

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

НГТУ им. Р.Е. Алексеева,

доктор физико-математических
наук, профессор

Куркин Андрей Александрович

«03» июня 2024 г.

Отзыв ведущей организации

**Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Нижегородский государственный
технический университет им. Р.Е. Алексеева»**

на диссертацию Ермолаева Григория Александровича на тему
«Разработка и исследование методов повышения энергоэффективности и
помехоустойчивости систем мобильной широкополосной связи пятого
поколения», представленной на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства
телекоммуникаций

1. Актуальность темы диссертации.

Диссертация Ермолаева Григория Александровича посвящена разработке и исследованию методов повышения эффективности работы систем мобильной широкополосной связи пятого поколения. Согласно требованиям Международного Союза Электросвязи, системы связи пятого поколения должны удовлетворять более высоким требованиям к пропускной способности, времени задержки передачи данных и стабильности подключения к сети, что привело к усложнению как самих пользовательских устройств и базовых

станций, так и алгоритмов цифровой обработки, используемых для приема и передачи данных. Другим ключевым изменением в системах связи пятого поколения является переход на более высокие частотные диапазоны, где доступно использование более широких каналов частот. Перечисленные изменения прямо или косвенно влияют на энергоэффективность и помехоустойчивость таких систем.

Исходя из вышесказанного, тема представленной на отзыв диссертационной работы «Разработка и исследование методов повышения энергоэффективности и помехоустойчивости систем мобильной широкополосной связи пятого поколения», несомненно, является актуальной.

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

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы из 60 наименований, а также приложения. Полный объем диссертации составляет 126 страниц.

Новизна представленных результатов определяется, в первую очередь, новизной моделей и методов, используемых при выполнении данной диссертационной работы

Новыми научными результатами являются:

1. Методы улучшения энергосбережения в системах связи пятого поколения, использующие сигналы «пробуждения» пользовательского оборудования и перехода в «режим сна». Анализ на системном уровне показал, что при переходе пользовательского устройства в режим энергосбережения, возможное снижение энергопотребления может достигать 70% при использовании предложенных в работе алгоритмов.

2. Комплекс схем передачи данных по восходящему каналу связи, разработанный для снижения порога помехоустойчивости систем связи пятого поколения. Использование предложенных схем позволяет успешно передавать данные по восходящему каналу связи при отношении сигнал-шум-помеха

(ОСПШ) на 2 дБ ниже существующего порогового значения ОСПШ.

3. Метод борьбы с нелинейными искажениями сигнала, вызванными, например, усилителем мощности на передатчике пользователя, который отличается тем, что их компенсация производится путем соответствующей обработки сигналов на стороне приемника. Как показано в работе, такой подход, сохраняя помехоустойчивость системы связи, при необходимости позволяет понизить сложность передатчика пользователя и его энергопотребление.

3. Обоснованность и достоверность научных положений и выводов.

Обоснованность и достоверность научных положений, полученных результатов и выводов, сформулированных в диссертации, подтверждаются применением моделей, соответствующих требованиям Международного Союза Электросвязи и международного консорциума 3GPP, при проведении анализа на системном и физическом уровнях, а также обсуждением результатов диссертационной работы на международных конференциях и публикацией основных результатов диссертации в ведущих рецензируемых журналах.

По теме диссертации опубликовано 15 работ. Из них четыре статьи опубликованы в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень изданий, рекомендуемых ВАК, две работы опубликованы в сборнике трудов конференций, рецензируемых в международных базах данных SCOPUS и Web of Science, две работы опубликованы в сборниках докладов конференций, включенных в РИНЦ, получено семь патентов РФ на изобретение.

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

Теоретическая значимость работы состоит, прежде всего, в исследовании моделей потребления энергии пользовательским оборудованием, моделей трафика в системах беспроводной мобильной связи; а также в исследовании и разработке методов и алгоритмов повышения энергоэффективности систем

мобильной связи пятого поколения. Самостоятельную теоретическую значимость имеет метод компенсации нелинейных искажений, возникающих на передатчике, на стороне приёмника.

Практическая значимость диссертационной работы состоит в создании методов повышения энергоэффективности и разработке комплекса схем для повышения помехоустойчивости передачи данных по восходящему каналу для мобильных систем сотовой связи пятого поколения. Эффективность представленных методов и алгоритмов подтверждается представленными в диссертационной работе результатами компьютерного имитационного моделирования на системном и физическом уровнях, проведенного согласно требованиям и методологиям, утвержденными Международным союзом электросвязи и консорциумом 3GPP, отвечающим за разработку стандартов для систем беспроводной мобильной связи.

Также практическая значимость результатов диссертационной работы подтверждается их использованием при выполнении научно-исследовательской работы «Разработка технологий гибридного сканирования луча для многоэлементных антенн с высоким коэффициентом усиления в диапазоне частот 5-6 ГГц» в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского».

С точки зрения практической значимости результатов диссертации, следует также отметить, что большая часть предложенных в работе методов защищена семью патентами и внедрена в стандарт New Radio систем связи пятого поколения.

5. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Предложенные в диссертационной работе методы могут быть рекомендованы к использованию при разработке и внедрении устройств передачи данных в системах мобильной связи пятого поколения, работающих

по стандарту New Radio Release 17, а также при разработке алгоритмов для обеспечения высокой энергоэффективности и помехоустойчивости мобильных устройств при создании последующих поколений стандартов мобильной широкополосной связи.

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 главам и полностью соответствует содержанию самой диссертационной работы.

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. В главе «Улучшение методов энергосбережения пользовательского оборудования для мобильных систем связи 5G NR» не в полной мере раскрыт алгоритм работы схемы прерывистого приема, а также не описан метод выбора конкретных конфигураций данной схемы при проведении компьютерного моделирования различных моделей трафика.

2. В главе «Снижение порога помехоустойчивости систем связи 5G NR» не уделено достаточное внимание обоснованию представленного алгоритма выбора бит кодовой последовательности при проведении операции согласования скорости кодирования для разработанной схемы мультислотовой передачи данных по восходящему каналу связи.

3. В главе «Метод адаптации к нелинейным искажениям передаваемых сигналов в системах связи пятого поколения» результаты моделирования представлены на примере передаваемых сигналов с модуляцией 16-QAM, и не уделено должного внимания анализу эффективности предложенного метода при использовании модуляций других порядков (QPSK, 64-QAM и т.д.).

4. Имеются недочеты редакционного характера.

7. Заключение.

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы и не ставят под сомнение основные выводы диссертации Ермолаева Григория Александровича на тему «Разработка и исследование методов повышения энергоэффективности и помехоустойчивости систем мобильной широкополосной связи пятого поколения», которая является законченной научно-квалификационной работой, выполненной под руководством доктора физико-математических наук, профессора, Мальцева Александра Александровича, содержащей решение научной задачи по повышению энергоэффективности и помехоустойчивости систем мобильной широкополосной связи пятого поколения.

Диссертация написана ясным языком, каждая глава содержит конкретные выводы, что облегчает понимание материала. Поставленные в работе цели соответствуют полученным результатам. Полученные автором результаты отличаются научной новизной и практической значимостью. Результаты апробированы на значимых научных конференциях. Основные научные результаты диссертации достаточно полно опубликованы в ведущих российских и зарубежных изданиях. Название работы полностью отражает ее содержание. Содержание диссертации соответствует пунктам 2, 7 и 18 специальности 2.2.15 - Системы, сети и устройства телекоммуникаций. Автореферат адекватно отражает содержание диссертационной работы и ее основные результаты.

Работа соответствует критериям, предъявляемым в отношении кандидатских/докторских диссертаций, которые установлены пп. 9–14 Положения о присуждении ученых степеней (утв. Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842), а ее автор Ермолаев Григорий Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 - Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Диссертация и автореферат рассмотрены и обсуждены на заседании Ученого совета Учебно-научного института радиоэлектроники и информационных технологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» 21 мая 2024 года, протокол № 4.

03.06.2024

Директор института радиоэлектроники
и информационных технологий
доктор технических наук, доцент

 Мякинков Александр Валерьевич

Заведующий кафедрой «Электроника и сети ЭВМ»,
доктор технических наук, доцент

 Бабанов Николай Юрьевич

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Нижегородский государственный технический
университет
им. Р.Е. Алексеева»

Почтовый адрес: 603155, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Минина, д. 24

Телефон: +7 (831) 436-23-25

email: nntu@nntu.ru

Сайт: <https://www.nntu.ru/>