

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., Суворцев 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.

С.П. КУКСЕНКО, доцент, ТУСУР, Томск

## **СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОЙ СЕТИ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

Кратко рассмотрены основные результаты совместного проекта ТУСУРа и АО «ИСС», направленного на разработку теоретических основ проектирования оптимальной сети высоковольтного электропитания космических аппаратов. Центральное место в проекте занимает обеспечение электромагнитной совместимости при проектировании.

Космическая деятельность является важным индикатором развитости и престижа государства и его технологий. При этом вклад спутниковых систем в решение различных разведывательных, телекоммуникационных, навигационных, метеорологических и других задач постоянно растет, а миниатюризация радиоэлектронных средств, используемых в различных бортовых системах, обусловила расширение круга участников космической деятельности и рост создания малых космических аппаратов (микро- и наноспутников) [1]. Если еще сравнительно недавно только несколько государств занималось развитием своих космических программ, то сегодня этим занимаются во многих странах. Это привело к ужесточению конкуренции среди производителей космических аппаратов (КА) и стимулировало развитие новых технологий. В данной сфере лидирующие позиции продолжают занимать российские производители. Так, Акционерное общество «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева» (АО «ИСС») входит в ТОП-5 компаний, разрабатывающих КА различного назначения. Например, действующая орбитальная группировка России в подавляющем большинстве состоит из спутников, произведенных на этом предприятии.

Помимо повышения конкуренции на рынке создания КА, также мощными тенденциями развития космической отрасли являются повышение срока активного существования КА и

ужесточение электромагнитной обстановки внутри них [2]. Поэтому стало необходимым повышение надежности, помехоустойчивости и помехозащищенности КА в целом и сети электрического питания в частности, поскольку в качестве рецептора помех, как правило, выступают проводники разветвленной сети электропитания.

В период с 2017 по 2019 г. ТУСУРом совместно с АО «ИСС» (Индустриальный партнер) выполняется проект «Теоретические и экспериментальные исследования по синтезу оптимальной сети высоковольтного электропитания для космических аппаратов» в рамках реализации Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы». Целями проекта являются: разработка теоретических основ проектирования оптимальной сети высоковольтного (100 В) электропитания (ОСВЭ) для КА, отличающейся повышенной помехоустойчивостью, помехозащищенностью, надежностью и минимальной массой; создание опережающего научно-технического задела в области проектирования таких элементов ОСВЭ, как помехозащищенные силовые шины электропитания (СШЭП) современных автоматических КА, разрабатываемых с применением отечественных материалов, электронной компонентной базы и специализированного программного обеспечения (ПО); разработка прототипа аппаратно-программного комплекса (АПК) для синтеза и испытаний ОСВЭ для КА; повышение научно-технического потенциала ТУСУРА и АО «ИСС» в области проектирования элементов сети электропитания КА с учетом электромагнитной совместимости (ЭМС).

Исследования показали, что типовая и широко используемая система распределения электропитания КА состоит из контроллера, распределяющего питание между панелями солнечных и аккумуляторных батарей и блоками (нагрузками) КА. При этом электропитание от контроллера в нагрузку подается по силовой шине. Значение напряжения питания постоянного тока зависит от конкретного производителя и назначения КА. Так, известны системы на 28 В и 30 В (КА малой мощности), 70 В и 100 В (КА средней мощности), 120 В (КА большой мощности, МКС), 150 В и 200 В (КА сверхбольшой мощности). Повышение

напряжения связано с необходимостью уменьшения массы кабельной сети КА при повышении его мощности. Из-за переходных процессов, возникающих при переключении питания, производители вынуждены в блоках и узлах нагрузки размещать защитные фильтры для предотвращения выхода их из строя, что увеличивает массу полезной нагрузки и КА в целом, а также уменьшает их помехоустойчивость и надежность.

Многие трудности с защитой от электромагнитных помех возникли при переходе на негерметичный корпус. Специфические условия эксплуатации космической бортовой аппаратуры также препятствуют получению высоких характеристик. Наконец, серьезные ограничения связаны с санкциями по компонентной базе. Таким образом, для уменьшения массы и повышения срока службы КА требуется новый подход к организации сети его электропитания. В этой связи использование широких возможностей компьютерного моделирования в части задач анализа и синтеза за счет тщательной структурно-параметрической оптимизации по совокупности одновременно удовлетворяемых критериев (уменьшения массы, повышения помехозащищенности и др.) позволяет успешно преодолеть ряд ограничений, что и было выполнено в указанном проекте. Далее кратко освещены наиболее интересные результаты проекта. (Подробное представление результатов будет выполнено в презентации доклада.)

Основное место в проекте занимает разработка помехоустойчивой СШЭП с минимальными погонной индуктивностью и волновым сопротивлением, в конструктив которой входит помехозащитный фильтр, отличающийся гибридным использованием бескомпонентных фильтров (модальная фильтрация) и фильтров из компонентов с сосредоточенными параметрами и обеспечивающий достижение требуемых уровней помехозащищенности.

Разработан прототип ПО, включающего интегрированные в единую оболочку различные подсистемы. За основу его разработки принята отечественная система компьютерного моделирования задач ЭМС TALGAT. Особенности математического моделирования и разрабатываемого прототипа ПО освещены в [3].

При испытаниях космической техники на соответствие требованиям по ЭМС (согласно AEROSPACE № TOR-2005(8583)-



1, МЭК 61000-2-13, AIAA S-121-2009, ГОСТ Р 56531-2015 и MIL-STD-461G) уделяется внимание как излучаемым, так и кондуктивным эмиссиям. Поэтому созданный прототип ПО совместно с разработанным прототипом устройства для измерения характеристик элементов и узлов ОСВЭ при совместных климатических и электромагнитных воздействиях, а также разработанными прототипами устройств для измерения уровней излучаемой и кондуктивной помехоэмиссий и уровня восприимчивости элементов и узлов ОСВЭ к излучаемому и кондуктивному воздействию образуют требуемый прототип АПК.

Проводимый на каждом этапе патентный поиск согласно установленным требованиям совместно с поданными заявками на изобретения подтверждают новизну результатов проекта.

Предложенный в проекте подход к решению научной проблемы целесообразен благодаря его новизне, а также соответствию проводимой государственной программе «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013–2025 годы». Его использование способствует развитию отечественных радиоэлектронных технологий, повышению конкурентоспособности радиоэлектронных изделий и разработке перспективных КА.

По результатам проекта подготовлено 5 диссертаций: две докторские [4, 5] и 3 кандидатские [6–8]. Ход выполнения проекта отражается на сайте научно-исследовательской лаборатории «Безопасность и электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств» ТУСУРа [9].

Положительным эффектом от реализации проекта является возможность принятия оптимальных технических решений при проектировании, что в конечном итоге способствует созданию опережающего научно-технического задела в области проектирования таких элементов ОСВЭ, как СШЭП современных автоматических КА, и повышению научно-технического потенциала ТУСУРа и АО «ИСС» в части проектирования элементов ОСВЭ КА с учетом ЭМС. Это позволит АО «ИСС» удерживать лидирующие позиции в области создания КА мирового уровня, а ТУСУРу выйти на лидирующие позиции в области ЭМС.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по проекту RFMEFI57417X0172.*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Макаренко С.И. Использование космического пространства в военных целях: современное состояние и перспективы развития систем информационно-космического обеспечения и средств вооружения // Системы управления, связи и безопасности. 2016. № 4. С. 161–213. URL: <http://sccs.intelgr.com/archive/2016-04/09-Makarenko.pdf>.
2. Синтез методов оценки электромагнитной обстановки на борту космического аппарата и обеспечение защиты бортовой аппаратуры от электромагнитного излучения: моногр. / А.В. Первухин, В.Е. Косенко, С.Г. Кочура, И.А. Максимов ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т; АО «ИСС» им. акад. Решетнева». Красноярск, 2016. 136 с.
3. Куksenко С.П. Моделирование помехозащищенной сети электропитания космического аппарата // Труды МАИ. 2019. № 105. С. 1–20. URL: [http://trudymai.ru/upload/iblock/36b/Kuksenko\\_rus.pdf](http://trudymai.ru/upload/iblock/36b/Kuksenko_rus.pdf).
4. Куksenко С.П. Методы оптимального проектирования линейных антенн и полосковых структур с учетом электромагнитной совместимости: дис. ... д-ра техн. наук: 05.12.07. Томск, 2019. 436 с. URL: <https://postgraduate.tusur.ru/urls/0e0ux331>.
5. Карлов Ю.К. Элементы и устройства автоматизированных систем управления контролем параметров тепловыделяющих элементов и сборок атомных реакторов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.05. Томск, 2019. 436 с. URL: <https://postgraduate.tusur.ru/urls/bl642yzw>.
6. Хажобеков Р.Р. Многокаскадные модальные фильтры: дис. ... канд. техн. наук: 05.12.04. Томск, 2019. 202 с. URL: <https://postgraduate.tusur.ru/urls/jnluxhgg>.
7. Демаков А.В. Совершенствование камер для испытаний на электромагнитную совместимость: дис. ... канд. техн. наук: 05.12.07. Томск, 2019. 155 с. URL: <https://postgraduate.tusur.ru/urls/asd36c2l>.
8. Шарафутдинов В.Р. Способы резервирования элементов радиотехнических устройств на основе модальной фильтрации: дис. ... канд. техн. наук: 05.12.04. Томск, 2019. 153 с. URL: <https://postgraduate.tusur.ru/urls/fzywp7eo>.
9. Официальный сайт НИЛ «БЭМС РЭС». URL: <http://www.talगतat.org/news>, свободный (дата обращения: 01.11.2019).

S.P. Kuksenko

**Synthesis of the optimal network of high-voltage power supply of spacecraft**

The main results of the joint project of TUSUR and JSC «ISS», aimed at developing the theoretical foundations for designing the optimal high-voltage power supply network for spacecraft, are briefly reviewed. The central place in the project is occupied by assurance of electromagnetic compatibility in the design stage.