

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу Комиссарова Александра Владимировича «Обеспечение надежности элементов и устройств бортовых цифровых систем управления на основе многофакторных эквивалентно-циклических испытаний», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

### **1. Актуальность темы диссертации.**

Фундаментальными причинами отказов элементов и устройств цифровых бортовых систем управления (ЦБСУ) являются изменения параметров изделий под действием физико-химических процессов, скорость протекания которых связана с климатическими факторами, с механическими воздействиями, перегревом внутри изделия, а также с выбранными материалами, покрытиями и принятыми конструктивными решениями. Совокупность указанных факторов может приводить к дефектам, которые выявить в ходе обычных испытаний и на первоначальной стадии эксплуатации воздушного судна является сложной задачей.

Интенсивность дестабилизирующих воздействий определяется, прежде всего, условиями и режимами эксплуатации ЦБСУ. Тяжелые условия работы элементов и устройств систем управления воздушным судном определяются жесткими требованиями к бортовому оборудованию, изложенными в авиационных нормалях, малыми массогабаритными параметрами, а также широким спектром функциональных задач.

Исследования автора в области надежности цифровой электроники отечественных самолетов МС-21 и SuperJet-100 и др. проведены на реальной статистике отказов, выявленных разработчиком и эксплуатирующими организациями. Установление причин возникновения дефектов, разработка способов, алгоритмов и программ их обнаружения и предотвращения на

основе результатов многофакторных эквивалентно-циклических испытаний представляется актуальной научной задачей, решение которой имеет важное значение для повышения надежности ЦБСУ авиационной техники.

## **2. Структура и объем работы.**

Диссертационная работа выполнена на кафедре «Измерительно-вычислительные комплексы» Ульяновского Государственного технического университета и состоит из введения, четырех глав, выводов, заключения, приложений и списка использованных источников литературы, в котором содержится 123 наименования. Общий объем работы составляет 187 страниц, 35 рисунков, 23 таблицы и 7 приложений.

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулирована цель работы и задачи научного исследования, научная новизна и практическая значимость полученных результатов, приведены основные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** определен ряд общих проблем, которые не позволяют обеспечивать заданный уровень безотказности элементов и устройств ЦБСУ воздушного судна. Показано, что отказы элементов и устройств ЦБСУ составляют в среднем около 20% от всех отказов. Для решения проблемы обеспечения надежности ЦБСУ была сформулирована цель и поставлены задачи исследования.

**Во второй главе** была предложена модель коэффициента ускорения многофакторных эквивалентно-циклических испытаний на безотказность элементов и устройств ЦБСУ воздушным судном, учитывающая интенсивности отказов и коэффициенты ускорения на отдельных режимах эксплуатации. На основе указанной модели разработана методика многофакторных эквивалентно-циклических испытаний на безотказность с применением методов отбраковочных испытаний. Материалы второй главы базируются на общепризнанных принципах и гипотезах, таких, как принцип независимости расходования ресурса Седякина, принцип

«наследственности» Карташова, гипотеза линейного суммирования повреждений Пальмгрена-Майнера и ряда других.

**В третьей главе** представлены результаты экспериментальной отработки и натурных испытаний цифрового блока концентратора данных по предложенной автором методике с использованием многофакторных эквивалентно-циклических испытаний бортового авиационного оборудования. Результат проведённых испытаний показал возможность выявления деградиционных процессов, являющихся причинами отказов элементов и устройств ЦБСУ в эксплуатации.

**В четвертой главе** разработана методика по формированию программы корректирующих действий на основании проведенных многофакторных испытаний, в которой по классифицируемому дефекту выявляется проблемный узел, для которого формируется (разрабатывается) набор корректирующих процедур с использованием библиотеки конструктивных и технологических приемов. Для обеспечения надежности предложен программный комплекс информационной поддержки процессов обеспечения надежности БЦСУ в эксплуатации на базе методики многофакторных эквивалентно-циклических испытаний на безотказность.

### **3. Научно-технический уровень и научная ценность диссертации.**

Научная новизна диссертационной работы заключается в том, что:

- впервые получена математическая модель коэффициента ускорения и методика многофакторных эквивалентно-циклических испытаний на безотказность элементов и устройств ЦБСУ воздушным судном, которые отличаются тем, что учитывается влияние режимов эксплуатации воздушного судна на возникновение основных категорий дефектов при планировании испытаний в соответствии с ранжированием дефектов по их значимости для безотказности на основе набора интенсифицирующих факторов, последовательности и уровня их применения.

- впервые предложена методика по формированию программы корректирующих действий на основании проведенных испытаний, отличающаяся тем, что по классифицируемому дефекту формируется

проблемный узел и набор корректирующих процедур из библиотеки конструктивных и технологических паттернов.

Научная ценность диссертации заключается в том, что полученные результаты представляют собой существенный вклад в развитие методов, алгоритмов и программ, обеспечивающих надежность, контроль и диагностику не только бортового оборудования, но и цифровых систем общепромышленного применения.

Содержание диссертации соответствует специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

#### **4. Практическая ценность работы.**

Практической значимостью диссертационной работы Комиссарова А.В. обладают разработанные на основе полученных результатов нормативные документы для научно-производственной деятельности АО «УКБП», используемые при исследовании отказов комплектующих электрорадиоизделий цифровых систем управления МС-21, Ил-96, Сухой SSJ-100, а также и для оценки технической эффективности проведения отбраковочных испытаний изделий и проведения испытаний изделий авиационного назначения с использованием процедур HALT/HASS. В результате внедрения результатов диссертации обеспечено общее снижение количества отказов БЦСУ указанных воздушных судов в 2021 г в 2,2 раза по сравнению с 2020 г. и в 3,13 по сравнению с 2019 г.

#### **5. Достоверность результатов работы.**

Достоверность результатов диссертационной работы определяется корректностью поставленных задач для решения которых были использованы фундаментальные принципы теории вероятности и математической статистики совместно с методами теории повреждающих процессов и методами обеспечения надежности сложных технических

систем. Достоверность результатов была подтверждена также результатами натуральных экспериментов реальных элементов ЦБСУ российских самолетов на аттестованном испытательном оборудовании.

## 6. Замечания по диссертации.

1) В разделе 1 недостаточно внимания уделено аппаратно-программным средствам граничного сканирования, широко применяемым для решения аналогичных задач ведущими мировыми производителями цифровой электроники.

2) Из материалов раздела 1 диссертации неясно, распространяются ли полученные результаты на диагностику латентных дефектов и какое оборудование можно использовать для их выявления

3) Расшифровка переменных в полученной математической модели (2.5, стр.57) должна быть выполнена в более понятной логической последовательности. Вначале следовало бы указать диапазоны переменных  $d_j$ , и  $d_k$  указав, что конкретные значения принимают такие значения из указанных диапазонов, причем такие, что  $\sum_{j=1}^N d_j = 1$ ,  $\sum_{k=1}^N d_k = 1$ . Также

следовало бы наложить ограничения на параметр  $N \leq 10$ , т.к. при  $d_k=0,1$  и  $d_j=0,1$  и  $N > 10$  указанные выше суммы будут больше единицы.

4) Из материалов диссертации неясно, насколько уменьшается назначенный ресурс изделий после проведения многофакторных эквивалентно-циклических испытаний в соответствии с разработанной методикой. Можно так «ускорить» испытания за счет длительного комплексного воздействия экстремальной температуры и вибрации, что это приведет к неконтролируемому уменьшению остаточного ресурса изделия в эксплуатации (как в случае HALT испытаний).

5) В работе используется не совсем понятный термин «доля вероятности отказов». Чем отличается он от просто вероятности? Например, если

вероятность равна 0,5, то чему равна для вероятности? На мой взгляд, это одно и то же. Правильнее было бы использовать термин «частота отказов».

- 6) Выражение (2.9) на стр.58 представляет собой среднеквадратическое отклонение интенсивности отказов, а не дисперсию, как утверждает автор.
- 7) Приведенные в представленном печатном экземпляре диссертации распределения тепловых полей (приложение В, рис. В.3-В.13) малоинформативны в черно-белом варианте.
- 8) Непонятно, почему при анализе прохождения воздуха внутри блоков (рис. В1, В2 стр.149,150) автор пользуется понятием гидравлического, а не аэродинамического сопротивления.
- 9) На стр. 40 формула (1.14) и расшифровка входящих в нее переменных набраны с использованием шрифта, используемого обычно для обозначения векторов и множеств, хотя речь идет о функциях одной переменной.
- 10) Имеется незначительное количество мелких замечаний, связанных с использованием одних и тех же символов для обозначения различных величин, некорректным написанием индексов переменных и ряд других.
- Указанные недостатки не носят принципиального характера и не затрагивают научных результатов, полученных в работе.

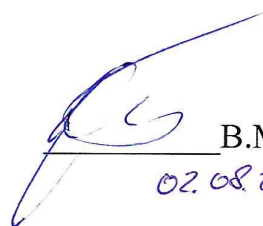
## 7. Заключение.

Диссертационная работа Комисарова Александра Владимировича на тему «Обеспечение надежности элементов и устройств бортовых цифровых систем управления на основе многофакторных эквивалентно-циклических испытаний», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления, является законченным научно-квалификационным исследованием которая с учетом актуальности, научной новизны, обоснованности и достоверности выводов полностью соответствует критериям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской

Федерации от 24.09.2013 г. №842 ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а Комиссаров Александр Владимирович заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

Официальный оппонент:

доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой электротехники  
Самарского национального  
исследовательского университета имени  
академика С.П. Королева»



В.М. Гречишников

02.08.2017г.

Сведения об оппоненте:

Гречишников Владимир Михайлович,  
доктор технических наук, профессор. Докторская диссертация защищена по специальности 05.13.05- «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

Заведующий кафедрой электротехники федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»

443086, г. Самара, ул. Московское шоссе, д. 34.

Телефон: +7 (846) 335-64-30, e-mail: gv@ssau.ru

