



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого»
(ФГАОУ ВО «СПбПУ»)

ИНН 7804040077, ОГРН 1027802505279, ОКПО 02068574
ул. Политехническая, д. 29 литера Б,
вн. тер. г. муниципальный округ Академическое,
г. Санкт-Петербург, 195251
тел.: +7(812)552-60-80, office@spbstu.ru

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
Санкт-Петербургского
политехнического университета
Петра Великого,
кандидат физико-математических
наук

(подпись, печать)

Фомин Юрий Владимирович

«30» _____ 2024 г.

« _____ » _____ 2024 № _____

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

**Федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования "Санкт-Петербургский
политехнический университет Петра Великого"**

на диссертацию Степанец Ирины Валерьевны на тему «Исследование и
разработка методов расчёта пропускной способности радиорелейных
линий с адаптивной модуляцией», представленную на соискание учёной
степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 -
Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

1. Актуальность темы исследования.

Развитие в области технологий беспроводного транспортного сегмента сетей подвижной связи, повышение требований к пропускной способности радиорелейной линии как системы (максимально возможной скорости передачи данных) повлияли на разработку и применение качественно новых способов по достижению заявленных требований. В результате разработок в области радиодоступа сетей связи следующего поколения в современных радиорелейных линиях (РРЛ), как следствие, получило широкое распространение применение таких технологий, как адаптивная модуляция (АМ) с высокими порядками, агрегация несущих,

поляризационное мультиплексирование, а также освоение новых участков миллиметрового диапазона радиочастот. Однако в существующих рекомендациях и методиках расчёта радиорелейных линий отсутствует учёт адаптивной модуляции и недостаточно учтены свойства передачи в миллиметровом диапазоне волн, что крайне затрудняет планирование и корректное проектирование современных РРЛ с АМ. Для решения данного противоречия в рамках 3 и 9 Исследовательских комиссий Международного Союза Электросвязи (МСЭ-Р) проблемы, связанные с разработкой методов расчёта трасс цифровых РРЛ, определены как первоочередные задачи исследований. Таким образом, тема и содержание диссертационной работы Степанец И.В., посвящённой решению указанного противоречия посредством исследования и разработки методов и методики расчёта пропускной способности РРЛ с АМ в различных условиях применения является актуальной.

2. Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Научная новизна исследования заключается в том, что автор предложил новый подход к решению указанного противоречия. Отличительными особенностями предложенного автором подхода является то, что автором разработаны новые, адекватные физическим условиям, математическая модель РРЛ с АМ, метод и методика расчёта пропускной способности РРЛ с АМ.

Новыми научными результатами являются:

1. Разработанная математическая модель РРЛ с АМ позволяет в отличие от известных определить пропускную способность РРЛ (ранее в существующих рекомендациях и методиках пропускная способность задавалась как исходный параметр, её расчёт не предполагался) для различных типов трафика: приоритетного, неприоритетного и агрегированного. Также разработанная модель, в отличие от

существующих, позволяет определить такие показатели качества РРЛ с АМ, как коэффициент битовой ошибки и коэффициент неготовности с учётом зависимостей от технических характеристик РРС и параметров условий распространения радиоволн, характеризующихся быстрыми и медленными замираниями в используемых диапазонах волн.

2. Разработанный метод расчёта пропускной способности РРЛ с АМ отличается от известных тем, что опирается на новое более точное математическое выражение распределения вероятностей глубины замираний и позволяет более точно определить коэффициент неготовности и пропускную способность РРЛ с АМ в миллиметровом диапазоне волн.

3. Разработанная методика расчёта пропускной способности РРЛ отличается от существующих тем, что учитывает особенности замираний в различных диапазонах волн и их влияние на адаптивное изменение пропускной способности, распределяемой между двумя типами мультимедийного трафика (непрерывного / real-time и прерывистого / not real-time).

3. Обоснованность и достоверность научных положений и выводов.

Обоснованность и достоверность теоретических положений, выводов и заключений не вызывает сомнений и подтверждается тем, что они сопровождаются корректным математическим обоснованием, а также результатами моделирования. Например, на основе математических обоснований детально доказана справедливость использования распределения Райса для вероятности глубины замираний на РРЛ и определены типовые значения k -фактора Райса. Полученные и обработанные автором статистические данные о работе РРЛ с АМ в диапазоне 70/80 ГГц подтверждают достоверность разработанного метода расчёта пропускной способности РРЛ с АМ.

По теме диссертации опубликовано 16 научных работ, в том числе 6 из них в рецензируемых изданиях, рекомендованных Высшей

аттестационной комиссии (ВАК), 5 из них опубликованы в изданиях, индексируемых Scopus.

Основные результаты исследования докладывались на: X Международной конференции по инновациям, современной прикладной науке и экологическим исследованиям (ICIES'2022), Марокко 2022 г.; XI Международной научно-технической и научно-методической конференции (АПИНО 2022), Санкт-Петербург, 2022 г.; II Международной молодежной конференции по электронике, телекоммуникациям и информационным технологиям (YETI 2020), Санкт-Петербург, 2020 г.; V Международной конференции по электротехнике и фотонике (CERC 2019), Дармштадт 2019 г.; XIX Международной конференции по интернету вещей и умным пространствам (NEW2AN 2019), Санкт-Петербург, 2019 г.; VII Международной научно-технической и научно-методической конференции (АПИНО 2018), Санкт-Петербург, 2018 г.

4. Значимость для науки и практики результатов, полученных автором диссертации.

Значимость для науки результатов, полученных в диссертационной работе Степанец Ириной Валерьевной, заключается в следующем:

1. Введены согласованные совокупности математических зависимостей для показателей достоверности, устойчивости и пропускной способности РРЛ с АМ для различных типов трафика и с учётом замираний.

2. Сформулирован метод расчёта показателей качества адаптивных радиолиний при прохождении радиосигналов через различные среды.

3. Определена методика расчёта показателей качества цифровых РРЛ, учитывающая разноприоритетный трафик и используемые алгоритмы АМ в изменениях пропускной способности и устойчивости РРЛ с АМ в условиях замираний.

Практические результаты диссертационной работы можно характеризовать следующим:

1. Предложенная модель может быть использована операторами связи или научными организациями для обоснования новых технологических решений в области адаптивных пакетных радиорелейных линий и для выполнения расчётов характеристик проектируемых РРЛ с АМ для обоснования целесообразности предлагаемых ими решений.

2. Разработанный метод может быть применён в составе специализированного программного комплекса планирования и оптимизации радиорелейных линий с АМ в миллиметровом диапазоне радиоволн.

3. Доведённая до программной реализации методика расчёта пропускной способности РРЛ с АМ позволяет повысить эффективность процессов и точность расчётов при планировании и оптимизации РРЛ с АМ в различных условиях применения.

Также с точки зрения практической значимости результатов следует отметить, что представленная в рамках исследования методика, основанная на разработанной модели и методе, была внедрена в разработанном в компании «ИнфоТел» программном комплексе ONEPLAN RPLS-DB Link для планирования и оптимизации радиорелейных линий и в учебном процессе СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича на кафедре Радиосистем и обработки сигналов, что подтверждено соответствующими актами о внедрении.

5. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Результаты и выводы по диссертации целесообразно использовать при планировании и проектировании современных радиорелейных линий с адаптивной модуляцией, функционирующих в миллиметровом диапазоне радиоволн.

6. Общая оценка диссертационной работы (с замечаниями).

Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с принятыми для научных квалификационных работ нормами и требованиями.

Автореферат адекватно и в полной мере отражает основные научные результаты и положения, сформулированные в тексте диссертации. Автореферат содержит краткое изложение материалов диссертационной работы по разделам и полностью соответствует содержанию самой диссертационной работы. В автореферате выделены все решаемые в каждом разделе задачи и представлены научные результаты. Работа выполнена в соответствии с ГОСТ Р 7.0.11-2011.

По работе имеются следующие замечания:

1. В 3-м разделе автору следовало бы представить статистические данные дополнительно в виде числовой таблицы, что помогло бы более точно раскрыть значения, отображённые на графиках 3.7-3.10.
2. Автор указывает, что сбор и обработка статистических данных проводилась в течении 15 следующих друг за другом месяцев, но в тексте работы представлены данные только для февраля. Для примера следовало бы привести данные и других месяцев.
3. В разделе 2 автор приводит выведенную им формулу (2.19) соответствия k -фактора Райса и параметра r , но не описывает, каким именно образом он её вывел.
4. Имеются недочёты редакционного характера.

7. Заключение.

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы Степанец Ирины Валерьевны на тему «Исследование и разработка методов расчёта пропускной способности радиорелейных линий с адаптивной модуляцией», которая является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи по разработке модели РРЛ с АМ, метода и методики расчёта пропускной способности РРЛ с АМ с целью повышения пропускной способности за счёт учёта режимов адаптивной модуляции и особенностей функционирования РРЛ в миллиметровом диапазоне.

Полученные результаты отличаются научной новизной и практической значимостью. Результаты широко апробированы на значимых российских и международных конференциях. Основные результаты диссертации достаточно полно опубликованы в ведущих российских и зарубежных изданиях. Название работы полностью отражает её содержание, содержание соответствует пунктам 2, 8 и 13 паспорта специальности 2.2.13. «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

На основании изложенного считаем, что работа Степанец Ирины Валерьевны на тему «Исследование и разработка методов расчёта пропускной способности радиорелейных линий с адаптивной модуляцией» соответствует критериям, предъявляемым в отношении кандидатских диссертаций, которые установлены пп. 9–14 Положения о присуждении ученых степеней (утв. Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842), а её автор Степанец Ирина Валерьевна заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13. «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Диссертация и автореферат заслушаны и обсуждены на заседании академического совета высшей школы прикладной физики и космических технологий института электроники и телекоммуникаций «25» апреля 2024 года, протокол № 1.

Директор института электроники и телекоммуникаций федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», д.т.н., профессор
Председатель академического совета высшей школы прикладной физики и космических технологий, к.т.н., доцент



Коротков
Александр
Станиславович



Гельгор
Александр
Леонидович

Секретарь заседания, к.ф.-м.н., доцент

Медведев
Андрей
Викторович

«30» мая 2024 г.

