

О Т З Ы В

на автореферат диссертации Ильи Михайловича Лернера
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. На современном этапе развития широкого класса радиотехнических систем передачи информации (РСПИ), ключевой научно-технической проблемой остается повышение удельной пропускной способности служебных цифровых радиосистем, функционирующих в непрерывных частотно-селективных каналах связи, в первую очередь тех из них, которые работают в ионосферных декаметровых каналах связи. С учётом объема передаваемой информации эта проблема наиболее актуальна для среднеширотных трасс.

Следует отметить, что решение данной проблемы феноменологически связано с необходимостью обеспечения съема информации при наличии межсимвольных искажений (МСИ), которые при увеличении скорости передачи приводят к несократимой вероятности ошибки на символ, при скоростях близких к скорости Найквиста или превосходящих её. При этом, анализ доступных публикаций ведущих отечественных и зарубежных научных школ указывает на тот факт, что для указанного класса каналов наилучшими потребительскими свойствами (как по помехоустойчивости, так и по спектральной эффективности) обладают радиотехнические системы с последовательной передачей информации (РСПИ ППИ), частота передачи которых не изменяется в процессе передачи информационного сообщения. Однако используемые в них существующие решения, к которым относятся как каналные выравниватели (линейные, дробные, с обратной связью по решению, решетчатые эквалайзеры), так и методы оптимальной обработки сигналов, имеют существенные алгоритмические и конструктивные ограничения, приводящие к сложности или невозможности их использования при скоростях передачи выше скорости Найквиста (ВСН) и *требует поиска нового системного подход и методов* к решению указанной выше научной проблемы.

Указанные обстоятельства определяют **актуальность** диссертационной работы соискателя.

Научная новизна, теоретическая и практическая значимость

1. Развитие метода медленно меняющихся амплитуд С.И. Евтянова и полученные с его помощью новые физических свойств и явлений, использование которых позволяет повысить удельную пропускную способность фазовых РСПИ ППИ при наличии МСИ в частотно-селективных каналах связи.

2. Среди полученных новых физических свойств и явлений, базовыми для разработанной автором теории разрешающего времени для указанного класса РСПИ являются: 1) наибольшее время установления стационарного значения мгновенной фазой, в том числе и при наличии одновременных скачков амплитуды, достигается при значениях

скачка фазы близких к $\pm 90^\circ$, а степень близости определяется допустимой ошибкой установления по фазе; 2) возможность повышения скорости передачи информации в частотно-селективных каналах связи (ЧСКС) при наличии затухающих колебаний достигается за счёт использования моментов времени, когда информативные параметры выходного процесса достигают своих стационарных значений до окончания процесса установления. Практическая реализация и исследование данного эффекта было использовано для организации нового режима работы фазовых РСПИ ППИ – режим «окон прозрачности».

3. Создание для класса фазовых РСПИ ППИ новой теории – теории разрешающего времени. К её отличительным особенностям можно отнести: новые математические модели, являющиеся адекватными реальным среднеширотным декаметровым каналам, с учётом влияния выходных цепей передатчика и линейного радиотракта приемника; новый подход к оценке пропускной способности с использованием нового системного параметра – «разрешающее время»; для указанных каналов созданы новые методы оценки их пропускной способности с низкой вычислительной сложностью, не зависящие от объема канального алфавита, или имеющие постоянную вычислительную сложность; реализующие их алгоритмы и программное обеспечение, обеспечивающие получение оценок длительности канального символа и пропускной способности в реальном времени; новый метод оценки эффективной памяти канала, который является нестатистическим.

4. В рамках разработанной соискателем теории и развитого метода медленно меняющихся амплитуд было показана и подтверждена численным экспериментом возможность повышения пропускной способности РСПИ ППИ в среднем в 1,2...1,9 раза за счёт нового режима, возникающего в ЧСКС, у которых импульсная характеристика испытывает затухающие колебания в процессе установления, – т.н. режима «окон прозрачности».

5. Для линейного приемника, функционирующего в соответствии с принципами теории разрешающего времени, получено новое правило выбора значения начальной фазы сигнального созвездия для обеспечения наибольшей помехоустойчивости и отсутствия несократимой ошибки на символ, вызванной МСИ.

6. Получена новая оценка потенциальной пропускной способности в замкнутой форме, когда приём осуществляется с помощью линейного приёмника для ЧСКС с комплексно-частотной характеристикой резонансного фильтра, в котором передача информации производится с помощью ФМн-п-сигнала.

7. Показана возможность достижения удельной пропускной способности в 9 бит/(Гц×с) по при использовании ФМн-4-сигнала в ЧСКС с комплексно частотной характеристикой резонансного фильтра.

8. Представлен концепт нового технического решения, реализующий принципы теории разрешающего времени, в форме функциональной схемы фазовой РСПИ ППИ с адаптивным управлением для ионосферного среднеширотного декаметрового канала связи с полосой пропускания 3 кГц с периодом квазистационарности не менее 300 мс.

9. Разработаны методы оценки помехоустойчивости для указанного класса фазовых РСПИ ППИ.

10. Для практической реализации нового технического решения РСПИ ППИ автором были разработаны оригинальные решения по аналогового-цифровой обработке сигналов; определены требования в форме практических рекомендаций к подсистемам

фазовой РСПИ ППИ, оценено влияние дестабилизирующих факторов, свойственных указанным типам каналов, на помехоустойчивость и пропускную способность.

Показано, что для декаметрового ионосферного канала с полосой пропускания 3 кГц, в котором мощность лучей одинакова, задержки между лучами составляют 185 мкс, а доплеровское расширение спектра не превосходит 0,5 Гц, предлагаемый концепт фазовой РСПИ ППИ позволяет обеспечить выигрыш по пропускной способности более, чем на 25%, а по помехоустойчивости – не менее чем на 5,93 дБ при вероятности ошибки на бит, равной 10^{-3} по сравнению с результатом достигаемым в стандарте STANAG 4539.

11. Разработаны новые инженерные методы анализа эффективности фазовых РСПИ ППИ, которые в полной мере позволяют произвести: анализ основных свойств «окон прозрачности» с учётом влиянием формы АЧХ ЧСКС и ошибок измерений; оценка достижимых значений удельной пропускной способности за счёт «окон прозрачности» и возможность их применения для повышения пропускной способности для рассматриваемого класса РСПИ.

Теоретическая значимость работы диссертационной работы заключается в развитии метода медленно меняющихся амплитуд, выявлении с его помощью новых физических и системных свойств и явлений, которые позволяют повысить пропускную способность фазовых РСПИ ППИ при МСИ в частотно-селективных каналах связи, разработке для них новых математических моделей, аналитических и численных методов оценки пропускной способности на базе теории разрешающего времени, методов оценки их помехоустойчивости, в том числе при наличии малых доплеровских расширениях спектра.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в том, что на базе новой разработанной теории разрешающего времени применительно к среднеширотным декаметровым ионосферным трассам получена инженерная методика, построенная на базе теории разрешающего времени, которая позволяет создать новый класс фазовых РСПИ ППИ для среднеширотных ДКМВ-каналов и проведения НИОКР по соответствующей тематике для служебных систем, что подтверждено соответствующими актами и свидетельствами на программное обеспечение и патентами на способы и устройства.

Автореферат позволяет объективно оценить сущность выполненных научных исследований и полученных результатов, показывает большой объем теоретической и экспериментальной работы в среде MathLab, а также свидетельствует о широкой апробации результатов работы. Выводы и заключения достаточно обоснованы и полностью отражают основные научные и практические результаты диссертационного исследования. В качестве замечаний, следует указать следующие.

1. Соискателем не показано, насколько плотную, не завышенную оценку обеспечивает нестатистический метод оценки эффективной памяти, поскольку он использует мажорирующие ряды.
2. Из автореферата неясно, каким образом реализуется аналитическая кластеризация одинаковых слагаемых в полиномах, которые требуются рассчитать при решении уравнений для снижения вычислительной сложности.

В целом, необходимо отметить, что отмеченные замечания не снижают высокого уровня представленной работы.

Считаю, что диссертационная работа на тему «Модели и методы повышения пропускной способности радиотехнических систем передачи информации в частотно-селективных каналах связи с межсимвольными искажениями» удовлетворяет требованиям

селективных каналах связи с межсимвольными искажениями» удовлетворяет требованиям пп. 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, а её автор, Лернер Илья Михайлович, заслуживает присуждения ему учёной 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.

Заведующий кафедрой «Сетевые информационные технологии и сервисы» Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (МТУСИ),
доктор технических наук (05.12.14 – Сети, узлы связи и распределение информации),
профессор

телефон: +79027430589

адрес электронной почты: v.a.dokuchaev@mtuci.ru

Докучаев В.А.

«» 2024 г.

Подпись заведующего кафедрой «Сетевые информационные технологии и сервисы», д.т.н., профессора Докучаева В.А. за
Ученый секретарь Ученого совета у 

 Зотова Т.В.

02. 2024

(Печать организации или отдела кад

Контакты:

Организация: Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики»

Почтовый адрес организации: 111024, г. Москва, улица Авиамоторная, 8а

телефон: +7 (495) 957-79-17,

адрес электронной почты: mtuci@mtuci.ru