

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по НРИИ,
д.т.н., профессор

И.о. проректора
по НРИИ
А.В. Медовник

Куксенко С.П.
09 2026 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» («ТУСУР»)

Диссертация "Измерение нелинейных характеристик устройств основной полосы частот с осциллирующими переходными характеристиками" выполнена в ТУСУРе на кафедре радиоэлектроники и систем связи (РСС).

Соискатель Полторыхин Кирилл Михайлович в 2022 г. окончил бакалавриат ТУСУРа по профилю 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», профиль «Защищенные системы и сети связи».

В 2024 г. окончил магистратуру ТУСУРа по профилю 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника», профиль «Автоматизация проектирования микро- и нанoeлектронных устройств для радиотехнических систем».

В 2024 г. поступил в очную аспирантуру ТУСУРа по профилю 2.2.13 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2026г. ТУСУРом.

Научный руководитель – Семенов Эдуард Валерьевич, д.т.н, доцент, профессор кафедры РСС ТУСУРа.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы

Диссертация Полторыхина Кирилла Михайловича является научно-квалификационной работой, в которой описан метод измерения, основанный на нелинейно-инерционной модели в виде нелинейного рекурсивного фильтра второго порядка. По разработанному методу адекватно и метрологически прозрачно удастся измерять нелинейные характеристики устройств основной полосы частот с выбросом на плоской вершине переходной характеристики. По измеренным нелинейным характеристикам и представленной модели удастся адекватно моделировать нелинейное поведение рассматриваемых устройств при сверхширокополосном и видеоимпульсном воздействии.

Личный вклад автора

Автором предложен метод измерения нелинейных характеристик устройств с выбросом на плоской вершине переходной характеристики на основе нелинейно-инерционной модели в виде нелинейного рекурсивного фильтра второго порядка. Автором помимо разработанного метода также предлагаются частные способы снижения погрешности измерения характеристик, путем ввода начальных приближений. На примере некоторых радиотехнических устройств произведено измерение нелинейных характеристик и сделаны выводы. По предложенному методу измерения автором была

разработана программа для автоматизированного измерения нелинейных характеристик устройств. Под руководством автора разработана система автоматизированного проектирования на уровне структурных схем, в которой используется разработанная модель в виде нелинейного рекурсивного фильтра второго порядка. Автором выдвинуты научные положения, сделаны выводы по работе. Обсуждение задач исследования, методов их решения, анализ полученных результатов и формулировка выводов проводилась совместно с научным руководителем Семеновым Э.В.

Научная новизна диссертационной работы

1. Установлено, что на фронт переходной характеристики в большей степени влияет емкость в эквивалентной схеме объекта, что позволяет выполнить независимое измерение кулон-вольтовой характеристики устройства.

2. Показано, что реальные переходные характеристики устройств отличаются от модели второго порядка главным образом на начальном участке перехода к крутой части фронта, что можно дополнительно учесть в модели с помощью линейного фильтра Гаусса.

3. Обнаружено, что для обеспечения приемлемой погрешности измерения характеристик устройств при ограничении на допустимую амплитуду входных воздействий необходимо учитывать начальное приближение тока RL-цепи эквивалентной схемы.

Практическая значимость диссертационной работы

1. Предложенный метод безытерационного измерения характеристик устройств основной полосы частот с выбросом на плоской вершине переходной характеристики позволяет создавать измерительные приборы нового класса.

2. Разработанный метод измерения нелинейных характеристик устройств основной полосы частот с выбросом на плоской вершине переходной характеристики позволяет расширить класс используемых поведенческих моделей устройств в САПР для адекватного моделирования радиотехнических систем при сверхширокополосном воздействии

Достоверность научных положений и выводов

Подтверждаются согласованностью полученных результатов с известными теоретическими и экспериментальными данными. Достоверность экспериментальных данных обеспечивается современными средствами измерений и стандартными методиками проведения исследований, а также методами статистической обработки данных.

Результаты диссертационной работы, внедрены на предприятия АО «Научно-исследовательский институт полупроводниковых приборов», ООО «НПК ТЕСАРТ», а также при выполнении НИР:

1) государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «Увеличение дальности и проникающей способности нелинейных локаторов для селективного обнаружения электронных приборов и естественных сред с нелинейными свойствами в сложной фоно-целевой обстановке за счет применения сверхкоротких сверхширокополосных зондирующих сигналов», проект № FWRM-2024-0001;

2) проекта №2 «Разработка контрольно-измерительной аппаратуры СВЧ-диапазона для анализа параметров материалов, монолитных интегральных схем и устройств на их

основе» в рамках программы развития передовой инженерной школы «Электронное приборостроение и системы связи» им. А.В. Кобзева;

3) хозяйственного договора №177055963392230002040/1386-2024 на выполнение работ по проведению математического моделирования для радиочастотных модулей (по заказу АО «Научно-исследовательский институт полупроводниковых приборов», НИИПП).

Специальность, которой соответствует диссертация.

Диссертационная работа Полторыхина Кирилл Михайловича по своему содержанию соответствует специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе устройства телевидения» в области «разработки и исследования методов моделирования радиотехнических устройств и систем, включая системы цифрового телевидения высокой, сверхвысокой, ультравысокой четкости и других форматов, для телевизионного вещания и специальных применений» п.14 паспорта специальности.

Полнота изложенных материалов в печатных работах, опубликованных автором.

По материалам диссертации опубликовано 9 работ: 2 статьи в журнала из перечня ВАК, соответствующих специальности; 2 статьи в журналах из перечня ВАК по смежной специальности; 1 статья, индексируемая WoS и Scopus; 3 доклада в трудах всероссийских и международных конференций; 1 свидетельство о государственной регистрации ЭВМ.

Диссертация «Измерение нелинейных характеристик устройств основной полосы частот с осциллирующими переходными характеристиками» Полторыхина Кирилла Михайловича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе устройства телевидения».

Заключение принято на расширенном заседании кафедр РСС, ТУ, КУДР и РЭТЭМ.

Присутствовало на заседании 7 человек. Результаты голосования:

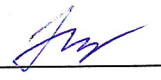
«за» - 7 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел., протокол № 2 от «29»

09 2026 г.

Председатель,
д.т.н., профессор каф. РСС

 Б.И. Авдоченко

Секретарь,
Ст. преподаватель кафедры РСС

 Ю.В. Зеленецкая

Список публикаций соискателя Полторыхина Кирилла Михайловича

Публикации в журналах из перечня ВАК по специальности

1. Полторыхин К.М., Семенов Э.В. Измерение нелинейных и динамических характеристик устройств основной полосы частот с выбросом на плоской вершине переходной характеристики // Изв. высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. – 2025. – Т. 28, № 4. – С. 109–118. – doi: 10.32603/1993-8985-2025-28-4-109-118.

2. Полторыхин К.М., Семенов Э.В. Мера нелинейности и оценка погрешности измерения характеристических функций устройств основной полосы частот второго порядка // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2026. Т. 29, №1. – С. 46–52. – doi: 10.21293/1818-0442-2026-29-1-46-52.

Публикации в журналах из перечня ВАК по смежной специальности

3. Семенов Э.В., Назаров М.А. Полторыхин К.М. О характеристике динамической нелинейности сверхширокополосных устройств. // Журнал радиоэлектроники. – 2025. – №. 1. – doi:10.30898/1684-1719.2025.1.12.

4. Полторыхин К.М., Семенов Э.В. Моделирование нелинейных устройств основной полосы частот с переходными характеристиками высших порядков посредством нелинейного рекурсивного фильтра второго порядка. // Журнал радиоэлектроники. – 2026. – №. 2. –doi:10.30898/1684-1719.2026.2.11.

Публикации в журналах, индексируемых WoS и Scopus

5. Semyonov E.V., Nazarov M.A., Poltorykhin K.M., Berezin A.A., Fateev A.V. Features and behavioral modeling of ultra-wideband signals nonlinear scattering by small-sized electronic devices // IEEE Transactions on Radar Systems. – 2025. – vol. 3. – P. 843–851. doi: 10.1109/TRS.2025.3575462.

Доклады в трудах всероссийских и международных конференций

6. Полторыхин К.М., Семенов Э.В., Безрукова И.В. Моделирование распространения и нелинейного рассеяния сверхширокополосного сигнала малогабаритным объектом на уровне структурной схемы // Излучение и рассеяние электромагнитных волн : материалы всероссийской научной конференции. Дивноморское, 23–27 июня 2025 г. – 7 с.

7. Полторыхин К.М., Семенов Э.В. Разработка отечественной интегрированной среды автоматизированного проектирования и измерения широкополосных устройств для радиотехнических систем // 11 научная конференция «Электронная компонентная база и микроэлектронные модули» / форум «Микроэлектроника 2025» : сборник тезисов. Сочи, 21–27 сентября 2025. г. – М.: Техносфера, 2025. – С. 208–209.

8. Безрукова И.В., Семенов Э.В., Полторыхин К.М., Градов И.А. Амплитудная характеристика нелинейного рассеивателя в режиме сверхширокополосного сигнала // 81-я научно техническая конференция СПб НТО РЭС им. А.С. Попова. – 2026. URL: https://confntores.etu.ru/assets/files/2026/sbornik/2_bezrukova_amplitudnaya.docx

Результаты интеллектуальной деятельности

9. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ №2026612839 РФ. Программа характеристики устройств основной полосы частот по измеренным переходным характеристикам / Полторыхин К.М., Семенов Э.В.; заявл. 29.12.2025; зарегистр. в Реестре программ для ЭВМ 30.01.2026.



ПТВЕРЖДАЮ:

_____, директор ИСЭ СО РАН

Жерлицын А.А.

_____, 2026г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЭ СО
РАН)

Диссертация "Измерение нелинейных характеристик устройств основной полосы частот с осциллирующими переходными характеристиками" выполнена в лаборатории нелинейной видеоимпульсной локации (ЛВНЛ) ИСЭ СО РАН.

В период подготовки диссертации соискатель Полторыхин Кирилл Михайлович работал в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук, в лаборатории нелинейной видеоимпульсной локации, в должности младшего научного сотрудника.

В 2022 г. окончил бакалавриат Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

В 2024 г. окончил магистратуру Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники по направлению подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2026 г. в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР).

Научный руководитель — Семенов Эдуард Валерьевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры РСС ТУСУР.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы.

Диссертация Полторыхина К.М. является научно-квалификационной работой, в которой описан метод измерения нелинейных характеристик устройств основной полосы с осциллирующими переходными характеристиками, основанный на нелинейно-инерционной модели в виде нелинейного рекурсивного фильтра второго порядка. Измеренные нелинейные характеристики используются в модели нелинейного рекурсивного фильтра для поведенческого моделирования радиотехнических систем, состоящих из исследуемых устройств основной полосы частот.

Личный вклад автора состоит в разработке метода измерения нелинейных характеристик цепей и устройстве на основе нелинейного рекурсивного фильтра второго порядка, который

включает себя статическую и динамическую нелинейность. На основе данного способа автором разработана программа для автоматизированного измерения нелинейных характеристик устройств, а также предложена система автоматизированного проектирования для поведенческого моделирования, в которой используется измеряемая система параметров.

Автором лично проведены анализ, моделирование и экспериментальное подтверждение разработанного метода. Разработка программного обеспечения для измерения нелинейных характеристик устройств основной полосы частот происходила лично автором. Научные положения диссертационной работы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость выдвинуты автором. Обсуждение задач исследования, методов их решения, анализ и формулировка выводов полученных результатов проводилась совместно с научным руководителем.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1. Установлено, что на фронт переходной характеристики в большей степени влияет емкость в эквивалентной схеме объекта, что позволяет выполнить независимое измерение кулон-вольтовой характеристики устройства.

2. Показано, что реальные переходные характеристики устройств отличаются от модели второго порядка главным образом на начальном участке перехода к крутой части фронта, что можно дополнительно учесть в модели с помощью линейного фильтра Гаусса.

3. Обнаружено, что для обеспечения приемлемой погрешности измерения характеристик устройств при ограничении на допустимую амплитуду входных воздействий необходимо учитывать начальное приближение тока RL-цепи эквивалентной схемы.

Практическая значимость диссертационной работы состоит в следующем:

1. Предложенный метод безытерационного измерения характеристик устройств основной полосы частот с выбросом на плоской вершине переходной характеристики позволяет создавать измерительные приборы нового класса.

2. Разработанный метод измерения нелинейных характеристик устройств основной полосы частот с выбросом на плоской вершине переходной характеристики позволяет расширить класс используемых поведенческих моделей устройств в САПР для адекватного моделирования радиотехнических систем при сверхширокополосном воздействии.

Достоверность научных положений и выводов, содержащихся в диссертационной работе, подтверждаются согласованностью полученных результатов с известными теоретическими и экспериментальными данными. Достоверность экспериментальных данных обеспечивается современными средствами измерений и стандартными методиками проведения исследований, а также методами статистической обработки данных.

Результаты диссертационной работы, внедрены на предприятия АО «Научно-исследовательский институт полупроводниковых приборов», ООО НПК «ТЕСАРТ», а также при выполнении НИР:

- 1) государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «Увеличение дальности и проникающей способности нелинейных локаторов для

селективного обнаружения электронных приборов и естественных сред с нелинейными свойствами в сложной фоно-целевой обстановке за счет применения сверхкоротких сверхширокополосных зондирующих сигналов», проект № FWRM-2024-0001;

2) проекта №2 «Разработка контрольно-измерительной аппаратуры СВЧ-диапазона для анализа параметров материалов, монолитных интегральных схем и устройств на их основе» в рамках программы развития передовой инженерной школы «Электронное приборостроение и системы связи» им. А.В. Кобзева;

3) хозяйственного договора №177055963392230002040/1386-2024 на выполнение работ по проведению математического моделирования для радиочастотных модулей (по заказу АО «Научно-исследовательский институт полупроводниковых приборов», НИИПП).

Материалы диссертации адекватно и полно изложены в научных публикациях автора.

Диссертация "Измерение нелинейных характеристик устройств основной полосы частот с осциллирующими переходными характеристиками" Полторыхина Кирилла Михайловича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Заключение принято на расширенном заседании лаборатории нелинейной видеоимпульсной локации.

Присутствовали: 10 человек, из 7 них человек с правом голоса.

Право решающего голоса имели 7 штатных научных сотрудников ЛНВЛ.

Результаты голосования: «за» – 10 человек, «против» – 0 человек, «воздержалось» – 0 человек, протокол №4 от «28» 09 2026г.

Фатеев Алексей Викторович
Заведующий лабораторией нелинейной
видеоимпульсной локации ИСЭ СО РАН,
кандидат технических наук