

Международная академия наук высшей школы  
Академия наук высшей школы Российской Федерации  
Сибирская академия наук высшей школы  
Бурятский, Красноярский, Кузбасский, Новосибирский,  
Омский, Томский научные центры САН ВШ  
Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники

# **Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС-25-2019)**

25-я всероссийская  
научно-практическая конференция

19 ноября 2019 г.  
г. Томск, Россия

**ДОКЛАДЫ**  
(Материалы конференции)

Томск  
Издательство ТУСУРа  
2019

УДК 553.3/.9+316.344.3[(571.1/.5)(063)  
ББК 20.1+65.04+72(253)  
П77

**Организационный комитет:**

А.А. Шелупанов – президент ТУСУРа (председатель),  
Т.Р. Газизов – профессор ТУСУРа (зам. председателя),  
Ю.А. Шурыгин, А.М. Кориков, Г.П. Литвинцева,  
М.Ю. Катаев, Ю.С. Саркисов  
Отв. редактор – Е.В. Прокопчук

**Природные** и интеллектуальные ресурсы Сибири  
П77 (СИБРЕСУРС-25-2019) : доклады (материалы конференции)  
25-й всероссийской научно-практической конференции,  
Томск, 19 ноября 2019 г. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та  
систем упр. и радиоэлектроники, 2019. – 182 с.  
ISBN 978-5-86889-850-1

Представлены материалы, отражающие результаты научной деятельности вузов Сибирского региона по эффективному использованию и развитию территориальных ресурсов в интересах экономики России.

Для ученых, специалистов, преподавателей, инженеров, аспирантов и студентов вузов и научных учреждений как в России, так и за рубежом.

УДК 553.3/.9+316.344.3[(571.1/.5)(063)  
ББК 20.1+65.04+72(253)

ISBN 978-5-86889-850-1

© Сибирская академия наук  
высшей школы, 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

### ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

<i>Туев В.И.</i> РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПОВ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ РОБОТИЗИРОВАННОГО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СВЕТОВЫХ УСТРОЙСТВ .....	5
<i>Трубченинова И.А.</i> ПРАКТИКА КАК РЕСУРС КАДРОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ .....	10
<i>Куксенко С.П.</i> СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОЙ СЕТИ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ.....	15
<i>Московченко А.Д.</i> МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОГРАММА. ЭВОЛЮЦИОННОЕ КУЛЬТУРОЛОГИЧЕСКОЕ «КОЛЕСО». АТОМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО .....	21
<i>Суровцев Р.С.</i> ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ РАЗРАБОТКИ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЗАЩИТЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ ОТ СВЕРХКОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ НА ОСНОВЕ ПРОСТЫХ ПЕЧАТНЫХ СТРУКТУР.....	36

### СЕКЦИОННЫЕ ДОКЛАДЫ

#### **Секция 1. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ, ИНФОРМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ЗДОРОВЬЕМ**

<i>Бакайтис В.И.</i> ПИЩЕВЫЕ ЛЕСНЫЕ РЕСУРСЫ: ПРОБЛЕМЫ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ.....	43
<i>Баранова И.В.</i> ПРОЕКТНОЕ ОБУЧЕНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ МОДЕРНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА .....	47
<i>Васильева Н.С.</i> ПРОАКТИВНЫЙ ПОДХОД К ВЫЯВЛЕНИЮ ПРЕДНАМЕРЕННОГО БАНКРОТСТВА ЭКОНОМИЧЕСКИХ СУБЪЕКТОВ.....	52
<i>Гребенюк Г.И., Вешкин М.С.</i> РАСЧЕТ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ ИЗ РАЗНОРОДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ УДАРНЫХ ИМПУЛЬСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСНОЙ МОДЕЛИ ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ .....	57

*Шабашев В.А., Бахриева Ж.А.*

ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОЕ ПАРТНЕРСТВО В РЕГИОНЕ .....	130
---	-----

## **Секция 2. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ**

*Белоусов А.О., Черникова Е.Б., Куксенко С.П.*

АСИММЕТРИЯ МАТРИЦ ПОГОННЫХ ПАРАМЕТРОВ МНОГОПРОВОДНЫХ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧИ .....	138
--	-----

*Болатов О.К., Сагиева И.Е.* АДАПТИВНАЯ ПРОГРАММА  
ДЛЯ ТРАНСЛИТЕРАЦИИ .....

143

*Газизов Р.Р., Газизов Т.Т., Калинина М.Н.* ИССЛЕДОВАНИЕ  
МАКСИМУМА НАПРЯЖЕНИЯ ВДОЛЬ С-СЕКЦИИ  
ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ЕЕ ДЛИНЫ .....

148

*Козлова Т.А.* ИЗМЕНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
КОРРОЗИОННО-СТОЙКОЙ СТАЛИ 12Х18Н10Т  
ПРИ РАСТЯЖЕНИИ В РАЗНЫХ СТРУКТУРНЫХ  
СОСТОЯНИЯХ .....

153

*Малыгин К.П., Носов А.В., Суровцев Р.С.* ФОРМУЛИРОВКА  
МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ  
ПО КРИТЕРИЯМ РАЗЛОЖЕНИЯ СВЕРХКОРОТКОГО  
ИМПУЛЬСА В МЕАНДРОВОЙ МИКРОПОЛОСКОВОЙ  
ЛИНИИ ИЗ ДВУХ ВИТКОВ .....

158

*Медведев А.В.* ОСЛАБЛЕНИЕ СВЕРХКОРОТКОГО  
ИМПУЛЬСА ПОСЛЕ ОТКАЗА ПРИ ТРЕХКРАТНОМ  
МОДАЛЬНОМ РЕЗЕРВИРОВАНИИ .....

162

*Самойличенко М.А., Самойличенко В.В.* АСИММЕТРИЯ  
КАК РЕСУРС СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МОДАЛЬНОГО  
ФИЛЬТРА С ПАССИВНЫМ ПРОВОДНИКОМ  
В ОПОРНОЙ ПЛОСКОСТИ .....

168

*Филатов А.В.* ОПТИЧЕСКИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ  
КОЭФФИЦИЕНТА СПЕКТРАЛЬНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ  
ЖИДКИХ СРЕД ДЛЯ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ .....

175

Научное издание  
ПРИРОДНЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ СИБИРИ  
(СИБРЕСУРС-25-2019)

25-я всероссийская научно-практическая конференция  
19 ноября 2019 г., г. Томск, Россия

ДОКЛАДЫ

Подписано в печать 12.11.2019. Формат 60x84/16.  
Усл. печ. л. 10,7. Тираж 100 экз. Заказ 470.

---

Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники.  
634050, г. Томск, пр. Ленина, 40.  
Тел. (3822) 533018.

Р.С. СУРОВЦЕВ, канд. техн. наук, доцент каф. ТУ,  
ТУСУР, Томск

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РАЗРАБОТКИ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЗАЩИТЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ ОТ СВЕРХКОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ НА ОСНОВЕ ПРОСТЫХ ПЕЧАТНЫХ СТРУКТУР**

Кратко представлены результаты исследований в рамках реализации проекта РФФИ №18-37-00339 «Комплекс теоретических и экспериментальных исследований возможности разработки новой технологии защиты радиоэлектронной аппаратуры от сверхкоротких импульсов на основе простых печатных структур».

В связи с ужесточением электромагнитной обстановки и развитием современной радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) возрастает ее чувствительность к электромагнитным воздействиям, как внешним, так и внутрисистемным. Особую опасность для стабильной работы РЭА представляют воздействия наносекундного и субнаносекундного диапазонов [1]. Поэтому исследование подходов к защите РЭА от сверхкоротких импульсов (СКИ) актуально. Для обеспечения защиты РЭА от СКИ предложен подход, основанный на разложении СКИ в меандровой линии на последовательность импульсов меньшей амплитуды, за счет чего снижается опасность таких воздействий на РЭА.

Первые результаты исследования позволили автору победить в конкурсе грантов РФФИ (шифр мол\_а) на 2018–2019 гг. (заявка № 18-37-00339). В данной работе кратко представлены результаты первого года проекта и часть результатов второго года. Целью проекта является комплексное теоретическое и экспериментальное исследование возможности разработки новой технологии защиты РЭА от СКИ, основанной на использовании меандровых линий задержки. Рассмотрим результаты решения задач для достижения цели проекта в первом году.

**Теоретические исследования во временной и частотной областях.** Данная задача разбита на две, первой из которых яв-

ляется разработка математических моделей, вычислительных алгоритмов и программных модулей для расчета временных и частотных характеристик. Для анализа влияния меандровых линий на изменение формы помехового сигнала реализованы известные модели СКИ, электростатического разряда (ЭСР) разной степени жесткости согласно стандарту МЭК 6100-4:2003. Для вычисления методом моментов погонных параметров меандровой линии реализованы модели поперечных сечений одного витка меандровой линии с различными типами связи и диэлектрическими заполнениями. Для анализа изменения формы сигнала в линии реализованы модели схем каскадного соединения меандровой линии из 1–3 витков. Кроме того, разработаны аналитические модели для быстрой оценки амплитуды импульсов в витке меандровой линии [2]. Для совместного использования разработанных моделей созданы программные модули в системе компьютерного моделирования TALGAT [3]. Вторая задача заключается в анализе временных и частотных характеристик исследуемых линий. В результате анализа во временной области меандровых линий из двух и трех витков получен ряд новых выражений, обеспечивающих разложение СКИ на последовательность из 9 и 27 импульсов. Минимальная амплитуда на выходе линии из двух витков при воздействии импульса амплитудой 1 В составила 94 мВ, а из трех – 30 мВ. Анализ в частотной области позволяет говорить о минимальном искажении сигналов с верхней граничной частотой менее 1 ГГц (для линии с боковой связью длиной 90 мм) и 715 МГц (для линии с лицевой связью длиной 100 мм). Для сигналов с более широкими спектрами необходима дополнительная оптимизация в зависимости от мест применения устройств на основе разрабатываемого подхода. Также выявлено, что полезные сигналы с длительностями много больше длительности СКИ (в 10 и более раз) проходят по витку меандровой линии с незначительными искажениями формы.

#### **Разработка принципов построения устройств защиты.**

Данная задача также разбита на две, первой из которых является выбор структур и их параметров в соответствии с возможностями предприятий-изготовителей. Для построения устройств защиты взяты микрополосковая линия и линия с лицевой связью. Практическая реализация защиты требует оптимизации сечения

линии для обеспечения нескольких критериев. Первый – равенство среднего геометрического волновых сопротивлений четной и нечетной мод линии волновому сопротивлению тракта (например, 50 Ом). Часть параметров (толщины фольги и основы, диэлектрическая проницаемость) изменяется дискретно, поэтому возможна оптимизация лишь двух параметров (ширина проводника и разнос между ними). Другим критерием является минимизация амплитуды СКИ на выходе линии, которая наряду с критерием согласования должна формировать целевую функцию для оптимизации во втором году проекта, на основе которой будет сделан окончательный выбор параметров линий для эксперимента [4]. Качественно рассмотрено применение устройств защиты на уровне печатных плат, а также в цепях питания (влияние пренебрежимо мало). Результаты показали повышение эффективности защиты от СКИ при совместном использовании предлагаемого подхода с другими устройствами на основе модальных явлений и традиционными подходами. Второй задачей является анализ прохождения полезных и помеховых сигналов с различными параметрами. При любом рассогласовании линии с трактом СКИ будет раскладываться на последовательность импульсов, но с разным соотношением амплитуд, значение которых может превышать амплитуду исходного воздействия. При увеличении числа витков полное разделение на основные импульсы не наблюдается из-за наложения отражений между соседними импульсами. При полном рассогласовании амплитуда выходного сигнала в линии из двух витков не превышает 40 % амплитуды сигнала в начале линии, а в линии из трех витков не превышает 20 %.

**Задачи, запланированные на второй год.** Общей задачей второго года является параметрическая оптимизация для построения устройств защиты и проведение экспериментальных исследований оптимальных решений. На начальном этапе второго года запланирована оптимизация параметров меандровых линий. Анализ многовитковых линий позволил выявить основные критерии оптимизации и нормировать их к максимальному значению. Например, для двухвитковой линии целевая функция состоит из четырех критериев, которые не только обеспечивают разложение СКИ на 9 импульсов, но и исключают возможность наложения импульсов из соседних последовательностей. На

данный момент выполняются вычислительные эксперименты по оптимизации.

Вторым этапом работ являются экспериментальные исследования макетов меандровых линий на основе результатов моделирования и оптимизации. Проведены исследования прохождения полезного телевизионного сигнала DVB-T2 в разработанных ранее макетах защитной линии на основе микрополоска. Выявлено, что сигнал проходит без существенных искажений.

По завершении проекта планируется получение ряда фундаментальных результатов, которые позволят дополнить уже имеющийся арсенал подходов, методов и устройств защиты РЭА от СКИ новой технологией, основанной на использовании искажений в простых печатных структурах. Полученные аналитические выражения расширят теоретический инструментарий и позволят сформулировать принципы построения защитных устройств. В совокупности результаты исследований позволят разработать новую технологию защиты РЭА от СКИ, основанную на использовании простых печатных структур, и расширить уже известные подходы к защите РЭА.

*Работа выполнена в рамках гранта РФФИ 18-37-00339.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Исследование функционирования локальной вычислительной сети в условиях воздействия сверхкоротких электромагнитных импульсов / К.Ю. Сахаров, А.А. Соколов, О.В. Михеев, В.А. Туркин, А.Н. Корнев, С.Н. Долбня, А.В. Певнев // Технологии ЭМС. 2006. № 3 (18). С. 36–45.

2. Сердюк Е.А., Суровцев Р.С. Выражения для аналитической оценки формы и амплитуды импульсного сигнала в витке меандровой линии задержки // Материалы докладов международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления». Томск, 2018. С. 312–315.

3. Новые возможности системы моделирования электромагнитной совместимости TALGAT / С.П. Куксенко, А.М. Заболоцкий, А.О. Мелкозеров, Т.Р. Газизов // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2015. № 2 (36). С. 45–50.

4. Однокритериальная оптимизация защитных меандровых линий генетическим алгоритмом / К.П. Малыгин, А.В. Козин, А.В. Носов, Р.С. Суровцев // Материалы докладов международной

научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления». Томск, 2018. С. 298–302.

R.S. Surovtsev

**Investigations of the possibility of developing the new technology of electronic equipment protection against ultra-wideband pulses based on simple printed structures**

The results of investigations in the frame of the RFBR project №18-37-00339 «A set of theoretical and experimental studies on the possibility of developing the new technology of electronic equipment protection against ultra-wideband pulses based on simple printed structures» are briefly presented.