

ЗАСЕДАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д212.277.04

Повестка дня:

Защита диссертации **Комиссаровым Александром Владимировичем**
на соискание ученой степени кандидата технических наук:

"Обеспечение надежности элементов и устройств бортовых цифровых систем управления на основе многофакторных эквивалентно-циклических испытаний"

Специальность:

05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

Официальные оппоненты:

Гречишников Владимир Михайлович, доктор технических наук, профессор, зав.кафедрой "Электротехника", «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» (Самарский университет)

Голушко Дмитрий Александрович, кандидат технических наук, заместитель начальника отдела АО «Научно-Производственное Предприятие «Рубин», г. Пенза

Ведущая организация - **Федеральное автономное учреждение «Государственный научноисследовательский институт авиационных систем», г. Москва**

ЗАСЕДАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.277.04
от 28 сентября 2022 года

на заседании присутствовали члены Совета:

| | | | | | |
|-----|---|-------------------------|----------|----------------------|-------------------|
| 1. | Ярушкина Н.Г., председатель Со- вета | д.т.н., профессор | 05.13.12 | технические науки | Очно |
| 2. | Киселев С.К. зам. председателя Со- вета | д.т.н., доцент | 05.13.05 | технические науки | Очно |
| 3. | Наместников А.М., ученый секретарь Совета | д.т.н., доцент | 05.13.12 | технические науки | Очно |
| 4. | Браже Р.А. | д.ф.-м.н., профессор | 05.13.05 | технические науки | Дистан- ционно |
| 5. | Васильев К.К. | д.т.н., профессор | 05.13.01 | технические науки | Очно |
| 6. | Гладких А.А. | д.т.н., профессор | 05.13.01 | технические науки | Очно |
| 7. | Дьяков И.Ф. | д.т.н., профессор | 05.13.12 | технические науки | Очно |
| 8. | Епифанов В.В. | д.т.н., доцент | 05.13.12 | технические науки | Очно |
| 9. | Иванов О.В. | д.ф.-м.н., доцент | 05.13.05 | технические науки | Дистан- ционно |
| 10. | Клячкин В.Н. | д.т.н., профессор | 05.13.01 | технические науки | Очно |
| 11. | Крашенинников В.Р. | д.т.н., профессор | 05.13.01 | технические науки | Дистан- ционно |
| 12. | Курганов С.А. | д.т.н., доцент | 05.13.05 | технические науки | Очно |
| 13. | Негода В.Н. | д.т.н., доцент | 05.13.12 | технические науки | Очно |
| 14. | Пиганов М.Н. | д.т.н., профессор | 05.13.05 | технические науки | Дистан- ционно |
| 15. | Самохвалов М.К. | д.ф.-м.н., профессор | 05.13.05 | технические науки | Очно |
| 16. | Сергеев В.А. | д.т.н., профессор | 05.13.05 | технические науки | Очно |
| 17. | Смирнов В.И. | д.т.н., профессор | 05.13.05 | технические науки | Дистан- ционно |
| 18. | Ташлинский А.Г. | д.т.н., профессор | 05.13.01 | технические науки | Очно |

Председатель Совета
д.т.н., профессор

Н.Г. Ярушкина

Ученый секретарь Совета,
д.т.н., доцент

А.М. Наместников



Председатель

Уважаемые коллеги!

На заседании диссертационного Совета Д212.277.04 из **23** члена Совета присутствуют **18** человек. Необходимый кворум имеем.

Членам Совета повестка дня известна. Какие будут суждения по повестке дня? Утвердить? (принято единогласно).

По специальности защищаемой диссертации **05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления»** (технические науки) на заседании присутствуют **8** докторов наук.

Наше заседание правомочно.

Председатель

Объявляется защита диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук **Комиссаровым Александром Владимировичем** по теме: "Обеспечение надежности элементов и устройств бортовых цифровых систем управления на основе многофакторных эквивалентно-циклических испытаний".

Работа выполнена в Ульяновском государственном техническом университете

Научный руководитель - **к.т.н., доцент Шишкин В.В.**

Официальные оппоненты:

Гречишников Владимир Михайлович, доктор технических наук, профессор, зав.кафедрой "Электротехника", «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» (Самарский университет)

Голушко Дмитрий Александрович, кандидат технических наук, заместитель начальника отдела АО «Научно-Производственное Предприятие «Рубин», г. Пенза

Присутствуют оба оппонента.

Письменные согласия на оппонирование данной работы от них были своевременно получены.

Ведущая организация - **Федеральное автономное учреждение «Государственный научноисследовательский институт авиационных систем», г. Москва.**

Слово предоставляется **Ученому секретарю** диссертационного Совета д.т.н. **А.М. Наместникову Д212.277.04** для оглашения документов из личного дела соискателя.

Ученый секретарь

Соискателем **Комиссаровым Александром Владимировичем** представлены в Совет все необходимые документы для защиты кандидатской диссертации (зачитывает):

- заявление соискателя;
- копия диплома о высшем образовании (заверенная);
- справка об обучении в аспирантуре;
- заключение по диссертации от организации, где выполнялась работа;
- отзыв научного руководителя;
- диссертация и автореферат в требуемом количестве экземпляров.

Все документы личного дела оформлены в соответствии с требованиями Положений ВАК.

Основные положения диссертации отражены **Комиссарову А.В.** в 9 научных работах, в т.ч. в **8 статьях в изданиях из перечня ВАК, 1 публикации индексируемой Scopus**. Соискатель представлен к защите **13.07.2022 г.** (протокол №11). Объявление о защите размещено на сайте ВАК РФ **20.07.2022 г.**

Вся необходимая информация по соискателю внесена в ФИС ГНА.

Председатель

Спасибо Алексей Михайлович. Есть ли вопросы по личному делу соискателя к Алексею Михайловичу (ученому секретарю Совета) или непосредственно к нашему соискателю?

Д.т.н., профессор Васильев К.К.
Можно вопрос?

Председатель
Да, пожалуйста.

Д.т.н., профессор Васильев К.К.
Александр Владимирович работает главным конструктором по серии. Это должность такая или еще какая-то есть?

Соискатель.
Нет. Это должность.

Д.т.н., профессор Васильев К.К.
Это Ваша единственная должность?

Соискатель.
Да.

Д.т.н., профессор Васильев К.К.
Спасибо.

Председатель

Есть еще вопросы? (нет).

Александр Владимирович, Вам предоставляется слово для изложения основных положений Вашей диссертационной работы.

Добрый день Уважаемый председатель, уважаемые члены совета, официальные оппоненты и все присутствующие. С вашего позволения представляю результаты диссертационного исследования на тему: «Обеспечение надежности элементов и устройств бортовых цифровых систем управления на основе многофакторных эквивалентно-циклических испытаний».

На борту современного воздушного судна используется полностью цифровая электронная система управления, выполняющая множество ответственных за безопасность полета функций.

Многообразие функциональных задач, реализуемых элементами и устройствами систем управления, приводит к необходимости использования широкой номенклатуры электронной компонентной базы, включая микросхемы процессоров и памяти, ПЛИС, микроконтроллеры, интерфейсные микросхемы протоколов обмена бортовых данных.

К цифровым системам управления предъявляются жесткие требования по надежности, регламентированные международной, государственной, отраслевой и внутрипромышленной нормативно-технической базой.

Однако, наблюдаемая в целом статистика по отказам систем управления, говорит о наличии проблем с их безотказностью в эксплуатации.

По сведениям авиакомпании «Аэрофлот», множество отказов систем управления связано с дефектами их элементов и устройств, которые возникают при налетах самолета не менее трех-пяти тысяч часов. Аналогичные проблемы были обнаружены и в ходе эксплуатации зарубежных воздушных судов, как в России, так и зарубежом. При этом заданные показатели, как видно из таблицы, в несколько раз превышают реально полученные в эксплуатации.

В соответствии со сложившейся мировой практикой контроль надежности систем управления для всех типов воздушных судов проводится многочасовыми эквивалентно-циклическими испытаниями на безотказность, методика которых рекомендована соответствующими нормативными документами, представленными на слайде.

В связи с этим актуальными являются разработка новых моделей и методов обеспечения надежности элементов и устройств бортовых цифровых систем управления в частности:

- проведение исследований, устанавливающих взаимосвязь между отказами, дефектами и их причинами;
- исследование и внедрение новых методов испытаний на безотказность в части выявления дефектов и их связи с последующими корректирующими действиями, направленными на повышение надежности. Для чего была сформулирована следующая цель работы - повышение безотказности элементов и устройств бортовых цифровых систем управления воздушным судном на основе многофакторных эквивалентно-циклических испытаний.

Для достижения указанной цели решаются следующие задачи:

1. Проанализировать отказы бортовых цифровых систем управления воздушным судном в эксплуатации для определения причины возникновения дефектов и факторов, их интенсифицирующих.

2. Разработать модель и методику многофакторных эквивалентно-циклических испытаний на безотказность, которые связывают основные категории дефектов и этапы их возникновения при эксплуатации воздушного судна и обеспечивают, за счет применения интенсифицирующих факторов, выявление таких категорий дефектов в ходе испытаний. Планировать и проводить испытания исходя из значимости дефектов.

3. Провести экспериментальные исследования по определению эффективности разработанной методики.

4. Разработать методику формирования программы корректирующих действий по результатам многофакторных эквивалентно-циклических испытаний на безотказность с возможностью оценки их эффективности.

5. Разработать программный комплекс поддержки процессов обеспечения надежности бортовых цифровых систем управления воздушным судном в эксплуатации на базе методики многофакторных эквивалентно-циклических испытаний и методики формирования корректирующих действий с учетом выявленных дефектов.

Научные положения, выносимые на защиту, указаны на слайде и представлены моделью и методикой многофакторных эквивалентно-циклических испытаний на безотказность элементов и устройств бортовых цифровых систем управления воздушным судном, методикой формирования программы корректирующих действий по результатам многофакторных эквивалентно-циклических испытаний на безотказность с оценкой их эффективности и программным комплексом поддержки процессов обеспечения надежности бортовых цифровых систем управления воздушным судном в эксплуатации.

Анализ повторяющихся отказов элементов и устройств систем управления в эксплуатации, и их классификация показали, что большинство производственных дефектов связаны с разрушением паянного соединения бессвинцовых микросхем в BGA-корпусах и отказами импортных микросхем в общепромышленном исполнении.

На основе проведенных исследований и известных справочных данных мною были установлены основные причины дефектов, показанные на слайде.

Была установлена связь испытательных воздействий и процессов, приводящих к дефектам, схематично изображенная на рисунке.

На представленном графике условно показывается достижение момента возникновения дефекта в эксплуатации и при испытаниях. Физическая теория испытаний на безотказность базируется на гипотезе линейного накопления усталости за счет циклически повторяющихся ускоряющих факторов (воздействий) в соответствии с принципом Майнера.

Продолжительность времени накопления повреждений (наработки до отказа) в испытаниях на безотказность связана с наработкой на отказ в эксплуатации (или ее заданным значением) через коэффициент ускорения.

Мною предлагается следующая методика многофакторных эквивалентно-циклических испытаний, показанная на слайде, состоящая из 8 этапов, изображенных по левой стороне и полученных результатов по каждому этапу с правой стороны. Методика направлена на то, чтобы выявлять процессы образования дефектов элементов и устройств бортовых систем управления воздушным судном.

В основе любой методики многофакторных эквивалентно-циклических испытаний лежит модель, объединяющая воздействие всех интенсифицирующих факторов с учетом степени их влияния на образование дефектов.

На слайде показан ряд таких моделей с коэффициентами ускорения, которые определяют продолжительность испытаний и связывают между собой воздействующие факторы, интенсифицирующие процессы, приводящие к дефектам.

Данные модели входят в противоречие с накопленной статистикой по отказам за последнее время.

Подтвержденные показатели безотказности по приведенным моделям в ходе эквивалентно-циклических испытаний значительно отличаются от реальных показателей в эксплуатации, как это было показано в таблице ранее.

С моей точки зрения в моделях не учитывается два момента:

Первое, они не учитывают разную степень воздействия факторов на развитие процессов образования разных типов дефектов. Второе, они не учитывают разную скорость развития процессов образования дефектов на различных стадиях эксплуатации систем управления воздушным судном.

Для первого недостатка Всероссийским НИИ радиоэлектроники была предложена модель коэффициента ускорения многофакторных испытаний, где была учтена относительная доля вероятности отказа изделий вследствие развития определенного вида дефекта, для учета второго недостатка моделей многофакторных испытаний нет.

Для устранения второго недостатка мною введен дополнительный параметр – относительная доля вероятности отказа изделий d_k , вследствие условий, определенных k -й стадией режима эксплуатации, и получена продолжительность испытаний, показанная выражением (1).

Введенные весовые коэффициенты определяются на основе обобщения данных об отказах исследуемых элементов и устройств систем управления воздушным судном и их конструктивно-технологических аналогов на различных этапах жизненного цикла и испытаний.

После определения основной модели первым этапом предложенной методики определяются коэффициенты ускорения каждого из воздействующих факторов.

Учитывая, что воздействие широкополосной случайной вибрации и циклического изменения температуры, являются наиболее эффективным, позволяющим выявить около 70-90% всех дефектов, а также интенсивно форсирующим физико-химические процессы кумулятивного накопления повреждений в изделиях цифровой техники, мною были проанализированы основные модели, определяющие их воздействие и имеющие апробированные результаты экспериментальных данных, с установлением связи с дефектами элементов и устройств систем управления в эксплуатации.

Современное испытательное оборудование, например, HALT-камеры, обладают возможностью имитации широкополосной случайной вибрации одновременно по всем осям координат с параллельным воздействием температуры, которая в методах эквивалентно-циклических испытания не учитывается в принципе.

Поэтому при воздействии многоосной широкополосной случайной вибрации, в качестве модели была принята формула коэффициента ускорения на основе энергетической теории Хубера-Мизеса, позволяющая учесть составляющие многоосной вибрации.

При воздействии циклического изменения температуры предлагается использовать модель Норриса-Ландзберга, которая по исследованию ряда авторов, представленных в таблице, связывает дефекты паяного соединения с типом корпуса применяемых элементов, что в совокупности определяет основную часть дефектов элементов и устройств систем управления воздушным судном.

На втором этапе, определяется интегральный коэффициент ускорения многофакторных эквивалентно-циклических испытаний с учетом коэффициентов ускорения для каждой стадии эксплуатации с высокой частотой отказов по доминирующим видам дефектов.

На третьем этапе проводится статистическое планирование испытаний. Целью которого является подтверждение гипотезы о том, что наработка на отказ не ниже предварительно установленного (заданного) уровня на основе последовательного метода контроля (Вальда), где по заданным значениям риска поставщика и потребителя, браковочного и приемочного значений контролируемого показателя, ведется графическое представление плана выборочного контроля.

Заданный уровень безотказности считают подтвержденным, если за минимальное время испытаний отсутствуют отказы или произошло заранее допустимое количество отказов, неподтвержденным, если количество отказов превышает это число.

На четвертом этапе для каждой стадии определяется продолжительность воздействий и количество циклов с учетом интегрального коэффициента ускорений.

На пятом этапе ведется определение испытательных уровней воздействия по температуре и вибрации с помощью процедур отбраковочных испытаний. Это позволяет исключить этап предварительных исследований, который присутствует в большинстве методик на безотказность.

Важным преимуществом применения отбраковочных испытаний в предложенной методике является возможность оценить с помощью критерия Пирсона гипотезу о постоянстве потока отказов по результатам испытаний, что позволит вывести изделие на так называемый период нормальной эксплуатации.

Для оценки эффективности методики мною был проведен эксперимент по ее сравнению с методикой отраслевого стандарта. Объектом испытаний был выбран блок концентратор данных системы управления самолета SSJ-100.

Предложенная мною методика выявила дефекты двух типов, при этом методика на основе отраслевого стандарта не выявила каких-либо недостатков, подтвердив заданный показатель безотказности.

В рамках седьмого этапа для выявленного дефекта №1 был проведен металлографический анализ с рентгеноскопией паяных соединений шариковых выводов микросхем. Качество пайки оценивалось по стандарту IPC «Конструирование и внедрение процессов сборки с применением BGA» для 3-х образцов: после эквивалентно-циклических испытаний; после эксплуатации с наработкой более четырех тысяч часов и после испытаний по настоящей методике. Как видно на изображении срезов паяных соединений в образце №3 заметны образования трещины между выводом и контактной площадкой печатной платы, аналогичные образцу №2 после эксплуатации.

Для дефекта №2 по отказу микросхемы ALTERA мною было проведено исследование внутрикорпусного соединения кристалла микросхемы с корпусом на базе комплекса программно-аппаратного анализа микроструктуры поверхности твердых тел Thixomet.

В верхней части BGA-шара отказавшей микросхемы наблюдается светлый слой металла и вытянутость, что говорит о возможной деградации паянного соединения, обусловленной диффузией металлорезиста медной поверхности и бессвинцового шара припоя или недостигнутой эвтектике материала.

Полученные результаты подтверждают возможность выявления процессов образования дефектов элементов и устройств систем управления воздушным судном с помощью методики и предложенной моделью многофакторных эквивалентно-циклических испытаний.

Учитывая, что многофакторные эквивалентно-циклические испытания направлены на выявление различных процессов образования дефектов, для реализации этапа 8, мною была разработана методика по формированию программы корректирующих действий. Методику отличает наличие библиотеки паттернов с конструкторско-технологическими решениями по устранению дефектов бортовых цифровых систем управления.

С использованием данной методики была проведена классификация дефектов блока концентратора данных, с учетом отказов в эксплуатации элементов и устройств систем управления ВС.

По результатам чего были установлены причины:

1. Некачественная пайка бессвинцовых микросхем в BGA-корпусах, что составляет 38% от общего количества отказов.
2. Механическое разрушение межплатного соединения в модуле питания Gaia Converter, что составляет 27% от общего количества отказов.
3. Контрафактный выпуск микросхем Cypress, что составляет 14% от общего количества отказов.

На основе библиотеки паттернов была разработана программа корректирующих действий:

1. Разработан и внедрен в АО УКБП специальный технологический процесс по замене бессвинцовых выводов на микросхемах в BGA-корпусах, позволивший снизить такого рода дефекты до 1-го %.
2. Компанией Gaia Converter (Франция) изменена конструкция 2-х платного модуля питания в одноплатный, позволивший снизить такого рода дефекты до 0 %.
3. Проведена замена микросхем, позволившая также исключить такого рода дефекты.

Для обработки результатов многофакторных испытаний мною был разработан программный комплекс обеспечения надежности бортовых цифровых систем управления на всех этапах жизненного цикла. Главной особенностью такого комплекса является формирования вариантов внедрения корректирующих действий в модуле 3 посредством нового алгоритма повышения надежности.

Принципиальным отличием алгоритма является использование методик многофакторных эквивалентно-циклических испытаний и формирования корректирующих действий с необходимой перепроверкой стабильности потока отказов, исключающих ошибки при внедрении корректирующих действий.

По результатам внедрения корректирующих действий наблюдается поэтапное повышение уровня безотказности одного из устройств системы управления самолетом – блока концентратора данных с начальных 7000 летных часов до 18000 летных часов.

Применение алгоритма позволило снизить трудоемкость на 22% по сравнению с наиболее распространенным порядком проведения исследования, регламентированным нормативно-технической документацией для предприятий радиоэлектронной промышленности России.

Результаты исследования были отражены в ходе доклада и представлены на данном слайде и в автореферате. Разрешите их не зачитывать.

Научной новизной обладают следующие результаты:

1. Модель и методика многофакторных эквивалентно-циклических испытаний на безотказность элементов и устройств бортовых цифровых систем управления воздушным судном.

2. Методика по формированию программы корректирующих действий на основании проведенных испытаний.

Практическая ценность работы состоит в том, что разработанная методика многофакторных эквивалентно-циклических испытаний и методика формирования корректирующих действий применяются в АО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения» для обеспечения надежности элементов и устройств бортовых систем управления общесамолетным оборудованием типа СУОСО-МС-21, систем СОК-МС-21 и СОКЭ-95, ПУСС-МС-21, комплексной системы КСЭИС-76, а также отдельно установленных блоков в системах управления на воздушных судах Sukhoi Super Jet-100 (RRJ-95NEW), МС-21, Ил-76МД-90А, Ил-96-400М и вертолетах Ми-171А2, Ми-171А3.

На этом доклад закончен, спасибо за внимание.

Председатель

Хорошо. Спасибо. Коллеги переходим к вопросам. Пожалуйста у кого есть вопросы к соискателю?

Д.т.н., доцент Епифанов В.В.

У меня первый вопрос. На третьем плакате у Вас методики перечислены. Ваша методика лучше или хуже, какая оценка проводилась?

Соискатель.

Оценка проводилась с действующей методикой испытаний.

Д.т.н., доцент Епифанов В.В.

Какой? Российской?

Соискатель.

Да. Проводилось сравнение с российской методикой отраслевого стандарта, разработанной ГосНИИАС и внедренной в 2012 году. Основным принципиальным отличием предложенной мною методики является определение дефектов. Так как десятилетний опыт проведения испытаний по методике ГосНИИАС на данный момент показывает то, что методика применима только для подтверждения заданного показателя безотказности, при этом недостатков при ее проведении не обнаружено, дефекты не выявляются. Также, за последнее время, аналогичные вопросы возникли у Объединенной авиастроительной компании к отчетам за проведенные корректирующие действия и внедренные мероприятия по повышению качества, где были представлены положительные результаты проведенных испытаний, подтверждающие показатель безотказности, заданный в технических условиях. В то же время на самолете изделие отказывает, а при этом испытания у Вас положительные?

Д.т.н., доцент Епифанов В.В.

Но эта методика стандартизирована как бы, а Вы как будете делать?

Соискатель.

Свою методику на данный момент я внедрил уже в Ульяновском конструкторском бюро приборостроения, согласовав ее с независимой инспекцией Федерального агентства воздушного транспорта, которая присутствует на предприятии по гражданской линии авиации в виде нормативно-технического документа.

Д.т.н., доцент Епифанов В.В.

И вот пятый плакат, третий пункт, у Вас указан программный комплекс о нем вообще ничего не было сказано.

Соискатель.

Программный комплекс показан на 28 слайде в виде схемы поддержки инженерных решений с помощью программного комплекса обеспечения надежности.

Д.т.н., доцент Епифанов В.В.

Программный комплекс кто разработал, Вы лично?

Соискатель.

Да.

Д.т.н., доцент Епифанов В.В.

А экономическая оценка в рамках проделанных работ проводилась?

Соискатель.

Экономическая оценка мною проводилась. Например, на 2022-й год, по сравнению с отраслевой методикой для блока концентратора данных, моя методика на 5% оказалась дешевле. Но этот параметр с текущим уровнем цен не совсем объективный. На 2020-й год она была на 700000 рублей дешевле.

Д.т.н., профессор Сергеев В.А.

Двенадцатый слайд пожалуйста откройте. Коэффициенты ускорения испытаний действительно могут быть по-разному рассчитываться: они могут определяться как произведение коэффициентов ускорения при воздействии отдельных факторов и т.д. Вот пятая строка, это последняя модель, которая учитывает, в том числе, доли отказов. Скажите, а в чем принципиальное отличие Вашего подхода? Они уже учитывают i -ю долю отказов от вида механизма отказа при определении коэффициента ускорения. Вы предлагаете тоже процентную долю. Я не вижу такой принципиальной разницы между...

Соискатель.

Мною введен дополнительный параметр – относительная доля вероятности отказа изделий d_k , вследствие условий определенных k -й стадией режима эксплуатации.

Д.т.н., профессор Сергеев В.А.

Хорошо. Вот смотрите. Вы эту долю отказов определяете d_k , где k – стадии из N -циклов. Это первая k -стадия из N -циклов? N – это что такое? Кто определяет N ? Нормативный документ эти N -стадии определяет?

Соискатель.

Необязательно. Возможно использовать нормативный документ, но основная роль в определении отведена конкретным этапам возникновения отказов.

Д.т.н., профессор Сергеев В.А.

Ну хорошо. Вы берете какое-то N и потом определяете число отказов на первых k -стадиях.

Соискатель.

Да.

Д.т.н., профессор Сергеев В.А.

Хорошо. А все-таки какой объем изделий Вы рассматриваете? Не на одном же Вы это делаете.

Соискатель.

Нет конечно. Около десяти тысяч.

Д.т.н., профессор Сергеев В.А.

Вы нигде не говорите на каком объеме выборки у Вас определяется d_k . Достоверность этого d_k , она определяется объемом этой выборки.

Соискатель.

Конечно.

Д.т.н., профессор Сергеев В.А.

Вы об этом нигде ничего не говорите.

Соискатель.

Действительно я об этом не сказал. У меня это отражено в диссертации. Взят объем выборки за последние десять лет, где-то с 2012 года, около 10000 отказов на этапе эксплуатации.

Д.т.н., профессор Сергеев В.А.

Однотипных изделий?

Соискатель.

Да. Выбирались, как правило, устройства вычислительной техники, это блоки концентраторы данных, блоки вычисления.

Д.т.н., профессор Сергеев В.А.

У них конструкция печатной платы была изготовлена по одной технологии?

Соискатель.

Да. Абсолютно, верно.

Д.т.н., профессор Сергеев В.А.

Это важно. Потому что, если Вы берете разную технологию результаты могут быть другие.

Соискатель.

В большинстве случаев использовались унифицированные модули, методика охватывает, как было указано в конце, большинство эксплуатируемых сейчас систем, которые пойдут в серию.

Д.т.н., профессор Сергеев В.А.

И Вы не привели нигде цифр конкретных, а какие же у Вас доли получились. Вот Вы взяли 10000 однотипных изделий?

Соискатель.

Они тоже указаны в диссертации.

Д.т.н., профессор Сергеев В.А.

Я понимаю. Но просто сразу бы было понятно, что на этом цикле столько-то, на этом цикле столько. Понятно. Спасибо.

Д.т.н., доцент Негода В.Н.

Вот у Вас многофакторные испытания, значит должно использоваться такое понятие как шаг варьирования факторов. И вот про эти шаги я ничего не услышал, ваша методика вообще охватывает выбор этого шага или он нормативными вещами какими-то определяется?

Соискатель.

Нет. Шаг варьирования факторов мною определяется отбраковочными испытаниями. Я определяю предельные уровни работоспособности. Нормативная документация предполагает один единый способ их варьирования на текущий момент. Вы можете задать только то значение, которое определено в технических условиях на изделие. Я в данном случае предполагаю другой подход в этом отношении. Я предполагаю с помощью отбраковочных испытаний определять предельные уровни работоспособности, на которых изделие может работать и на этих уровнях проводить испытания. Да, они будут превышать заданные требования...

Д.т.н., доцент Негода В.Н.

Нет, но Вы сейчас говорите опять об уровнях, а мне интересен шаг варьирования, потому что все-таки предполагается, что Вы варьируете значением факторов, а не только для конкретных каких-то предельных уровней. Или Вы не варьируете, а только используете граничное значение?

Соискатель.

Только граничное значение. Минимум и максимум.

Д.т.н., профессор Ташлинский А.Г.

У меня вопрос терминологический больше. У Вас везде идет модель испытаний, соответственно 13 слайд, где математическая модель, но, как бы, это не совсем модель испытаний, это вот что?

Соискатель.

В данном случае – это модель времени. Модель времени испытаний.

Д.т.н., профессор Ташлинский А.Г.

Надо привести к чему-то одному. У Вас смешана методика и модель.

Соискатель.

Согласен.

Д.т.н., профессор Ташлинский А.Г.

У Вас методика определяется как раз моделью времени. Какая последовательность?

Соискатель.

Вначале определяется модель времени, потом на основе этой модели времени строится методика.

Д.т.н., профессор Сергеев В.А.

Еще один вопрос появился в ходе обсуждения. Пожалуйста четвертый лайд откройте. Все-таки мы около коэффициентов ускорения всегда должны с Вами определяться. Что такое в представленных моделях, например, в соотношении Крэндла-Марка, S_i и S_z ?

Соискатель

В данном случае, конкретно в данной модели, это воздействующий фактор, который Вы выбираете.

Д.т.н., профессор Сергеев В.А.

Это что амплитуда, энергия?

Соискатель

Это спектральная плотность энергии.

Д.т.н., профессор Сергеев В.А.

Энергия. Энергия, воздействующая на объект при испытаниях и энергия, воздействующая на объект при эксплуатации. И везде у Вас одна и та же буква m . Они, что одинаковые для разных видов?

Соискатель

Это показатель наклона линии долговечности.

Д.т.н., профессор Сергеев В.А.

Почему Вы используете одну и ту же букву в обозначении степени разных видов воздействий? Я знаю, что при увеличении напряжения - с одним коэффициентом, увеличение тока - с другим коэффициентом в классической теории надежности, увеличение температуры с третьим. А у Вас везде один и тот же.

Соискатель

Это показатель степени, представляющий наклон линии долговечности.

Д.т.н., профессор Сергеев В.А.

Он одинаковый для всех?

Соискатель

В данном случае, если Вы проводите испытания для дефектов паяного соединения, он одинаков и равен пяти.

Д.т.н., профессор Сергеев В.А.

Можно их было как-то разделить. Не может быть одинаковых коэффициентов для разных видов испытаний.

Соискатель

Согласен.

Председатель

Пожалуйста коллеги, еще вопросы.

Д.т.н., профессор Курганов С.А.

Откройте 25-й слайд: методика обеспечения надежности. Вот она вынесена в научную новизну, а что в ней нового покажите?

Соискатель

Библиотека паттернов с конструкторско-технологическими решениями.

Д.т.н., профессор Курганов С.А.

То есть – это научная новизна? Тогда конкретно надо говорить, что эта за библиотека. Библиотека – это не новизна.

Соискатель

Новизна заключается в предложенной методике, которая строится на библиотеке паттернов. В данном случае такой методики просто нет. Она предложена впервые.

Д.т.н., профессор Курганов С.А.

В чем ее сущность?

Соискатель

Сущность заключается в том, что имеется база данных с уже готовыми конструктивно-технологическими решениями, которые могут повлиять положительно на повышение надежности и уровень безотказности в эксплуатации. На данный момент нет библиотек с конструктивно-технологическими решениями, которые можно использовать для повышения безотказности элементов и устройств в эксплуатации.

Д.т.н., профессор Курганов С.А.

Это не очевидная разработка.

Соискатель

В настоящий момент библиотека паттернов сформирована на основании подтвержденных данных из эксплуатации после использования определенных конструктивно-технологических решений с ее дальнейшим наполнением.

Д.т.н., профессор Курганов С.А.

Понятно.

Председатель

Пожалуйста коллеги, еще вопросы.

Д.т.н., профессор Дьяков И.Ф.

Вы делали анализ надежности российских и зарубежных воздушных судов?

Соискатель

Мировые производители Airbus и Boeing не раскрывают данной информации. Я пользовался открытыми сведениями компании Аэрофлот при эксплуатации судов в России.

Д.т.н., профессор Дьяков И.Ф.

Надежность гражданских и военных судов отличается?

Соискатель

Отличается. В связи с тем, что гражданская авиационная техника эксплуатируется часто, интенсивность сравнительно высокая. Для примера, самолет Sukhoi Superjet 100, летающий из Ульяновска в Москву, в среднем имеет около трех полетов, длительностью около трех часов. У судов военного назначения – это время ограничивается: только выполнением краткосрочной оперативной задачи.

Д.т.н., профессор Дьяков И.Ф.

Какова вероятность безотказной работы вашей бортовой системы?

Соискатель

На первом слайде, мной показывается сравнительный анализ надежности отечественных и зарубежных бортовых систем. Показатели безотказности в целом аналогичны. Нельзя сказать, что надежность зарубежной системы гораздо выше, чем у нашей системы. С другой стороны, зарубежом очень развита система послепродажного обслуживания: отказавшее устройство, блок, снимается, ремонтируется и возвращается «как новый». У нас такой схемы поддержки, к сожалению, нет.

Д.т.н., профессор Дьяков И.Ф.

Какие у Вас новые модели? Покажите?

Соискатель

Мною предложена новая модель времени испытаний.

Д.т.н., профессор Дьяков И.Ф.

Они отличаются между собой?

Соискатель

Да. Они отличаются.

Д.т.н., профессор Дьяков И.Ф.

И у Вас обеспечение надежности элементов и устройств на основе многофакторных испытаний? Для каких элементов Вы их проводили?

Соискатель

В качестве объекта испытаний был выбран блок концентратор данных с процессорными элементами, микросхемами памяти на печатных платах в виде конструктивно законченных модулей; которые имеют низкий показатель наработки на отказ в эксплуатации.

Д.т.н., профессор Дьяков И.Ф.
И далее проводили исследование, при котором у Вас был дефект или отказ, или что? Чем между собой отличается дефект и отказ?

Соискатель

Дефект является предпосылкой к отказам.

Д.т.н., профессор Гладких А.А.

Можно вопрос?

Председатель

Пожалуйста.

Д.т.н., профессор Гладких А.А.

На девятой странице автореферата Вы дважды употребляете такое понятие как циклическое изменение температуры, простите, одновременное воздействие многоосной широкополосной случайной вибрации. Девятый слайд откройте. Это новое, это Вы предложили? Механическое воздействие, вот этот сектор (показывает на слайд) Вы предложили? Я правильно понимаю.

Соискатель

Да, в качестве испытаний на безотказность.

Д.т.н., профессор Гладких А.А.

Потому, что ниже Вы пишете, что обращается внимание на появление нового испытательного оборудования, имитирующего воздействия многоосной широкополосной вибрации, ранее не применяемой в многофакторных эквивалентно-циклических испытаниях на безотказность. Я правильно понимаю, что это Ваше предложение?

Соискатель

Да.

Д.т.н., профессор Гладких А.А.

А почему у Вас нет ни слова об этом в научной новизне?

Соискатель

По данному вопросу исследования окончательно не завершены и находятся в стадии продолжения.

Д.т.н., доцент Киселев С.К.

В ходе ваших испытаний фактически лежит весь жизненный цикл БРЭО (бортового радиоэлектронного оборудования). Откройте семнадцатый слайд. Здесь у Вас представлены как раз эти стадии «Входной контроль», «Функционирование на борту ВС», «Простой и регламентные работы», при чем воздействующие факторы одни и те же. Например, широкополосная вибрация. Поясните с чем связан этот выбор. Почему, например, на стадии «Входной контроль» необходимо учитывать широкополосную случайную вибрацию? И для стадии «Простой и регламентные работы» тоже? Для стадии «Функционирования на борту» вопросов нет. А вот по первой и последней?

Соискатель

Под стадией «Входной контроль» у меня предполагаются приемосдаточные испытания основного объекта. В этот момент происходит множество операций, подразумевающих воздействие обслуживающего персонала, где происходит монтаж и демонтаж, отработка под «током» всего оборудования. На данной стадии выявляются отказы как по вине эксплуатирующей организации, так и по собственной вине производителя.

Под стадией «Простоя и регламентные работы» предполагается регламент, проводимый для каждого воздушного судна: каждые 100 часов, каждую 1000 часов, при этом ведется «съем» изделия, который также предполагает проверки как наземными средствами и также подвергается различным воздействиям, приводящим к отказам и дефектам. Поэтому жизненный цикл и был разделен на данные стадии по статистическим данным по отказам.

Д.т.н., доцент Киселев С.К.

Но вопрос не по стадиям. К их определению вопросов нет. Вопрос по выбору факторов.

Соискатель

Вибрация присутствует на всех стадиях эксплуатации воздушного судна: транспортирование, входной контроль на предприятии изготовителе воздушного судна, установка на самолет, далее идет отработка полетов (взлет и посадка). Этот этап в большинстве методик на безотказность отсутствует. И как говорилось ранее в докладе вибрация «вызывает» 70-90% всех отказов при совместном воздействии температуры. Здесь необходимо рассматривать применительно к определенным видам дефектов, если вибрация и температура не имеют определяющего значения, следовательно, необходим подбор других факторов.

Д.т.н., доцент Киселев С.К.

То есть вибрацией Вы моделируете те механические воздействия присущие этим стадиям.

Соискатель

Отличаясь уровнями воздействий. Например, для стадии входного контроля, уровень вибрации постоянный. При «Функционирование на борту ВС» изменяемый.

Д.т.н., доцент Киселев С.К.

Тогда еще один вопрос. Весь эффект ускорения достигается за счет комплексного воздействия вибрации, температуры и т.д. А если попробовать задать более высокие уровни воздействующих факторов, это ведь должно еще больше ускорить проведение испытаний?

Соискатель.

В данном случае более высокий уровень воздействующих факторов задается по данным, полученным в ходе отбраковочных испытаний. Если задавать безгранично, это приведет к отказу изделия.

Д.т.н., доцент Киселев С.К.

Где тот предел, на котором необходимо остановиться? Например, при воздействии температуры? Если задано от минус 60 до 60, до какого предела можно пойти?

Соискатель.

У меня это ограничивается пределом работоспособности определенном в ходе отбраковочных испытаний. Именно здесь я подтверждаю, что на этом уровне изделие может работать, и этот уровень я затем использую в многофакторных испытаниях на безотказность. Если устанавливать уровень выше заданного, то в случае отказа изделия в ходе испытаний, дефект, может быть, не признан, той же независимой инспекцией, находящейся на каждом предприятии, в связи с его превышением, принимая его как нарушение условий эксплуатации. Поэтому предложенная методика согласовывалась со всеми заинтересованными службами предприятия для возможности ее использования.

Д.т.н., доцент Киселев С.К.

Спасибо.

Председатель

Коллеги, пожалуйста, есть еще вопросы к соискателю? (Нет).

У меня есть один вопрос? Откройте слайд, где была использована программная система. Давайте здесь мы с Вами уточним: есть модуль формирования вариантов внедрения корректирующих действий, взаимодействующий с модулем мониторинга подконтрольной партии в эксплуатации и модулем, по статистической оценке, эффективности корректирующих действий. Далее, есть модуль оценки надежности по статистическим и качественным параметрам. Какие модули Вами разрабатывались или использовались в вашей модели и методике? Потому что схема программного комплекса, гораздо больше того, что Вы представляете в презентации.

Соискатель.

Мною был разработан модуль 3: модуль формирования вариантов внедрения корректирующих действий.

Председатель

Хорошо. А PDM-система какая использована?

Соискатель.

У нас на предприятии используется система 1С.

Председатель

Почему? У Вас здесь, наверное, технологическая документация? Маршрутные карты? С точки зрения проведения испытаний, они никак не были реализованы на предприятии в виде определенной технологии, маршрутной карты.

Соискатель.

Конкретно сами испытания?

Председатель

Да. Они же должны быть прописаны в виде какой-либо технологии?

Соискатель.

Методика указывается в технических условиях на изделие. Отдельной технологии нет.

Председатель

В 1С вроде бы не может осуществлено хранение технически условий?

Соискатель.

У нас такая система хранения реализована.

Председатель

Хорошо. Вы сказали, что разработали модуль 3 и ниже, я так понимаю?

Соискатель.

Ниже представлены готовые модули.

Председатель

Хорошо. Спасибо. Коллеги, пожалуйста, есть еще вопросы к соискателю? (Нет).

Д.т.н., доцент Наместников А.М.

У Вас на шестом слайде перечислены научные положения, выносимые на защиту. Вызывает вопросы п.3 – программный комплекс, выносимый на защиту, но тем не менее ваш программный комплекс позволяет повысить эффективность процессов обеспечения надежности и т.д. В чем измеряется эта эффективность?

Соискатель.

Эффективность показывается в виде сокращения трудоемкости в нормо-часах.

Д.т.н., доцент Наместников А.М.

Что там такого нового есть, что позволяет этого добиться?

Соискатель.

Внедрение предложенного комплекса позволяет автоматизировать некоторые процессы, регламентированные нормативно-технической базой, такие, например, как исследования отказов для определения их причины. Тот же самый, ранее указанный блок паттернов, снижает время поиска и устранения неисправности.

Д.т.н., доцент Наместников А.М.

Хорошо. 27-й слайд откройте пожалуйста. Правильно ли я понимаю, что пункт 2 относится к результатам исследования?

Соискатель.

Да. Были даны конкретные рекомендации производителю.

Д.т.н., доцент Наместников А.М.

А подтверждение этих рекомендаций в виде какого-либо документа у Вас есть?

Соискатель.

Да, есть.

Д.т.н., доцент Наместников А.М.
Почему Вы не включили его в диссертацию в качестве приложения?
Этот был бы очень серьезный документ.

Соискатель.
Было направлено официальное письмо в компанию Gaia Converter (Франция) с предложением об изменении конструкции модуля питания MGDT-20-N-CE/T-L, но в диссертацию я его, к сожалению, не внес.

Председатель
Коллеги, пожалуйста, есть еще вопросы к соискателю? (Нет). Коллеги, работающие в интерактивном режиме, пожалуйста, есть вопросы к соискателю? Вопросов не прозвучало пока. Есть еще вопросы к соискателю, от коллег в интерактивном режиме вопросов не поступило.

Согласны ли члены Совета сделать технический перерыв? (Нет).
Тогда продолжаем работу.

Слово предоставляется научному руководителю, **Вадиму Викториничу**, пожалуйста. Охарактеризуйте работу.

Научный руководитель
Актуальность работы заключается в том, что современные системы являются сложнейшими устройствами, которые бурно меняются: изменяется и элементная база, меняются конструктивно-технологические решения, что в совокупности очень сильно влияет на надежность, подчеркивая существенную актуальность диссертации.

Основные задачи, которые Александр Владимирович Комиссаров ставил и решил: провел анализ отказов бортовых систем управления воздушным судном в эксплуатации и определил причины возникновения дефектов и факторов их интенсифицирующих. Далее им были разработаны модель и методика многофакторных эквивалентно-циклических испытаний на безотказность, которые связывают основные категории дефектов и этапы их возникновения при интенсифицирующих факторов, выявление таких категорий дефектов в ходе испытаний. Планировать и проводить испытания исходя из значимости дефектов. Третья задача - проведение экспериментальных исследований по определению эффективности разработанной методики. Четвертая задача - разработка методики формирования программы корректирующих действий по результатам многофакторных эквивалентно-циклических испытаний на безотказность с возможностью оценки их эффективности. Пятая задача - разработка программного комплекса поддержки процессов обеспечения надежности бортовых цифровых систем управления воздушным судном в эксплуатации на базе методики многофакторных эквивалентно-циклических испытаний и методики формирования корректирующих действий с учетом выявленных дефектов.

В ходе решения данных задач Комиссаровым Александром Владимировичем были получены следующие результаты: модель и методика многофакторных эквивалентно-циклических испытаний на безотказность элементов и устройств бортовых цифровых систем управления воздушным судном. Мы специально не стали разделять, в связи с их высокой взаимосвязанностью, модель очень сильно влияет на методику, а методика на модель.

Все задачи, которые здесь обозначены, и результаты их выполнения достигнуты самостоятельно Комиссаровым Александром Владимировичем. Методика была оформлена в виде трех руководящих материалов, которые были утверждены независимой инспекцией Федерального агентства воздушного транспорта министерства транспорта Российской Федерации. Поставленные задачи имеют серьезное значение в виде научных и практических результатов. Диссертация является законченным научным исследованием, выполненным Александром Владимировичем самостоятельно.

(Отзыв прилагается).

Председатель
Хорошо, спасибо.

Председатель

Ученому секретарю Совета предоставляется слово для оглашения заключения организации, где выполнялась работа и отзыва ведущей организации.

Ученый секретарь оглашает заключение организации, где выполнялась работа. Затем зачитывает отзыв ведущей организации.

(Заключение и отзыв прилагаются).

Председатель

На автореферат диссертации поступило 6 отзывов, все они положительные. Согласны ли члены Совета заслушать обзор отзывов или зачитать их полный текст?

Слово для обзора отзывов, поступивших на диссертацию, предоставляется **Ученому секретарю Совета**.

Ученый секретарь зачитывает обзор отзывов.

(Отзывы прилагаются).

1. **АО «Конструкторское бюро промышленной автоматики», г. Саратов.** Отзыв подписан ведущим инженером-схемотехником отдела разработки комплексов, к.т.н., Ремневым В.С.

Замечания: в методике многофакторных эквивалентно-циклических испытаний при отсутствии установленной причины дефекта необходимо осуществить возврат к определению коэффициентов ускорения доминирующих процессов появления дефектов, которые выбираются по справочной документации и научно-технической литературе. Что делать если для каких-то видов дефектов коэффициенты ускорения на настоящий момент не определены? Предложенный программный комплекс поддержки процессов обеспечения надежности бортовых цифровых систем управления воздушным судном в эксплуатации не предполагает оптимизации корректирующих действий по критериям «надежность – стоимость».

2. **АО «Аэроприбор-Восход», г. Москва.** Отзыв подписан к.т.н., заместителем начальника ТКО-1 по датчикам Винокуровым Л.Н.

Замечания: в качестве эквивалентно-циклических испытаний рассмотрены только климатические и механические факторы, выявляющие, в основном, технологические дефекты изготовления. В работе не рассмотрены

рены иные способы циклических воздействий (электропитание, электромагнитное, электростатическое, радиационное), позволяющие выявить отказы ЭРИ.

3. филиал ПАО "Корпорация "Иркут" в г. Ульяновске. Отзыв подписан директором филиала ПАО «Корпорация «Иркут» в г. Ульяновск Ибрагимовым Е.Г. Замечания: допущен ряд неточностей при оформлении так, например, не дается ссылка на источник плана испытаний для определения их продолжительности, а в процессе испытаний не ясно контролируется изменение электрических параметров объекта испытаний или нет. Также отсутствует сравнение предложенной методики МФЭЦИ с РД В 319.01.14-98, что представляет интерес.

4. ПАО "Корпорация "Иркут", г. Москва. Отзыв подписан руководителем отдела квалификации комплектующих изделий ПАО «Корпорация «Иркут» к.т.н. Романовым Ю.В. Замечания: непонятно в чем заключается качественный анализ корректирующих действий при оценке надежности в схеме поддержки инженерных решений с помощью программного комплекса обеспечения надежности БЦСУ.

5. АО "НИИ "Экран", г. Самара. Отзыв подписан заместителем генерального директора-главным конструктором, к.т.н. Бутузовым В.В. Замечания: из текста автореферата не ясно, как проводилась диагностика дефектов выводов ВГА-микросхемы во время испытаний. Из автореферата не понятно, какими методами кроме рентгена локализовались дефекты. На странице 15 автореферата после таблицы 2, Комиссаров А.В. пишет про точки, которые наносятся на график, но рисунок не показан. Не понятно для чего эта информация. Из текста автореферата неясно, сколько по времени занимает цикл HASS испытаний.

6. ПАО "МИЭА", г. Москва. Отзыв утвержден генеральным директором ПАО МИЭА, д.т.н., доцентом Кузнецовым А.Г. и подписан главным специалистом ПАО МИЭА, д.т.н., профессором Куликовым В.Е. Замечания: несмотря на полученные в работе материалы статистической обработки обнаруженных дефектов, в работе не проведена оценка эффективности разработанной методики проведения испытаний по сравнению с типовыми методами их проведения. Автор не указывает пределы функциональной работоспособности, разработанной модели испытаний при малом количестве отказов в ходе проведения отбраковочных процедур, что не позволяет подтвердить гипотезу о постоянстве потока отказа объекта испытаний.

Председатель

Слово для ответа на замечания по заключению и отзывам предоставляется соискателю.

Соискатель.

С большинством замечаний согласен. По замечаниям ведущей организации хотелось бы прокомментировать вопрос использования теоремы Байеса. В самом начале исследования такой подход был мною предложен и опубликован, но при постановке эксперимента возникла проблема как с отсутствием статистических данных по отказам в ходе испытаний при воздействии факторов, так и с их достоверностью, в связи с тем, что наработка на отказ касательно приемосдаточных испытаний либо не фиксировалась, либо отсутствовала.

Председатель

Слово для отзыва предоставляется официальному оппоненту – **д.т.н. Гречишникову Владимиру Михайловичу.**

Уважаемый председатель, уважаемые члены диссертационного совета, хотелось бы поблагодарить Вас за приглашение в качестве официального оппонента. Необходимо отметить, что тема диссертации близка мне, не так давно, мой аспирант защищал работу в области диагностики и контроля электронных блоков систем управления по повышению их тестопригодности с помощью методов граничного сканирования.

Актуальность темы не вызывает вопросов, в связи с тем, что обеспечение надежности бортовых систем управления напрямую влияет на безопасность полетов в гражданской авиации. Бортовые цифровые системы управления – это сложные пространственно – распределенные системы с собственным программным обеспечением и высоко-интегрированной элементной базой, которая подвергается множеству воздействующих факторов, которые приводят к отказам. Поэтому поиск путей по повышению надежности – это актуальная задача. Работа построена на данных об отказах разработчика изделий и эксплуатирующих организаций.

Хотелось бы отметить, что представленная работа удивила меня в хорошем смысле этого слова, в представленном библиографическом списке свыше 100 наименований источников литературы и все взяты по делу, в рамках исследуемой предметной области, что редко встретишь у аспирантов, которые у нас защищаются. Обычно 10-15 работ по теме, остальные идут для статистики. Здесь этого нет, все ссылки даны по делу.

В рассматриваемой работе впервые предложена теоретическая модель коэффициента ускорения, которая учитывает воздействие коэффициентов ускорения каждого из факторов и их отношение к эксплуатационным нагрузкам. Такая модель является достаточно оригинальной. Дальше получена методика многофакторных испытаний, которая направлена на обеспечение надежности за счет возможности прогнозирования дефектов. Предложенный программный пакет понравился тем, что это хороший инструмент для проектировщика устройств систем управления, так как его база данных аккумулирует весь многолетний накопленный опыт мероприятий по повышению надежности, что позволит начинающим инженеру использовать готовые решения при проведении опытно-конструкторских работах, закладывая фундамент надежности на первоначальном этапе.

Работа полностью соответствует пункту 4 заявленной специальности, которая звучит как разработка научных подходов, методов, алгоритмов и программ, обеспечивающих надежность, контроль и диагностику функционирования элементов и устройств вычислительной техники и систем управления и пункту 2 в части исследования функционирования элементов и устройств вычислительной техники и систем управления в нормальных и специальных условиях с целью улучшения эксплуатационных характеристик. Контроль результатов использования методики подтверждена методами компьютерной томографии с применением современного испытательного оборудования в виде камеры тепло-вибрационного воздействия. Поэтому в плане достигнутых научных результатов у меня сомнений нет. Что касается практической полезности представленной работы, то использование предложенной автором методики позволило наметить поступательное движение к общему снижению количества отказов: в 2022 г. по сравнению с 2019 г. в три раза, в 2021 г. в два

раза, что говорит о ценности ее практического применения. Также хотелось бы отметить, что полученные в работе результаты можно использовать для широкого класса цифровых систем управления в других областях промышленности. Они вносят вклад в развитие методов диагностики и обеспечения надежности бортовых систем управления.

Теперь по замечаниям к работе. Первое касается того, что недостаточно внимания уделено аппаратно-программным средствам граничного сканирования, широко применяемым для решения аналогичных задач ведущими мировыми производителями цифровой электроники. Также, неясно, распространяются ли полученные результаты на диагностику латентных дефектов и какое оборудование можно использовать для их выявления. Так как это один самых неприятных дефектов из существующих.

Третье замечание, расшифровка переменных в полученной математической модели (раздел 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. Все формулы зачитывать не буду, они указаны в отзыве. Дальше, из материалов диссертации неясно, насколько уменьшается назначенный ресурс изделий после проведения многофакторных эквивалентно-циклических испытаний в соответствии с разработанной методикой. Ведь можно так ускорить комплексное воздействие температуры и вибрации, что это приведёт к неконтролируемому уменьшению остаточного ресурса. Следующее, в работе используется не понятный термин «относительная доля вероятности отказа». По сути, он является частотой появления отказа по результатам N-испытаний. Я понимаю, что этот термин используется в стандарте (ГОСТ Р 57394-2017), но тем не менее, более правильно было бы использовать термин частота отказов. Выражение (2.9) на стр.58 представляет собой среднеквадратическое отклонение интенсивности отказов, а не дисперсию, как утверждает автор. Приведённые в представленном печатном экземпляре диссертации распределения тепловых полей (приложение В, рис. В.3-В.13) малоинформативны в черно-белом варианте. Непонятно, почему при анализе прохождения воздуха внутри блоков (рис. В1, В2 стр.149,150) автор пользуется понятием гидравлического, а не аэродинамического сопротивления. 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. Имеются и другие мелкие замечания, связанные 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.

Заключение: диссертационная работа Комисарова Александра Владимировича на тему «Обеспечение надежности элементов и устройств бортовых цифровых систем управления на основе многофакторных эквивалентно-циклических испытаний» является законченным научно-квалификационным исследованием полностью соответствующим требованиям ВАК, а Комиссаров Александр Владимирович безусловно заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по заявленной специальности 05.13.05.

(Отзыв прилагается).

Председатель

Спасибо Владимир Михайлович. Соискателю предоставляется слово для ответа на замечания оппонента.

Соискатель.

Есть небольшие уточнения: по первому замечанию – в диссертации делается ссылка на необходимость использования JTAG-оборудования для тестирования; по третьему замечанию – допущена опечатка, должен быть математический знак неравенства «больше или равно». По замечанию касательно формулировок, действительно использовалась формулировка по ГОСТ. По остальным замечаниям согласен с официальным оппонентом.

Председатель

Слово для отзыва предоставляется официальному оппоненту – **к.т.н. Голушко Дмитрию Александровичу.**

С вашего позволения весь отзыв зачитывать не буду. Выскажу свое мнение о работе: актуальность работы не вызывает сомнения, научная новизна, на мой взгляд, в работе присутствует. Экономическая целесообразность, как сказал Александр Владимирович, и не очень очевидная, но само по себе их проведение и эквивалентность в совокупности со снижением отказов, какой-то положительный эффект будет всегда иметь. Практическая значимость, на мой взгляд, также является подтвержденной, а Комиссаров Александр Владимирович заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по заявленной специальности 05.13.05. Касательно замечаний: часть из них в большей степени связана с опечатками и неточностями в тексте работы, еще одно замечание касается отсутствия сравнения достигнутых показателей безотказности по результатам работ с заданным значением в технических условиях.

(Отзыв прилагается).

Председатель

Слово для ответа на замечания оппонента предоставляется соискателю.

Соискатель.

Заданный показатель безотказности указан в диссертации, но отдельно не показан. По остальным вопросам возражений нет, в части экономической части работы было отвечено в ходе обсуждения результатов исследования ранее.

Председатель

Кто хочет выступить?

Д.т.н., доцент Епифанов В.В.

Конечно же Александр Владимирович сложившийся квалифицированный специалист, тут сомнений никаких нет, поэтому защищался он на мой взгляд, хорошо. Заслуга соискателя заключается в предложении новой модели испытаний и предложении нескольких новых методик. Но у меня

возникает все-таки вопрос к программному комплексу, поскольку четвертый пункт результатов: он разработан, привел к сокращению времени по трудозатратам предприятием радиоэлектронной промышленности на 22%. При этом необходимо было указать все-таки о разработке программного модуля, а не программного комплекса тогда. И этот модуль привел к снижению на 22% или программный комплекс?! В целом не совсем ясно. Ну а так в целом, я, конечно, буду поддерживать работу.

Д.т.н., профессор Сергеев В.А.

Необходимо утверждать, что такая проблематика является «не проходящей», т.е. повышение и обеспечение надежности элементов и устройств бортовых систем является важной задачей и тут можно много придумывать разных способов и методов повышения надежности и снижения отказов в реальной аппаратуре путем различного рода испытаний. Этим занимается множество институтов и вот одна из таких методик была предложена соискателем. И действительно многофакторные эквивалентно-циклические испытания дают дополнительную информацию, как и многие другие испытания, использующие жесткие условия проведения, могут приводить к повышению надежности. Но, чего я не услышал в работе, так это об объемах выборки и оценки этих параметров, которые затем используются в ходе испытаний. Так, например, в результатах исследования пишется, что в пункте 3, что применение корректирующих действий привело к снижению дефектов модуля питания с 27 % до 0 %. Но это невозможно, должна быть какая-то достоверность, с какой-то конечной выборкой при определенных условиях, потому что, дефекты можно выявить и исключить в ходе испытаний для того, чтобы не было отказов в эксплуатации. Хотя бы с такой формулировкой. Но, что касается оценки достоверности, как Вы говорите, есть в работе, и на это просто надо обратить внимание. Достоверность полученных значений требует подтверждения. Но так в целом, по всем показателям, по публикациям, актуальности и практической значимости тут вопросов нет. Я буду голосовать естественно «За», так как новые модели и новые методики всегда дают новую информацию к размышлению. Спасибо.

Д.т.н., профессор Ташлинский А.Г.

Те замечания, которые высказывались в рамках обсуждения и отзывов, а также от оппонентов, которые подробно изучили диссертацию, связаны во многом с инерционностью мышления автора в рамках отраслевых понятий и терминологий. Если смотреть в целом, поставлена стратегически важная для Российской Федерации задача, которая была решена на конкретном предприятии для конкретных изделий. Доклад и ответы автора не вызывают сомнения в его квалификации, поэтому у меня не прозвучит обычная фраза «несмотря на», а склоняюсь я больше к варианту «безусловно» и буду голосовать «За».

Д.т.н., профессор Негода В.Н.

По ходу всех вопросов прозвучало настороженное отношение к программному комплексу и к тому, что шаблоны проектирования – это научный результат. На самом деле, если посмотреть западные диссертации (PhD) по Computer science по предметным областям, мы обнаружим огромную массу диссертаций, где пространство шаблонов относительно скромное, а диссертация внесла большой вклад. Мне известно, что некоторые разработчики занимаются 5-10 лет профессиональным программированием и до конца аналитическую емкость не чувствуют, и ей не пользуются,

потому что она большая в STL (Standard Template Library). Известны и другие Template авиационного моделирования, предложенные в 90-е годы, там также аналитическая емкость очень большая. И этот недостаток, скорее всего, представления и мы вправе гордиться теми результатами, которые представляет соискатель, где есть аналитическая емкость и я ее здесь увидел во время предзащиты, когда внимательно смотрел, поэтому я соглашусь и буду голосовать «За». Но вот соискателю необходимо было представить эту аналитическую емкость и тогда это становится аналитическими результатами, а не выглядело бы как инженерно-программный результат.

Д.т.н., доцент Киселев С.К.

Как уже говорилось неоднократно, актуальность работы сомнений не вызывает и в рамках той ситуации, что сейчас развивается и вообще в принципе в авиации, любые работы направленные на повышение надежности связаны с безопасностью полетов и всегда будут востребованы. В испытаниях на самом деле складывается такая ситуация, что в тех методиках, которые анализировал Александр Владимирович были рассчитаны на оборудование, которое позволяло проводить испытания прошлого поколения, когда не было возможности объединить воздействия нескольких факторов на аппаратуру. В настоящий момент, появление такого испытательного оборудования, само собой потребовало появления новых работ по разработке методик. Это работа, одна из первых, которая позволяет создать методическую базу испытаний на новом уровне объединять факторы, привязываться к циклу эксплуатации изделия. Да, есть множество вопросов, но есть ясность в каком направлении необходимо в дальнейшем развиваться. Достоинство диссертации – это то, что после просмотра специалистами, высказаны направления, где и как необходимо улучшить и развиваться. С этой точки зрения, я считаю, что работа Александра Владимировича сложилась и квалификационный уровень его сомнений не вызывает, поэтому считаю, что она должна быть оценена положительно.

Председатель

Кто еще хочет выступить? Нет желающих?

Соискателю предоставляется заключительное слово.

Я хочу выразить огромную благодарность научному руководителю за участие в моем исследовании, благодарность заведующему кафедрой «ИВК» за дельные советы и помощь в исследовании. Отдельная благодарность председателю совета и всему преподавательскому составу УлГТУ за помощь в решении различных задач и отзывчивость в вопросах проведения исследований.

Председатель

Переходим к голосованию. Прошу ученого секретаря организовать голосование.

Ученый секретарь организует голосование.

Председатель

Прошу ученого секретаря озвучить результаты тайного голосования.

Ученый секретарь

Отлашает итоги тайного голосования.
(Протокол тайного голосования прилагается).

Председатель

Прошу проголосовать за утверждение протокола тайного голосования.

Кто за? (Все)

Кто против? (Нет).

Кто воздержался? (Нет).

Протокол утверждается.

Таким образом, на основании результатов тайного голосования (за - 17, против - 1) диссертационный совет Д212.277.04 при Ульяновском государственном техническом университете признает, что диссертация **Комиссарову А.В.** содержит новые решения по обеспечению надежности элементов и устройств бортовых цифровых систем управления на основе многофакторных эквивалентно-циклических испытаний, соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п.9 "Положения" ВАК), и присуждает **Комиссарову Александру Владимировичу** ученую степень кандидата технических наук по специальностям **05.13.05**.

Председатель

У членов Совета имеется проект заключения по диссертации **Комиссарову А.В.** Есть предложение принять его за основу. Нет возражений? (Нет). Принимается.

Какие будут замечания, дополнения к проекту заключения?

(Обсуждение проекта).

Председатель

Есть предложение принять заключение в целом с учетом редакционных замечаний. Нет возражений? Принимается единогласно.

Заключение объявляется соискателю.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.277.04,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФГБОУ ВО «УЛЬЯНОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 28.09.2022 г. №1

О присуждении Комиссарову Александру Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Обеспечение надежности элементов и устройств бортовых цифровых систем управления на основе многофакторных эквивалентно-циклических испытаний» по специальности 05.13.05 – Элементы

и устройства вычислительной техники и систем управления (технические науки) принята к защите 13 июля 2022 года, протокол №11, диссертационным советом Д 212.277.04, созданным на базе ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет» (432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д.32) №678/НК ОТ 18.11.2020.

Соискатель Комиссаров Александр Владимирович, 21 ноября 1984 года

рождения. В 2020 г. соискатель окончил аспирантуру в «ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет». Работает главным конструктором по серии в АО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения». Диссертация выполнена на кафедре «Измерительно-вычислительные комплексы» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет».

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент кафедры «Измерительно-вычислительные комплексы» Шишкин Вадим Викторович, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет».

Официальные оппоненты:

Гречишников Владимир Михайлович, доктор технических наук, профессор, зав.кафедрой "Электротехника" ФГБОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», г. Самара;

Голушко Дмитрий Александрович, кандидат технических наук, заместитель начальника отдела АО «Научно-производственное предприятие «Рубин», г. Пенза, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное автономное учреждение «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем» («ГосНИИАС»), г. Москва, в своем положительном отзыве, обсужденном и одобренном на заседании научно-технического совета подразделения 2200 «Перспективные комплексы бортового оборудования гражданской и военно-транспортной авиации» ФАУ «ГосНИИАС» (протокол №13 от 26.07.2022), подписанном начальником сектора ФАУ «ГосНИИАС», кандидатом технических наук Гласовым В.В. и утвержденном заместителем генерального директора ФАУ «ГосНИИАС», доктором технических наук, профессором В.В. Косьянчуком, указала, что диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, по объему и научному уровню полученных результатов отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842, и содержит новое решение важной научно-технической задачи обеспечения надежности элементов и устройств систем управления воздушным судном, имеющее существенное значение для отрасли приборостроения. Автор работы Комиссаров Александр Владимирович заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по заявленной специальности.

Соискатель имеет 20 опубликованных работ, все работы опубликованы по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 9 работ, в том числе 8 работ в научных изданиях из Перечня ВАК РФ, 1 статья в издании, индексируемом в Scopus. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Комиссаров А.В., Шишкин В.В., Зайцев С.А., Коженков В.А., Захаров Д.С. Основные методы оценки надежности бортового радиоэлектронного оборудования современных гражданских судов перед этапом

серийного производства. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Т. 20. № 4-3 (84). – 2018. – С. 319-325 (лично соискателем – 5 страниц).

2. Комиссаров А.В., Коженков В.А., Зайцев С.А., Захаров Д.С., Шишкин В.В. Разработка методики многофакторных эквивалентно-циклических испытаний на основе процедур HALT для оценки долговечности БРЭО. Автоматизация в промышленности №5.– 2019. – С. 56 – 61 (лично соискателем – 4 страницы).

3. Комиссаров А.В., Каразеев С.В., Валитов Р.Р., Шишкин В.В. Методика проведения многофакторных эквивалентно-циклических испытаний для оценки показателей надежности БРЭО на стадии научно-исследовательских опытно-конструкторских работ. Автоматизация в промышленности. № 4. – 2020. – С. 36-39. (лично соискателем – 2 страницы).

4. Комиссаров А.В., Шишкин В.В., Коженков В.А., Степашкина Е.В. Разработка методики определения коэффициента ускорения многофакторных эквивалентно-циклических испытаний на основе процедур HALT для оценки долговечности и безотказности БРЭО. XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. Т. 9. № 4 (52). – 2020. – С. 57-61. (лично соискателем – 3 страницы).

5. Komissarov A.V., Trushnikov V.E, Grishin M. V. Development of multivariate equivalent cyclic tests of HALT-based aviation radio equipment for assessing reliability. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. SibTrans-2019. (лично соискателем – 6 страниц).

На диссертацию и автореферат поступило 6 отзывов, все отзывы положительные:

1. В отзыве ведущего инженера схемотехника отдела разработки комплексов, АО «Конструкторское бюро промышленной автоматики» (г. Саратов) к.т.н., Ремнева В.С. имеются замечания о том, что предложенный программный комплекс поддержки процессов обеспечения надежности бортовых цифровых систем управления воздушным судном в эксплуатации не предполагает оптимизации корректирующих действий по критериям «надежность-стоимость», а также уточнения методических указаний при отсутствии коэффициентов ускорения многофакторных эквивалентно-циклических испытаний для других видов дефектов.

2. В отзыве заместителя начальника ТК0-1 по датчикам АО «Аэроприбор-Восход» (г. Москва) к.т.н. Винокурова Л.Н. имеются замечания о том, что не рассмотрены иные способы циклических воздействий (электропитание, электромагнитное, электростатическое, радиационное), позволяющие выявить отказы ЭРИ в ходе эквивалентно-циклических испытаний.

3. В отзыве директора филиала ПАО «Корпорация «Иркут» в г. Ульяновск Ибрагимова Е.Г. имеются замечания о том, что допущен ряд неточностей при оформлении и не ясна контролируемость изменения электрических параметров объекта испытаний во время их проведения, а также отсутствует сравнение предложенной методики МФЭЦИ с РД В 319.01.14-98.

4. В отзыве руководителя отдела квалификации комплектующих изделий ПАО «Корпорация «Иркут» (г. Москва) к.т.н. Романова Ю.В. имеются замечания о недостаточной ясности в вопросе качественного анализа

корректирующих действий при оценке надежности в схеме поддержки инженерных решений с помощью программного комплекса обеспечения надежности БЦСУ.

5. В отзыве заместителя генерального директора-главного конструктора АО "НИИ "Экран" (г. Самара), к.т.н. Бутузова В.В. имеются замечания о том, что не ясно, как проводилась диагностика дефектов выводов ВГА-микросхемы во время испытаний и не указывается какими методами кроме рентгена локализовались дефекты, а также об отсутствии графика, на который в тексте автореферата делается ссылка и продолжительности испытательного цикла HASS.

6. В отзыве главного специалиста ПАО МИЭА, (г. Москва), д.т.н., профессора Куликова В.Е., утвержденного генеральным директором ПАО МИЭА, д.т.н., доцентом Кузнецовым А.Г. имеются замечания о том, что в работе не проведена оценка эффективности разработанной методики проведения испытаний по сравнению с типовыми методами их проведения и не указываются пределы функциональной работоспособности, разработанной модели испытаний при малом количестве отказов в ходе проведения отбраковочных процедур.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается направлениями их научной работы, что подтверждается наличием большого числа публикаций в соответствующей отрасли науки.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны новая модель и методика многофакторных эквивалентно-циклических испытаний элементов и устройств бортовых цифровых систем управления воздушным судном, позволяющие повысить их уровень безотказности;

предложено планировать многофакторные эквивалентно-циклические испытания на безотказность элементов и устройств бортовых цифровых систем управления с учетом жизненного цикла эксплуатации воздушного судна и дефектов, возникающих при воздействии различных видов факторов механической и тепловой энергии;

доказана возможность выявления причин возникновения дефектов элементов и устройств бортовых цифровых систем управления ВС путем применения многофакторных эквивалентно-циклических испытаний;

введена и обоснована методика по формированию программы корректирующих действий на основании проведенных испытаний и алгоритм повышения надежности бортовых цифровых систем управления ВС, реализованные в виде программного комплекса обеспечения надежности систем управления.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность повышения уровня безотказности элементов и устройств бортовых цифровых систем управления ВС на основе многофакторных эквивалентно-циклических испытаний, обработка результатов которых позволяет сформировать корректирующие действия по устранению проявляющихся дефектных состояний объектов испытаний.

Применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы** методы теории вероятности и математической статистики; теории повреждающих процессов (физики отказов) и теории надежности;

изложены рекомендации по проведению многофакторных эквивалентно-циклических испытаний и обеспечению надежности элементов и устройств бортовых цифровых систем управления воздушным судном;

раскрыты особенности проведения многофакторных испытаний методом эквивалентно-циклических испытаний с использованием метода отбраковочных испытаний на основе одновременного воздействия многоосной широкополосной случайной вибрации и циклического изменения температуры;

изучены существующие способы и закономерности влияния воздействующих факторов на надежность элементов и устройств бортовых цифровых систем управления, процессы их моделирования в программной среде и методы обеспечения надежности корректирующими действиями;

проведена модернизация существующих методик эквивалентно-циклических испытаний на безотказность бортового авиационного оборудования с целью обеспечения надежности элементов и устройств бортовых цифровых систем управления воздушным судном.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработана и внедрена в научно-исследовательские работы и производственную практику АО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения», г. Ульяновск методика многофакторных эквивалентно-циклических испытаний и методика формирования корректирующих действий для обеспечения надежности элементов и устройств бортовых систем управления самолетов MC-21, Sukhoi Super Jet-100 (RRJ-95NEW) и вертолетов Ми-171А2, Ми-171А3;

определены возможности и перспективы применения, разработанных методики многофакторных эквивалентно-циклических испытаний и методики формирования корректирующих действий для обеспечения надежности;

созданы и используются нормативные документы для научно-производственной деятельности АО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения», утверждённые независимой инспекцией Федерального агентства воздушного транспорта министерства транспорта РФ;

представлены алгоритм повышения надежности и программный комплекс обеспечения надежности систем управления, позволившие сократить трудоемкость исследования по регламентированным нормативным документам для предприятий радиоэлектронной промышленности России на всех этапах жизненного цикла бортовых цифровых систем управления. Применение алгоритма и программного комплекса привело к сокращению времени, затрачиваемого предприятием на повышение надежности, на 22%.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ достоверность подтверждается результатами сопоставления результатов физического эксперимента в лабораторных условиях и практического применения в составе воздушного судна, а также результатами сравнительного анализа разработанных методик с известными методами;

теория построена с использованием известных и проверенных методов, а также согласуется с ранее полученными результатами других авторов и результатами их экспериментальных исследований;

идея базируется на анализе практических результатов отечественных и зарубежных исследований и разработок в области обеспечения надежности элементов и устройств бортовых цифровых систем управления ВС;

использовано сравнение авторской методики и метода, используемого в авиационной промышленности профильными конструкторскими бюро и научно-исследовательскими институтами в настоящий момент;

установлены качественные и количественные преимущества результатов, полученных автором, перед известными: общая продолжительность испытаний сократилась на 26% по сравнению с продолжительностью испытаний методом ОСТ 101204-2012.

использованы современная экспериментальная база испытательного оборудования и программные комплексы SolidWorks и ANSYS.

Личный вклад соискателя состоит в формулировке научной проблемы, цели и задач исследований, обосновании путей их решения, обработки и интерпретации аналитической информации, разработке методических указаний и получении эмпирических зависимостей для проведения многофакторных эквивалентно-циклических испытаний; в планировании и проведении физических и вычислительных экспериментов, анализе и обработке полученных результатов; внедрении корректирующих действий по устранению дефектов в производственный процесс изготовления бортовых цифровых систем управления воздушным судном; в формулировке выводов и подготовке публикаций по тематике работы. Все основные исследования проведены автором лично, либо при его непосредственном участии.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. В докладе не указан объем выборки на котором определены доли отказов, полученных в ходе различных видов испытаний под воздействием задаваемых факторов, и доли отказов, полученных на стадиях жизненного цикла, непосредственно влияющих на безотказность изделия.

2. Недостаточно полно раскрыта аналитическая сущность предложенного программного комплекса и степень его влияния на процессы обеспечения надежности.

Соискатель Комиссаров А.В. согласился с замечаниями, ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию, указав на то, что выборка изделий, на которой определены доли отказов, составляла не менее 10000 однотипных объектов, отказавших в эксплуатации.

На заседании 28 сентября 2022 года диссертационный совет Д 212.277.04 принял решение: за решение научно-технической задачи, имеющей значение для обеспечения надежности элементов и устройств бортовых цифровых систем управления и повышения их безотказности, присудить Комиссарову А.В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 23 человек, из них **8** докторов наук по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления (технические науки), участвовавших в заседании, из **18** человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – **17**, «против» – **1**.

Защита окончена. Есть ли замечания по процедуре защиты? (Нет).

Поздравляет соискателя с успешной защитой. Благодарит членов совета и всех участников за внимание.

Заседание объявляется закрытым.

Председатель Совета Д 212.277.04
профессор

Н.Г. Ярушкина

Ученый секретарь Совета Д 212.277.04
доцент

А.М. Наместников

