

АО «НПО Завод «Волна»

**Акционерное общество
«Научно – производственное объединение
Завод «Волна»**

198095, Россия, Санкт-Петербург,
ул. Маршала Говорова, д. 29, лит. Н
Тел. (812) 252-09-14, факс (812) 244-58-96
www.volnaspb.ru, e-mail: info@volnaspb.ru

«Утверждаю»

Генеральный директор

Кандидат технических наук

Е.А. Рылов



ОТЗЫВ

ВЕДУШЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Егорова Станислава Геннадьевича на тему:

«Исследование помехоустойчивых широкополосных сетей радиосвязи системы управления движением судов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.2.13. – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

Актуальность темы диссертации

Работа посвящена повышению качества и помехозащищенности радиосетей связи, используемых в морских транспортных системах, включая системы автономного судовождения (САС) и системы управления движением судов (СУДС). В работе решается задача повышения точности позиционирования и помехоустойчивости сетей радиосвязи, функционирующих в условиях сложной радиообстановки с учетом различных мешающих факторов.

В настоящее время практически во всех сферах происходит активное внедрение автономных и беспилотных систем. В том числе происходит автоматизация и на море: идет разработка автономных и дистанционно управляемых надводных судов (МАНС). С ростом количества эксплуатируемых МАНС еще более актуальной задачей становится обеспечение и повышение качества связи: остро стоит вопрос увеличения помехоустойчивости каналов радиосвязи при высоких скоростях передачи данных и общем росте объема трафика. Для развития портовых технологий требуется модернизация всей портовой инфраструктуры, что позволит эффективно использовать автономные суда внутри акваторий морских портов. А участвовавшие сбои глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) требуют создание надежных альтернативных методов навигации и локальных навигационных решений для работы МАНС.

Таким образом, диссертационная работа Егорова Станислава Геннадьевича, посвященная разработке методик анализа и синтеза сетей радиосвязи для СУДС с улучшенными характеристиками помехоустойчивости, имеет высокую актуальность.

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

Научная новизна диссертации заключается в следующем:

- 1) Разработан критерий количественного анализа вероятностных характеристик возникновения ошибок в цифровых многоканальных системах радиосвязи с учетом нелинейных искажений сигнала.
- 2) Получены новые математические модели в виде стохастических дифференциальных уравнений, описывающие многоканальный сигнал радиосистем с кодовым разделением каналов.
- 3) Найденны новые статистические и корреляционные закономерности для многоканальных сигналов с кодовым разделением каналов на основе кодов Уолша.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов

Полученные результаты были проверены посредством реализации комплекса методологически обоснованных исследовательских процедур, включающих применение актуальных научных методик, сопоставление эмпирически выявленных закономерностей с прогнозируемыми аналитическими моделями. Полученные аналитические модели и решения органично дополняются моделированием в широко используемой программной среде MATLAB. Итоговые выводы и положения были обсуждены на научных конференциях. Ключевые положения данной работы неоднократно становились предметом обсуждений и докладов, среди которых выделяются следующие конференции:

- 80-й научно-технической конференции Санкт-Петербургского НТО РЭС им. А.С. Попова, посвященной Дню радио (2025);
 - Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2024);
 - Военная связь будущего. Квантовый скачок как неизбежность (2023)
- и др.

Основные итоги проведенного исследования представлены в 24 публикациях, среди которых 10 статей размещены в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Минобрнауки РФ, две публикации индексируются международными базами цитирования, а также имеются две зарегистрированные программы для ЭВМ, один патент, отчет по результатам научно-исследовательских работ и восемь докладов, представленных на научных конференциях.

Основные положения, выносимые автором на защиту, полностью соответствуют научно-техническим критериям новизны и значимости полученных результатов и убедительно аргументированы проведенными исследованиями.

Теоретическая значимость

Впервые получены аналитические зависимости вероятности битовой и чиповой ошибки в синхронных сетях радиосвязи с кодовым разделением каналов, учитывающие

эффекты нелинейных искажений. Созданы практические рекомендации (нелинейных искажений) по улучшению качества автономных систем управления движением судов. Разработаны новые модели, а также методы анализа и компенсации нелинейных искажений для многоканальных радиосигналов, повышающие энергетическую эффективность систем связи. Предложено несколько оригинальных навигационных алгоритмов.

Практическая значимость

Разработанные модели и методики позволяют повышать надежность и точность систем радиосвязи и позиционирования, используемых в СУДС. Новые подходы к проведению моделирования и рекомендации способствуют оптимизации проектов аппаратуры радиосвязи для систем автономного судовождения. Результаты работы внедрены в опытно-конструкторские работы (НИОКР) и коммерчески востребованы предприятиями отрасли, что подтверждено 3 актами о внедрении.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Рекомендуется применять результаты и заключения, достигнутые в процессе проведения диссертационного исследования, в научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработках, ориентированных на создание нового и усовершенствование существующего оборудования защищенной от помех системы навигации и связи, включая комплексы подобного оборудования для морских систем управления движением судов. Среди результатов выделяются разработанные в рамках диссертации алгоритмы компенсации нелинейных искажений группового сигнала, способ распределения мощностей абонентов и алгоритмы резервного программного сопровождения объекта, что также может быть использовано в процессе моделирования, а также для составления рекомендаций по технической реализации методик подавления помех в многоканальных системах связи и навигации. Полученные в диссертационной работе результаты целесообразно использовать в научно-производственных и научно-исследовательских организациях и предприятиях, например: Объединенной приборостроительной корпорации ГК «Ростех» (г. Москва), АО «НПП «Радар ММС» (г. Санкт-Петербург), АО «Концерн "Океанприбор"» (г. Санкт-Петербург), АО НВП «Протек» (г. Воронеж), Sitronics Group (входит в состав ПАО АФК «Система»), АО «НИИ «Нептун» (г. Санкт-Петербург), АО «ПСЗ «Янтарь» (г. Калининград) и др.

Общая характеристика работы

Диссертационное исследование состоит из введения, четырех основных глав, заключения, перечня используемых сокращений и условных обозначений, списка использованной литературы, а также ряда приложений.

В **первой главе** рассматривается современное состояние систем управления движением судов и проблемы их интеграции с современными средствами радиосвязи. Проводится сравнительный анализ различных технологий связи и навигации, применяемых в морских системах. Определяются ключевые показатели качества систем связи и позиционирования. Формулируется необходимость решения задачи исследования влияния нелинейных искажений на помехоустойчивость сетей радиосвязи.

Во **второй главе** описываются принципы построения и функционирования многопозиционных систем локальной навигации и многоканальных систем связи. Изучаются методы обработки сигналов и механизмы совместного использования радиоканалов. Анализируются преимущества и недостатки различных методов

множественного доступа (ЧРК, ВРК, КРК и NOMA). Исследуются вопросы комплексного подхода к повышению точности позиционирования и эффективности передачи данных.

В **третьей главе** предлагается методика анализа нелинейных искажений в системах радиосвязи с DS-CDMA. Разрабатываются аналитические модели и математические инструменты для оценки влияния нелинейности на качество передачи данных. Осуществляется проверка полученных моделей путем ряда численных компьютерных экспериментов и симуляций. Предлагаются рекомендации по выбору оптимальной конфигурации радиотрактов и повышению их помехоустойчивости.

В **четвёртой главе** описан алгоритм и порядок проведения математического имитационного моделирования для исследования характеристик группового тракта. Полученные в ходе серии экспериментов результаты подтверждают предварительно сформулированные теоретико-аналитические выводы в главах 2 и 3.

В **заключении** автор обобщает полученные в работе результаты, формулирует основные результаты работы, подтверждает достижение поставленных задач и даёт оценку соответствия работы предъявляемым требованиям.

В **приложениях** представлены 3 акта об использовании результатов диссертационной работы и полученные свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Замечания и недостатки

Работа имеет ряд недостатков, к ним относятся следующие замечания по содержанию самой диссертации и её автореферата:

1. Сокращение НОМД (Неортогональный Множественный Доступ) не встречается в отечественных публикациях и было введено лично автором. Для описания технологий не имеющих устоявшихся отечественных терминов и сокращений, следует использовать более привычное зарубежное сокращение NOMA (Non Orthogonal Multiple Access).
2. В заключении раздела 4.3.5. на с.191-192 написано: «Представленные графики иллюстрируют.... Отсюда следует вывод, что учет реальных нелинейных характеристик позволяет получить реализуемые на практике значения энергетической эффективности при ПВК». Что здесь имеется в виду: могут быть использованы результаты анализа или представленные графики?
3. Достаточно подробное изложение первых двух простейших моделей нелинейности-кусочно-линейной и полиномиальной аппроксимации (с. 102-108), на наш взгляд, нецелесообразно, так как в дальнейшем анализе они практически не участвуют, можно ограничиться ссылками на литературу.
4. Во второй главе не отмечена взаимосвязь скорости счисления пути судна при программном сопровождении и величины динамической ошибки системы. Из-за этого результат выглядит недостаточно обоснованным и неясен выбор подходящей аппаратной платформы для реализации такой системы.
5. В главе 2 разд. 2.3.2. нет указания на длительность и необходимую частоту обработки.
6. Разработанные алгоритмы компенсации межканальных помех и программного сопровождения судна реализованы на языке MATLAB, чего достаточно для создания и проектирования опытно-конструкторских образцов. Но для промышленного внедрения

потребуется портирование представленных алгоритмов на ПЛИС (напр. Xilinx), а также анализ и составление рекомендаций по синтезу алгоритмов на отечественной элементной базе.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Отмеченные выше недостатки не влияют на основные полученные научные результаты и ее теоретическую и практическую ценность. Поставленная задача решена, а цель исследования достигнута.

Выполненная С.Г. Егоровым диссертационная работа на тему: «Исследование помехоустойчивых широкополосных сетей радиосвязи системы управления движением судов» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи разработка методики оценки реальной помехоустойчивости сетей радиосвязи с кодовым разделением каналов с учетом влияния комплекса факторов.

Работа 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 ее автор Егоров Станислав Геннадьевич заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 - Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Диссертация и автореферат были заслушаны и обсуждены на заседании НТС предприятия 30 октября 2025 года, протокол № 26/1.

Председатель НТС

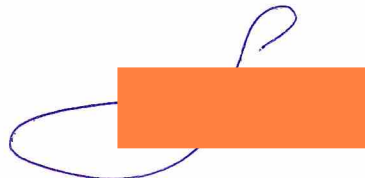
кандидат военных наук, доцент



В. Гель

Подпись заверяю:

«07» ноября 2025г.



Е.А. Рылов