

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.021.03,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК**

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 04 февраля 2020 года № 1

О присуждении Школину Алексею Николаевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Математическое моделирование процессов в интегральных микросхемах импульсных преобразователей напряжения при внешних тепловых и электрических воздействиях» по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» принята к защите 03 декабря 2019 года (протокол заседания № 5) диссертационным советом Д 212.021.03, созданного на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Брянский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 241035, Россия, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, д. 7, созданным приказом № 714/нк от 02.11.2012 г.

Соискатель Школин Алексей Николаевич, 1981 года рождения.

В 2003 году окончил Брянский государственный технический университет по специальности «Промышленная электроника».

В 2006 г. окончил очную аспирантуру Брянского государственного технического университета по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в промышленности)».

В настоящее время соискатель работает старшим преподавателем кафедры «Электронные, радиоэлектронные и электротехнические системы» в

ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», г. Брянск.

Диссертация выполнена на кафедре «Электронные, радиоэлектронные и электротехнические системы» в ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», г. Брянск.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Потапов Леонид Алексеевич, руководитель НИЛ АТМ ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет».

Официальные оппоненты:

Михальченко Сергей Геннадьевич, доктор технических наук, доцент, ведущий кафедрой «Промышленная электроника» ФГБОУ ВО «Томский университет систем управления и радиоэлектроники»;

Безик Дмитрий Александрович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры электроэнергетики и автоматики ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)» (ЛЭТИ), в своем положительном отзыве, подписанном Богачевым Михаилом Игоревичем, д.т.н., в.н.с. кафедры «Радиоэлектронные средства» ЛЭТИ, д.т.н., профессором, деканом факультета радиотехники и телекоммуникаций ЛЭТИ Малышевым Виктором Николаевичем, и утвержденном Шелудько Виктором Николаевичем, д.т.н., доцентом, ректором ЛЭТИ, указала, что значимость результатов исследований для науки и практики заключается в решении важной и актуальной научной задачи математического моделирования динамических процессов, характеризующих поведение интегральных микросхем импульсных преобразователей напряжения, с использованием нового метода математического моделирования, имеющая существенное значение для практики разработки и испытаний микросхем импульсных преобразователей напряжения, а также для развития методов модельно-ориентированного проектирования импульсных преобразователей напряжения, использующих в своем составе микросхемы данного класса. Результаты исследования, по мнению ведущей

организации, могут найти расширенное применение, в том числе при математическом моделировании различных нелинейных динамических систем, принцип работы которых включает в себя импульсный характер; при экспериментальном определении характеристик поведенческих моделей нелинейных динамических систем; при проектировании электронной импульсной преобразовательной техники; при организации тестирования электронных компонентов; при исследовании влияния условий эксплуатации на характеристики интегральных микросхем; при экспериментальном определении характеристик поведенческих моделей электронных изделий, а также при оценке условий электромагнитной совместимости импульсных преобразователей. Представляется целесообразным также использование результатов исследования в учебном процессе при изучении дисциплин электротехнического профиля, а также дисциплин, связанных с общими вопросами математического моделирования и его приложений. Диссертационная работа Школина Алексея Николаевича «Математическое моделирование процессов в интегральных микросхемах импульсных преобразователей напряжения при внешних тепловых и электрических воздействиях», представленная на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, отличается актуальностью, является завершённой научно-квалификационной работой, имеет признаки научной новизны, характеризуется теоретической и практической ценностью и в целом соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (в редакции Постановления Правительства Российской Федерации от 28.08.2017 № 1024) к кандидатским диссертациям. Диссертантом корректно поставлена и успешно решена актуальная научно-техническая задача математического моделирования динамических процессов, характеризующих поведение интегральных микросхем импульсных преобразователей напряжения. Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации и соответствует ее структуре. Основные положения диссертации в полной мере отражены в публикациях и научных докладах. Автор диссертационной работы Школин Алексей Николаевич заслуживает присуждения

степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Результаты диссертации и отзыв обсуждены и одобрены на экспертном научно-техническом семинаре факультета радиотехники и телекоммуникаций ФГАОУ ВО «СПбГЭТУ «ЛЭТИ», протокол от 24 декабря 2019 года б/н.

Соискатель имеет 29 опубликованных работ общим объемом 10,1 п.л., из них авторских 7,2 п.л., в том числе 15 по теме диссертации, 4 статьи в журналах, входящих в перечень ВАК РФ, 5 публикаций в журналах, входящих в международные базы цитирования Web of Science и Scopus. Кроме этого, получено 4 свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ и один патент на полезную модель. Публикации, в том числе, написанные с соавторами, отражают результаты, полученные непосредственно автором.

Наиболее значимые научные работы, отражающие основные положения диссертации:

1. Школин, А.Н. Измерение тепловых и электрических параметров микросхем импульсных преобразователей напряжения / А.Н. Школин, А.Ю. Дракин, Л.А. Потапов, В.Ф. Зотин // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки». – 2019. – №7. – С. 146-153.
2. Школин, А.Н. Использование имитационных моделей при контроле параметров интегральных микросхем [Электронный ресурс] // А.Ю. Дракин, А.Н. Школин, А.А. Пугачев // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 4. – Режим доступа: www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2019/5849.
3. Школин, А.Н. Аппроксимация передаточной характеристики чувствительного элемента термоанемометрического датчика расхода жидкости / В.И. Громов, П.В. Ястребов, К.Л. Афанасьев, В.В. Фесов, А.А. Малаханов, А.Н. Школин // Вестник БГТУ. – 2017. – № 3. – С. 80-87.
4. Shkolin, A.N. Development of automated measurement systems for testing integrated circuits of switching converters / A.N. Shkolin, A.Y. Drakin, V.F. Zotin // 2018 Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies (MWENT). – IEEE, 2018. – P. 1-4.

5. Shkolin, A.N. IC testing of high-frequency switching DC-DC converter using models of thermal processes / L.A. Potapov, A.N. Shkolin, A.Y. Drakin // SIBCON-2019. – IEEE, 2019. – P. 1-6.
6. Школин, А.Н. Разработка поведенческих моделей интегральных микросхем ШИМ-контроллеров высокочастотных импульсных источников питания / А.Н. Школин, С.В. Михеев // САПР и моделирование в современной электронике: сб науч. тр. I Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. Л.А. Потапова, А.Ю. Дракина. – Брянск: БГТУ, 2017. – С. 146-152.
7. Школин, А.Н. Разработка автоматизированных измерительных комплексов для испытаний микросхем высокочастотных импульсных преобразователей напряжения / А.Ю. Дракин, А.Н. Школин // Электронные средства и системы управления: материалы докладов XIII Междунар. науч.-практ. конф. (29 ноября – 1 декабря 2017 г.): в 2 ч. – Ч. 1. – Томск: В-Спектр, 2017. – С. 168-172.
8. Патент на полезную модель RU185532. Тестер микросхем высокочастотных импульсных преобразователей напряжения / А.Ю. Дракин, В.Ф. Зотин, Л.А. Потапов, А.Н. Школин, И.Ю. Бутарев; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО БГТУ (RU). – 185532U1; заявл. 12.02.2018; опубл. 07.12.2018 бюл. № 34. – 5 с.
9. Свидетельство 2018662665, Российская Федерация. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Поведенческая модель интегральной микросхемы импульсного преобразователя напряжения LM2676 / А.Ю. Дракин, А.Н. Школин; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО БГТУ (RU). – 2018662665; заявл. 26.07.2018; опубл. 12.10.2018, Реестр программ для ЭВМ. – 1 с.
10. Свидетельство 2018662664, Российская Федерация. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Поведенческая модель интегральной микросхемы импульсного преобразователя напряжения LT1076 / А.Ю. Дракин, А.Н. Школин; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО БГТУ (RU). – 2018662664; заявл. 2018617901 26.07.2018; опубл. 12.10.2018, Реестр программ для ЭВМ. – 1 с.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы, все отзывы положительные. В них отмечается актуальность работы, важность и новизна полученных научных результатов, практическая значимость работы.

1. ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики» (ИТМО). Отзыв подписал д.т.н., декан факультета систем управления и робототехники, профессор факультета систем управления и робототехники ИТМО, Пыркин Антон Александрович. 1. Вместе с тем, автор в автореферате не указывает на причины, в соответствии с которыми в обобщенной модели (формула 1, страница 9) выбрали температурно-зависимые параметры.

2. ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова» (ЧГУ). Отзыв подписал д.т.н., профессор, профессор кафедры «Промышленная электроника» ФГБОУ ВО ЧГУ Белов Геннадий Александрович. 1. В автореферате алгоритм поиска моментов коммутаций, применяемый при нахождении решения системы нелинейных дифференциальных уравнений на странице 11, рассмотрен недостаточно подробно. 2. В качестве подтверждения адекватности поведенческой модели на странице 16 автореферата (рисунок 5) приведены графики переходного процесс запуска, однако также желательно было бы привести результаты моделирования для случая возмущения по скачкообразному изменению величины нагрузки.

3. ФГБОУ ВО «МГТУ имени Н.Э. Баумана». Отзыв подписал заведующий кафедрой РК6 (САПР) ФГБОУ ВО «МГТУ имени Н.Э. Баумана» Карпенко Анатолий Павлович. 1. В качестве замечания следует отметить, что в автореферате не обоснован выбор языка VHDL-AMS для реализации поведенческих моделей микросхем импульсных преобразователей.

4. ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» (ПГУ). Отзыв подписал д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Системы автоматизированного проектирования» ФГБОУ ВО ПГУ Бершадский Александр Моисеевич. 1. В автореферате желательно было отразить результаты моделирования, при наличии взаимовлияния электрических и тепловых динамических процессов, характеризующих поведение микросхем импульсных преобразователей напряжения. 2. В работе автор при реализации целевых поведенческих

моделей микросхем импульсных преобразователей напряжения (ИМС ИПН) использовал язык VHDL-AMS, однако в схемотехнических САД-системах широко применяется язык SPICE. Чем обоснован выбор, сделанный в пользу VHDL-AMS? 3. На мой взгляд, п.4 раздела «Научная новизна» о разработке комплекса программ вряд ли может быть отнесен к научной новизне. Это скорее -практическая ценность. 4. Отсутствуют публикации автора без соавторов.

5. Филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске. Отзыв подписал д.т.н., профессор, профессор кафедры вычислительной техники филиала ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске Борисов Вадим Владимирович. 1. Неочевиден выбор вида регулятора в составе обобщенной математической модели ИМС ИПН, в частности – порядка инерционного звена линейной части регулятора, описание которой рассмотрено в разделе 2.3.

6. ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» (КГТУ). Отзыв подписал д.т.н, с.н.с, начальник управления инновационной деятельности, ФГБОУ ВО КГТУ» Яфасов Абдурашид Яруллаевич. 1. В качестве замечания следует отметить, что в автореферате желательно было более детально описать предложенный автором программный комплекс «SBM», его разработку и интеграцию математических методов в нём.

7. АО «НПО Центр» Национальной академии наук Беларуси. Отзыв подписал д.т.н., профессор, заместитель генерального директора АО «НПО Центр» Национальной академии наук Беларуси Хейфец Михаил Львович. 1. Какие допущения сделаны при разработке математических моделей исследуемых устройств?

8. ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ). Отзыв подписал к.т.н., заведующий научно-исследовательской лабораторией «Моделирование электроэнергетических систем» ФГАОУ ВО ТПУ Андреев Михаил Владимирович. 1. В пункте «Практическая значимость» хотелось бы увидеть то, как автор оценивает практическую полезность конкретно результатов своей диссертационной работы, а не перечень актов внедрения. 2. Из автореферата неясно, в чём заключается ис-

пользованный в работе подход к синтезу поведенческих моделей? 3. Чем объясняется выбор МНК и алгоритма оптимизации Левенберга-Марквардта? Рассматривались ли другие варианты? 4. Для расчёта использовался численный метод Ньютона, поскольку по заявлению автора он обладает высокой сходимостью и эффективностью. Поясните термин «высокая сходимость» численного метода. Чем определяется эффективность численных методов интегрирования? Возможно имелись ввиду другие критерии, определившие выбор именно этого метода расчёта.

9. ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (ВолГТУ). Отзыв подписала д.т.н., доцент, профессор кафедры «Системы автоматизированного проектирования и поискового конструирования» ФГБОУ ВО ВолГТУ Кравец Алла Григорьевна. Замечания: 1. Автором недостаточно полно раскрыт алгоритм проверки адекватности моделей в частотной области, приведенный на рис. 3. 2. В автореферате отсутствуют сведения о рассмотренном диапазоне мощностей преобразователей, которые используют в своем составе исследуемые микросхемы импульсных преобразователей напряжения.

В отзывах официальных оппонентов и отзыве ведущей организации отмечаются следующие замечания.

Замечания официального оппонента Михальченко С.Г.:

1. Выводы по первой главе работы (п.1.4, стр.46) указывают необходимость получения исходных данных для построения адекватной имитационной модели интегральной микросхемы импульсного преобразователя напряжения, однако перечень этих первичных данных не приводится и методика их получения не проработана, в то время как от полноты полученных данных напрямую будет зависеть качество построенных математических моделей.

2. В работе не приведено математического доказательства того факта (в принципе, очевидного, но формально не доказанного), что предложенная обобщенная модель описывает все перечисленные на рисунках 2.1 - 2.7 типовые структуры топологии управляющих контроллеров. И все ли возможные топологии микросхем указанного функционала присутствуют на этих рисунках?

3. Не в достаточной степени алгоритмизирован процесс перехода от обобщенной математической модели ИМС ИПН, которая рассмотрена в разделе 2.3, к модели, позволяющей анализировать параметры поведенческих моделей (ПМ) с учетом схемы включения микросхем, которая приведена на странице 77, формула (2.57).

4. В качестве способа формирования последовательности импульсов, управляющих коммутационными элементами модели, выбрана широтно-импульсная модуляция, в то время как в управляющих микросхемах (например, производства Vicor corp.) используется частотно-импульсная, а возможны и другие виды модуляции. В работе не рассматривается способ перехода к математическому описанию других видов модуляции, что, несомненно, сужает область применения программного продукта и сделанных в диссертации выводов.

5. Неочевиден выбор вида регулятора в составе обобщенной математической модели ИМС ИПН, в частности – порядка инерционного звена линейной части регулятора, описание которой рассмотрено в разделе 2.3.

6. В большом количестве работ приводятся данные о хаотических и катастрофических явлениях в динамике полупроводниковых преобразователей напряжения с импульсно-модуляционными способами управления. Мне не известны преобразователи, в которых бы подобные явления не наблюдались. В работе не рассматривается вопрос адекватности отображения созданной моделью аномальных режимов работы преобразователя.

7. Поскольку предложенная обобщенная модель интегральной микросхемы импульсного преобразователя напряжения все же не охватывает все виды контроллеров такого рода, напрашивается алгоритм, анализирующий саму возможность построения адекватной имитационной модели микросхемы по результатам алгоритма валидации и верификации ПМ с учетом выбранной структуры, вида модуляции, параметров и т.д.

8. В четвертой главе при анализе результатов моделирования и оценке адекватности синтезированных ПМ для лучшего понимания достигаемого эффекта желательно было привести более широкий спектр статистических оце-

нок, отражающих совпадение результатов моделирования с экспериментальными данными. Так же желательно провести серию экспериментов, позволяющих сравнить результаты работы модели и физического макета для большего числа управляющих микросхем, имеющих различные структуры.

Замечания официального оппонента Безика Д.А.:

1. При выборе термозависимых параметров обобщённой модели в главе 2, п. 2.3, были выбраны частота коммутации и параметры силовых ключей, однако к ним могут быть отнесены и ряд других параметров, например, уровень задающего опорного напряжения.

2. В работе не приведены рекомендации по области применения способа определения частотных характеристик моделей импульсных преобразователей, предлагаемого автором в рамках алгоритма проверки адекватности моделей микросхем импульсных преобразователей напряжения, для других объектов, что позволило бы в полной мере оценить потенциал возможного применения и выявить степень универсальности данного способа.

3. Не описаны условия проведения натурального эксперимента, в ходе которого была выполнена аппроксимация переходной тепловой характеристики микросхемы LM2676.

4. В тексте присутствуют неточности в описании смысла переменных и синтаксические ошибки в формулах (формула (2.23) в правой части первого уравнения для приведенного в скобках выражение не указана степень «-1», на стр. 79 для величины « t » нет расшифровки, а также на стр. 86 для величины « a » нет расшифровки).

5. В автореферате диссертации не в достаточной мере отражены результаты моделирования мультидисциплинарных поведенческих моделей микросхем импульсных преобразователей напряжения.

Замечания ведущей организации:

1. В диссертации недостаточно подробно освещены типичные ограничения, возникающие при практическом применении рассматриваемого класса моделей. В частности, ряд используемых в работе допущений ограничивает спектр рассматриваемых динамических систем только системами со статическими нелинейностями. В этих условиях хотелось бы конкретизировать,

насколько указанное допущение выполняется при исследовании характеристик реальных импульсных электропреобразовательных устройств?

2. При переходе от обобщенной математической модели, отражающей поведенческие характеристики микросхем импульсных преобразователей напряжения, рассмотренной в разделе 2.3, к конкретной реализации модели, приведенной на рис. 2.12 (стр. 76), недостаточно подробно рассмотрены произведенные упрощения, а также принятые при этом допущения, позволившие перейти к схеме с безынерционным нелинейным звеном и сосредоточить описание инерционных процессов в рамках линейной части системы.

3. С учетом отмеченных выше ограничений, возникает вопрос, насколько адекватным оказывается моделирование кратковременных перегрузочных режимов работы и связанных с ними переходных процессов в исследуемой системе?

4. В диссертации не отмечено такое важное, на наш взгляд, направление потенциального применения разработанных моделей, как оценка электромагнитной совместимости импульсных преобразователей.

5. При статистической обработке данных используется коэффициент корреляции Пирсона. Однако, при этом нет указаний на то, проводилась ли предварительная проверка анализируемых данных на нормальность?

На все поступившие замечания Школин А.Н. даны исчерпывающие ответы. Авторы всех отзывов положительно оценивают диссертацию и считают, что работа отвечает всем требованиям ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, а Школин Алексей Николаевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их способностью оценить научную и практическую ценность диссертации, так как официальные оппоненты являются высококвалифицированными специалистами в области систем управления и математического моделирования силовой электроники, имеют научные публикации, соответствующие дан-

ному направлению, а ведущая организация широко известна своими научными и практическими достижениями в области исследования нелинейных динамических процессов в системах управления преобразовательной техникой и математического моделирования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1. Предложен новый математический метод и алгоритм интерпретации экспериментальных данных, полученных на основе тестовых воздействий на микросхему импульсного преобразователя напряжения и формирующих ее динамический отклик, базирующийся на новой динамической обобщенной математической модели микросхем импульсных преобразователей напряжения, отличающийся учетом внешних электрических и тепловых воздействий.

2. Предложен модифицированный численный метод получения аппроксимирующей зависимости переходной тепловой характеристики микросхем импульсных преобразователей напряжения на основе экспериментальных данных, базирующийся на нелинейном методе наименьших квадратов и использовании алгоритма оптимизации Левенберга-Марквардта, отличающийся учетом спектральной плотности постоянных времени переходной тепловой характеристики для определения структуры и нахождения начального приближения при численном определении параметров искомой зависимости.

3. Разработан новый алгоритм проверки адекватности математических моделей микросхем импульсных преобразователей напряжения в частотной области, базирующийся на численном решении системы нелинейных дифференциальных уравнений обобщенной модели методом Гира и получении решения во временной области, отличающийся от аналогов предложенной процедурой поиска стационарного режима на основе статистических методов.

4. Разработан комплекс проблемно-ориентированных программ для выполнения вычислительного эксперимента на основе разработанных методов математического моделирования поведения микросхем импульсных преобразователей напряжения при воздействии внешних тепловых и электрических факторов.

Теоретическая значимость исследования состоит в том, что:

- решена важная и актуальная научная задача математического моделирования динамических процессов, характеризующих поведение интегральных микросхем импульсных преобразователей напряжения, с использованием нового математического метода моделирования, имеющая существенное значение для практики разработки и испытаний микросхем, а также для развития методов модельно-ориентированного проектирования импульсных преобразователей напряжения, использующих в своем составе микросхемы данного класса;

- полученные результаты теоретических исследований открывают возможность улучшения характеристик, разрабатываемых импульсных преобразователей напряжения с помощью методов и алгоритмов, реализованных в разработанном автором программном комплексе.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается следующим:

- программный комплекс, метод интерпретации экспериментальных данных, полученных на основе тестовых воздействий на микросхему импульсного преобразователя напряжения и формирующих ее динамический отклик, численный метод аппроксимации переходной тепловой характеристики и алгоритм проверки адекватности моделей ИМС ИПН в частотной области внедрены в процесс разработки и испытаний опытных серий микросхем ИМС ИПН в АО «ГРУППА КРЕМНИЙ ЭЛ», г. Брянск;

- результаты диссертационной работы применены в разработке и изготовлении промышленных преобразователей электрической энергии в ООО «Фрекон», г. Томск;

- результаты диссертационной работы использовались при разработке методов структурно-параметрической идентификации и создании на их базе программно-аппаратного измерительного комплекса при выполнении НИР по заданию Министерства образования и науки № 8.1729.2017/ПЧ;

- программный комплекс «SBM» применяется при обучении в Брянском государственном техническом университете студентов следующих направле-

ний подготовки: 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» (профиль – Промышленная электроника), в курсах «Теория нелинейных импульсных систем» и «Импульсно-модуляционные системы».

Оценка достоверности результатов исследования показала, что:

- для экспериментальных работ применены методы математического моделирования динамических процессов с использованием программного комплекса «SBM» и проведен сравнительный анализ полученных результатов с имитационными моделями, опубликованными фирмами изготовителями, в частности SPICE-моделями микросхем LM2596, LT1076, LT1372 и др., а также с проведенными натурными экспериментами в программно-аппаратном измерительном комплексе АТоМ-9х, разработанном в НИЛ АТМ БГТУ;
- методика создания математического метода интерпретации экспериментальных данных, полученных на основе тестовых воздействий на микросхему импульсного преобразователя напряжения и формирующих ее динамический отклик, основана на анализе логической структуры методов и синтезе теоретических положений настоящей работы, верификации полученных результатов;
- результаты, положения и выводы получены автором с использованием теории имитационного моделирования, теории дифференциальных уравнений, теории автоматического управления и теории идентификации систем, теории математической статистики.

Личный вклад соискателя состоит в развитии методов математического моделирования микросхем импульсных преобразователей напряжения, создании нового математического метода и алгоритма интерпретации экспериментальных данных, создании численного метода аппроксимации переходной тепловой характеристики микросхем, создании нового алгоритма проверки адекватности моделей микросхем импульсных преобразователей напряжения в частотной области, создании программного комплекса для исследования и синтеза нелинейных поведенческих моделей ИМС ИПН.

Автором в диссертации сформулирована и решена важная научно-техническая задача математического моделирования процессов в интегральных микросхемах импульсных преобразователей напряжения.

Диссертационная работа Школина А. Н. соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям согласно п. 9 Положения о присуждении ученых степеней ВАК РФ, утвержденных Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г., № 842 (ред. от 02.08.2016 г.), в ней отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, а её автор заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

На заседании 04 февраля 2020 г. диссертационный совет принял решение присудить Школину А.Н. учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 6 докторов наук по специальности защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 20, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель

диссертационного совета

Аверченков Владимир Иванович

Ученый секретарь

диссертационного совета

Рытов Михаил Юрьевич

04 февраля 2020 г.

