

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»
(МФТИ, Физтех)

Юридический адрес: 117303, г. Москва,
ул. Керченская, дом 1А, корпус 1
Почтовый адрес: 141700, Московская обл.,
г. Долгопрудный, Институтский переулок, дом 9
Тел.: +7 (495) 408-42-54, факс: +7 (495) 408-68-69
info@mipt.ru

10.04.2026 № 1.08-14-3961

на №

от

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

Баган Виталий
Анатольевич

2026 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию **Елаева Евгения Валерьевича**
«Автоматизация тестового контроля цифровых радиоэлектронных
устройств», представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности
2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и
производствами (технические науки)

Актуальность темы исследования

В условиях современной экономической конъюнктуры и в соответствии с указаниями Правительства РФ, ориентированными на форсированное развитие отечественной электронной промышленности, критически актуализируется задача обеспечения контроля качества продукции в сфере высокотехнологичного производства цифровой радиоэлектронной аппаратуры. Данная тенденция обуславливает необходимость совершенствования автоматизированных систем технического контроля — как в рамках контуров АСУП (автоматизированных систем управления производством), так и в сфере постпроизводственного обслуживания и ремонта сложных цифровых радиоэлектронных устройств (ЦРЭУ). Решение обозначенной проблемы требует разработки новых методологических подходов к построению программных и поведенческих моделей цифровых устройств, включая алгоритмы автоматизированной верификации работоспособности и поиска дефектов в цифровых радиоэлектронных системах с априори неизвестными алгоритмами функционирования, назначением и целью использования.

Таким образом, тема диссертационного исследования Елаева Евгения Валерьевича является актуальной и соответствует приоритетным направлениям развития науки и технологий в области развития отрасли цифровой электроники и автоматизации технологических процессов.

Структура и содержание работы

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, содержащего 124 наименований, списка сокращений, списка иллюстративного материала, 6 приложений. Общий объем диссертации составляет 128 страниц, включая 36 рисунков и 8 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, формулируются цели работы и положения, выносимые на защиту, приведены основные результаты, их новизна и практическая ценность.

В первой главе приведен анализ имеющихся способов и технологий тестирования ЦРЭУ, представлен метод формирования моделей цифровых микросхем и метод интегрирования нецифровых аналоговых компонентов микросхемы в модель объекта контроля с учетом специфики задач тестирования.

Вторая глава посвящена технологии создания тестов, подходам к формированию моделей ЦРЭУ с элементами программируемой логики, при отсутствии доступа к конфигурирующей программе. В этой же главе разрабатывается метод автоматизированной генерации проверяющей тестовой последовательности для задач тестового контроля цифровых устройств. Приводится описание разработанного программного комплекса CRIT, реализующего данные подходы, метод и алгоритм

В третьей главе на примере тестирования ЦРЭУ, содержащего элементы различной степени интеграции, показана эффективность предложенных методов, алгоритма и программного комплекса CRIT.

В заключении приводятся основные результаты и выводы по диссертационной работе.

Структура работы обеспечивает последовательное раскрытие темы, логическую взаимосвязь разделов и полное обоснование выносимых на защиту научных положений.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и результатов

В основе научных положений, выводов и результатов диссертационной работы лежит системный подход к исследованию, сочетающий комплексный анализ современного научно-технического знания и экспериментальные

результаты, полученные с применением современных исследовательских методов, таких как, математическое и имитационное моделирование, численные методы, методы автоматизации технологических процессов, информационные технологии, методы нейронных сетей, структурный анализ.

Достоверность полученных результатов подтверждается практическим путем при тестировании реального цифрового объекта контроля на основе предложенных подходов, алгоритма и методов, с использованием программного комплекса CRIT.

Полученные данные находятся в строгом соответствии с фундаментальными научными концепциями, представлениями и результатами исследований ведущих специалистов как в области цифровой схемотехники, так и в области автоматизации такого технологического процесса как тестовый контроль. Выводы по главам и заключение научно обоснованы и отражают суть выполненных исследований.

Обоснованность и достоверность результатов дополнительно подтверждена широкой научной апробацией. Основные положения диссертационного исследования были представлены и получили положительную оценку экспертного сообщества на ряде международных и всероссийских научно-технических конференциях. Основные результаты диссертации изложены в 13 научных публикациях, в том числе: в 4 работах в рецензируемых научных изданиях ВАК РФ, 3 в изданиях индексируемых в международных базах данных (Scopus, Web of Science) и в 1 свидетельстве о государственной регистрации программы для ЭВМ.

С учётом вышеизложенного можно заключить, что основные положения диссертационной работы, выносимые на защиту, а также заключение и результаты, являются теоретически обоснованными, достоверными и экспериментально подтвержденными.

Научная новизна

Новизной исследований и полученных результатов является разработка методов, алгоритмического и программного обеспечения автоматизированного тестового контроля сложных ЦРЭУ, оценивающих их работоспособность путем автоматизированной генерации входной тестовой последовательности сигналов и моделирование реакции объекта контроля на них.

Представленные результаты диссертационного исследования демонстрируют существенный вклад в развитие автоматизированного тестирования цифровых радиоэлектронных устройств. Научная новизна работы носит комплексный характер и заключается в разработке

принципиально новых методологических и алгоритмических решений, открывающих перспективы для повышения эффективности тестового контроля сложных ЦРЭУ.

Разработаны оригинальные методы создания программных моделей компонентов ЦРЭУ, учитывающие специфику и требования задач тестового контроля цифровых радиоэлектронных систем. Разработанные методы базируются на формализованной интерпретации технических описаний, математическом аппарате описания функциональных характеристик и принципах восходящего проектирования.

Разработан метод интеграции аналоговых узлов в имитационную модель цифрового объекта контроля. При тестировании цифровых радиоэлектронных систем, особой актуальностью обладает задача интеграция, встречающихся в объекте контроля аналоговых узлов в его имитационную модель, что позволило бы осуществить полноценный тестовый контроль всего устройства. Метод построен на применении математических моделей аналоговых компонентов, что позволяет добиться высокой степени соответствия между моделированием поведения сигнала при прохождении его через аналоговые узлы и реальным изменением его характеристик, что позволяет повысить качество тестовой последовательности.

Разработана и программно реализована технология формирования моделей входных воздействий, гарантирующая полноту активации функциональных элементов системы, проверку корректности межкомпонентных связей посредством целенаправленного воздействия, воспроизводимость тестовых сценариев при повторных испытаниях, повышение достоверности результатов контроля за счёт гарантированной активации всех функциональных элементов и проверки целостности связей между компонентами.

Разработан эффективный алгоритм автоматизированного тестирования ЦРЭУ, реализованный в виде специализированного программного модуля. Алгоритм обеспечивает оценку работоспособности объекта контроля на основе анализа полноты тестового покрытия и реакции имитационной модели ЦРЭУ на тестовые воздействия, с минимизацией времени тестирования.

Предложены подходы к моделированию цифровых систем с элементами программируемой логики. Разработанные принципы моделирования актуальны в условиях отсутствия доступа к конфигурирующей программе («прошивке») и позволяют проводить тестирование всего объекта контроля, компонентами которого являются подобные элементы.

Научная и практическая ценность диссертации

Теоретическая ценность диссертационной работы заключается в разработке комплексного математического аппарата, алгоритмических решений и методологических подходов, обеспечивающих автоматизацию процессов тестирования цифровых устройств в рамках систем управления качеством на высокотехнологичных производствах, так и в сфере постпроизводственного обслуживания и ремонта сложных ЦРЭУ.

Практическая значимость диссертационной работы подтверждена созданием программного комплекса CRIT (Computer Aided Radioelectronic Integrated Testing), обеспечивающего автоматизированную генерацию тестовой последовательности для широкого спектра цифровых устройств, имеющую совместимость с промышленными установками тестового контроля отечественного производства в т.ч.: УТК 512 (установка тестового контроля); СкатЦ (система комплексного автоматизированного тестирования). Практическая значимость диссертационной работы, подтвержденная соответствующими актами внедрения, используются в производственной деятельности АО «Производственная компания «Специальные Инновационные Технологии»», а также в учебном процессе факультета ПМ-ПУ СПбГУ.

Апробация результатов работы

Основные научные результаты и положения, сформулированные автором в ходе исследования, прошли научную апробацию посредством представления на международных и отечественных научных конференциях и семинарах: 2014 International conference on computer technologies in physical and engineering applications (ICCTPEA); Четвертой конференции «Информационные технологии на службе оборонно-промышленного комплекса России 2015»; “Huawei” Company Seminar “Open Day” 2019; MWENT-2018 (Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies).

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации

Полученные результаты могут быть использованы в организациях, осуществляющих свою деятельность как непосредственно в сфере производства, так и в сфере постпроизводственного обслуживания и ремонта сложных цифровых радиоэлектронных устройств (ЦРЭУ).

Результаты работы позволяют унифицировать подходы к тестированию на предприятиях отрасли, интегрировать процессы контроля качества в общую

систему управления производством, обеспечить воспроизводимость результатов контроля качества на разных производственных площадках.

Замечания по содержанию и оформлению диссертационной работы

При рецензировании диссертации и автореферата выявлены следующие недочеты и замечания:

1. Описанные в разделе 2.2 подходы к моделированию ЦРЭУ с компонентами программируемой логики при отсутствии конфигурирующей программы, имеют только теоретическую составляющую, не приведены и не разобраны примеры практической реализации тестового контроля устройств такого класса;

2. Из текста работы следует, что результатом работы системы автоматизированного построения тестов являются совокупность временных последовательностей входных сигналов и соответствующие им временные последовательности выходных сигналов устройства, которые получаются в результате моделирования устройства сторонним симулятором. Однако в работе не указана как структура получающихся файлов результатов моделирования, так и способ их преобразования в соответствующие файлы пригодные для загрузки в установку тестового контроля;

3. В работе многократно упоминается, что созданные системой CRIT тесты предназначены для работы в комплексе с установками тестового контроля УТК-512 и Скат-Ц, но не указаны технические характеристики этой специальной техники.

Отмеченные недостатки не снижают значимости представленных автором результатов и общей положительной оценки работы Елаева Е.В.

Заключение

Диссертация Елаева Евгения Валерьевича соответствует пп. 2 и 15 паспорта научной специальности 2.3.3.«Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами», выполнена на актуальную тему, является законченной научно-квалификационной работой, в которой предложены научно-обоснованные технические решения по совершенствованию методов автоматизации комплексного тестового контроля цифровых радиоэлектронных устройств, включающего в себя программную и аппаратную часть на основе поведенческого моделирования объекта контроля, интерфейсного метода автоматизации тестирования, что имеет существенное значение для развития отрасли цифровой радиоэлектроники Российской Федерации.

Результаты работы в достаточной мере опубликованы и апробированы. Полученные в диссертации результаты, научные положения и

сформулированные выводы обоснованы, достоверны, обладают новизной, имеют теоретическую и практическую значимость. Текст написан автором самостоятельно грамотным техническим языком, графический материал выполнен на высоком уровне. По актуальности затронутых вопросов, научной новизне и практической значимости, числу публикаций диссертация на тему: «Автоматизация тестового контроля цифровых радиоэлектронных устройств» соответствует всем требованиям ВАК Минобрнауки России предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Работа соответствует требованиям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации 842 от 24 сентября 2013 г. (с изменениями и дополнениями), а ее автор Елаев Евгений Валерьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки).

Отзыв на диссертацию обсужден и одобрен на заседании научного семинара кафедры электроники федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» 07.04.2026 года, протокол 2/26.

Доктор физ.-мат. наук,
профессор

Шешин Евгений Павлович

07.04.2026 г.

Почтовый адрес: 141700, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский пер.,9

Телефон: +7 (905) 538 67 83,

Адрес электронной почты: sheshin.ep@mipt.ru

Организация - место работы: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)», кафедра электроники.

Должность: Заместитель заведующего кафедрой, доктор физико-математических наук (докторская диссертация защищена по специальности 01.04.07 Физика конденсированного состояния), профессор.

Web-сайт организации: <https://mipt.ru>