



СибГУТИ

МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ  
КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ»  
(СибГУТИ)

Кирова ул., д. 86, г. Новосибирск, 630102  
т/ф: (383) 269-82-02, 269-82-03  
http://www.sibsutis.ru, e-mail: rectorat@sibsutis.ru  
ИНН 5405101327, КПП 540501001, ОКПО 01180010

от « 14 » « 02 » 20 22 г. № 14-330

на № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » « \_\_\_\_\_ » 20 \_\_\_\_\_ г.

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. ректора Федерального  
государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего  
образования «Сибирский  
государственный университет  
телекоммуникаций и информатики»,  
доктор экономических наук, доцент

/Хаиров Бари Галимович/



2022 г.

**ОТЗЫВ**

ведущей организации на диссертацию  
**Подкопаева Артемия Олеговича**

**«СИНТЕЗ МАЛОТОЧЕЧНЫХ ЧАСТИЧНО КОГЕРЕНТНЫХ МОДЕЛЕЙ  
РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ИМ  
НЕКОГЕРЕНТНЫХ МОДЕЛЕЙ»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 2.2.16 – «Радиолокация и радионавигация».

**Объём и структура диссертации**

Представленная на отзыв диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем диссертации составляет 147 страниц машинописного текста, 21 рисунков, 14 таблиц, а также списка использованных источников, включающих в себя 178 наименований.

**Актуальность для науки и практики**

Диссертационная работа Подкопаева А.О. посвящена обоснованию и разработке метода синтеза малоточечных моделей распределенных радиолокационных объектов, излучающих коррелированные сигналы, на основе эквивалентных им моделей, излучающих некоррелированные сигналы, с целью их применения в матричных имитаторах для задач полунатурного моделирования при разработке и испытаниях радиолокационных систем.

При разработке и испытаниях радиолокационных систем с точки зрения затрат экономических и временных ресурсов выгодно использовать полунатурное моделирование с применением имитаторов радиосигналов. Излучающая часть имитатора – матричный имитатор – представляет собой жестко связанную систему излучателей, к которым подводятся сигналы с заданными характеристиками. Матричные имитаторы синтезируются на основе математической модели замещающего радиолокационного объекта. Для замещения распределенного по угловым координатам



объекта радиолокации до настоящего времени применялись некогерентные модели, излучающие сигналы с коэффициентом взаимной корреляции равным 0. Однако в настоящее время наиболее перспективными считаются частично когерентные модели, излучающие сигналы со значением коэффициента взаимной корреляции, лежащим в диапазоне от 0 до 1. Такие модели, по сравнению с некогерентными имеют более широкие возможности по управлению характеристиками угловых шумов, свойственных работе с реальными распределенными радиолокационными объектами. Кроме того, для частично когерентных моделей характерно меньшее количество излучающих антенн в составе матричного имитатора.

В диссертационной работе Подкопаева А.О. отмечается, что известно большое количество синтезированных некогерентных моделей, однако, практически не существует синтезированных частично когерентных моделей. Автором показывается эквивалентность одномерной двухточечной частично когерентной модели и одномерной трехточечной неэквидистантной некогерентной с точки зрения обеспечиваемых ими плотностей распределения вероятностей формируемых угловых шумов. В работе автором исследованы границы эквивалентности моделей. Доказана эквивалентность двумерных моделей: четырехточечной частично когерентной, пятиточечной и девятиточечной некогерентной. Получен набор аналитических соотношений, позволяющий на основе известных характеристик сигналов некогерентной модели рассчитать характеристики сигналов частично когерентной модели, обеспечивающей угловые шумы с требуемой плотностью распределения вероятностей и спектрально-корреляционными характеристиками. Разработан алгоритм синтеза двумерной четырехточечной частично когерентной модели распределенного объекта радиолокации. Его работоспособность подтверждена средствами математического и имитационного моделирования и актом о внедрении.

Исходя из вышесказанного, тема диссертационного исследования является актуальной.

### **Научная новизна полученных результатов и их ценность**

Автором показано, что частично когерентные модели способны управлять параметрами плотности распределения вероятностей угловых шумов в более широком диапазоне значений, чем некогерентные, при равных угловых размерах моделей.

Доказана эквивалентность двумерных моделей: четырехточечной частично когерентной модели, пятиточечной и девятиточечной некогерентных моделей. Определены границы эквивалентности моделей, как допустимые значения параметров подводимых к ним сигналов и координат точек моделей для заданных характеристик угловых шумов.

Обоснован метод синтеза частично когерентных моделей распределенных радиолокационных объектов, формирующих угловые шумы с требуемыми плотностью распределения вероятности и спектрально-корреляционными характеристиками, на основе известных для этих объектов некогерентных моделей. Кроме того, получены выражения, позволяющие определить характеристики сигналов, подводимых к точкам частично когерентной модели, на основе характеристик сигналов, подводимых к точкам некогерентной модели.

Результаты, полученные в ходе исследований по теме диссертационной работы, представлены в 15 работах, в числе которых 5 – в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 4 – в изданиях, индексируемых Web of Science или Scopus,



результаты диссертационной работы внедрены на предприятии АО «ЗАСЛОН», что подтверждается соответствующим актом.

**Практическая значимость результатов работы** состоит в следующем:

1. Полученные в диссертационной работе результаты могут быть использованы для синтеза частично когерентных моделей распределенных радиолокационных объектов с целью их применения в имитаторах радиосигналов. Такие имитаторы будут требовать меньшее количество излучающих антенн, осуществлять моделирование распределенных объектов радиолокации с учетом угловых шумов в расширенном диапазоне значений их характеристик.

2. Полученные результаты могут быть интересны предприятиям, осуществляющим разработку и/или испытания РЛС, как способ отработки различных режимов работы РЛС, повышения достоверности моделирования радиоэлектронной обстановки и, в конечном счете, удешевления и усовершенствования процесса разработки и производства новых изделий.

### **Замечания по работе**

1. В разделе 4 приведено краткое описание разработанного по результатам работы программного модуля, вошедшего в состав ПО имитатора радиосигналов. Оно демонстрирует только одну из групп параметров, учитываемых при синтезе модели метеообразования. Из содержания модуля следует, что есть еще минимум две такие группы, описание которых в работе не приводится.

2. В работе рассматриваются двумерные четырехточечные частично когерентные модели. Минимальное количество точек для двумерной модели может быть равно трем. В работе в явном виде не поясняется выбор именно четырехточечной модели, имеющей на одну точку больше.

3. В работе рассмотрено моделирование углового шума от метеообразования. Однако не приводятся результаты моделирования, демонстрирующих доплеровский спектр эхо-сигналов, формируемых четырехточечной частично когерентной моделью.

Отмеченные замечания не меняют общего положительного отношения к работе.

### **Заключение**

Диссертационная работа Подкопаева Артемия Олеговича на тему «Синтез малоточечных частично когерентных моделей радиолокационных объектов на основе эквивалентных им некогерентных моделей», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.16 – «Радиолокация и радионавигация», является законченной научно-квалификационной работой и имеет научную и практическую ценность.

Следует отметить, что проведенные автором исследования и полученные результаты, вносят значительный вклад в теорию матричных имитаторов, а также существенно совершенствуют современные алгоритмы синтеза математических моделей распределенных радиолокационных объектов для задач полунатурного моделирования.


Основные результаты полностью отражены в научных публикациях, представленных соискателем, и соответствуют поставленным задачам диссертационной работы. Автореферат в достаточной степени отражает содержание диссертационной работы.



Диссертационная работа Подкопаева Артемия Олеговича на тему “Синтез малоточечных частично когерентных моделей радиолокационных объектов на основе эквивалентных им некогерентных моделей” соответствует требованиям пунктов 9-10 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.16 – «Радиолокация и радионавигация».

Диссертационная работа и автореферат Подкопаева Артемия Олеговича на тему “Синтез малоточечных частично когерентных моделей радиолокационных объектов на основе эквивалентных им некогерентных моделей” рассмотрены на заседании кафедры радиотехнических систем ФГБОУ ВО Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики «СибГУТИ», протокол №2 от 10.02.2022 г.

Председатель семинара,  
заведующий кафедрой  
«Радиотехнических систем», ФГБОУ  
ВО Сибирского государственного  
университета телекоммуникаций и  
информатики «СибГУТИ», к.т.н.,  
доцент

 / Воробьева С.В.

Секретарь

 / А.Е. Генчик

« 10 » 02 2022г.

Подпись к.т.н., доц., заведующего кафедрой «Радиотехнических систем»  
Воробьевой Светланы Владимировны заверяю.

Начальник отдела кадров ОПУ

 Замелова Наталья Александровна

**Сведения о ведущей организации по диссертации Подкопаева А. О.:**

Наименование организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики».

Адрес: 630102, Сибирский федеральный округ, Новосибирская область, г. Новосибирск, ул. Кирова, д. 86.

Телефон: +7 383 269-82-28

Факс: +7 383 269-82-03

E-mail: [prikom@sibsutis.ru](mailto:prikom@sibsutis.ru)

Сайт: <https://sibsutis.ru>

