

СПОСОБ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ РЭС С ЗАДАННЫМ УРОВНЕМ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА

О. Н. Герасимов, А. В. Затылкин, Н. К. Юрков

Введение

В настоящее время прогнозирование ресурса разрабатываемых радиоэлектронных систем (РЭС) осуществляется методами математического моделирования в специализированных программных пакетах [1–3]. Важно заметить, что моделирование проходит исходя из предположений, что входной контроль не выявил дефектных комплектующих, параметры технологических режимов не отклонялись от нормальных, никаких других нарушений (например, влияние человеческого фактора) не было, т.е. возможные технологические дефекты отсутствуют. Таким образом, в результате имеем ресурс «идеального» изделия.

Тем не менее даже на самом современном производстве, организованном с соблюдением всех необходимых норм и предписаний, возможны некоторые отклонения технологического процесса (как правило, случайные, реже систематические), приводящие к появлению дефектов. Основной задачей контроля является не пропустить такие изделия в эксплуатацию.

Анализ методов неразрушающего контроля и диагностики

Обобщая и систематизируя имеющийся опыт неразрушающего контроля и диагностики [4–6], можно предложить схему, показанную на рис. 1. Применяя математическое моделирование температурных полей, возникающих в корпусе изделия, необходимо провести сравнение их с температурным полем, полученным на изделии с помощью тепловизора, например, так как в рассмотренном ранее методе тепловой диагностики Сулейманова С. П. [7, 8]. Если разница не превышает значение некоего критерия подобия, то изделие признается годным, в противном случае изделие признается негодным. В данном случае операция контроля образует петлю обратной связи (блок ОС1 на рис. 1), которая помогает не пропустить изделия с дефектами в эксплуатацию.

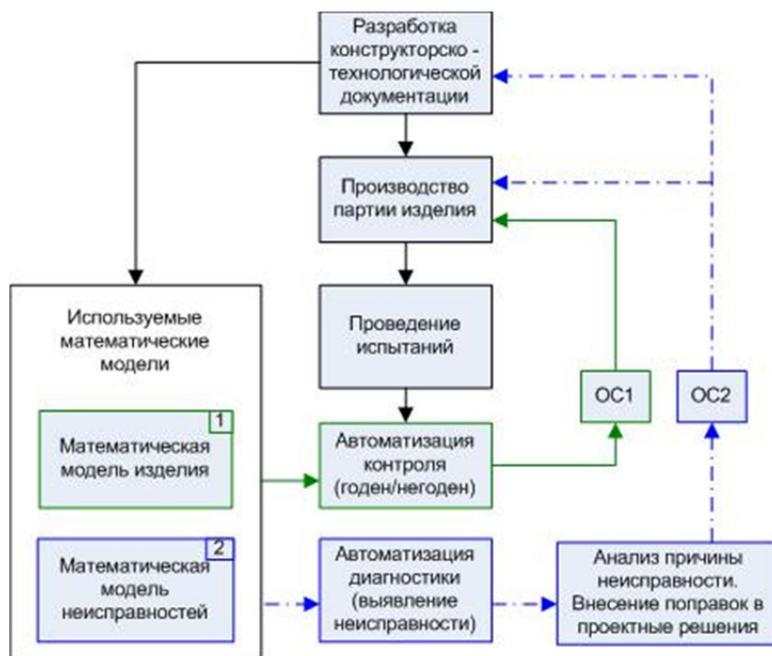


Рис. 1. Применение математического моделирования для автоматизации контроля и диагностики

В эту же схему укладывается другой метод механического контроля электронных средств [9, 10], который позволяет уменьшить вероятность пропуска к эксплуатации неисправные изделия.

Согласно ГОСТ 20911-89 [11] контроль отвечает на вопрос: есть неисправность или нет. Диагностирование же отличается тем, что стремится отыскать место неисправности. Поэтому каждый из этих методов получил развитие за счет дополнения математической модели изделия диагностическими моделями (в том числе и моделями неисправностей).

Введение дополнений позволило существенно расширить применение рассмотренных методов, поскольку была значительно увеличена их эффективность в том, что выявление места неисправности (локализация дефекта) теперь формирует и вторую ветвь обратной связи (блок ОС 2 на рис. 1), которая помогает повысить качество годных изделий за счет анализа причин возникновения брака и проведения комплекса мероприятий по их устранению.

Нормативы ресурса РЭС космических аппаратов

Рассмотрение именно этих двух методов проведено не случайно. Считается, что на общую долю преждевременных отказов, возникших в результате механических (~40 %) и тепловых (~20 %) воздействий, приходит до 60 % отказов всей электронной техники [4, 5].

Таким образом, одной из актуальных научно-практических задач является прогнозирование ресурса РЭС в условиях тепловых и вибрационных нагрузок. В подтверждение этому следует привести требования ГОСТ РВ 20.39.304-98 [12], который содержит нормативы ресурса РЭС космических аппаратов (КА) в зависимости от группы исполнения и назначения (табл. 1).

Для группы исполнения 5 А (аппаратура, предназначенная для установки на КА с кратковременным сроком активного существования, работающая в дежурном режиме) ресурс устанавливается до 10 000 ч, что вполне выполнимо, но вот для группы 5 Г (аппаратура, предназначенная для установки на КА со сверхдлительным сроком активного существования, работающая в дежурном режиме) этот показатель установлен свыше 70 000 ч. Обеспечить выполнение такого показателя проблематично. Также есть отдельная группа 5 Д (аппаратура, предназначенная для установки на КА, работающая в сеансном режиме), в которой величина ресурса устанавливается согласно ТТЗ (ТЗ).

Наличие подобных нормативов требует введения процедуры контроля такого показателя качества РЭС, как ресурс. Поэтому еще на этапе проектирования следует проводить прогнозирование ресурса разрабатываемых изделий с применением математических моделей, проводить его оценку в соответствии с требованиями технического задания, осуществлять контроль испытания изделий на этапах производства. С учетом сказанного схему, представленную на рис. 1, следует дополнить еще одной петлей обратной связи, как показано на рис. 2 (блок 3, ОС3).

Таблица 1

Группы аппаратуры и ресурс КА

Группа исполнения	Назначение аппаратуры	Время активного существования (ресурс), ч
5.А	Аппаратура, предназначенная для установки на КА с кратковременным сроком активного существования, работающая в дежурном режиме	До 10 000
5.Б	Аппаратура, предназначенная для установки на КА со средним сроком активного существования, работающая в дежурном режиме	От 10 000 до 30 000
5.В	Аппаратура, предназначенная для установки на КА с длительным сроком активного существования, работающая в дежурном режиме	От 30 000 до 70 000
5.Г	Аппаратура, предназначенная для установки на КА со сверхдлительным сроком активного существования, работающая в дежурном режиме	Свыше 70 000
5.Д	Аппаратура, предназначенная для установки на КА, работающая в сеансном режиме	По ТТЗ (ТЗ)

Вопрос остаточного ресурса РЭС давно исследуется как российскими, так и зарубежными научными коллективами. Хорошо известны труды профессора Г. С. Садыхова, внесшего значительный вклад в развитие теоретических основ остаточного дискретного ресурса технических объектов [13], предложившего новые методы и модели оценок безопасности сверхназначенных сроков эксплуатации технических объектов [14], разработавшего методики оценки параметра потока отказов объекта через экстремальные показатели надежности комплектующих элементов [15] и т.д.

Профессором В. П. Савченко предложены научно обоснованные решения практических задач по наиболее полному и эффективному использованию ресурсных возможностей изделий электронной техники при обеспечении длительных сроков эксплуатации сложных электронных систем различного назначения [16].

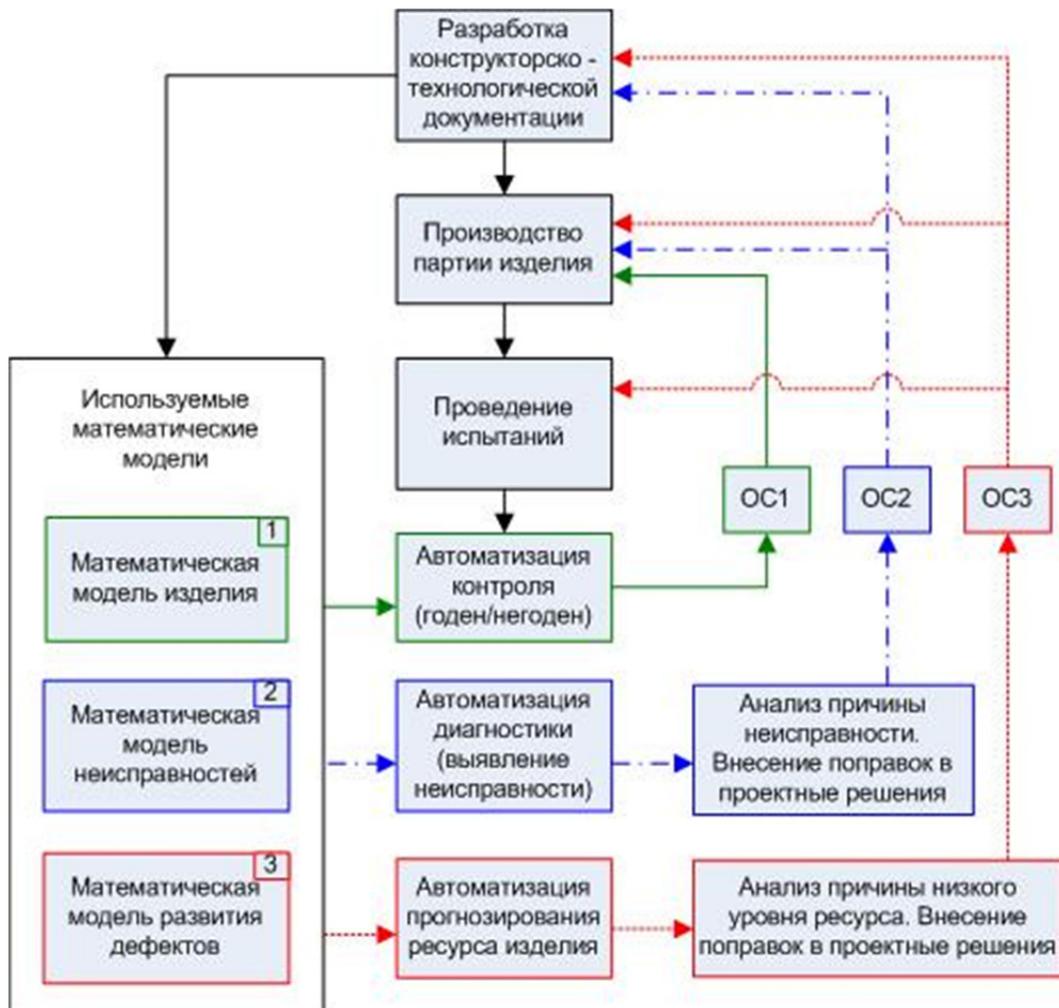


Рис. 2. Дополненная схема применения математического моделирования для автоматизации контроля и диагностики

Тем не менее причиной 80 % отказов РЭС, как показывает анализ механических испытаний, является усталость материалов конструкции [17]. При этом в существующей практике производства РЭС никто не контролирует механические ускорения и напряжения на каждом ЭРЭ, а тем более время до усталостного разрушения. Поэтому интересными являются программные системы российских разработчиков для проведения усталостного анализа конструкции печатных узлов при механических воздействиях (гармонической вибрации, случайной вибрации и многократных ударов) АСОНИКА-УСТ [18] и РЕСУРС [19]. Система АСОНИКА-УСТ позволяет в заданные сроки построить модель конструкции, рассчитать ее на механические воздействия, оценить время до усталостного разрушения и принять решение о повышении долговечности проектируемых РЭС. Система РЕСУРС отличается тем, что позволяет осуществить прогноз ресурса ЭРЭ с учетом развития возможных технологических дефектов, характерных для конкретного изделия [20].

Выводы

Таким образом, применение существующих отечественных теоретических и прикладных разработок вполне позволяет использовать математическое моделирование для организации еще одной петли обратной связи (см. рис. 2), которая при условии разработки новых моделей возможного развития технологических дефектов позволит не только выявить и локализовать возможные дефекты, но также оценить соответствие уровня спрогнозированного ресурса реальному.

Статья подготовлена в рамках реализации проекта «Разработка методов и средств создания высоконадежных компонентов и систем бортовой радиоэлектронной аппаратуры ракетно-космической и транспортной техники нового поколения» (Соглашение № 15-19-10037 от 20 мая 2015 г.) при финансовой поддержке Российского научного фонда.

Список литературы

1. ГОСТ Р 53696-2009. Контроль неразрушающий. Методы оптические. Термины и определения. – М. : Стандартинформ, 2010.
2. Основные направления развития технологий, оборудования и материалов для производства печатных плат. Технологические возможности нового поколения оборудования автоматического оптического контроля. – URL: <http://pcb-forum.info/wp-content/uploads/03.pdf>
3. AssemRus. Автоматическая оптическая инспекция – Серия систем SE-300 Ultra и Flex Ultra. – URL: <http://www.assemrus.ru/poleznoe/avtomaticheskaya-opticheskaya-inpekciya>.
4. Воронин, Ю. Ф. Характерные особенности распознавания и устранения газовых раковин / Ю. Ф. Воронин, Ю. А. Парфенов, А. В. Шешенева // Заготовительные производства в машиностроении. – 2003. – № 12. – С. 7–9, 57.
5. Тепловой неразрушающий контроль изделий : науч.-метод. пособие / О. Н. Будадин и др. – М. : Наука, 2002. – 472 с.
6. Увайсов, С. У. Метод теплового диагностирования латентных технологических дефектов радиоэлектронной аппаратуры и ее тепловая диагностическая модель / С. У. Увайсов, Н. К. Юрков, С. П. Сулейманов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2013. – № 4 (28). – С. 109–119.
7. Щербинин, В. Е. Магнитный контроль качества металлов / В. Е. Щербинин, Э. С. Горкунов. – Екатеринбург : Ур. ОРАН, 1996. – 262 с.
8. Сулейманов, С. П. Теплое диагностирование радиоэлектронных устройств / С. П. Сулейманов, А. В. Долматов, Р. И. Увайсов // Радиовысотометрия–2004 : тр. Первой всерос. науч. конф. / под ред. А. А. Иофина, Л. И. Пономарева. – Екатеринбург : Издательство АМБ, 2004.
9. Иванов, И. А. Метод контролепригодного проектирования радиоэлектронных средств. / И. А. Иванов, Р. И. Увайсов, С. У. Увайсов // Инновации в условиях развития информационно-коммуникационных технологий : материалы науч.-практ. конф. / под ред. В. Г. Домрачева, С. У. Увайсова – М. : МИЭМ, 2007. – С. 225–226.
10. Петрунин, В. В. Автоматизированная система поверки блоков питания / В. В. Петрунин, В. С. Жереновский, Д. А. Захаров // Современные информационные технологии : материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза : ПГТА, 2004. – С. 134–135.
11. Петрунин, В. В. Метод бесконтактной диагностики радиоэлектронной техники / В. В. Петрунин, В. А. Трусов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2006. – № 4. – С. 256–261.
12. ГОСТ 20911-89 Техническая диагностика. Термины и определения.
13. ГОСТ РВ 20.39.304-98 Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения требования стойкости к внешним воздействующим факторам.
14. Садыхов, Г. С. Теоретические основы остаточного дискретного ресурса технических объектов / Г. С. Садыхов // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 1999. – № 3. – С. 102–108.
15. Садыхов, Г. С. Методы и модели оценок безопасности сверхназначенных сроков эксплуатации технических объектов / Г. С. Садыхов, В. И. Кузнецов. – М. : ЛКИ, 2007. – 144 с.
16. Садыхов, Г. С. Оценка параметра потока отказов объекта через экстремальные показатели надежности комплектующих элементов / Г. С. Садыхов // Автоматика и телемеханика. – 1982. – № 5. – С. 147–151.
17. Савченко, В. П. Методы и модели исследования остаточного ресурса изделий радиоэлектронной техники : дис. ... д-ра техн. наук / Савченко В. П. – Фрязино, 1999. – 180 с.
18. АСОНИКА – система контроля качества аппаратуры. – URL: <http://asonika-online.ru/asonika>.
19. АСОНИКА-УСТ. – URL: <http://asonika-online.ru/products/asonika-ust>.
20. Свидетельство № 2015617919 Программная система прогнозирования остаточного ресурса конструктивных элементов ЭС авиационных и ракетно-космических систем / О. Н. Герасимов, А. В. Затылкин, В. С. Калашников, А. В. Лысенко, Н. К. Юрков. – № 2015614754 ; заявл. 24.07.2015.

Герасимов Олег Николаевич

начальник военного представительства
Министерства обороны РФ,
Научно-исследовательский институт
физических измерений
(440026, Россия, г. Пенза, ул. Володарского, 8)
E-mail: gera0502@mail.ru

Затылкин Александр Валентинович

кандидат технических наук, доцент,
кафедра конструирования
и производства радиоаппаратуры,
Пензенский государственный университет
(440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: al.zatylkin@yandex.ru

Юрков Николай Кондратьевич

доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой конструирования
и производства радиоаппаратуры,
Пензенский государственный университет
(440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: yurkov_NK@mail.ru

Аннотация. Проведен анализ методов неразрушающего контроля и диагностики радиоэлектронных систем. Предложен способ организации производственного контроля и диагностики изделий с заданным уровнем остаточного ресурса. Показано, что применение существующих отечественных теоретических и прикладных разработок (программных средств) позволяет решить не только задачи выявления и локализации возможных технологических дефектов, но также дать прогноз уровня остаточного ресурса изделий после проведения испытаний и оценить его соответствие заданному уровню.

Ключевые слова: контроль, диагностика, остаточный ресурс, надежность, испытания.

УДК 620; 629.01

Герасимов, О. Н.

Способ организации производственного контроля и диагностики РЭС с заданным уровнем остаточного ресурса / О. Н. Герасимов, А. В. Затылкин, Н. К. Юрков // Надежность и качество сложных систем. – 2016. – № 1 (13). – С. 94–98.

Gerasimov Oleg Nikolaevich

head of the military mission
of The Ministry of defense of RF,
Scientific-Research Institute of Physical Measurements
(440026, 8 Volodarsky street, Penza, Russia)

Zatylkin Alexander Valentinovich

candidate of technical sciences, associate professor,
sub-department of radio equipment
design and production,
Penza State University
(440026, 40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Yurkov Nikolay Kondrat'evich

doctor of technical sciences, professor,
head of sub-department of radio equipment
design and production,
Penza State University
(440026, 40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Abstract. The analysis of methods of nondestructive control and diagnostics of radio electronic systems. A method of organization for production control and diagnostic products with a given level of residual life. It is shown that the application of existing domestic theoretical and applied developments (software) can solve not only tasks of detection and localization of possible technological defects, but also to give the forecast of the residual life of products after testing and assess its compliance to a given level.

Key words: control, diagnostics, residual life, reliability, testing.