

Программный имитатор возникновения неисправностей в радиоэлектронных системах управления космическими аппаратами

С. Г. Почивалов, В. А. Шаулов, А. В. Федотов

Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского

Аннотация. В статье предложен способ реализации в среде LabVIEW программного имитатора возникновения неисправностей наземных радиоэлектронных систем управления космическими аппаратами в период нормальной эксплуатации для исследования их надежности и планирования профилактических и ремонтных операций.

Ключевые слова: наземные радиоэлектронные системы управления космическими аппаратами, прогнозирование технического состояния, техническое обслуживание, аппаратные и программные средства, язык графического программирования LabVIEW

I. ВВЕДЕНИЕ

Важное место в космической деятельности России занимают орбитальные системы космических аппаратов (КА).

Решение задач навигации, связи, метеорологии, контроля космического пространства и др. предполагает развертывание и применение соответствующих орбитальных систем КА.

Для обеспечения функционирования КА в соответствии с их назначением требуется управление ими посредством сеансов связи с КА с помощью наземных радиоэлектронных систем управления КА (НРЭСУКА). От надежности функционирования НРЭСУКА зависит эффективность применения по назначению орбитальных систем КА.

Для прогнозирования отказов НРЭСУКА предложен программный имитатор возникновения неисправностей НРЭСУКА, реализованный в среде программирования LabVIEW [1].

II. ПОДДЕРЖАНИЕ НАДЕЖНОСТИ НРЭСУКА

Поддержание надежности НРЭСУКА к применению по назначению в процессе их эксплуатации является первоочередной и наиглавнейшей задачей эксплуатирующего персонала.

Система эксплуатационных мероприятий для поддержания требуемого уровня надежности и готовности НРЭСУКА, представлена на рис. 1.



Рис. 1.

Важным звеном, позволяющим поддерживать работоспособность НРЭСУКА, является система технического обслуживания (ТО).

В общем случае ТО может выполняться с постоянным периодом и объемом операций, не зависящим от фактического состояния аппаратуры (директивное ТО), а также с переменным объемом операций и сроков их проведения, зависящими от фактического технического состояния изделий (ТО по состоянию). Оба вида ТО могут быть организованы по жесткому или скользящему графику [2]. В первом случае ТО НРЭСУКА проводится с выводом из штатного режима боевого функционирования в интервалах времени, в течение которых ее использование по целевому назначению не предусматривается. Во втором случае ТО проводится поочередно на отдельных комплектах НРЭСУКА, а резервные комплекты системы используются по назначению (без вывода из штатного режима боевого функционирования).

В настоящее время, вследствие простоты планирования и организации проведения, система ТО НРЭСУКА является плано-предупредительной, основанной на обязательном проведении установленных видов ТО в объеме и с периодичностью, определенными документацией по эксплуатации, практически без учета реального технического состояния НРЭСУКА, хотя и характеризуется существенно большей трудоемкостью и меньшей эффективностью. Адаптивное ТО более прогрессивно, однако его реализация на НРЭСУКА требует разработки и внедрение конкретных методик прогнозирования технического состояния НРЭСУКА и определение объема и конкретизации проводимых работ.

Организация восстановления работоспособности НРЭСУКА при отказах включает в себя:

- немедленные доклады по линиям командных пунктов и служб вооружения всех уровней;
- организацию работ по восстановлению работоспособности;
- поиск неисправного съемного типового элемента замены (ТЭЗ);
- доставку в аппаратный зал ТЭЗ (при отсутствии в одиночных ЗИП);
- восстановление работоспособности НРЭСУКА заменой неисправного ТЭЗ исправным, проведение регулировок и настроек;
- проведение автономных и комплексных проверок;
- ремонт (при возможности и целесообразности) отказавших ТЭЗ;

- контроль восстановления НРЭСУКА, учет отказов, наработки на отказ, времени восстановления.

Руководство восстановлением НРЭСУКА при отказах осуществляют командиры подразделений с привлечением представителей промышленности и службы вооружения воинских частей.

Нормативное время восстановления НРЭСУКА при отказах определено в нормативных документах для каждого типа НРЭСУКА (от 0,5 до 8 часов), но при отсутствии элементов замены в одиночном ЗИП с учетом времени доставки с баз центральных довольствующих органов или при их доставке с заводо-изготовителей – 20 суток.

Все случаи превышения директивных сроков восстановления НРЭСУКА при отказах должны подвергаться анализу в службах вооружения всех уровней с целью определения причин длительного простоя неисправной НРЭСУКА, и приниматься срочные меры по устранению этих причин.

С целью предупреждения повторения случаев длительного восстановления техники при отказах НРЭСУКА в службах вооружения всех уровней организована работа по информированию инженерно-технического состава о сложных отказах, не описанных в инструкциях по поиску неисправностей, их проявлениях, причинах возникновения, мерах по предупреждению.

Ремонт неисправных съемных типовых элементов (по возможности или целесообразности) должен проводиться главным образом в войсковых частях или, при необходимости, неисправные съемные элементы замены должны направляться для ремонта на заводы-изготовители в случаях, когда их ремонт не может быть выполнен по техническим или программным ограничениям средств ремонта, или из-за отсутствия специального оборудования, или специалистов в воинских частях.

Для реализации стратегии управления техническим состоянием НРЭСУКА по фактическому техническому состоянию необходимо внедрить планирование и проведение ТО, основанное на процедурах прогнозирования технического состояния и отказов НРЭСУКА

Процедура прогнозирования технического состояния состоит в формировании по данным контроля и априорной информации о виде случайного процесса изменения параметров некоторого апостериорного случайного процесса и последующей оценке его характеристик.

Прогнозирование отказов НРЭСУКА предполагает предсказание момента отказа или интервала времени, в течение которого возможен отказ, и может быть основано на использовании моделей отказов или моделей функционирования НРЭСУКА.

Одним из путей решения задачи планирования и проведения ТО по состоянию является использование программного имитатора возникновения неисправностей для лиц, принимающих решение на проведение ТО.

III. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ИМИТАТОРА ВОЗНИКНОВЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ КА

Результатом проекта является создание аппаратно-программного комплекса на основе комплексирования статистических моделей отказов как функции времени эксплуатации и моделей типовых элементов замены для определения их реального технического состояния на основе результатов контроля параметров их функционирования. Программный имитатор сопряжен как с общим, так и специальным программным обеспечением информационно-управляющего комплекса НРЭСУКА и получает от них информацию об определяющих параметрах безотказности типовых элементов замены и системы в целом.

Статистические модели безотказности системы реализованы на основе экспоненциального закона распределения случайной наработки на отказ. Экспоненциальный закон распределения, также называемый основным законом надежности, используется для прогнозирования безотказности в период нормальной эксплуатации изделий.

Этот закон описывает внезапные отказы, которые вызываются неблагоприятным стечением многих обстоятельств и имеют постоянную интенсивность.

Экспоненциальное распределение применяется в теории массового обслуживания, а также описывает распределение наработки на отказ сложных изделий и наработки до отказа элементов радиоэлектронной аппаратуры [3].

Для высоконадёжных изделий вероятность безотказной работы за t определяется соотношением: $P(t) = e^{-\lambda t} \approx 1 - \lambda t$, где λ – интенсивность отказов, t – время наблюдения. График функции надежности при экспоненциальном распределении случайной наработки на отказ, представлен на рис. 2.

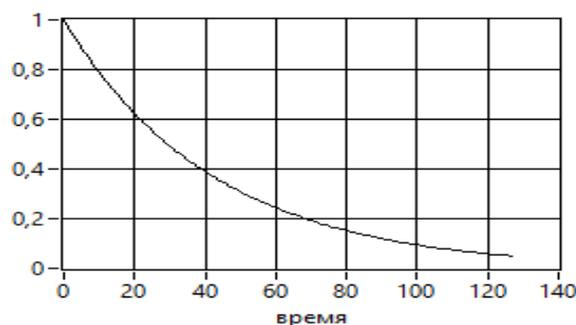


Рис. 2.

Для конкретной НРЭСУКА в программном комплексе реализуется необходимое количество моделей различных ТЭЗ.

Блок-диаграмма программного имитатора возникновения неисправностей из 5 различных ТЭЗ изображена на рис. 3.

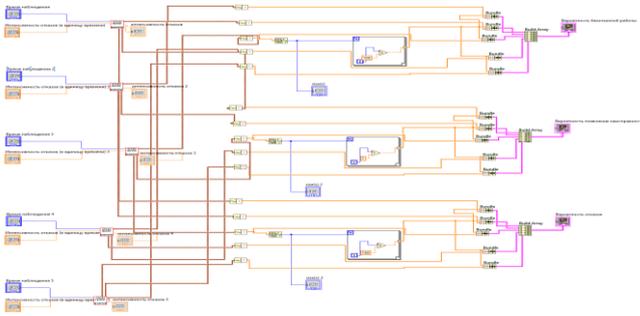


Рис. 3.

Пример блок-диаграммы модели безотказности одного ТЭЗ НРЭСУКА программного имитатора представлен на рис. 4.

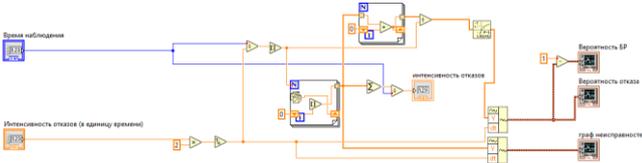


Рис. 4.

Интерфейс (лицевая панель) аппаратно-программного комплекса представлен на рис. 5.

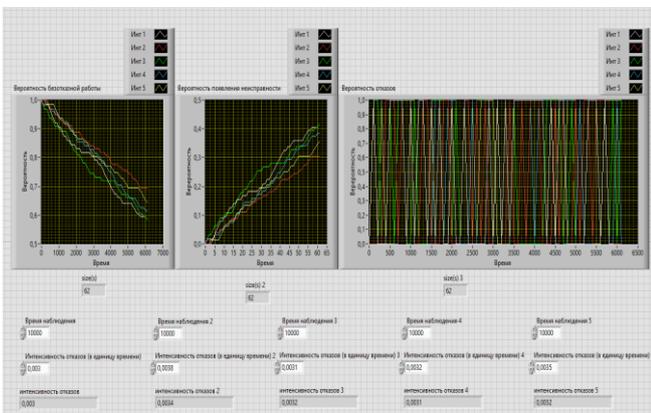


Рис. 5.

Для работы программного имитатора необходимо на лицевой панели виртуального прибора ввести несколько параметров: количество ТЭЗ, время наблюдения и интенсивность отказов каждого ТЭЗ. После получения данных и реализации процесса прогнозирования можно предсказать предотказные состояния ТЭЗ и планировать профилактические работы на НРЭСУКА.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный программный имитатор может быть использован лицом принимающим решение для планирования сроков проведения и конкретизации перечня операций ТО по техническому состоянию НРЭСУКА.

Практика эксплуатации разработанного виртуального прибора показала необходимость уточнения структурной схемы надежности НРЭСУКА, дополнением ее рядом существенных факторов, влияющих на работоспособность НРЭСУКА, а также возможность и необходимость совершенствования и уточнения моделей технического состояния ТЭЗ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Питер Блом LabView Стиль программирования, 2008, www.ntspress.com/publications/usrp-labs/
- [2] Перминов А.Н. Управление наземной космической инфраструктурой на основе мониторинга ее состояния: монография. СПб., 2005, 320 с.
- [3] Черкесов Г. Н. Надёжность аппаратно-программных комплексов. СПб.: Питер, 2005. 479 с.