

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
Д 217.047.01 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ АВТОМОБИЛЬНОЙ
ЭЛЕКТРОНИКИ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ» МИНИСТЕРСТВА
ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 26 апреля 2018 г. № 1

О присуждении Сорокину Сергею Александровичу ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Методология проектирования печатных плат высокопроизводительных вычислительных устройств для компьютерных интегрируемых платформ» по специальности 05.13.12 – Системы автоматизации проектирования (приборостроение), принята к защите «25» января 2018 г., протокол №1, диссертационным советом Д 217.047.01 на базе Федерального государственного унитарного предприятия (ФГУП) «Научно-исследовательский и экспериментальный институт автомобильной электроники и электрооборудования», Министерство промышленности и торговли Российской Федерации, 105187, г. Москва, ул. Кирпичная, д. 39-41, утвержденным приказом ВАК России от 13.04.2001 № 1044-в, срок полномочий совета продлен приказом № 2059-2522 Рособрнадзора от 14.10.2009 и приказом Министерства образования и науки РФ 714/нк от 02.11.2012 на период действия номенклатуры специальностей научных работников.

Гражданин Российской Федерации Сорокин Сергей Александрович, 1958 года рождения, в 1980 г. окончил Высшую Краснознаменную школу КГБ СССР им. Ф.Э. Дзержинского по специальности «Радиосвязь».

Диссертацию на соискание учёной степени кандидата технических наук на тему «Разработка и исследование методов и алгоритмов проектирования линий связи печатных плат высокопроизводительных вычислительных комплексов», по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления, защитил в 2016 году в диссертационном совете Д 217.047.01, созданном на базе Федерального государственного унитарного предприятия «Научно-

исследовательский и экспериментальный институт автомобильной электроники и электрооборудования» (ФГУП НИИАЭ).

В настоящее время Сорокин С.А. работает в должности генерального конструктора в Акционерном обществе «Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов им. М.А. Карцева» (АО «НИИВК им. М.А.Карцева»), Минпромторг России.

Диссертация выполнена в Акционерном обществе «Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов им. М.А. Карцева» (АО «НИИВК им. М.А.Карцева»), Минпромторг России.

Научный консультант:

– Варламов Олег Олегович, доктор технических наук, старший научный сотрудник, научный советник Федерального государственного унитарного предприятия «Научно-исследовательский и экспериментальный институт автомобильной электроники и электрооборудования» Министерства промышленности и торговли РФ (ФГУП НИИАЭ).

Официальные оппоненты:

– Брехов Олег Михайлович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой № 304 Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (ФГБОУ ВО МАИ),

– Бычков Игнат Николаевич, доктор технических наук, заместитель генерального директора по развитию Публичного акционерного общества «Институт электронных управляющих машин им. И.С. Брука» (ПАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука»),

– Саксонов Евгений Александрович, доктор технических наук, профессор, главный специалист Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (ФГБОУ ВО МТУСИ), дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация:

– Открытое акционерное общество «Авангард» (ОАО «Авангард»), дала положительный отзыв на диссертацию.

Отзыв составлен ученым секретарем научно-технического совета ОАО «Авангард», доктором физико-математических наук, профессором, Лукьяновым Валерием Дмитриевичем. Отзыв рассмотрен на заседании научно-технического совета ОАО «Авангард», протокол №271 от «15» февраля 2018 г. и утвержден генеральным директором ОАО «Авангард», кандидатом технических наук, Мельниковым Владимиром Александровичем.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью, известностью и их научными работами в областях разработки и применения систем автоматизации проектирования технически сложных изделий общепромышленного и специального применения.

Соискателем опубликованы 32 научные работы, из них 16 публикаций в изданиях, входящих в перечень ВАК, в том числе 3 работы в изданиях, включенных в международную наукометрическую базу Scopus, а также 2 монографии и 1 раздел в монографии. Наиболее значимыми по теме диссертации являются следующие:

В изданиях из перечня ВАК РФ:

1. Сорокин С.А. Актуальные проблемы моделирования печатных проводников многослойной печатной платы при разработке отечественного САПР / С.А. Сорокин, С.М. Чудинов // Радиопромышленность. – 2015. – 03. – С.255-267. – 0,6 п.л. (личный вклад автора – 0,3 п.л.).

2. Сорокин С.А. Исследование и выбор параметров линий связи печатных плат вычислительных комплексов / С.А. Сорокин, Д.М. Малиничев, С.М. Чудинов // Вопросы радиоэлектроники. Сер. ОТ. – 2015. – Вып. 11. – С.7-14. – 0,4 п.л. (личный вклад автора 0,2 п.л.).

3. Сорокин С.А. Выбор сечения линий связи в ЭВМ / С.А. Сорокин, Д.М. Малиничев, С.М. Чудинов // Вопросы радиоэлектроники. Сер. ОТ. – 2015. – Вып. 11. – С.15-20. – 0,3 п.л. (личный вклад автора – 0,1 п.л.)

4. Сорокин С.А. Графоаналитический метод моделирования переходного процесса в меандровой линии задержки // Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ. – 2016. – Вып.7. – С.34-41. – 0,4 п.л. (личный вклад автора – 0,4 п.л.).

5. Сорокин С.А. Оптимизация электрических и конструктивных параметров линий связи вычислительных комплексов / С.А. Сорокин, С.М. Чудинов // Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ. – 2016. – Вып.7. – С.20-23. – 0,2 п.л. (личный вклад автора – 0,1 п.л.).

6. Сорокин С.А. Применение геометрических методов решения систем уравнений на практике / С.А. Сорокин, Е.В. Гливенко, А.С. Фомочкина // Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ. – 2016. – Вып.7. – С.29-31. – 0,15 п.л. (личный вклад автора – 0,05 п.л.).

7. Сорокин С.А. Экспертная многокритериальная модель формирования комплекса расчетных соотношений при реализации технологии моделирования линий связи МПП // Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ. – 2017. – Вып. 2. – С. 39-42. – 0,5 п.л. (личный вклад автора – 0,5 п.л.).

8. Сорокин С.А. Методология проектирования и производства отечественной высокопроизводительной гетерогенной вычислительной платформы (ВГВП) в рамках импортзамещения / С.А. Сорокин, Л.Д. Баранов, С.М. Чудинов, П.В. Галаган // Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ. – 2017. – Вып. 2. – С. 14-21. – 1,0 п.л. (личный вклад автора – 0,3 п.л.).

9. Сорокин С.А. Анализ помех на элементы ЭВМ по цепям питания / С.А. Сорокин, В.А. Колосов // Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ. – 2017. – Вып. 2. – С. 102-112. – 1,0 п.л. (личный вклад автора – 0,5 п.л.).

10. Сорокин С.А. Методология расчета электрических параметров линий связи печатных плат для высокопроизводительных вычислительных устройств / С.А. Сорокин, С.М. Чудинов // Научные ведомости БелГУ. – 2017. – Выпуск 41 (март). – С. 81-91. – 0,7 п.л. (личный вклад автора – 0,3 п.л.).

В иностранных изданиях (Scopus):

1. Sorokin S. Electrical and Design Parameters Optimization of Transmission Lines in Computer Systems / S. Sorokin, S. Chudinov // Printed Circuit Design and Fab / Circuits Assembly. – 2016. – Vol. 33, Issue 5. – P. 23–25. – 0,2 п.л. (личный вклад автора 0,1 п.л.).

2. Sorokin S. Algorithm for Constructing the Transient Process in a Meander Delay Line in Printed-Circuit Boards / S. Sorokin, S. Chudinov // Printed Circuit Design and Fab / Circuits Assembly. – 2017. – Vol. 34, Issue 5. – P. 23-30. – 0,6 п.л. (личный вклад автора – 0,3 п.л.).

3. Sorokin S. The Methodology for Calculating the Electrical Parameters of the PCB Transmission Lines for High-Performance Computing Devices / S. Sorokin, S. Chudinov // Printed Circuit Design and Fab / Circuits Assembly. – 2017. – Vol. 34, Issue 7. – P. 22–27, 37. – 0,45 п.л. (личный вклад автора – 0,2 п.л.).

В других изданиях:

1. Сорокин С.А. Разработка математических моделей для трассировки меандровых линий задержки с оптимальными параметрами / С.А. Сорокин, Т.Р. Газизов // Томск: ТУСУР. – 2013. – 230 с. – 50 экз. – 9,4 п.л. (личный вклад автора – 4,7 п.л.).

2. Сорокин С.А. SimOne – отечественный симулятор электронных схем / С.А. Сорокин, А.А. Прикота // Современная электроника. – 2015. – Вып. 9. – с. 62-65. – 0,2 п.л. (личный вклад автора – 0,1 п.л.).

3. Сорокин С.А. Ещё раз про ТороR // Современная электроника. – 2016. – Вып. 1. – с. 56–58. – 0,1 п.л. (личный вклад автора – 0,1 п.л.).

Монографии:

1. Сорокин С.А. Теоретические основы построения вычислительной системы функционально-операторного типа / С.А. Сорокин, Е.В. Гливенко, Г.Н. Петрова. – М.: Московский Технологический Университет (МИРЭА), 2016. – 144 с. – 9,0 п.л. (личный вклад автора – 3,0 п.л.).
2. Сорокин С.А. Теоретико-методологические основы проектирования печатных плат высокопроизводительных вычислительных комплексов / С.А. Сорокин. – М.: Московский Технологический Университет (МИРЭА), 2017. – [электронное издание] – 18,0 п.л. (личный вклад автора – 18,0 п.л.).
3. Сорокин С.А. Управление развитием крупномасштабных систем (Современные проблемы. Выпуск 3) [Монография – раздел 19, Вычислительная платформа для высокопроизводительных вычислений встраиваемого класса] / С.А. Сорокин, С.М. Чудинов, А.Д. Цвиркун. – М.: ИПУ РАН издательство: Физматлит, 2017. – с. 487-507. – 1,5 п.л. (личный вклад автора – 1,3 п.л.).

На автореферат диссертации поступило 14 отзывов, которые содержат следующие характерные замечания:

- при сравнении разработанных САПР в качестве альтернативных САПР рассматриваются только программные продукты от Mentor Graphics, следовало бы расширить перечень альтернатив, включив в него САПР от других производителей;
- не приведены рекомендации по дополнениям стандартов при решении задач моделирования меандровых линий задержки;
- не сказано о той элементной базе, для которой и предлагается в диссертации методика разработки печатных плат, в том числе не отмечены особенности корпусов быстродействующих многоядерных процессоров, которые следует учитывать при разводке печатных плат;
- не проведена оценка возможностей предлагаемой методики в сторону увеличения частотного диапазона;
- не приведены основные параметры ВГВП, разработанных в результате предложенных методов проектирования;
- при описании результатов в ряде пунктов отсутствуют дополнительные пояснения, показывающие их отличительные особенности;
- недостаточно четко показана целесообразность использования структурно-параметрического синтеза для построения математических моделей переходных процессов в многослойных печатных платах;
- не приведены данные по свидетельствам о государственной регистрации программных пакетов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований получены результаты, обладающие научной новизной:

– **разработан** комплексный подход к моделированию многослойных печатных плат (МПП) вычислительных устройств с гибкой топологической структурой и учетом факторов сохранения целостности высокочастотных импульсных логических сигналов, отличающийся тем, что он включает в себя:

- системы расчетных соотношений технологии моделирования высокоэффективных линий связи МПП с топологической структурой и минимизированными искажениями сигналов;
- графоаналитический метод моделирования процессов распространения импульсных сигналов субнаносекундного диапазона в многосекционных меандровых линиях задержки МПП вычислительных комплексов с учетом интенсивных перекрестных помех;
- модифицированный частотный метод исследования трансформации импульсных сигналов в линиях связи с потерями применительно к элементам вычислительной техники в виде многослойных печатных плат;

– **реализована** методология создания программного приложения для компьютерного моделирования линий связи с гибкой топологией и высокими показателями обеспечения целостности сигналов в МПП высокопроизводительных вычислительных устройств субнаносекундного диапазона на основе применения разработанной технологии моделирования;

– **разработаны** научно-технические принципы создания высокопроизводительных гетерогенных вычислительных платформ (ВГВП) на базе теоретического анализа и экспериментальных исследований, применение которых позволяет создать номенклатуру средств вычислительной техники, обладающих высокими качественными показателями для применения в жестких условиях эксплуатации;

– **разработана** методика синтеза ВГВП, обеспечивающая ускорение научно-технического прогресса и имеющей важное народно-хозяйственное значение в условиях приоритетного импортозамещения, предложенная методика отличается от известных методик тем, что она разработана на базе трансформации и взаимной интеграции неформализованных эвристических методов и формализованных методов на основе морфологического подхода, предусматривает процедуру сокращения признакового пространства при формировании морфологической таблицы и позволяет синтезировать не одно

техническое решение, а типоразмерный ряд изделий, интегрированных в виде платформы;

– **создана** новая отечественная ВГВП с высокими качественными и эксплуатационными характеристиками для решения ряда прикладных задач импортозамещения.

Теоретическая значимость исследования определяется совершенствованием методов компьютерно-математического моделирования многослойных печатных плат с гибкой топологией и высокими показателями целостности передачи логических сигналов субнаносекундного диапазона.

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

– **разработана** методология проектирования печатных плат высокопроизводительных вычислительных устройств для компьютерных интегрируемых платформ в рамках импортозамещения, которая является основой для инновационных научно-технических и конструктивных проектных решений, обеспечивающих высокую эффективность вычислительных платформ и их аналогов;

– **разработана** САПР ТороR для компьютерного моделирования и проектирования линий связи МПП высокопроизводительных вычислительных устройств субнаносекундного диапазона, обеспечивающая целостность высокочастотных логических сигналов при передаче по уплотненным линиям связи.

– **получено практическое внедрение** результатов работы в ряде организаций, занимающихся разработкой и производством высокопроизводительных вычислительных платформ.

Практическая значимость основных результатов работы подтверждена 8 актами внедрения. Имеются 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ, полученные при создании системы автоматизации проектирования многослойных печатных плат.

Результаты диссертационной работы, в особенности, предложенную методологию проектирования МПП, научно-технические принципы создания и методику синтеза ВГВП, целесообразно использовать в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах, проводимых предприятиями промышленности при разработке высокопроизводительных вычислительных устройств для компьютерных интегрируемых платформ, предназначенных для применения в системах управления современных оборонных комплексов, работающих в реальном масштабе времени, а также предназначенных для обработки больших объемов информации в промышленных установках. Примерами таких предприятий могут служить

ЗАО «Научно-производственная фирма «ДОЛОМАНТ»,
АО «Информационные спутниковые системы» имени академика
М.Ф. Решетнева», АО «Научно-исследовательский институт
приборостроения имени В.В. Тихомирова».

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– **достоверность** выводов и рекомендаций подтверждается использованием в исследованиях апробированных математических методов и моделей электрофизических процессов; отсутствием противоречий с известными теоретическими положениями и опытными данными; согласованностью результатов, получаемых для частных случаев, с представленными в научной литературе результатами других исследований.

Личный вклад соискателя состоит в том, что им:

– **выполнен** анализ современного состояния разработок в области структурно-параметрических САПР, синтеза и реализации алгоритмов моделирования МПП для высокоскоростных вычислительных устройств субнаносекундного диапазона, на основании которого обоснована актуальность дальнейших исследований в области проектирования МПП для российской современной вычислительной техники, включая высокопроизводительные платформы;

– **разработана** методология решения задач определения электрических и конструктивных параметров линий связи высокопроизводительных вычислительных комплексов на основе усовершенствованной технологии моделирования переходных процессов в печатных соединениях МПП с учетом помех отражения и перекрестных помех в реальных демпфированных линиях связи и меандровых линиях задержки, а также требований к сохранению целостности сигналов;

– **получен** комплекс расчетных соотношений, характеризующих процессы распространения сигнальных импульсов по длинным линиям связи с учетом специфики и полноты согласования, наличия потерь, выраженной неоднородности по длине, наличия отводов, влияния формы сечений проводников и ряда других факторов;

– **предложен** графоаналитический метод моделирования переходных процессов в меандровой линии задержки, который требует для моделирования меньше вычислительных мощностей и обеспечивает погрешность оценки в пределах 5–10%, что является приемлемым значением;

– **разработана** методика модифицированного частотного метода исследования трансформации импульсных сигналов в линиях связи с потерями применительно к элементам вычислительной техники в виде многослойных печатных плат;

– **получены** результаты моделирования по временному ряду, позволяющие описывать переходные процессы на конце согласованной линии передачи с потерями при возбуждении ее перепадами напряжений с конечной длительностью фронта и пригодной для описания реакции линии передачи на импульсы различной формы;

– **представлена** модель линии связи для расчета времени установления переходной характеристики, прогнозирования формы, амплитуды и времени установления сигналов на выходе согласованной линии передачи при возбуждении ее импульсами с конечной длительностью фронта.

– **разработан** частотный метод исследования трансформаций высокочастотных импульсных сигналов в линиях связи с потерями применительно к элементам вычислительной техники в виде многослойных печатных плат, базирующийся на использовании аппарата интегральных преобразований и позволяющий решить задачу выделения аддитивных компонент (фильтрации) сигналов и синтеза сигналов, обладающих максимальной/минимальной концентрацией энергии в заданном наборе частотных интервалов;

– **показано**, что работоспособность вычислительных систем в значительной степени зависит от помех, воздействующих на элементы ЭВМ по цепям электропитания, проведенный анализ позволил оценить уровни шести видов помех на входах микросхем ЭВМ и сформировать требования к проектированию систем распределенного питания;

– **выполнены** исследования по определению параметров системы распределенного питания для вычислительных устройств, использующих высокоскоростные цифровые многослойные печатные платы, показано, что указанные системы формируются из одной или более пар проводящих плоскостей, используемых как слои питания и GND (цифровая земля), набора развязывающих конденсаторов и проводников монтажа конденсаторов и микросхем;

– **реализованы** разработанные методы и алгоритмы усовершенствованной технологии моделирования при создании отечественной САПР ТороR для проектирования линий связи МПП с гибкой топологией в компании «Эремекс»;

– **установлено**, что разработанная методология синтеза гибкой топологической схемы обеспечивает улучшение показателей электромагнитной совместимости и помехоустойчивости проектируемых МПП, показателей качества целостности сигналов за счет достижения усредненной изотропии трассировки, минимизации длины проводников и

числа межслойных переходов, что обеспечивает конкурентные характеристики проектируемых плат;

– **показано**, что разработанные научно-технические принципы проектирования ВГВП позволяют создать номенклатуру средств вычислительной техники, обладающих высокими качественными и эксплуатационными показателями.

В диссертации решена научная проблема исследования и проектирования многослойных печатных плат высокопроизводительных вычислительных устройств для компьютерных интегрируемых платформ, что способствует повышению конкурентоспособности отечественных средств вычислительной техники и направлено на укрепление обороноспособности страны, имеет важное народно-хозяйственное значение.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной проблемы и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация представляет собой научно-квалифицированную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней.

На заседании 26.04.2018 г. диссертационный совет принял решение присудить Сорокину Сергею Александровичу ученую степень доктора технических наук по специальности 05.13.12 – Системы автоматизации проектирования (приборостроение).

При проведении тайного голосования диссертационного совета в количестве 17 человек, из них 5 докторов наук по специальности 05.13.12 – Системы автоматизации проектирования (приборостроение), участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета

д.т.н., профессор

Болнокин Виталий Евгеньевич

Ученый секретарь диссертационного совета

д.т.н., с.н.с.

Варламов Олег Олегович



Дата оформления Заключения «26» апреля 2018 г.