

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет Д 212.267.12, созданный на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», извещает о результатах состоявшейся 17 апреля 2019 года публичной защиты диссертации Кудина Дмитрия Владимировича «Повышение быстродействия логических схем за счет выявления ложных путей и синтеза схем, в которых задержки каждого пути обнаружимы» по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации) на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Присутствовали 15 из 21 членов диссертационного совета, из них 8 докторов наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации) (технические науки):

1. Горцев А. М., доктор технических наук, профессор,
председатель диссертационного совета, 05.13.01 (техн. науки);
2. Назаров А. А., доктор технических наук, профессор,
заместитель председателя диссертационного совета, 05.13.01 (техн. науки);
3. Тарасенко П. Ф., кандидат физико-математических наук, доцент,
ученый секретарь диссертационного совета, 05.13.01 (физ.-мат. науки);
4. Букреев В. Г., доктор технических наук, профессор, 05.13.01 (техн. науки);
5. Васильев В. А., доктор физико-математических наук, профессор,
05.13.01 (физ.-мат. науки);
6. Дмитренко А. Г., доктор физико-математических наук, профессор,
05.13.01 (физ.-мат. науки);
7. Дмитриев Ю. Г., доктор физико-математических наук, доцент,
05.13.01 (физ.-мат. науки);
8. Домбровский В. В., доктор технических наук, профессор,
05.13.01 (техн. науки);
9. Китаева А. В., доктор физико-математических наук, 05.13.01 (физ.-мат. науки);
10. Кошкин Г. М., доктор физико-математических наук, профессор,
05.13.01 (физ.-мат. науки);
11. Матросова А. Ю., доктор технических наук, профессор,
05.13.01 (техн. науки);
12. Рожкова С. В., доктор физико-математических наук, доцент,
05.13.01 (физ.-мат. науки);
13. Смагин В. И., доктор технических наук, профессор, 05.13.01 (техн. науки);
14. Спицын В. Г., доктор технических наук, профессор, 05.13.01 (техн. науки);
15. Удод В. А., доктор технических наук, профессор, 05.13.01 (техн. науки).

Заседание провел председатель диссертационного совета доктор технических наук, профессор Горцев Александр Михайлович.

По результатам защиты диссертации тайным голосованием (результаты голосования: за присуждение ученой степени – 15, против – нет, недействительных бюллетеней – нет) диссертационный совет принял решение присудить Д. В. Кудину ученую степень кандидата технических наук.

**Заключение диссертационного совета Д 212.267.12,
созданного на базе федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский Томский государственный университет»
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации,
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 24.04.2019г. № 213

О присуждении **Кудину Дмитрию Владимировичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация **«Повышение быстродействия логических схем за счет выявления ложных путей и синтеза схем, в которых задержки каждого пути обнаружимы»** по специальности **05.13.01** – Системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации) принята к защите 13.02.2019 (протокол заседания № 210) диссертационным советом **Д 212.267.12**, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, приказ о создании диссертационного совета № 105/НК от 11.04.2012).

Соискатель **Кудин Дмитрий Владимирович**, 1989 года рождения.

В 2010 году соискатель окончил государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Горно-Алтайский государственный университет».

В 2014 году соискатель очно окончил аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Горно-Алтайский государственный университет».

Работает в должности младшего научного сотрудника лаборатории геоинформатики и геомагнитных исследований в Федеральном государственном

бюджетном учреждении науки Геофизическом центре Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в лаборатории геоинформатики и геомагнитных исследований федерального государственного бюджетного учреждения науки Геофизическом центре Российской академии наук Федерального агентства научных организаций и на кафедре математики, физики и информатики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Горно-Алтайский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, **Матросова Анжела Юрьевна**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», кафедра программирования, профессор.

Официальные оппоненты:

Ефанов Дмитрий Викторович, доктор технических наук, доцент, Общество с ограниченной ответственностью «ЛокоТех-Сигнал», техническая дирекция, руководитель направления систем мониторинга и диагностики; федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта (МИИТ)», кафедра «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте», профессор

Черемисинова Людмила Дмитриевна, доктор технических наук, профессор, государственное научное учреждение «Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси», лаборатория логического проектирования, главный научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «**Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I**», г. Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве, подписанном **Никитиным Александром Борисовичем** (доктор технических наук, профессор, кафедра

«Автоматика и телемеханика на железных дорогах», заведующий кафедрой) и Сапожниковым Валерием Владимировичем (доктор технических наук, профессор, кафедра «Автоматика и телемеханика на железных дорогах», профессор), указала, что в процессе создания современных интегральных схем высокой производительности тестирования в рамках модели одиночных константных неисправностей оказалось недостаточно, необходимо тестировать непредусмотренные разработчиками задержки системы. В присутствии непредусмотренных задержек схема работает медленнее, чем ожидается. Поэтому тема исследования является актуальной. В зарубежных исследованиях в основном предлагаются эвристические алгоритмы, не гарантирующие нахождение ложного пути, если он существует. Д. В. Кудиным впервые предложен точный алгоритм выявления ложных путей в схемах с памятью, основанный на компактном представлении всех тестовых наборов v_2 , присутствующих в тестовых парах (v_1, v_2) для не робастно тестируемых неисправностей задержек путей, в виде ROBBD графа; выявлены классы комбинационных схем, в которых ложные пути отсутствуют; выявлены способы описания поведения комбинационных схем и соответствующие им методы синтеза, позволяющие получать схемы, в которых отсутствуют ложные пути; предложен метод синтеза комбинационной схемы (комбинационной составляющей схемы с памятью), гарантирующей обнаружение задержки каждого ее пути; разработан алгоритм получения тестовых пар и предложен порядок их поступления на входы схемы, обеспечивающей обнаружение задержки каждого из предъявленных путей. В отличие от результатов, полученных за рубежом для схем, использующих задание на синтез в виде тех же систем ROBBD графов, предложенный Д. В. Кудиным метод синтеза комбинационных схем не требует введения в схему дополнительного входа, что весьма нежелательно, так как комбинационные схемы являются, как правило, частью сложных дискретных устройств, и введение дополнительных входов требует дополнительных линий, а, возможно, и контактных площадок. Разработанные алгоритмы могут быть применены для построения контролепригодных схем.

Соискатель имеет 9 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 9 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 работ (из них 1 статья в российском научном журнале, переводная версия которого входит в Web of Science), в сборниках материалов конференций, представленных в зарубежных изданиях, входящих в Web of Science и / или Scopus, опубликовано 3 работы, в сборнике материалов международной научной конференции опубликована 1 работа. Общий объем публикаций – 3,99 а.л., авторский вклад – 1,0 а.л.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Наиболее значительные работы по теме диссертации, опубликованные в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. Матросова А. Ю. Обнаружение ложных путей в комбинационной схеме / А. Ю. Матросова, **Д. В. Кудин**, Е. А. Николаева // Вестник Томского государственного университета. Управление. Вычислительная техника и информатика. – 2011. – № 2 (15). – С. 99–107. – 0,55 / 0,18 а.л.

2. Матросова А. Ю. Обеспечение тестируемости задержек путей при синтезе схем покрытием BDD-графов / А. Ю. Матросова, **Д. В. Кудин**, Е. А. Николаева, Е. В. Румянцева // Вестник Томского государственного университета. Управление. Вычислительная техника и информатика. – 2013. – № 2 (23). – С. 130–139. – 0,61 / 0,15 а.л.

3. Матросова А. Ю. Обнаружение ложных путей в последовательностных схемах / А. Ю. Матросова, В. В. Андреева, С. В. Чернышов, С. В. Рожкова, **Д. В. Кудин** // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2017. – Т. 60, № 10. – С. 170–178. – 0,61 / 0,12 а.л.

в переводной версии журнала, входящей в Web of Science:

Matrosova A. Finding False Paths in Sequential Circuits / A. Yu. Matrosova, V. V. Andreeva, S. V. Chernyshov, S. V. Rozhkova, **D. V. Kudin** // Russian Physics Journal. – 2018. – Vol. 60, № 10. – P. 1837–1844. – DOI: 10.1007/s11182-018-1290-0.

Статьи в сборниках материалов конференций, входящих в Web of Science и / или Scopus:

4. Matrosova A. PDF testability of the circuits derived by special covering ROBDDs with gates / A. Matrosova, E. Nikolaeva, **D. Kudin**, V. Singh // IEEE East-West Design and Test Symposium (EWDTS) : proceedings paper. Rostov on Don, Russia, September 27–30, 2013. – New York, USA, 2013. – 5 p. – 0,5 / 0,13 а.л. (*Web of Science*).

5. Matrosova A. Combinational Circuits without False Paths / A. Matrosova, **D. Kudin**, E. Nikolaeva // IEEE East-West Design and Test Symposium, (EWDTS 2014) : proceedings paper. Kiev, Ukraine, September 26–29, 2014. – New York, USA, 2014. – P. 179–184. – 0,62 / 0,21 а.л. (*Web of Science*).

На автореферат поступило 5 положительных отзывов. Отзывы представили:

1. **С.Г. Мосин**, канд. техн. наук, доц., директор института вычислительной математики и информационных технологий Казанского (Приволжского) федерального университета, *с замечаниями*: положения, выносимые на защиту, констатируют полученные результаты, а не их отличительные признаки, обладающие новизной; не представлены целостные описания алгоритмов и методов, выносимых на защиту, в виде блок-схем или последовательности процедурных решений; не приведено доказательство утверждения на стр. 4 и 5 о том, что разработанный алгоритм поиска тестовых пар характеризуется полиномиальной сложностью.
2. **Д. В. Сперанский**, д-р техн. наук, проф., профессор кафедры «Железнодорожная автоматика, телемеханика и связь» Российского университета транспорта (МИИТ), г. Москва, *с замечанием*: в автореферате ничего не сказано о сравнении сложности получаемых при синтезе контролепригодных схем метода автора диссертации со схемами, синтезируемыми в рамках современных САПР.
3. **В. И. Хаханов**, д-р техн. наук, профессор кафедры автоматизации проектирования вычислительной техники Харьковского национального университета радиоэлектроники, Украина, *с замечанием*: из автореферата непонятно, с какими именно известными эвристическими подходами сравнивались разработанные алгоритмы, позволяющие выявить ложные пути с помощью точных методов.
4. **В. И. Потапов**, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой информатики и вычислительной техники Омского государственного технического университета, **И. В. Червенчук**, канд. техн. наук,

доцент кафедры информатики и вычислительной техники Омского государственного технического университета, *с замечаниями*: присутствует некоторая небрежность в изложении материала, например, логическая операция исключающего или в одном месте обозначена как простое сложение (знаком «+»); автор ориентировался на зарубежную нотацию обозначения логических элементов и использовал их переводные названия, например, функцию NAND, в отечественной литературе принято называть «И-НЕ» (у автора «НЕ-И»); реализованные на основе метода автора тестопригодные схемы, естественно, содержат некоторую избыточность, было бы интересно оценить степень этой избыточности, например, с помощью количественных характеристик. 5. **Р. Р. Убар**, д-р. техн. наук, проф., академик Эстонской академии наук, профессор Института компьютерных систем Таллиннского технического университета, Эстония, *с замечанием*: в автореферате не сказано о сложности получаемых при синтезе контролепригодных схем по сравнению со схемами, полученными покрытием вершин ROBDD-графов Invert-AND-OR подсхемами.

В отзывах указано, что задача контроля работоспособности цифровых устройств и создание надежной аппаратуры, особенно в условиях постоянно возрастающих степени интеграции и сложности схем, остается одной из важнейших проблем современной схемотехники. В связи с этим тема исследования является актуальной. Д. В. Кудиным разработаны точные алгоритмы выявления ложных путей в логических схемах, в отличие от известных эвристических подходов строго гарантирующие нахождение таких путей, если они существуют; предложен метод синтеза логических схем, в которых задержки каждого пути обнаружимы, основанный на покрытии вершин подсистемы ROBDD-графов Invert-AND-XOR-подсхемами, а также алгоритм построения тестовых пар для обнаружения таких задержек, характеризующийся полиномиальной сложностью; сформулированы достаточные условия для описания поведения комбинационной схемы и выбора методов синтеза, гарантирующие отсутствие ложных путей в создаваемых схемах. Разработанные алгоритмы могут быть использованы в рамках современных системах автоматизированного проектирования для синтеза схем с высоким уровнем контролепригодности.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован тем, что **Д. В. Ефанов** является известным специалистом в области тестирования и контролепригодного проектирования дискретных систем; **Л. Д. Черемисинова** является высококвалифицированным специалистом в области автоматных методов тестирования дискретных систем; в **Петербургском государственном университете путей сообщения Императора Александра I** сформирована ведущая научная школа по методам тестирования и контролепригодного проектирования дискретных систем.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований получены следующие новые результаты:

разработан новый алгоритм обнаружения ложных путей в комбинационных схемах;

разработан новый алгоритм обнаружения ложных путей в последовательностных схемах в условиях ограничения на длину установочной последовательности;

исследованы известные методы синтеза комбинационных схем и условия задания на синтез, в результате выполненных исследований сформулированы достаточные условия, гарантирующие отсутствие ложных путей в синтезируемых комбинационных схемах;

предложен новый метод синтеза комбинационных схем, основанный на покрытии вершин ROBDD-графа Invert-AND-XOR подсхемами, гарантирующий обнаружение неисправности задержки каждого из путей синтезируемой схемы.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что применение методов синтеза комбинационных схем, сохраняющих формулы, представляющие задание на синтез, при условии, что задание на синтез представлено безызбыточными дизъюнктивными нормальными формами, в том числе в виде ROBDD-графов, позволяет получать схемы, в которых отсутствуют ложные пути;

доказано, что предложенный в работе метод синтеза комбинационных схем, основанный на покрытии вершин ROBDD-графа Invert-AND-XOR подсхемами, гарантирует обнаружение неисправности задержки каждого пути получаемой схемы;

доказано, что разработанный в диссертации алгоритм обнаружения ложных путей в схемах с памятью, в условиях ограничения на длину установочной последовательности, гарантирует обнаружение ложного пути, если он существует, в отличие от используемых до настоящего времени эвристических алгоритмов.

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

разработана и внедрена комбинационная схема, которая задействована в системе управления ветроэнергетической установкой, используемой в районе Крайнего Севера (пос. Быковский, Булунский улус, Республика Якутия);

предложенный в работе метод синтеза комбинационных схем использован для получения автомата, задействованного в устройствах сбора данных вариационных магнитометров «Кварц-4» и магнитометров POS, что подтверждается актами внедрения.

Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования. Предложенные алгоритмы поиска ложных путей и метод синтеза логических схем рекомендуются к использованию в организациях, проектирующих интегральные схемы, а также при создании высоконадежных систем управления, работающих в критически важных областях техники. Полученные результаты могут также найти применение при проведении научных исследований в области проектирования контролепригодных дискретных устройств и учебном процессе, в курсах, посвященных методам технической диагностики и разработке систем управления.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория подтверждается корректным использованием аппарата дискретной математики, результатами вычислительных экспериментов на контрольных примерах, реализацией в виде схем в системе управления ветроэнергетической установкой, а также измерительной системе сбора геофизических данных;

установлено, что используемые в системах автоматизированного проектирования методы синтеза, сохраняющие безызбыточные формулы, представляющие задание на синтез, предложенные в диссертации, гарантируют отсутствие ложных путей в получаемых комбинационных схемах.

