ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Кураковой Татьяны Петровны на тему «Имитация радиоканалов миллиметрового диапазона поколения 5G», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций

Актуальность работы. Диссертация Кураковой Т.П. направлена на исследование основных свойств радиоканалов миллиметрового диапазона частот (МДЧ) и обобщения воздействий, возникающих в таких каналах на распространяющиеся сигналы, с целью разработки комплекса, имитирующего радиоканалы развивающегося поколения 5G миллиметрового диапазона частот.

В настоящее время частоты миллиметрового диапазона используются не очень эффективно и создание систем подвижной связи нового поколения 5G ориентировано на использование именно этого диапазона частот. Поэтому разработка имитатора радиоканалов, предназначенного для исследования и отработки новых технических решений, а также для контроля технических параметров новых разрабатываемых устройств и систем МДЧ является своевременной и актуальной.

Представленная на отзыв диссертация изложена в 4 главах на 132 страницах. Работа обладает внутренним единством, методически верно построена, написана хорошим научным языком и оформлена в соответствии с требованиями к научным работам. Автореферат достаточно подробно освещает суть работы.

В первой главе диссертации произведен аналитический анализ основных направлений развития высокоскоростной радиосвязи поколения 5G и определены основные факторы, мешающие передаче информации по радиоканалам МДЧ. Определена цель диссертационного исследования, состоящая в выполнении анализа свойств радиоканалов миллиметрового диапазона частот и разработке на этой основе комплекса имитации радиоканалов миллиметрового диапазона частот. Сформулированы задачи исследования и показано, что для их решения необходимо исследовать воздействия на сигналы, распространяющиеся по радиоканалам МДЧ, разработать математическую модель передаточной

функции радиоканалов, предложить структуру имитатора радиоканалов, разработать методику управления имитатором, обосновать возможность технической реализации основных узлов имитатора.

Во второй главе диссертации разработана математическая модель радиоканала МДЧ, основанная на представлении передаточной функции каналов МДЧ суммой детерминированной и стохастической составляющих затухания распространяющегося радиосигнала. Исследованы и систематизированы известные из литературы экспериментальные данные по распространению сигналов МДЧ в атмосфере, как при ясной погоде, так и при дождях, тумане, снегопаде, в условиях дымки, пыли и при поглощении миллиметровых волн листвой и другими препятствиями.

На основании близости свойств сигналов МДЧ при их отражении от шероховатых поверхностей и при рассеянии на точечных неоднородностях стохастическую составляющую затухания распространяющегося радиосигнала предложено описывать четырехпараметрическим законом распределения вероятностей. При этом показано, что при разных значениях параметров четырехпараметрического закона распределения вероятностей он вырождается в более простые распределения, часто фиксируемые при распространении сигналов по многолучевым радиоканалам. Определено допплеровское расширение спектра для движущихся абонентов МДЧ и длительности замираний при многолучевом распространении сигналов поколения 5G.

В третьей главе диссертационной работы синтезировано общее выражение, описывающее детерминированную составляющую ослабления радиосигналов МДЧ при распространении, и предложена общая методика моделирования радиоканалов МДЧ. В предложенной методике имитатор радиоканалов МДЧ представлен набором каналов распространения, в каждом из которых моделируется многолучевое распространение сигналов МДЧ, а количество моделируемых каналов определяется степенью разнесения сигналов у исследуемой на имитаторе системы связи.

В четвертой главе рассмотрены реализационные основы построения комплекса имитации радиоканалов МДЧ. Предложена структура комплекса, состоящая из двух блоков: блока моделирования передаточной функции радиоканалов МДЧ и блока управления, задающего необходимые параметры для моделирования характеристик трассы связи и конкретных условий распространения сигналов. Для каждого блока предложены свои подробные структуры и рекомендованы устройства из числа серийно выпускаемых для их построения. В этой же главе разработана методика применения комплекса имитации радиоканалов МДЧ для технического контроля и верификации устройств и систем связи поколения 5G и предложен алгоритм управления имитатором затухания сигналов при распространении их по каналам МДЧ. Предложенный алгоритм и методика строго обоснованы и спрогнозирована их возможная эффективность.

Основными новыми научными результатами, полученными в диссертации, являются:

- Предложенные выражения для имитации ослаблений сигналов и замираний в радиоканалах ММД при разных климатических и географических параметрах моделируемых трасс связи.

- Разработанная модель передаточной функции радиоканалов миллиметрового диапазона для стационарных и мобильных абонентов и оригинальная структура комплекса имитации радиоканалов МДЧ.

- Рекомендуемая методика управления имитатором радиоканалов поколения 5G для верификации устройств и систем МДЧ.

Следует положительно отметить предложенный вариант построения имитатора с переносом спектров сигналов исследуемых систем в диапазон хорошо освоенных частот от 17 ГГц до 27 ГГц, что обеспечивает универсальность применения имитатора для систем МДЧ, работающих на разных частотах и упростит реализацию имитатора.

Практическое применение разработанного имитатора, несомненно, обеспечит сокращение времени разработки и отладки систем пятого поколения мо-

бильной связи и значительно сократит расходы на контроль их качества и верификацию.

Степень обоснованности и достоверности научных положений диссертации Кураковой Т.П. подтверждается апробацией результатов исследований на 8 научных конференциях и публикацией основных результатов в 2 статьях в ведущих журналах, входящих в перечень ВАК, в статье в ITU News и в 9 статьях в трудах научных конференций. Доказательства, описывающие основные свойства разрабатываемого имитатора и исследуемых процессов, выполнены математически корректно и хорошо согласуются с общей теорией связи и известными экспериментальными данными по распространению сигналов миллиметрового диапазона частот. Выводы в работе логично вытекают из текста диссертации и достаточно подробно обоснованы.

Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы.

В целом работа Кураковой Т.П. производит хорошее впечатление, но имеются и замечания, к которым можно отнести следующее:

1. Понятно, что количественно оценить выигрыш от использования имитатора до его практического применения можно только экспертным путем, но нужно было показать состоятельность экспертных оценок.

2. Не затронуты вопросы вычислительной сложности предложенного алгоритма управления имитатором затухания сигналов МДЧ при их распространении.

3. Не рассмотрены отдельно положительные возможности от применения имитатора радиоканалов МДЧ - возможность повторов испытаний при тех же псевдослучайных условиях распространения сигналов и возможность испытаний систем при моделировании различных видов помеховой обстановки.

Заключение по диссертационной работе. Указанные замечания не снижают научную и практическую значимость диссертационной работы, которая выполнена на достаточно высоком научном уровне, имеет логичную компоновку и внутреннее единство. Тема диссертационного исследования является актуальной и соответствует паспорту специальности 05.12.13 – Системы, сети и

устройства телекоммуникаций. Результатом исследований являются новые научные знания и разработанный имитационный комплекс, полезный с практической точки зрения, которые достаточно полно и ясно изложены автором в диссертационной работе.

Считаю, что представленная диссертационная работа является завершенным научно-квалификационным исследованием в котором изложены новые научно обоснованные технические решения, имеющие существенное значение для развития телекоммуникационных систем поколения 5G, и удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертационным работам, а ее автор, Куракова Татьяна Петровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Официальный оппонент:

Рябоконь Алексей Владимирович
инженер-конструктор 1-ой категории
ОАО «Владимирское конструкторское бюро радиосвязи»,
кандидат технических наук

Рябоконь А.В.
15.01.2018 г.

Адрес: Россия, 600009, г. Владимир, а/я 68
Телефон: (4922) 43-15-54
Тел/Факс: (4922) 53-06-33
E-mail: vkbrs@vkbrs.elcom.ru

Подпись А.В. Рябоконя заверяю

Начальник отдела кадров Хазова О.А.