

В диссертационный совет 24.2.385.09 при
федеральном государственном бюджетном
образовательном учреждении высшего
образования «Санкт-Петербургский
государственный университет
промышленных технологий и дизайна»

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

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 диссертационного исследования

Предлагаемое диссертационное исследование направлено на решение актуальной задачи по реализации тестового контроля цифровых радиоэлектронных устройств, что позволяет повысить как качество выпускаемой цифровой продукции, так и увеличить ее срок службы на этапе эксплуатационного инженерно-технического обслуживания. Решение поставленной задачи представляет особый интерес для цифровых устройств, информация об алгоритмах работы которых, роль и предназначение в составе более сложных систем неизвестно.

В рамках проведенного диссертационного исследования разработаны новые методы создания программных и поведенческих моделей цифровых устройств, а также подходы, алгоритм и программное обеспечение, позволяющие автоматизированно проводить оценку работоспособности цифровых устройств.

Таким образом, диссертационная работа Елаева Евгения Валерьевича актуальна и значима для развития цифровой электроники и автоматизации технологических

процессов, связанных с контролем качества продукции на различных этапах ее эксплуатации.

Структура и содержание диссертации, соответствие паспорту специальности Диссертация представляет собой самостоятельное научное исследование, отличающееся логичностью и завершённостью. Работа включает в себя введение, три главы с выводами, заключение, а также список литературы, перечень сокращений, список иллюстраций и шесть приложений. Общий объём составляет 128 страниц.

Во введении диссертационной работы даётся развёрнутое обоснование актуальности избранной темы, формулируются цель и задачи работы, а также излагаются основные научные положения, выносимые на защиту. Также представлены главные результаты работы, проведена оценка их научной новизны и раскрыта практическая ценность предложенных решений.

В первой главе проведен комплексный обзор современных методик, технологий и средств тестирования цифровых радиоэлектронных устройств. Уделено внимание их преимуществам и ограничениям в контексте задачи автоматизации тестового контроля цифровых интегральных схем.

Разработаны оригинальные методы построения имитационных моделей цифровых компонентов, гарантирующие достаточную точность отражения реальных характеристик объекта контроля при проведении тестов. Предложен и обоснован также метод интеграции аналоговых элементов микросхем в единую модель объекта контроля. Данные методы учитывают специфические особенности процедур тестирования устройств.

Во второй главе детально рассматривается технология разработки тестов цифровых устройств, представлены подходы формирования моделей цифровых устройств, содержащих элементы программируемой логики, в условиях отсутствия доступа к файлам конфигурации, что позволяет осуществить тестовый контроль. Представлено описание разработанного в рамках исследования метода автоматизированной генерации проверяющих тестовых последовательностей для цифровых устройств.

Описан созданный программный комплекс CRIT, в котором реализованы предложенные методы, алгоритмы и процедуры, обеспечивающие автоматизацию процесса синтеза тестов для объектов контроля.

В третьей главе подтверждается практическая значимость и эффективность предложенных в работе решений. На примере проведения тестирования реального цифрового устройства демонстрируется высокая эффективность разработанного алгоритма, методов и созданного программного комплекса CRIT. Результаты демонстрируют перспективность их использования в производственных и ремонтных процессах.

В заключении диссертации представлены основные научные результаты, полученные в ходе исследования, и сформулированы выводы.

Материал диссертационной работы соответствует современным требованиям в области цифровой электроники и автоматизации, изложен последовательно, логично и структурированно, что обеспечивает ясность восприятия и научную строгость работы. Используемая терминология отличается корректностью. Цель диссертации достигнута.

Диссертационное исследование выполнено в полном соответствии с требованиями паспорта научной специальности **2.3.3 — «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» (технические науки)**. В работе реализованы положения, относящиеся к п. 2 «Автоматизация контроля и испытаний», а также к п. 15 «Теоретические основы, методы и алгоритмы диагностирования (определение работоспособности, поиск неисправностей и прогнозирование) АСУТП, АСУП, АСТПП и др.».

Автореферат диссертации корректно отражает структуру и основное содержание работы, сформулированные в ней положения, научную новизну, теоретическую и практическую значимость, а также сведения об апробации и публикациях. Материал в автореферате представлен в сжатой, но в целом достаточно информативной форме, логика изложения соответствует структуре диссертации.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и

результатов

Обоснованность научных положений, представленных к защите, обеспечивается строгой методологической корректностью проведённого исследования и всесторонним анализом современного научно-технического знания в области цифровой диагностики и автоматизации.

В процессе разработки методов, подходов и алгоритма последовательно применялся комплексный научный подход, интегрирующий следующие методологические компоненты: системный и структурный анализ, методы автоматизации технологических процессов, методы нейронных сетей, информационные и компьютерные технологии.

Достоверность научных положений, вынесенных на защиту, подтверждена результатами практической апробации разработанных решений. Проведено тестирование реального цифрового объекта контроля с использованием созданного программного комплекса CRIT, в рамках которого были реализованы предложенные методы и алгоритмы.

Кроме того, подтверждена практическая значимость работы: результаты исследования внедрены в производственную деятельность АО «Производственная компания „Специальные Инновационные Технологии“».

Научная новизна

Научная новизна диссертационного исследования заключается в разработке ряда оригинальных решений, направленных на совершенствование методов автоматизации тестового контроля цифровых радиоэлектронных устройств.

- Разработаны оригинальные методы построения программных моделей компонентов цифровых устройств. Данные методы адаптированы к специфическим требованиям задач тестового контроля цифровых радиоэлектронных систем. В основу разработанных методов положены интерпретация технических описаний компонентов, математическое моделирование их функциональных характеристик, а также структурная декомпозиция и принципы восходящего проектирования. Данные методы

позволяют обеспечить высокую достоверность и полноту моделирования при проведении тестового контроля.

- Разработан метод внедрения аналоговых узлов в модель имитационного моделирования цифрового объекта контроля на базе математических моделей, описывающих изменение сигнала. Такой подход позволяет осуществлять комплексный тестовый контроль цифровых плат, содержащих аналоговые элементы (за исключением ЦАП и АЦП).
- Создана и программно реализована технология моделирования входных воздействий, предназначенная для организации тестового контроля цифровых систем. Разработанный подход позволяет комплексно воспроизвести отклик всех компонентов объекта контроля на входные воздействия и активировать существующие между ними функциональные связи. Это даёт возможность сформировать оценку работоспособности цифровых устройств.
- Разработан и программно реализован оригинальный алгоритм, позволяющий автоматизированно генерировать проверяющие тестовые последовательности для цифровых устройств. Новизна предложенного алгоритма заключается в выделении в объекте контроля функциональных блоков и последующем применении метода синтеза тестовых последовательностей, основанного на принципах, аналогичных обратному распространению ошибки в искусственных нейронных сетях. Кроме того, алгоритм анализирует полноту тестового покрытия на основе реакции имитационной модели на входные воздействия. Такой подход позволяет синтезировать набор тестов, обеспечивающий максимальное покрытие.
- Предложены подходы моделирования цифровых систем, включающих в себя компоненты программируемой логики с неизвестной прошивкой (файлом конфигурации). Разработанные подходы позволяют проводить комплексное тестирование всего объекта контроля с такими элементами как единой системы.

Апробация результатов работы

Основные результаты диссертационного исследования были апробированы на пяти различных российских и международных научных конференциях и семинарах,

что обеспечило их экспертную оценку и обсуждение в профессиональном сообществе. По теме диссертации опубликовано тринадцать научных работ, в том числе:

- четыре статьи в рецензируемых научных изданиях, включённых в перечень Высшей аттестационной комиссии Российской Федерации (ВАК РФ);
- три статьи в международных рецензируемых изданиях, индексируемых в наукометрической базе Scopus.

Кроме того, получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Научная и практическая ценность диссертации

Выполненное исследование формирует теоретический фундамент автоматизации такого технологического процесса, как тестирования цифровых устройств. В рамках работы создан оригинальный алгоритм, разработаны системные методы и подходы, на основе математического аппарата, обеспечивающие автоматизацию процедуры тестирования цифровых устройств в рамках системы тестового контроля.

Прикладная и практическая ценность выполненной научной работы наглядно демонстрируется созданием специализированного программного комплекса CRIT. Данный инструментарий создан для автоматизации процедуры формирования тестовых последовательностей в процессе контроля работоспособности цифровых радиоэлектронных устройств и полностью интегрирован с отечественными промышленными тестовыми аппаратными платформами, такими как Скат-Ц (Система комплексного автоматизированного тестирования) и УТК-512 (Установка тестового контроля).

Эффективность и практическая востребованность предложенных решений документально верифицированы. В приложении к работе прикреплен официальный акт внедрения, фиксирующий факт эксплуатации разработанного программного обеспечения в реальных производственных условиях на базе АО «Производственная компания „Специальные Инновационные Технологии“».

Помимо этого, результаты проведённого диссертационного исследования успешно интегрированы в образовательный процесс и активно используются в учебном процессе на факультете прикладной математики — процессов управления Санкт-Петербургского государственного университета.

Замечания по содержанию и оформлению диссертационной работы

В процессе анализа представленной диссертационной работы был выявлен ряд недостатков:

1. В разделе 1.3 говорится о двух методах составления поведенческой модели компонентов цифрового объекта контроля (интеграционный и функциональный), но при этом не рассматриваются приоритетные условия выбора каждого из них.
2. В разделе 2.1. (на стр. 57) говорится, что с помощью программной среды ЯСТЕК, представляющей собой регламентированный ГОСТ Р 55692-2013 язык системы тестового контроля, осуществляется взаимосвязь разработанного программного комплекса CRIT с установкой тестового контроля УТК-512, диссертация несомненно выиграла, если бы автор описал функциональные особенности реализации данного взаимодействия.
3. В разделе 2.3.(на стр.61) говорится, что при создании теста для объекта контроля необходимо учитывать его «иерархию функциональной сложности», при этом не раскрываются принципы и критерии оценки данной иерархической сложности.
4. Из текста диссертации не ясно, что является критерием успешности тестовой последовательности. С какого значения величины тестового покрытия последовательность может считаться успешной, обязательно ли для этого достижение 100% тестового покрытия.
5. В тексте диссертационной работы имеются небольшие стилистические погрешности и опечатки.

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

Заключение

Диссертационная работа Елаева Евгения Валерьевича на тему: «Автоматизация тестового контроля цифровых радиоэлектронных устройств» является завершённой научно-квалификационной работой, в которой предложены научно обоснованные технические решения, направленные на совершенствование методов автоматизации комплексного тестового контроля цифровых радиоэлектронных устройств, включающего в себя программную и аппаратную часть на основе математического и программного моделирования объекта контроля, интерфейсного метода автоматизации тестирования, что имеет существенное значение для развития отрасли цифровой радиоэлектроники Российской Федерации.

Диссертация выполнена на высоком научном уровне, по актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости соответствует требованиям,

предъявляемым ВАК Минобрнауки России к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук (пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. (с изменениями и дополнениями)), а также паспорту специальности 2.3.3. «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки)».

Автор диссертационного исследования, Елаев Евгений Валерьевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки)».

Официальный оппонент: Ястребов Анатолий Павлович,
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации,
д-р техн. наук (специальность 05.12.13 - Система и устройства радиотехники и связи), профессор,
профессор кафедры Бизнес-информатики и менеджмента,
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения».

Адрес: 190000, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 67 лит. А.

тел. :+79219398316.

e-mail: ap.guar@gmail.com

28.04.2026

А.П. Ястребов

Я, Ястребов Анатолий Павлович, даю своё согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

ГВАП ОКР

28.04