



МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ МНОГОФАКТОРНЫХ ЭКВИВАЛЕНТНО-ЦИКЛИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ БРЭО НА СТАДИИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ РАБОТ

А.В. Комиссаров, С.В. Каразеев, Р.Р. Валитов, В.В. Шишкин (УлГТУ)

Представлена методика проведения многофакторных эквивалентно-циклических испытаний (МФЭЦИ) для оценки показателей надежности бортового радиоэлектронного оборудования (БРЭО) на стадии научно-исследовательских опытно-конструкторских работ (НИОКР). Показана область использования методики и основные достоинства. Отмечается, что в качестве результатов проведения испытаний на безотказность БРЭО формируется база данных. Показано, что все используемые методы и процедуры проведения испытаний являются эффективными исследовательскими инструментами и дают предварительную оценку надежности разрабатываемого БРЭО, например, в части деградации паяных соединений электронно-компонентной базы иностранного производства в BGA-корпусах, выполненной по бесвинцовой технологии и установленной с операций реболинга. В методике исследуется вопрос интенсификации процессов деградации испытываемых изделий за счет применения форсированных воздействующих факторов отбраковочных процедур HALT.

Ключевые слова: многофакторные эквивалентно-циклические испытания, бортовое радиоэлектронное оборудование, надежность, безотказность, отбраковочные испытания, НИОКР.

Авиационная промышленность России после длительного периода застоя перешла к динамичному развитию, что сопровождается внедрением новых нормативных документов в качестве руководящих материалов для разработки, верификации и проведения испытаний в соответствии с международными авиационными правилами. На этой стадии выявляется ряд проблем по обеспечению и подтверждению заданных требований по надежности [1]:

1) использование на этапе разработки устаревшей справочной информации по интенсивностям отказов применяемой электронной компонентной базы (ЭКБ);

2) значительная продолжительность испытаний для подтверждения расчетных показателей надежности, определяемая большим числом предварительных исследований и отсутствием необходимых объемов выборки на этапе разработки;

3) противоречие эксплуатационных данных по отказам с расчетными данными по показателям надежности.

В процессе разработки современного бортового радиоэлектронного оборудования (БРЭО) ведется оценка показателей надежности по справочным материалам электрорадиоизделий от 2006 г., дающих завышенные значения показателей надежности, не подтверждаемые в ходе испытаний и эксплуатации [2]. Получившая широкое применение иностранная компонентная база также не сопровождается актуальными данными по показателям надежности. Данные, указанные в справочнике, базируются на информации, полученной из различных источников в различные периоды времени и в различных климатических

условиях, что дает необъективную модель надежности изделия. Любые планы по обновлению базы данных ЭКБ и моделей внешних воздействующих факторов (ВВФ) исключают новую технологию как таковую, фактически ориентируясь в период разработки на устаревшие модели надежности, не принимая во внимание технологический процесс развития.

Таким образом, действующая в настоящий момент нормативно-техническая документация в части контроля и подтверждения качества разработки не является полноценной гарантией надежности изделия. Требуется решение задачи повышения надежности современных БРЭО.

В [3] проанализированы перспективные направления повышения надежности, одной из ключевых рекомендаций которых является использование разработчиком современных методов проектирования надежных систем Design For Reliability (DFR), например, основанных на физике отказов. Отмечается необходимость проведения многофакторных эквивалентно-циклических испытаний (МФЭЦИ).

В [4] предложена вероятностно-физическая модель расходования ресурса при МФЭЦИ для оценки показателей надежности БРЭО на стадии НИОКР, в которой при равенстве потоков интенсивности отказов в эксплуатации и при испытаниях учитывается взаимное влияние факторов, приводящих к таким отказам.

БРЭО, как объект испытаний, представляет собой совокупность информационных, вычислительных и исполнительных средств, полностью или частично выполняющих или использующих свои функции че-

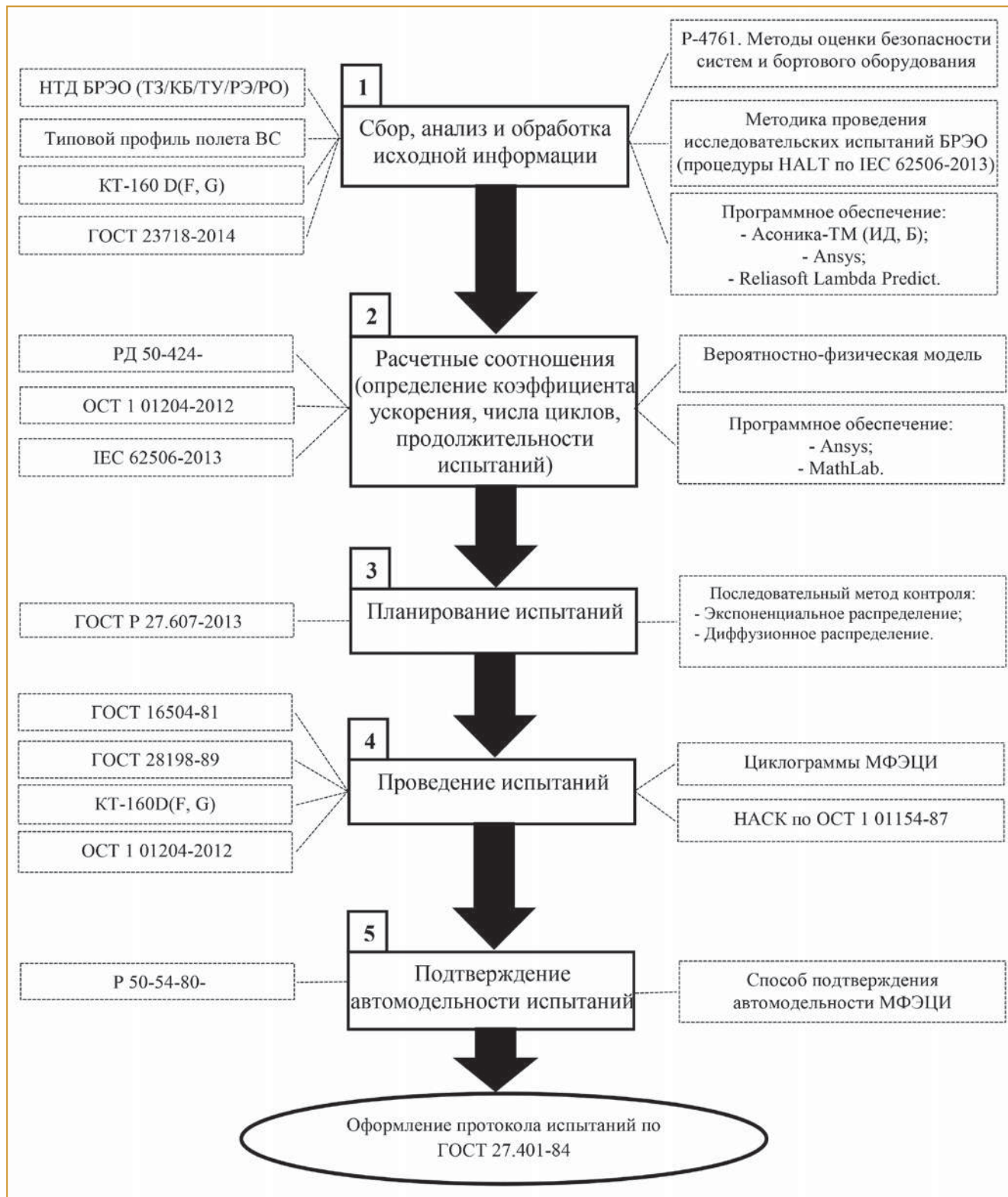
рез соответствующее программное обеспечение в интегрированной вычислительной среде для выполнения задач эксплуатации ВС.

В настоящей статье представлена методика проведения МФЭЦИ БРЭО, базирующаяся на:

— процедуре отбраковочных испытаний HALT (High accelerated life/limited test);

— модели МФЭЦИ для оценки показателей долговечности и безотказности, согласно IEC 62506–2013; — положениях нормативной документации в части проведения эквивалентно-циклических испытаний на безотказность.

Методика проведения МФЭЦИ БРЭО предназначена для:



Структура методики проведения МФЭЦИ для оценки показателей надежности БРЭО на стадии НИОКР

— устранения конструктивных, технологических и административных недостатков, допущенных в ходе разработки и изготовления опытных образцов;

— анализа (контроля) безотказности и (или) долговечности для подтверждения показателей надежности либо принятия мер по внесению необходимых изменений для их достижения;

— уточнения методик действующих эквивалентно-циклических испытаний на безотказность БРЭО за счет применения комбинированного воздействия внешних факторов (температуры и скорости ее изменения в цикле, многоосной широкополосной случайной вибрации).

Методика представляет собой определенную структуру блоков (рисунок), где:

— “базовой конструкцией” является алгоритм, построенный в виде последовательности функциональных блоков сверху-вниз;

— по левой стороне каждый функциональный блок снабжен отечественными и зарубежными нормативными документами;

— по правой стороне каждый функциональный блок поддерживается программным обеспечением, моделями, процедурами и средствами автоматизированного контроля.

Рассмотрим функциональные блоки предложенной методики.

1) Анализ требований согласно нормативно-технической документации БРЭО: квалификационный базис (КБ), техническое задание (ТЗ), технические условия (ТУ), руководства по эксплуатации и обслуживанию (РЭ, РО), карты рабочих режимов составных модулей и т. д. Анализа статистики отказов аналогичных БРЭО.

На этом этапе реализуются следующие операции:

— выявление конструктивных и скрытых технологических недостатков опытных образцов, исключая отказы, свойственные этапу приработке изделия, посредством применения алгоритма проведения исследовательских испытаний на основе отбраковочных процедур HALT;

— комплексное использование методов качественной и экспериментальной оценки безопасности БРЭО;

— получение постоянной интенсивности отказов.

2) Анализ режимов и последствий отказов (FMEA) и производственного процесса изготовления первого образца (PFMEA) БРЭО.

На этом этапе расчетные соотношения, основанные на разработанной вероятностно-физической модели МФЭЦИ, предполагают принятие во внимание следующих аспектов:

— вероятности отказов на каждом этапе жизненного цикла БРЭО;

— доли отказов при воздействии внешних факторов (температуры и вибрации);

— скорости изменения температуры в цикле как отдельного воздействующего фактора;

— комбинированного воздействия внешних факторов (температуры и широкополосной случайной вибрации).

3) Моделирование тепловых режимов БРЭО с применением программных средств типа Асоника-ТМ, Ansys и др. [5]. Для оценки результатов моделирования МФЭЦИ используется последовательный метод контроля на основе предположений об экспоненциальном (на основании методики проведения исследовательских испытаний) или диффузионном распределении отказов БРЭО.

4) Моделирование вибрационных режимов БРЭО с применением программных средств типа Асоника-ТМ, Ansys и др. Здесь использованы циклограммы испытаний для каждого из этапов жизненного цикла БРЭО, определенных в [3], с применением наземных автоматизированных систем контроля типа НАСК-2000, показавших свою эффективность в ходе применения в различных эксплуатирующих организациях [6].

5) Проведение приемо-сдаточных испытаний: БРЭО или макетный образец должен соответствовать предъявляемым к нему требованиям ТЗ (КБ).

На этом этапе предполагается использовать гипотезу соответствия зафиксированных отказов во время МФЭЦИ, отказам, имеющим деградационный характер (автомодельность испытаний) по следующему алгоритму:

— оценить возможности возникновения отказов в эксплуатации, выявленных в ходе различных видов испытаний на любом этапе жизненного цикла БРЭО (блок 1) в части проведения анализа;

— классифицировать отказы, которые с наибольшей степенью вероятности могут возникнуть на этапе эксплуатации по результатам оценки, согласно ГОСТ 27.002-89;

— определить начало области автомодельности МФЭЦИ соотношением определенных видов отказов по времени возникновения: от минимального времени наработки до максимального. Определить по результатам МФЭЦИ моменты возникновения аналогичных видов отказов;

— оценить скорость обобщенного процесса деградации в эксплуатации на уровнях минимального и максимального времени наработки на отказ;

— вычислить скорость обобщенного процесса деградации при МФЭЦИ соответствующих отказов;

— рассчитать ошибки в оценке средней скорости деградации обобщенного процесса деградации в эксплуатации δ_ε и ошибки в оценке средней скорости деградации обобщенного процесса деградации при МФЭЦИ $\delta_{\text{МФЭЦИ}}$;

— условие автомодельности принимаем как:

$$\frac{\delta_\varepsilon}{\delta_{\text{МФЭЦИ}}} \leq 1.$$

6) Определение уровней внешних воздействующих факторов в ходе процедур HALT (либо любых других видов проведенных в ходе НИОКР испытаний, позволяющих определить пределы выносливости БРЭО) для проведения МФЭЦИ в ходе которых принимаются меры конструктивного, технологического и административного характера в целях устранения выявленных дефектов [3].

Достоинством методики является формирование пула (объединенного ресурса памяти) исходной информации о БРЭО. В дальнейшем предполагается разработка специализированного программного обеспечения (базы данных МФЭЦИ).

Предложенная методика была апробирована при испытаниях продукции БРЭО АО «УКБП». Были условно выделены следующие причины отказов, выявленные в ходе анализа статистики отказов БРЭО:

— паяные соединения электронно-компонентной базы (ЭКБ) в ВГА-корпусах и компонентов, изготовленных по бессвинцовой технологии, приводящие к отказам программного обеспечения и сбоям на борту воздушного судна;

— ЭКБ иностранного производства, связанные с качеством поставляемых в Россию комплектующих;

— многослойные печатные платы с числом слоев > 10 ед. в связи с конструктивными особенностями построения таких модулей, обладающих высокой плотностью монтажа и выполнением множества функций в малых габаритных размерах.

Поэтому в первую очередь представленная методика показывает эффективность выявления деградационных процессов образования данных видов дефектов БРЭО.

По характеру новизны блоки методики делятся на следующие три вида: 1) заимствованные методы (блок 3); 2) скорректированные методики (блоки 1, 4); 3) оригинальные подходы (блоки 2, 5).

Выводы

Методика проведения МФЭЦИ БРЭО представляет собой многоэтапный пошаговый процесс, основные положения которого закладываются на стадии определения исходных данных. Инструментом анализа исходных данных является методика предварительных исследований, основанная на применении результатов анализов статистической информации об отказах, программном моделировании тепловых и вибрационных нагрузок, проведении процедур HALT. Методика является логичным развитием методов ускоренных

испытаний БРЭО в части следующих предложенных и реализованных шагов:

— стабилизация потока отказов БРЭО посредством проведения процедур HALT;

— математическое описание комбинированного воздействия температуры и широкополосной случайной вибрации на основе классических физических моделей расходования ресурса и вероятностной картины отказов БРЭО;

— подтверждение автомодельности испытаний.

Представленная методика проведения МФЭЦИ представляет собой комплексный подход по контролю и обеспечению безотказности (долговечности) бортового радиоэлектронного оборудования на стадии НИОКР, что позволяет применить ее в различных научно-исследовательских опытно-конструкторских бюро с современным контрольно-испытательным центром.

Список литературы

1. Комиссаров А.В., Виноградов А.Б. Проблематика методов определения показателей надежности бортового радиоэлектронного оборудования авиационной техники // Известия Самарского научного центра РАН. 2017. Т. 19. №1(2).
2. Надежность и эффективность в технике: Справочник. Т.1. Методология, организация, терминология. — М.: Машиностроение, 1986.
3. Комиссаров А.В., Виноградов А.Б. Методика управления качеством бортового оборудования изделий авиационной и наземной техники // Известия Самарского научного центра РАН. Т2016. 18. №4(3). С. 571 - 577.
4. Комиссаров А.В., Шишкин В.В и др. Разработка методики многофакторных эквивалентно-циклических испытаний на основе процедур HALT для оценки долговечности БРЭО // Автоматизация в промышленности. 2019. № 5. С. 56 - 61.
5. Шалумов А.С. Преимущества автоматизированной системы обеспечения надежности и качества аппаратуры АСОНИКА перед зарубежными системами ANSYS, NASTRAN, COSMOS, COMSOL и др. // CADmaster. №2(88). 2018. С. 40 - 45.
6. Комиссаров А.В., Виноградов А.Б. Универсальное средство диагностики оборудования вертолетов // Радиоэлектронные технологии. 2017. №2. С. 29-32.

Комиссаров Александр Владимирович — аспирант, Каразеев Сергей Владимирович — аспирант, Валитов Рафаэль Рафикович — аспирант, Шишкин Вадим Викторович — канд. техн. наук, проф. кафедры Института авиационных технологий и управления Ульяновского государственного технического университета (ИВК УлГТУ). Контактный телефон (8422) 42-17-86. E-mail: komissarov@ukbp.ru

IoT-решение для контроля кассовых операций в банке

Компания HeadPoint представила возможности и примеры внедрения разработанного IoT-решения «InOne. Мониторинг кассовых операций» для обеспечения эффективного контроля счетных операций с наличными деньгами, выполняемых в кассовых узлах банков.

Решение, реализованное на основе IoT-платформы InOne, позволяет оперативно предоставить ответственным сотрудникам банка всю необходимую информацию по проведенным операциям на счетно-сортировальных машинах, в том числе фото- и видеоинформацию.

Оперативный доступ обеспечивается за счет формирования цифрового журнала всех проведенных операций, мгновенного доступа к видеосистемам, расположенным в отделениях банка, в том числе к видеоархивам. Решение адаптировано для низкоскоростных каналов связи за счет реализации функций управления трафиком; передачи фото- и видеоотчетов вместо полной трансляции; экспорта архивов по расписанию в ночные периоды, когда корпоративная сеть менее нагружена.

В одном из крупнейших банков страны система была успешно внедрена более чем в 1200 отделениях по всей стране с интеграцией в единую систему свыше 10 тысяч видеокамер и более 3 тысяч счетно-сортировальных машин.

[Http://www.head-point.ru](http://www.head-point.ru)