

ОТЗЫВ

научного руководителя 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 специальностям 05.13.05. «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления»

Безотказность, как одна из основных характеристик надежности, элементов и устройств бортовых систем управления (БСУ) воздушного судна в значительной степени определяет надежность и безопасность летательного аппарата в целом. Современные БСУ являются сложнейшими цифровыми системами, состоящими из элементов и устройств самого различного назначения и принципов действия, связанных между собой многочисленными коммуникациями. Современный период развития БСУ можно характеризовать следующими аспектами:

1. Значительное усложнение решаемых задач, приводящее к увеличению сложности БСУ; широкому применению новых элементов и материалов, конструктивно-технологических решений; увеличению трудоемкости проектирования и изготовления БСУ.

2. Широко развитая кооперация предприятий-изготовителей комплектующих изделий для БСУ.

3. Непрерывная модернизация БСУ, связанная с постоянным развитием технологий и увеличением объема решаемых задач.

4. Постоянное повышение требований контрактов на поставку БСУ в части обеспечения их надежности.

К элементам и устройствам БСУ предъявляются жесткие требования по надежности, регламентированные международной, государственной, отраслевой и внутрипромышленной нормативно-технической базой. При этом в последнее время, в связи с постоянно усложняющимися БСУ, изменением элементной базы и технологий изготовления, увеличением количества эксплуатируемых самолетов и их налета, стало появляться множество отказов, связанных с различными дефектами, проявление которых возможно только при достаточно длительном налете.

Испытания на безотказность, как обязательный элемент системы обеспечения надежности, направлены на выработку ресурса БСУ в целом (без физической привязки к дефектам) в течение времени испытаний и подтверждают назначенный (рассчитанный) ресурс БСУ исходя из принципа эквивалентности циклов испытаний полетным циклам БСУ. Однако, как показывает практика, многие дефекты не проявляются при таком подходе. В настоящее время, при отбраковочных испытаниях применяют методы многофакторных испытаний с целью отбраковать потенциально дефектные элементы и стабилизировать поток отказов элементов. Применение данных режимов в испытаниях на безотказность может форсировать процессы накопления усталости в изделии, приводящие к ускоренному проявлению дефектов. Следующим после испытаний этапом разработки БСУ является разработка и реализация программы корректирующих

действий по устранению причин, приводящих к возникновению данного дефекта. Но этот этап будет эффективен лишь при правильной классификации дефекта и причин его возникновения.

Все вышеизложенное обуславливает актуальность разработки новых методик и инструментальных средств обеспечения надежности элементов и устройств бортовых цифровых систем управления воздушным судном, основанных на многофакторных испытаниях и ориентированных на дифференцированную выработку дефектов, определенного класса чему и посвящена диссертационная работа Комиссарова А.В.

К основным задачам, поставленным и решённым в данной диссертационной работе, относятся:

1. Анализ отказов бортовых цифровых систем управления воздушным судном в эксплуатации для определения причин возникновения дефектов и факторов, их интенсифицирующих.

2. Разработка модели и методики многофакторных эквивалентно-циклических испытаний на безотказность, связывающих основные категории дефектов (ранжированные по значимости с точки зрения безотказности) с этапами их возникновения при эксплуатации воздушного судна и обеспечивающих, за счет применения интенсифицирующих факторов, выявление таких дефектов в ходе испытаний.

3. Проведение экспериментальных исследований по определению эффективности разработанной методики.

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

5. 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.

Основными научными и практическими результатами, полученными Комиссаровым А. В. при решении поставленных задач, являются:

1. Модель и методика многофакторных эквивалентно-циклических испытаний на безотказность элементов и устройств бортовых цифровых систем управления воздушным судном, отличающиеся тем, что первоначально моделью обобщается ранее полученная информация о дефектах, выявленных на разных стадиях жизненного цикла эксплуатации изделия, и их зависимость от испытательных воздействующих факторов, обеспечивая тем самым уровень режимов испытаний эквивалентный режимам эксплуатации при форсировании воздействия факторов. Затем комплексным испытательным воздействием факторов тепловой и механической энергии на элементы и устройства бортовых цифровых систем управления воздушным судном формируются новые режимы испытаний БСУ, тем самым обеспечивая достижение дефектного состояния изделия, аналогичного длительной эксплуатации в составе воздушного судна.

2. Экспериментальные исследования, позволившие установить причины возникновения дефектов в процессе длительной эксплуатации элементов и устройств бортовой цифровой системы управления воздушного судна, на примере

блока концентратора данных системы управления самолета, такие как бессвинцовая пайка микросхем в BGA-корпусах, пайка кристалла внутри микросхем, нарушения технологии производства печатных плат и др.

Разработанные нормативные документы для научно-производственной деятельности АО «УКБП», утверждённые независимой инспекцией Федерального агентства воздушного транспорта министерства транспорта Российской Федерации:

- РМ 134-2017 по порядку исследования отказов комплектующих электрорадиоизделий, произошедших на стадии производства и эксплуатации серийных изделий.

- РМ 190-2021 по оценке технической эффективности проведения отбраковочных испытаний, технологической приработки и технологической тренировки изделий различного структурного уровня.

- РМ 200-2021 по методике проведения отбраковочных испытаний (технологической приработки), исследовательских испытаний с целью выявления причин отказов, испытаний на надёжность (безотказность) изделий различного структурного уровня, с использованием процедур HALT/HASS.

3. Методика по формированию программы корректирующих действий на основании проведенных многофакторных испытаний и оценка ее эффективности на примере внедрения корректирующих действий по исключению типовых отказов элементов и устройств бортовых систем управления воздушным судном, Это привело к снижению дефектов по разрушению паяного соединения микросхем в BGA-корпусах с 38 % до 1 %; дефектов модуля питания MGDТ-20-Н-СЕ/Т-L с 27 % до 0 %; дефектов микросхем СУ7С1069DV33-10ZSXI с 14 % до 0 %, а также общему снижению количества отказов с 2021 г. блока концентратора данных БЦСУ (2018 г. – 111, 2019 г. – 135, 2020 г. – 95, 2021 г. – 43) в 2,2 раза по сравнению с 2020 г. и в 3,13 по сравнению с 2019 г.

4. Программный комплекс на основе алгоритма повышения надежности бортовых цифровых систем управления воздушным судном, отличающийся тем, что достигнутый уровень надежности основан на физическом снижении доли систематических дефектов в изделии, по которым приняты корректирующие действия, а не исключительно на статистической оценке надежности по результатам эксплуатации. Это позволяет повысить эффективность процессов исключения систематических групп отказов в эксплуатации, обеспечивая поэтапное повышение надежности за счет автоматизации процедур получения и обработки информации о дефектах в результате многофакторных эквивалентно-циклических испытаний и корректирующих действий по их исключению. Применение алгоритма привело к сокращению времени, затрачиваемого предприятием на повышение надежности, на 22%.

Диссертационная работа проводилась в обеспечении целого ряда НИОКР и послепродажного обслуживания БСУ АО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения». Являясь главным конструктором по серии АО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения», Комиссаров А.В. в диссертационной работе представил многолетние исследования по обеспечению надежности элементов и устройств БСУ летательных аппаратов, проводимые им лично.

Результаты диссертационной работы многократно докладывались и обсуждались на всероссийских и международных конференциях и семинарах.

Они опубликованы в 20 печатных работах, в том числе 9 статьях, опубликованных в журналах списка ВАК, WOS и SCOPUS.

Все результаты диссертационной работы получены Комиссаровым А. В. самостоятельно. Поставленные задачи Комиссаров А. В. решил полностью, проявив при этом высокую работоспособность, научную эрудицию и хорошую научную и инженерную подготовку.

Комиссаров А. В. с 2016 по 2020 годы обучался в аспирантуре УлГТУ на кафедре «Измерительно-вычислительные комплексы» УлГТУ по специальности 05.13.05. «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Комиссарова А. В. «Обеспечение надежности элементов и устройств бортовых цифровых систем управления на основе многофакторных эквивалентно-циклических испытаний» по объему и значимости полученных результатов удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к диссертационным работам, представленным на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05. «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления», а ее автор Комиссаров Александр Владимирович заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук.

Научный руководитель,

кандидат технических наук, доцент

В. В. Шишкин

Личную подпись Михайлова В. А. заверяю
Начальник управления кадрового обеспечения

Михайлов В. А.

23.06.2022

