

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-26-2020)**

26-я международная  
научно-практическая конференция

24 ноября 2020 г.  
г. Томск, Россия

**ДОКЛАДЫ**  
(Материалы конференции)

Томск  
Издательство ТУСУРа  
2020

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-26-2020) : доклады (материалы конференции)  
26-й международной научно-практической конференции,  
Томск, 24 ноября 2020 г. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та  
систем упр. и радиоэлектроники, 2020. – 144 с.

ISBN 978-5-86889-

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-

© Сибирская академия наук  
высшей школы, 2020

**ПЛЕНАРНЫЕ  
ДОКЛАДЫ**

М. А. САМОЙЛИЧЕНКО, аспирант каф. ТУ, ТУСУР, Томск

## **ВЛИЯНИЕ ШИРИНЫ АКТИВНОГО И ПАССИВНОГО ПРОВОДНИКОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ АСИММЕТРИЧНОГО МОДАЛЬНОГО ФИЛЬТРА С ПАССИВНЫМ ПРОВОДНИКОМ В ВЫРЕЗЕ ОПОРНОЙ ПЛОСКОСТИ**

Рассматривается структура модального фильтра (МФ), полученная за счет вырезания пассивного проводника в опорной плоскости микрополосковой линии. Исследовано изменение ширины активного и пассивного проводников асимметричного МФ. Вычислены и приведены временные отклики. Уменьшение ширины пассивного проводника увеличило разницу погонных задержек двух быстрых мод. Уменьшение ширины активного проводника позволило уменьшить амплитуду напряжения на выходе.

Обеспечение электромагнитной совместимости (ЭМС) радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) с каждым годом приобретает все большее значение. Это обусловлено не только ростом количества, многообразия и сложности РЭА, но и важностью нормального функционирования критичных устройств радиоэлектроники. Актуальным является также вопрос информационной безопасности. Электромагнитные помехи (ЭМП) используются злоумышленниками как для получения информации, так и для ее уничтожения. Особенно опасны импульсы наносекундного и субнаносекундного диапазонов. Такие сверхкороткие импульсы (СКИ) способны проникать в РЭА, минуя устройства защиты, и нарушать работу электрических цепей [1]. Поэтому проблема защиты РЭА от непреднамеренных и преднамеренных ЭМП актуальна.

Несмотря на многообразие методов и средств защиты РЭА от воздействия мощных ЭМП эффективных среди них до сих пор нет.

Среди множества защитных устройств можно выделить три наиболее применяемых типа: газоразрядные, полупроводнико-

вые и вакуумные. К новым устройствам защиты на основе связанных линий относятся модальные фильтры (МФ). Один из простых вариантов МФ получается за счет модификации обычной микрополосковой линии (МПЛ) посредством двух вырезов в плоскости земли, которые формируют между собой пассивный проводник. В [2] приведено обоснование выбора исследуемой структуры МФ и ранее достигнутые результаты. Рассмотрено влияние асимметрии в такой конструкции МФ. Введение асимметрии за счет приближения одного опорного проводника к пассивному позволило разложить импульсы двух быстрых мод (разница их погонных задержек составила 0,46 нс/м), что привело к уменьшению максимальной из амплитуд импульсов. Однако можно предположить, что изменение ширины активного и пассивного проводников асимметричного МФ улучшит разложение. Цель данной работы – выполнить такое исследование.

Детальное описание моделируемой структуры (рисунок 1) приведено в [2] и здесь опускается. Моделирование выполнялось для типовых параметров фольгированного стеклотекстолита:  $t = 35$  мкм,  $h = 0,18$  мм при длине МФ  $l = 1$  м. Рассматривалось изменение ширины активного и пассивного проводников при  $w_3 = 0,5$  мм,  $s_1 = 0,5$  мм,  $s_2 = 3,5$  мм. Так, при  $w_2 = 3,5$  мм изменялись значения  $w_1$  от 0,9 до 3,3 мм, а при  $w_1 = 3,5$  мм значения  $w_2$  изменялись от 1,9 до 3,3 мм. Поперечное сечение исследуемого МФ (с сильной связью) приведено на рисунке 1,а, на рисунке 1,б  $w_1 = w_2 = 3,5$  мм,  $s_1 = 0,5$  мм и  $s_2 = 3,5$  мм; на рисунке 1,в  $w_1 = 0,9$  мм,  $w_2 = 0,9$  мм,  $s_1 = 0,5$  мм и  $s_2 = 3,5$  мм; на рисунке 1,г  $w_1 = 3,5$  мм,  $w_2 = 1,9$  мм,  $s_1 = 0,5$  мм и  $s_2 = 3,5$  мм. Вычисление параметров и форм сигнала выполнено с помощью квазистатического подхода в системе TALGAT [3]. Потери в проводниках и диэлектриках не учитывались.

Зависимости погонных задержек мод  $\tau$  приведены на рисунке 2. Видно, что изменение ширины  $w_2$  больше всего влияет на задержку  $\tau_2$ , тогда как изменение  $w_1$  влияет на  $\tau_2$  незначительно. При уменьшении  $w_2$  наблюдается монотонное возрастание  $\tau_2$ , что позволяет достичь при некоторых значениях  $w_2$  почти одинаковой разности погонных задержек мод.

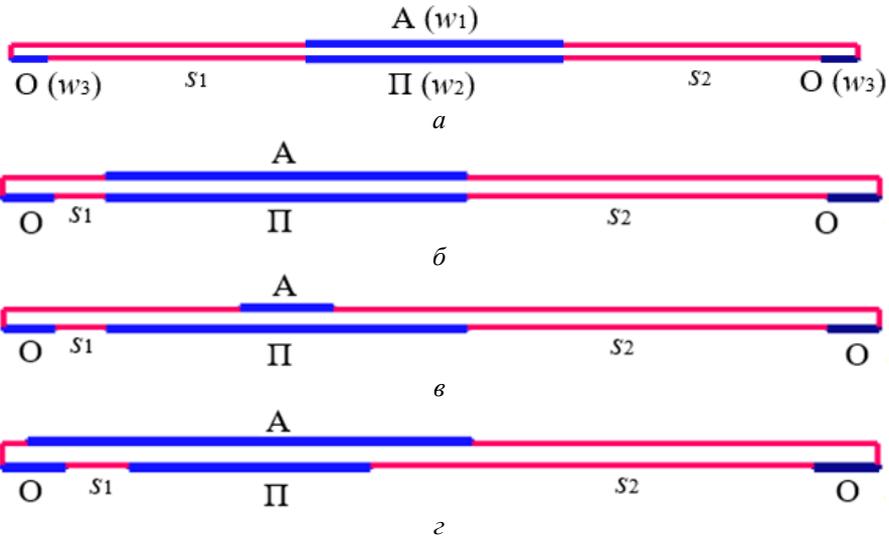
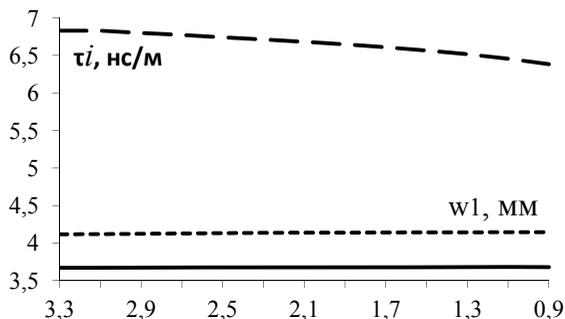
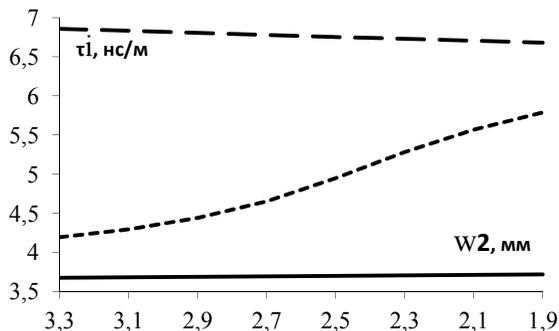


Рисунок 1 – Поперечное сечение МФ (с сильной связью) (а);  
 $w_1=w_2=3,5$  мм,  $s_1=0,5$  мм и  $s_2=3,5$  мм (б);  $w_1=0,9$  мм,  $w_2=0,9$  мм (в);  $w_1=3,5$  мм,  $w_2=1,9$  мм, (г);  
 А – активный проводник; П – пассивный; О – опорный

Так, при  $w_2=2,3$  мм получили  $\tau_1 = 3,70$  нс/м,  $\tau_2 = 5,28$  нс/м и  $\tau_3 = 6,73$  нс/м, а значит,  $\tau_2 - \tau_1 = 1,58$  нс/м,  $\tau_3 - \tau_2 = 1,45$  нс/м. Значение  $\tau_1$  изменяется от 3,67 до 3,71 нс/м, а  $\tau_3$  – от 3,65 до 3,68 нс/м. При уменьшении  $w_1$  значение  $\tau_1$  остается неизменным,  $\tau_2$  изменяется от 4,11 до 4,14 нс/м, а  $\tau_3$  – от 6,85 до 6,38 нс/м.



*a*

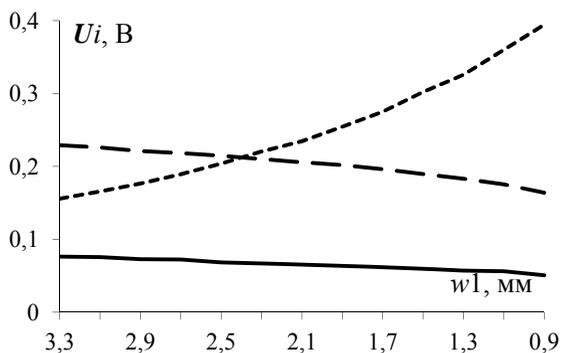


*б*

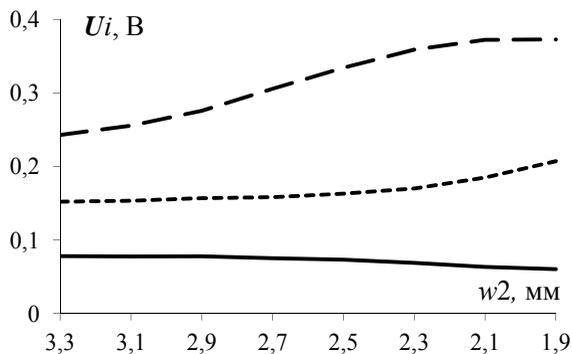
Рисунок 2 – Зависимости  $\tau_1$  (-),  $\tau_2$  (—),  $\tau_3$  (--) от  $w_1$  при  $w_2=3,5$  мм (*a*) и от  $w_2$  при  $w_1=3,5$  мм (*б*)

Зависимости амплитуд сигнала на выходе МФ показаны на рисунке 3. Видно, что уменьшение ширины  $w_1$  больше всего влияет на  $U_3$ , а  $w_2$  – на  $U_2$ . Амплитуды  $U_3$  и  $U_2$  возрастают. Увеличение  $w_1$  позволяет уменьшить амплитуду  $U_3$  от 0,23 до

0,16 В, которая при изменении  $w_2$  увеличивается от 0,24 до 0,37 В. Так, при  $w_1 = 2,3$  мм получили  $U_1 = 0,067$  В,  $U_2 = 0,21$  В и  $U_3 = 0,22$  В, тогда как при  $w_2 = 2,3$  мм –  $U_1 = 0,068$  В,  $U_2 = 0,35$  В и  $U_3 = 0,169$  В. Видно, что при  $w_1 = 2,3$  мм амплитуды  $U_2$  и  $U_3$  почти одинаковы, то есть уменьшилась амплитуда  $U_2$ , которая при  $w_2 = 2,3$  мм больше. Также наблюдается небольшое уменьшение амплитуды  $U_1$ : от 0,07 до 0,05 В при уменьшении  $w_1$  и от 0,078 до 0,06 В при уменьшении  $w_2$ .



*a*



*б*

Рисунок 3 – Зависимости  $U_1$ (-),  $U_2$ (—),  $U_3$ (--)  
от  $w_1$  при  $w_2=3,5$  мм (*a*) и от  $w_2$  при  $w_1=3,5$  мм (*б*)

На рисунках 4 и 5 показаны результаты моделирования форм напряжения на входе и выходе МФ. Видно появление двух дополнительных импульсов отрицательной полярности с другими значениями задержек мод между двумя импульсами с тройным проходом по линии ( $3\tau_1$  и  $3\tau_2$ ).

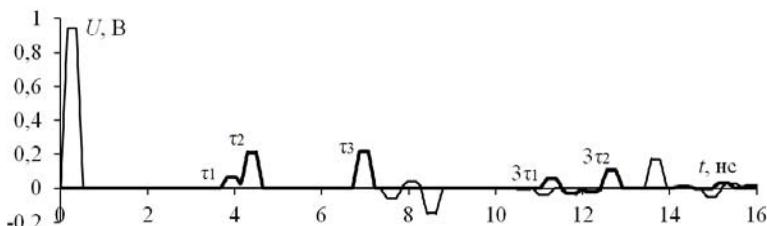


Рисунок 4 – Формы напряжения на входе (–) и выходе (–) МФ при  $w_1=2,3$  мм

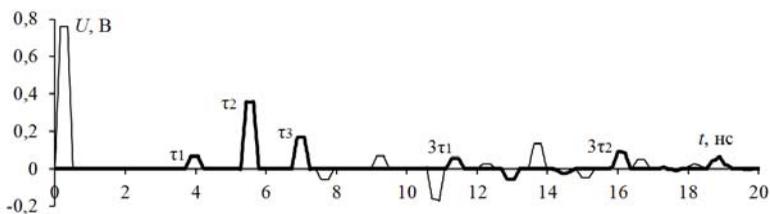


Рисунок 5 – Формы напряжения на входе (–) и выходе (–) МФ при  $w_2=2,3$  мм

Таким образом, показано влияние ширины активного и пассивного проводников на характеристики асимметричного МФ с пассивным проводником в вырезе опорной плоскости. Уменьшение ширины пассивного проводника вызвало разложение импульсов двух быстрых мод (разницы погонных задержек составили  $\tau_2 - \tau_1 = 1,58$  нс/м и  $\tau_3 - \tau_2 = 1,45$  нс/м). Уменьшение ширины активного проводника позволило выровнять амплитуды импульсов ( $U_1=0,067$  В,  $U_2=0,21$  В и  $U_3=0,22$  В) и уменьшить амплитуду напряжения на выходе.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-37-90033.*

### ЛИТЕРАТУРА

1. Гизатуллин, З. М., Набиев, И. И., Нуриев, М. Г. Помехоустойчивость электронных средств при воздействии наносекундных электромагнитных импульсов по сети питания // *Техника и технология: Новые перспективы развития*. 2014. № 12. С. 107–110.
2. Самойличенко, М. А., Самойличенко, В. В. Асимметрия как ресурс совершенствования модального фильтра с пассивным проводником в опорной плоскости // 25-я Всерос. науч.-практ. конф. «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. СИБРЕСУРС-2019», Томск, Россия, 19 ноября, 2019. С. 168–174.
3. Новые возможности системы моделирования электромагнитной совместимости TALGAT / С. П. Куксенко, А. М. Заболоцкий, А. О. Мелкозеров, Т. Р. Газизов // *Докл. Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники*. 2015. № 2(36). С. 45–50.

М. А. Samoylichenko

#### **Influence of width of active and passive conductors of asymmetric modal filter with passive conductor in the reference plane cutout**

The structure of the modal filter (MF) obtained by cutting out the passive conductor in the reference plane of the microstrip line is considered. The influence of width of active and passive conductors of asymmetric MF is studied. Time responses have been calculated and shown. Reducing the width of the passive conductor made it possible to increase the difference between running delays of two fast modes. Reducing the width of the active conductor made it possible to equalize and reduce the amplitude of the second mode. The appearance of additional pulses in the asymmetrical structure was revealed.

1993mary2011@mail.ru

## СОДЕРЖАНИЕ

### ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

<i>Бакайтис В. И.</i> ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ СИБИРИ .....	5
<i>Московченко А. Д.</i> АТОМНАЯ И ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ АВТОТРОФНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О МИРЕ .....	10
<i>Трубченинова И. А.</i> ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА КАЧЕСТВО ОБРАЗОВАНИЯ СТУДЕНТОВ ОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ .....	17

### СЕКЦИОННЫЕ ДОКЛАДЫ

#### Секция 1. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

<i>Алланина Л. М.</i> АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РОССИЙСКОЙ СИСТЕМЫ ПРАВА .....	23
<i>Жабина Н. А., Михалеико Б. А., Чихирева В. В.</i> ОСОБЕННОСТИ МЕЖПОПУЛЯЦИОННЫХ РИЗОСФЕРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В СИСТЕМЕ «РАСТЕНИЯ – ДОЖДЕВЫЕ ЧЕРВИ – МИКРООРГАНИЗМЫ» .....	26
<i>Картопольцев В. М., Сипкин В. В., Картопольцев А. В.</i> СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ – ЗАЛОГ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ СВАРНЫХ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ .....	30
<i>Катаев М. Ю., Bulysheva L. A., ЛОСЕВА Н. В., LI DA XU</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЛАНИРОВАНИЯ ИСПОЛНЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ .....	35
<i>Катаев М. Ю., Bulyshev A. E.</i> ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ .....	44
<i>Колева Г. Ю.</i> ВЫЖИВАНИЕ КАК ПОИСК ТВОРЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ .....	52
<i>Марков Н. Г., Маслов К. А., Токарева О. С.</i> СЕМАНТИЧЕСКАЯ СЕГМЕНТАЦИЯ КРОН ДЕРЕВЬЕВ ПИХТЫ НА СНИМКАХ С БПЛА .....	56

<i>Мицель А. А., Алимханова А. Н.</i> ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ .....	61
<i>Саркисов Ю. С., Горленко Н. П.</i> ХИМИЯ КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ .....	65
<i>Селезнева Е. В., Геращенко А. А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В АГРАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ .....	69
<i>Солдаткин В. С., Михальченко Т. С., Шардина А. О., Юлдашова Л.Ш.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ПОДГОТОВКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НА ОСНОВЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫХ ДИОДОВ .....	73
<i>Солдаткин В. С., Шнайдер Е. В., Стасенко Ю. И.</i> СВЕТСИГНАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РЕЧНОГО И МОРСКОГО ФЛОТА РФ С ФУНКЦИЕЙ РЕТРАНСЛЯЦИИ СИГНАЛОВ ДЛЯ СЕТИ ИНТЕРНЕТ .....	77
<i>Орлова В. В., Лобода Ю. О., Кочетков О. В., Глухарева С. В., Ноздреватых Д. О., Рекундаль О. И., Пикалова Л. Р.</i> МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВУЗА С ПРЕДПРИЯТИЯМИ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТИ .....	81
<b>Секция 2. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ</b>	
<i>Иноземцев М. А.</i> ОБЗОР МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ АНТЕННЫХ УСТРОЙСТВ ГЕОРАДАРОВ .....	87
<i>Варзин Е. С., Суровцев Р. С., Носов А. В.</i> УМЕНЬШЕНИЕ ГАБАРИТОВ ЗАЩИТНОЙ МЕАНДРОВОЙ МИКРОПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ .....	91
<i>Власова Н. О., Белоусов А. О.</i> ПОЛНОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ СВЕРХКОРОТКОГО ИМПУЛЬСА В ЧЕТЫРЕХПРОВОДНЫХ МОДАЛЬНЫХ ФИЛЬТРАХ С КРУГОВОЙ СИММЕТРИЕЙ .....	97
<i>Квасников А. А., Куксенко С. П.</i> ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ СЛАУ ПРИ АНАЛИЗЕ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧИ МЕТОДОМ МОМЕНТОВ .....	103
<i>Клюкин Д. В., Куксенко С. П.</i> ВЫЧИСЛЕНИЕ ПОГОННЫХ ПАРАМЕТРОВ МНОГОПРОВОДНЫХ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧИ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ .....	107

<i>Максимов А. Е., Куксенко С. П.</i> АДАПТИВНЫЙ ИТЕРАЦИОННЫЙ ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ СЕГМЕНТАЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ МЕТОДОМ МОМЕНТОВ .....	112
<i>Ромашов И. П., Медведев А. В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРЯДКА ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ЦЕПЕЙ ПОСЛЕ ОТКАЗОВ ТИПОВОЙ СТРУКТУРЫ С ТРЕХКРАТНЫМ МОДАЛЬНЫМ РЕЗЕРВИРОВАНИЕМ .....	117
<i>Сагиева И. Е.</i> МИКРОПОЛОСКОВАЯ ЛИНИЯ С ЗАЗЕМЛЕННЫМ ПРОВОДНИКОМ СВЕРХУ, ЗАЩИЩАЮЩАЯ ОТ СВЕРХКОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ .....	123
<i>Самойличенко М. А.</i> ВЛИЯНИЕ ШИРИНЫ АКТИВНОГО И ПАССИВНОГО ПРОВОДНИКОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ АСИММЕТРИЧНОГО МОДАЛЬНОГО ФИЛЬТРА С ПАССИВНЫМ ПРОВОДНИКОМ В ВЫРЕЗЕ ОПОРНОЙ ПЛОСКОСТИ ...	127
<i>Хасан А. Алхадж, Газизов Т. Р.</i> ВЛИЯНИЕ СЕГМЕНТАЦИИ И СОГЛАСОВАНИЯ НА ТОК В СВЯЗАННЫХ ПРОВОДАХ .....	134

Научное издание  
ПРИРОДНЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ СИБИРИ  
(СИБРЕСУРС-26-2020)

26-я международная научно-практическая конференция  
24 ноября 2020 г., г. Томск, Россия

ДОКЛАДЫ

Подписано в печать 00.12.2020. Формат 60x84/16.  
Усл. печ. л. 8,14. Тираж 80 экз. Заказ 000.

---

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