

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации ЛЕРНЕРА Ильи Михайловича на тему:
«Модели и методы повышения пропускной способности радиотехнических систем передачи информации в частотно-селективных каналах связи с межсимвольными искажениями», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальностям: 2.2.13 – *«Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»*; 2.2.15 – *«Системы, сети и устройства телекоммуникаций»*

Актуальность работы

Широкое внедрение цифровых технологий во все сферы деятельности послужило развитию широкомасштабных систем обслуживания населения и управления отдельными подсистемами различного назначения, объединяющих как стационарных, так и мобильных пользователей. Для обеспечения этих возможностей требуются телекоммуникационные системы с высокой пропускной способностью, обеспечение которой для радиоканалов является проблемной задачей.

Ограничение пропускной способности радиоканалов связана с наличием дестабилизирующих факторов в среде распространения радиоволн. Для решения этой проблемы проведено и ведутся новые разработки радиоканалов, построенных на новых алгоритмах модуляции и обротки сигналов, а также на применении различных способов адаптации к дестабилизирующим факторам. Тем не менее для ряда радиоканалов дальней связи проблема обеспечения их высокой пропускной способности остается открытой, что подчеркивает *актуальность* проведенных исследований автора.

Содержание работы

Основной целью работы была разработка новых моделей скоростных радиомодемов, использующих многопозиционную фазовую и квадратурную модуляции для частотно-селективных каналов связи с межсимвольными искажениями, характерным примером которых являются декаметровые ионосферные радиоканалы, в частности, широко применяемые в системах дальней связи ВМФ. Следует отметить, что обеспечение высокой пропускной способности в этих каналах является наиболее сложной задачей, для решения которой автор разработал математические модели и методы оценки пропускной способности, учитывающие основные дестабилизирующие факторы каналов и технические характеристики основных блоков тракта обработки сигналов.

На основе численного моделирования автор определил новые свойства и явления в исследуемых каналах, ограничивающие их пропускную способность, что является наиболее *значимым научным результатом автора*.

Разработанные модели и полученные к ним оценки позволяют определять оптимальные структуры созвездий для формирования фазовой и квадратурной модуляций, обеспечивающих максимальную пропускную способность радиоканалов при различных параметрах дестабилизирующих факторов радиотракта обработки сигналов.

Также в работе представлены разработки новых алгоритмов обработки сигналов для скоростных модемов, позволяющих решать важную прикладную проблему реализации цифровой обработки сигналов – сокращение времени вычислительных операций. Результаты апробации этих алгоритмов раскрывают потенциальный выигрыш пропускной способности радиоканалов, что подтверждает эффективность разработанных методов.

Научная новизна результатов исследований

Научная новизна работы определена разработанными моделями, основанными на комплексном использовании метода медленно меняющихся амплитуд *С.И. Евтянова* и новых, разработанных автором, математических моделей фазовой и квадратурной модуляций, учитывающие дестабилизирующие факторы частотно-селективных каналов связи с межсимвольными искажениями. Также новизна определена новыми методами определения пропускной способности радиоканалов и разработанными алгоритмами оптимизации процесса обработки сигналов, имеющих прикладное значение для снижения времени вычислительных операций в скоростных модемах.

Практическая значимость результатов исследований

Практическая значимость полученных результатов заключается в возможности использования разработанных моделей и методов, реализованных в пакете программных приложений, для проектирования высокоскоростных радиомодемов, работающих в сложных условиях распространения радиоволн, вызывающих селективные замирания, временное рассеяние и доплеровское расширение спектра передаваемых сигналов.

Также практическая значимость определена приведенными способом и устройством аналогово-цифрового преобразования сигналов для реализации приемника с фазовой модуляцией, обеспечивающего высокую скорость преобразования сигналов и большой динамический диапазон приемного тракта.

В качестве примера, для разработанных оптимизирующих алгоритмов обработки сигналов создана функциональная схема фазовой радиотехнической системы передачи информации с адаптивными режимами работы в полосе 3 кГц в канале с ЧСКС КВ-диапазона.

Обоснованность и достоверность результатов исследований

Полученные научные результаты обоснованы корректным применением методов статистической радиотехники, теории множеств, математических методов анализа комплексных и обобщенных функций.

Достоверность определена согласованностью результатов вычислительных экспериментов с выводами ведущих отечественных и зарубежных ученых, а также учетом в моделях особенностей ионосферных КВ-каналов связи, отраженных в рекомендациях МСЭ и стандартах связи.

Все защищаемые положения диссертации в достаточном объеме опубликованы в статьях и апробированы на различных научно-технических конференциях, а также внедрены в отчеты о НИР.

По теме диссертации автором опубликовано 67 научных работ, из которых 27 статей, в журналах из перечня ВАК, WOS и SCOPUS, 25 в других журналах искомой специальности; 30 докладов на научных конференциях; 8 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ и 2 патента.

Основные недостатки

1. В качестве общего замечания, следует указать на большое количество введенных автором аббревиатур, которые затрудняют изучение содержания автореферата.

2. Из автореферата не ясно чем руководствовался автор при оценке удельной пропускной способности КВ-каналов. Почему в приводимых результатах численного моделирования на стр. 34 использовалась временная задержка между лучами 185 мкс, если на практике временная задержка для ионосферных радиотрасс достигает до 3 мс и более?

3. Из приведенного на стр. 22 результата достижения максимальной пропускной способности ЧСКС с ФМ-п модема $C_{\max} = 9,02$ бит/(Гц · с) не ясно, что характеризует значение параметра $\alpha_0 = 0,499$ и как это значение соотносится с параметрами реальных каналов связи. То есть для каких каналов связи практически можно достичь максимальной эффективности работы исследованного радиомодема.

4. Отсутствие в автореферате данных о результатах верификации разработанных математических моделей радиотехнических систем передачи информации (каналов связи) ограничивает возможность оценки достоверности авторских моделей.

Отмеченные недостатки не снижают качества достигнутых результатов работы, общая *положительная оценка диссертационного исследования не вызывает сомнения.*

Выводы

Подводя итог, следует отметить, что работа является законченным научным исследованием, а её результаты имеют высокий уровень теоретической и практической значимости.

Разработанные положения диссертационной работы могут служить *основой развития теории построения и оценки эффективности радиотехнических систем передачи информации*, позволяющей достигать наибольшей пропускной способности высокоскоростных радиомодемов, применяемых в частотно-селективных каналах связи с межсимвольными искажениями.

Диссертация ЛЕРНЕРА Ильи Михайловича является научно-квалификационной работой и отвечает требованиям ВАК Минобрнауки России, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п. 9 абзац 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013 г. и п.6 Положения о присуждении...№ 235 от 17.03.2015 г.), а ее автор достоин присуждения ученой степени *доктора технических наук* по специальностям 2.2.13 – «*Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения*»; 2.2.15 – «*Системы, сети и устройства телекоммуникаций*».

Профессор кафедры радиоэлектронного оборудования морской авиации ВМФ Тихоокеанского высшего военно-морского училища имени С.О. Макарова
доктор технических наук, профессор

Орощук Игорь Михайлович

Подпись профессора ОРОЩУКА Игоря Михайловича заверяю.
Начальник отдела кадров Тихоокеанского высшего военно-морского училища имени С.О. Макарова

С.С. Дмитриев

«26» февраля 2024 г.

690062, город Владивосток, ул. Камский переулок, 6.
Тихоокеанское высшее военно-морское училище
имени С.О. Макарова
84232360946