

УДК 629.7.017

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОТКАЗНОСТИ БОРТОВОГО РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

© 2009 Ю.В. Романов, В.В. Шишкин

Ульяновский государственный технический университет

Поступила в редакцию 20.07.2009

Статья посвящена проблемам обеспечения безотказности бортового радиоэлектронного оборудования на различных этапах жизненного цикла изделия. В статье рассматриваются расчетные и экспериментальные методы, используемые при реализации программ обеспечения безотказности и пути повышения эффективности обеспечения безотказности через применение информационных технологий.

Ключевые слова: безотказность, жизненный цикл, информационные технологии.

Основными видами работ по обеспечению безотказности бортового радиоэлектронного оборудования (БРЭО) традиционно являются [1]:

1) обоснование требований к безотказности изделия в целом и распределение этих требований по его составным частям;

2) расчет (прогнозирование) безотказности изделия исходя из принятых схемно-конструктивных решений, режимов и условий применения;

3) экспериментальная отработка и испытания изделия на надежность (безотказность) для условий и режимов, наиболее полно соответствующих условиям реальной эксплуатации;

4) анализ принятого технологического процесса и контроль важнейших технологических операций с точки зрения обеспечения изготовления изделия с заданными показателями безотказности;

5) анализ принятых правил эксплуатации изделия, эксплуатационных и ремонтных документов, а также контроль правильности использования техники и выполнения операций технического обслуживания и ремонта в процессе эксплуатации с точки зрения обеспечения заданной безотказности изделия;

6) контроль фактического уровня безотказности изделий при эксплуатации.

Здесь значения (нормы) показателей безотказности устанавливаются с учетом назначения изделий, достигнутого уровня и выявленных тенденций повышения их надежности, технико-экономического обоснования, возможностей изготовителей, требований и возможностей заказчика (потребителей). Требования к безотказно-

сти определяют на стадии исследования и обоснования разработки. На стадии разработки при соответствующем технико-экономическом обосновании требования уточняются исходя из рассмотрения возможных схемно-конструктивных вариантов построения изделия и расчета для каждого из них уровня безотказности, а также показателей, характеризующих виды затрат, включая эксплуатационные, и возможности выполнения других заданных ограничений. Целью распределения является установление рациональных уровней безотказности составных частей БРЭО, обеспечение которых позволяет получить заданный уровень безотказности в целом.

Расчет безотказности – процедура определения значений показателей безотказности с использованием методов, основанных на их вычислении по справочным данным о надежности элементов объекта, по данным о надежности объектов-аналогов, данным о свойствах материалов и другой информации, имеющейся к моменту расчета. По основным принципам расчета свойств, составляющих надежность, используют методы прогнозирования и структурные методы расчета.

Методы прогнозирования применяют для расчета интенсивностей отказов серийно выпускаемых и новых электронных и электротехнических элементов разных типов с учетом уровня их нагруженности, качества изготовления, областей применения оборудования, в которой используются элементы. Математические модели для прогнозирования значений интенсивности отказов групп изделий формируются на основании результатов:

- периодических испытаний электрорадиоизделий (ЭРИ) на безотказность, долговечность и сохраняемость;
- опытного хранения;

Романов Юрий Владимирович, начальник отдела КБ "Приборостроение".

Шишкин Вадим Викторович, кандидат технических наук, профессор кафедры "Измерительно-вычислительные комплексы". E-mail: schvv@ulstu.ru.

- специальной подконтрольной эксплуатации ЭРИ в составе оборудования разных классов;
- специальных испытаний;
- экспериментальных и теоретических работ по исследованию надежности и анализу причин отказов ЭРИ, выполненных НИИ МО и предприятиями промышленности, а также на основании сведения о надежности ЭРИ по результатам испытаний и эксплуатации аппаратуры различного назначения.

После определения характеристик безотказности элементов БРЭО методом прогнозирования проводят количественную оценку безотказности структурным методом. При этом в качестве структурных схем надежности применяются: структурные блок-схемы надежности, представляющие объект в виде совокупности определенным образом соединенных (в смысле надежности) элементов; деревья отказов объекта, представляющее графическое отображение причинно-следственных связей, обуславливающие определенные виды его отказов; графы (диаграммы) состояний и переходов, описывающих возможные состояния объекта и его переходы из одного состояния в другое в виде совокупности состояний и переходов его элементов.

Результаты расчета безотказности используются для решения различных задач: обоснование требований к безотказности; сравнительного анализа вариантов схемно-конструктивного исполнения; проверка соответствия уровня безотказности установленным требованиям и др.

Также результаты расчета используются для количественного анализа безотказности и оценки безопасности БРЭО (оценка функциональной опасности, оценка безопасности системы) на соответствие авиационным правилам и требованиям генерального разработчика самолета.

В результате указанных работ разрабатываются и реализуются мероприятия, которые вносят изменения в проект. К таким мероприятиям относятся:

- замена отдельных элементов на другие, более надежные;
- введение резервных каналов и элементов;
- изменения в структуре системы;
- использование элементов в облегченных режимах работы и при меньших нагрузках;
- изменение методов: эксплуатации элементов и средств контроля работоспособности элементов и др.

Таким образом, расчет показателей безотказности, анализ и оценка безопасности представляют собой процедуру поэтапного уточнения оценок показателей безотказности по мере отработки конструкции и технологии изготовления

объекта, алгоритмов его функционирования, правил эксплуатации, системы технического обслуживания и ремонта, критериев отказа и предельных состояний, накопления более полной и достоверной информации обо всех факторах, определяющих безотказность, и применения более адекватных и точных методов расчета и расчетных моделей.

Основными экспериментальными методами контроля показателей безотказности являются испытания на надежность. В зависимости от этапа жизненного цикла БРЭО проводят испытания на надежность:

- опытных образцов – в составе предварительных и (или) приемочных испытаний;
- установочной серии – на этапе постановки изделий на производство;
- на этапе серийного производства – в составе периодических и типовых испытаний.

При испытаниях БРЭО подвергается циклическому воздействию внешних воздействующих факторов (ВВФ), один испытательный цикл которого имитирует один полет (предполетные, полетные и послеполетные условия). Из испытательных циклов формируются типовые испытательные циклы, учитывающие сезонные (зима, лето, весна, осень) изменения климатических факторов, и ВВФ, возникающие на борту при выполнении различных типовых задач, характерных для соответствующего воздушного судна (ВС).

Для сокращения времени проведения испытаний используются ускоренные испытания. Ускорение достигается за счет ужесточения режимов эксплуатации и за счет увеличения значений внешних воздействующих факторов. Например, для БРЭО, разработанного ОАО «УКБП» для ВС Ту-204, ускорение было достигнуто за счет увеличения значений вибрации и повышенной рабочей температуры.

Все большую популярность среди разработчиков и специалистов по надежности в последнее время приобретают так называемые сильно ускоренные испытания на надежность или HALT, служащие средством быстрого выявления основных видов отказов изделий до начала их коммерческой реализации. Основное назначение таких испытаний заключается в быстром выявлении отказов тех видов, выявление которых в нормальных условиях потребовало бы весьма продолжительных испытаний и пристальных наблюдений. Эти испытания проводят на нескольких опытных образцах, которые подвергаются комбинированному воздействию различных внешних факторов, уровни которых значительно превосходят те, которые можно ожидать в условиях нормальной эксплуатации.

Идентификация в процессе испытаний режимов отказов БРЭО, не идентифицированных на более ранних этапах, используется для проведения улучшений как на самом испытуемом БРЭО, так и при проектировании изделий-аналогов.

На основании конструкторской документации и директивной технологии предприятием-изготовителем разрабатываются:

- комплект технологической документации в соответствии с требованиями государственных стандартов ЕСТД;

- инструкции по входному контролю материалов, элементов, готовых комплектующих изделий, составных частей;

- чертежи и схемы специальной технологической оснастки.

Опыт изготовления различных типов БРЭО показывает, что в процессе производства происходит постоянное совершенствование изделий с целью повышения их безотказности, вносятся соответствующие изменения как в конструкторскую, так и в технологическую документацию. В связи с чем предприятия-держатели подлинников конструкторской документации ежегодно составляют перечни выпущенных извещений об изменении документации и дают заключение о годности комплектов конструкторской документации на следующий год.

Анализ принятых правил эксплуатации проводится для гарантий реализации заложенных в конструкцию уровней безотказности.

Плановое техническое обслуживание (ТО), как таковое, не может повысить недостаточные заложенные уровни безопасности и надежности ВС. Плановое ТО только предупреждает снижение этих уровней. Если заложенные уровни оказываются неудовлетворительными, то необходимы доработки конструкций, чтобы получить их улучшение.

Плановые ТО разрабатываются с использованием подхода целенаправленной логики принятия решений и реализуются в виде программы, ориентированной на состав работ по ТО. Логическая последовательность анализа ориентирована на оценку последствий отказов.

Элементы, для которых по результатам анализа не выбрано эффективных плановых работ по ТО, контролируются в рамках программы контроля уровня безотказности в эксплуатации.

Контроль правильности использования БРЭО и выполнения операций ТО и ремонта на этапе эксплуатации осуществляется в рамках авторского и технического надзора.

Контроль уровня безотказности на этапе эксплуатации является трудной задачей, так как надежность компонентов БРЭО зависит от дей-

ствий их изготовителей и продавцов, которые иногда невозможно проследить. На надежность БРЭО на этапе эксплуатации существенное влияние оказывает качество ремонтов, выполняемых центрами технического обслуживания.

Для осуществления контроля уровня безотказности необходима организация системы сбора, обработки и анализа причин отказов, охватывающей всех участников жизненного цикла (изготовитель БРЭО, поставщик БРЭО, изготовитель ВС, эксплуатирующие организации, организации технического обслуживания и ремонта) и учитывающей все события, происходящие с оборудованием в процессе эксплуатации (выпуск, поставка, ввод в эксплуатацию в составе ВС, рекламации, отказы, ремонты, продления ресурса и т.д.).

Рассмотренные выше виды работ определяют состав работ по обеспечению безотказности в процессе жизненного цикла (ЖЦ). Проведенный комплексный анализ работ по обеспечению безотказности позволил сформировать следующее их распределение по этапам ЖЦ (рис. 1).

Все работы по обеспечению безотказности БРЭО, эксплуатируемого по техническому состоянию (без плановых ремонтов), целесообразно распределить по трем разукрупненным этапам ЖЦ: НИОКР, серийное производство, эксплуатация. Все указанные виды работ на каждом этапе формируют интегрированный в процессы этапа комплекс работ. Исходными данными для работ по обеспечению безотказности изделия являются *процессы этапа* и разрабатываемая документация. В процессе реализации работ по обеспечению безотказности вносятся уточнения в *проект*, которые реализуются в рамках этого проекта в виде откорректированных процессов и документации, которые уже оцениваются с точки зрения *обеспечения безотказности*. Этот процесс продолжается до тех пор, пока результаты проекта будут удовлетворять требованиям по безотказности, соответствующим данному этапу. Таким образом формируется замкнутый цикл обеспечения безотказности в рамках отдельного этапа ЖЦ.

Часто для обеспечения результатов по безотказности, удовлетворяющих требованиям этапа, необходима корректировка не только процессов и документации данного этапа, но и корректировка предыдущих этапов. Это формирует обратную связь к предыдущим этапам в рамках ЖЦ БРЭО.

Информация о проведенных корректирующих действиях и их результативности в рамках проекта становится полезной при реализации новых проектов. Сделав эту информацию доступной можно сформировать замкнутый цикл

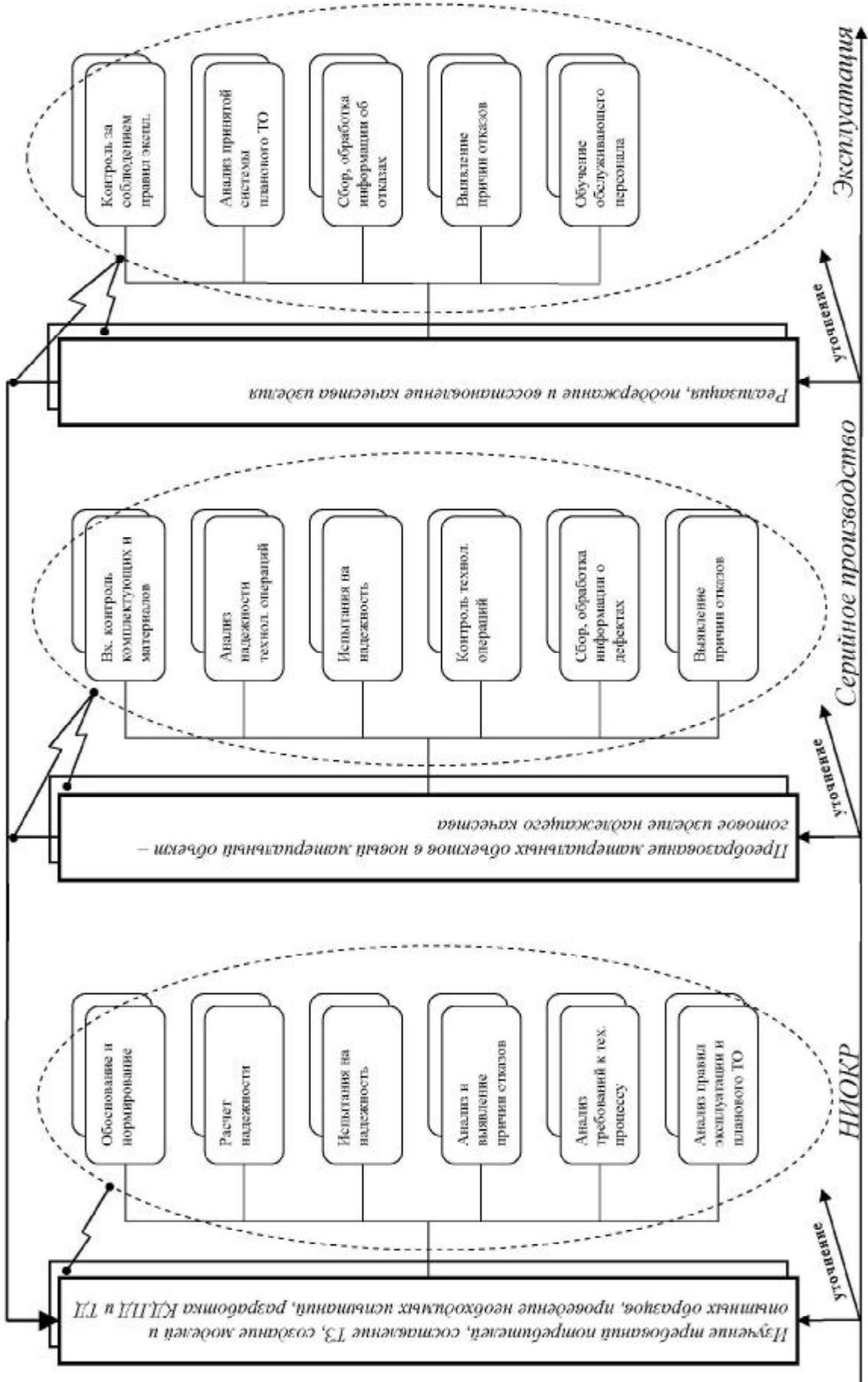


Рис. 1. Обеспечение безотказности БРЭО в процессе его ЖЦ

обеспечения безотказности в рамках авиационного предприятия или корпорации.

В итоге реализуется интегрированная в процессы ЖЦ система обеспечения безотказности с обратными связями различного уровня. Трудности, возникающие при реализации такой системы, как правило, связаны со следующими обстоятельствами:

- повышение сложности и ресурсоемкости БРЭО;
- развитие кооперации между участниками ЖЦ БРЭО;
- большое количество модификаций и исполнений БРЭО;
- постоянное повышение требований контрактов к обеспечению безотказности БРЭО.

Все перечисленные обстоятельства приводят к росту объема используемой и передаваемой информации в процессе реализации программ обеспечения надежности. Используемая информация, весьма, разнородна: это маркетинговые, конструкторские, технологические, производственные данные, данные об эксплуатации изделий и т.д.

Эффективным решением этих проблем является использование базовых инструментальных средств современных информационных техноло-

гий, таких как системы PDM (Product data Management).

Для решения перечисленных выше задач типовая PDM-система должна обладать определенным набором функций, которые перечислены ниже.

- функции: работы с изделиями;
- работы с документами;
- работы с характеристиками;
- групповой работы над проектами.

Кроме перечисленных функций для решения задач обеспечения надежности необходимо создание специализированных методов и программных модулей обработки данных, функционирующих под управлением PDM-системы.

Применение PDM-системы позволяет на базе данных, сформированных в PDM-системе в процессе проектирования (данные о структуре и составе изделия обо всех его компонентах), сформировать структуру изделия с точки зрения обеспечения безотказности. Очевидно, что в эту структуру должны включаться только те элементы, информация о которых необходима для выполнения работ по обеспечению безотказности.

Далее в процессе проектирования, технологической подготовки, производства, эксплуатации

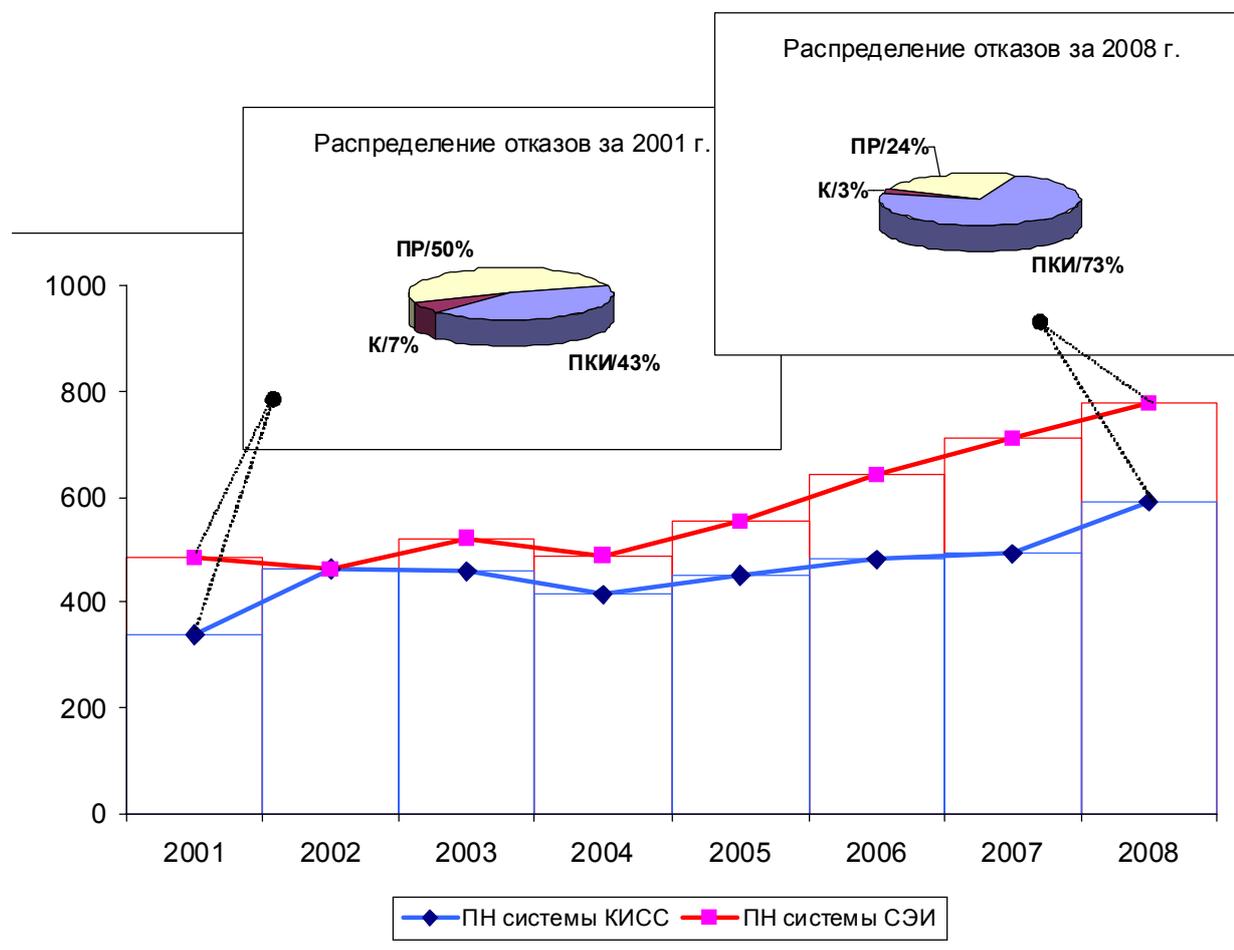


Рис. 2. Показатели безотказности систем КИСС, СЭИ

и ремонта изделия в систему добавляются различные конструкторские, технологические, производственные, эксплуатационные данные, ассоциированные с элементами структуры изделия и необходимые для обеспечения безотказности. Полученная совокупность представляет собой постоянно пополняемый и изменяемый в процессе ЖЦ набор исходных данных для выполнения работ по обеспечению безотказности БРЭО.

С помощью этих данных можно решать самые разнообразные задачи информационной поддержки процессов обеспечения безотказности на всех стадиях жизненного цикла БРЭО.

Результатом реализации такой программы должно стать поэтапное повышение уровня безотказности до требуемого при сокращении времени и затрачиваемых ресурсов.

На рис. 2 показано изменение показателя надежности систем КИСС-1-9А(Е) (система сигнализации комплексная информационная) и СЭИ-85-2(Е) (система электронной индикации) на самолетах Ту-204 за период с 2001 по 2008 г. за счет выявления и исключения конструктивных и производственных дефектов. В качестве показателя надежности рассчитывалась наработка на отказ и повреждение. При расчетах использовалась информация о неисправностях БРЭО и налет 29 самолетов типа Ту-204 в авиакомпаниях "Red Wings" (Россия), "Владивосток авиа" (Россия), "Cairo aviation" (Египет), "Авиастар-ТУ"

(Россия), "Cubana de aviacion S.A." (Куба), "Кавминводываиа" (Россия), "Air Coryo" (Корея), "Air China" (Китай). Для расчета показателей надежности и распределения отказов использовались данные из системы сбора, обработки и анализа отказов ОАО "УКБП", полученные путем объединения информации об отказах ЗАО "Авиастар-СП" (изготовитель ВС), ОАО "УКБП" (разработчик и изготовитель БРЭО), ЗАО "ЦТО Рейтинг" (ремонтная организация).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Р50-109-89 Рекомендации. Надежность в технике. Обеспечение надежности изделий. Общие требования.
2. ГОСТ 27.410-87 Надежность в технике. Методы контроля показателей надежности и планы контрольных испытаний на надежность.
3. ГОСТ 27.301-95 Надежность в технике. Расчет надежности.
4. Романов Ю.В. Применение интегрированной системы сопровождения эксплуатации изделий в задачах обеспечения конкурентоспособности авиационной техники. Материалы международной научно-практической конференции "Проблемы подготовки специалистов для гражданской авиации". Ульяновск: УВАУ ГА, 2008.
5. ARP4761. Guidelines and Methods for Conducting the Safety Assessment Process on Civil Airborne Systems and Equipment
6. Отчет по анализу отказов изделий ОАО "УКБП" в эксплуатации и на предприятиях-потребителях за 2008 год.

EFFECTIVENESS INCREASE OF RELIABILITY CONTROL PROCESS OF AIRBORNE ELECTRONICS BY USING INFORMATION TECHNOLOGIES

© 2009 Y.V. Romanov, V.V. Shishkin

Ulyanovsk State Technical University

The paper outlines problems of reliability control of airborne electronics on various life cycle stages. In this article reviewed estimated and experimental methods, used in realization of reliability control program and paths of effectiveness increase of reliability control by using information technologies.

Key words: reliability control, life cycle, information technologies.

*Yuri Romanov, department head of Design Bureau.
Vadim Shishkin, Candidate of Technics, Associate Professor
at the Measuring-Computing Complexes Department.
E-mail: schvv@ulstu.ru.*