необходимо регулярное проведение с ними сеансов управления (информационного обмена) для передачи на них всей необходимой информации, измерения параметров орбиты, а также приема телеинформации об их техническом состоянии.

Все задачи по управлению КА (информационному обмену с КА) решает соответствующий наземный комплекс управления (в зависимости от типа КА) с использованием радиоэлектронных систем управления (РСУ). Поэтому от надёжности функционирования РСУ зависит качество выполнения целевых задач космическими аппаратами.

II. АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ НА ЭТАПЕ ЦЕЛЕВОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Надёжность является одним из важнейших свойств РСУ, так как характеризует сохранение во времени способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения и технической эксплуатации [2].

Современные РСУ являются структурно-сложными системами с интегрированными аппаратно-программными средствами. К основным особенностям РСУ, как структурно-сложных систем, относятся:

- наличие в составе системы конструктивно-независимых аппаратно-программных комплексов, выполняющих самостоятельные функции;
- наличие сложных разветвлённых связей между аппаратно-программными комплексами, позволяющих осуществлять структурное перестроение системы;
- многофункциональность системы и возможность её использования в различных режимах применения по назначению;
- наличие структурной и функциональной избыточности системы;
- неоднозначность понятия отказа для системы в целом.

Существующая тенденция к значительному увеличению количества используемых КА (в составе многоспутниковых орбитальных систем) диктует необходимость практически непрерывного применения РСУ (возможно в дистанционном режиме) из центра управления полетом КА, входящим в состав наземного комплекса управления.

Перспективный переход на дистанционное управление РСУ неразрывно связан с обеспечением высокой надёжности функционирования их аппаратно-программных средств, что вызывает новые требования к технической реализации РСУ, к системе их технической эксплуатации и целевого применения, основными из которых являются:

- внедрение информационной поддержки жизненного цикла РСУ на стадии эксплуатации в виде системы интегрированной логистической поддержки (ИЛП);
- широкое использование при проведении эксплуатационных мероприятий и целевом применении данных системы технического диагностирования (СТД) РСУ;
- учёт новых факторов, существенно влияющих на надёжность функционирования РСУ (высокая степень аппаратно-программной интеграции, надёжность программных средств и др.).

Особенно важной является задача обеспечения высокой надёжности РСУ непосредственно на этапе целевого применения, то есть при проведении сеансов управления КА (информационного обмена с КА). Назовем ее надёжностью функционирования

Надёжность функционирования можно определить как свойство РСУ непрерывно сохранять во времени способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения и технической эксплуатации с учётом выбранного состава аппаратно-программных средств. То есть, надёжность функционирования характеризует способность РСУ выполнять требуемые функции в отсутствие резервных комплектов аппаратно-программных средств остается, но до начала сеанса управления КА (информационного обмена с КА).

В связи с этим появляется задача выбора наиболее надёжной комплектации (конфигурации) аппаратно-программных средств РСУ.

III. РЕКОНФИГУРАЦИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ НА ЭТАПЕ ЦЕЛЕВОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Поддержание требуемого уровня надёжности функционирования РСУ на стадии их эксплуатации обеспечивается, главным образом, проведением технического обслуживания, так как они являются высоконадёжными системами [3]. При этом, целевым периодом, когда должна быть обеспечена требуемая надёжность функционирования, является относительно краткосрочный этап целевого применения по назначению (сеанс управления КА или информационного обмена с КА), повторяющийся в соответствии с планом применения РСУ.

Для решения такой задачи предлагается реконфигурация аппаратно-программных средств РСУ, то есть переключение работоспособных комплектов аппаратно-программных средств на более надёжные при проведении сеансов управления КА (информационного обмена с КА), а также в случае возникновения отказа (неисправности). Реконфигурация обеспечивается наличием структурной избыточности аппаратно-программных средств, заложенной в конструкцию РСУ на этапе ее разработки.

Следует отметить, что для РСУ реконфигурация аппаратно-программных средств должна стать способом оперативного предупреждения их отказов (неисправностей) на интервале целевого применения, что и обеспечивает повышение надёжности их функционирования.

Обоснование критериев выбора той или иной конфигурации аппаратно-программных средств РСУ в качестве рабочей (применяемой при проведении сеанса управления или информационного обмена) должно осуществляться при проектировании РСУ одновременно с выбором конструкторских и технических решений и расчётом надёжности, а уточняться по результатам испытаний и эксплуатации. Поэтому в качестве одного из показателей, который необходимо определить в техническом задании на разработку РСУ, следует использовать вероятность безотказного функционирования в течение заданного интервала, например, в течение суток (суточного плана работы) или в течение сеанса управления (информационного обмена). Для определения данного показателя на этапе целевого применения предлагается использовать возможности оперативного технического диагностирования аппаратно-программных средств РСУ, а также базу данных ИЛП их эксплуатации. При этом необходимо осуществлять прогнозирование изменения вероятности безотказного функционирования (ВБФ) комплектов аппаратно-программных средств на прогнозный период (интервал упреждения) и выбирать рабочую конфигурацию аппаратно-программных средств РСУ по результатам прогноза (с наибольшей ВБФ).

На рис. 1. представлен алгоритм, позволяющий осуществлять выбор конфигурации (реконфигурацию) аппаратно-программных средств (АПС) РСУ на суточном периоде применения по назначению (при проведении L сеансов управления или информационного обмена (СУ)).

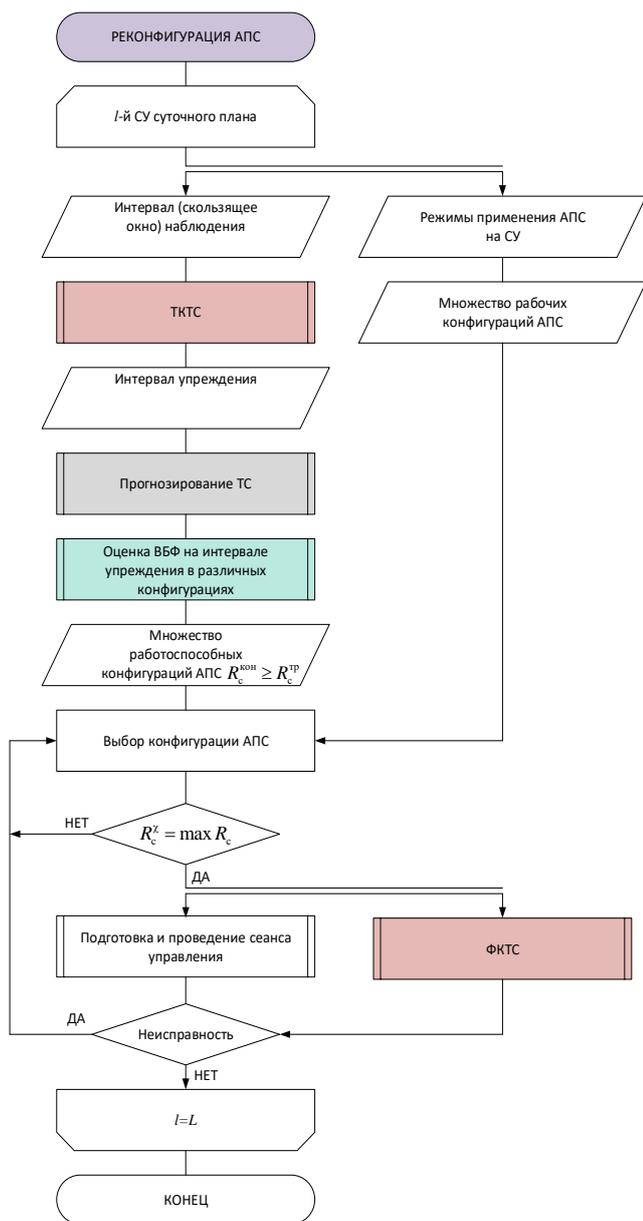


Рис. 1.

Алгоритм реконфигурации построен на базе цикла с условием «пока не выполнено L запланированных СУ». Внутри цикла перед каждым l -м сеансом ($1 \leq l \leq L$) осуществляется тестовый контроль технического состояния (ТКТС) РСУ, позволяющий получить актуальные данные как по правильности функционирования системы и всех подсистем в заданных режимах, так и по измеряемым

диагностическим параметрам. Обновлённая диагностическая информация пополняет базу данных ИЛП и сдвигает вперёд интервал (окно) наблюдения технического состояния для осуществления следующей прогнозной оценки на выбранном интервале упреждения (сутки или предстоящий СУ).

По результатам оценивания и прогнозирования технического состояния аппаратно-программных средств РСУ (с учётом требуемых режимов в ходе очередного СУ) формируется множество допустимых конфигураций с точки зрения работоспособности РСУ ($R_c^{\text{кон}} \geq R_c^{\text{тр}}$) и осуществляется их ранжирование по величине ВБФ. Затем выбирается наилучшая конфигурация аппаратно-программных средств (АПС) РСУ с наибольшим значением ВБФ на предстоящий сеанс управления (информационного обмена): $R_c^z = \max R_c$. В ходе проведения сеанса управления (информационного обмена) осуществляется постоянный функциональный контроль технического состояния (ФКТС) РСУ.

В случае, когда при подготовке РСУ к СУ возникает внезапный отказ или диагностируется предотказное техническое состояние [2], происходит задействование следующей по максимальной величине ВБФ работоспособной конфигурации аппаратно-программных средств РСУ (автоматическая реконфигурация).

Длительность работы одного цикла алгоритма соответствует длительности очередного этапа целевого применения: подготовки и проведения очередного сеанса управления (информационного обмена).

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный алгоритм реконфигурации АПС РСУ КА на основе данных технического диагностирования позволяет осуществлять управление их надёжностью на этапе целевого применения для обеспечения выбора наиболее надёжной комплектации АПС при проведении сеанса управления КА (информационного обмена с КА).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] ГОСТ Р 53802-2010 Системы и комплексы космические. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2019. 28 с.
- [2] ГОСТ 27.002-2015 Надёжность в технике. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2016. 28 с.
- [3] ГОСТ 25866-83 Эксплуатация техники. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2021. 10 с.