

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Лернера Ильи Михайловича, выполненной на тему «Модели и методы повышения пропускной способности радиотехнических систем передачи информации в частотно-селективных каналах связи с межсимвольными искажениями» и 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.

Одной из центральных проблем радиотехники и теории связи была и остаётся проблема повышения удельной пропускной способности систем передачи информации. В настоящее время решение данной проблемы непосредственно связано с обеспечением радиотехнической системы передачи информации (РСПИ) корректного приема канальных символов в условиях межсимвольной интерференции (МСИ). Данная проблема особенно остро стоит в области обеспечения надежной и скоростной цифровой связи для ионосферных каналов декаметрового диапазона. Этот факт подтверждается как возрастанием объёма исследований в данной области, начиная с 2019 года, так и увеличением числа научных коллективов в данной области, привлечения ведущих научных школ для решения указанной проблемы, а также ростом числа образцов промышленных модемов военных стандартов MIL-STD-188-110D, STANAG-4539, которые фактически являются общемировыми для цифровой передачи информации по ионосферным декаметровым каналам в настоящее время. Следует отметить, что сфера применения РСПИ, функционирующих в ионосферных декаметровых каналах весьма широка от их применения в качестве систем служебной связи, применяемой в геологических работах, морских перевозках, обеспечения связи с отдаленными населёнными пунктами, так и обеспечения передачи информации в условиях боевых действий. Наиболее отчётливо это

проявляется для среднеширотных ионосферных декаметровых каналов связи (ДКМВ-каналов).

Анализ современных работ в области связи по ионосферным каналам достаточно однозначно указывает на перспективность и существенные преимущества применения РСПИ с последовательной передачей информации (РСПИ ППИ) по сравнению с РСПИ, в которых передача информации производится параллельным образом с применением технологии OFDM и/или MIMO.

В связи с вышеизложенным тема диссертационной работы, которая направлена на решение научной проблемы: теоретического обоснования и разработки новых методов обработки многопозиционных фазоманипулированных и амплитудно-фазоманипулированных сигналов (ФМн-п- и АФМн-Н- сигналов) на базе адаптивного управления режимами работы РСПИ ППИ (далее фазовые РСПИ ППИ), функционирующих в частотно-селективных каналах связи при МСИ, с целью повышения их пропускной способности, является актуальной.

К наиболее важным и значимым результатами для отрасли связи, которые были получены И.М. Лернером в его докторской диссертации можно отнести:

1. Выявленные новые свойства и явления, использование которых позволяет повысить пропускную способность фазовых РСПИ ППИ, работающих в частотно-селективных каналах связи при МСИ, которые были получены посредством развития метода медленно меняющихся амплитуд С.И. Евтянова. Среди выявленных новых свойств и явлений, для созданной диссертантом новой теории разрешающего времени для фазовых РСПИ ППИ, основными являются: 1) время установления стационарного значения мгновенной фазой достигается при значениях скачка фазы, которые близки к $\pm 90^\circ$, а степень близости определяется задаваемой ошибкой установления по фазе; 2) возможность повышения скорости передачи информации в ЧСКС за счёт использования моментов времени достижения информативными параметрами стационарных значений до окончания процесса установления, при наличии затухающих колебаний. Данный эффект был использован для организации нового режима работы фазовых РСПИ ППИ – режим «окон прозрачности», что позволило увеличить удельную пропускную способность РСПИ для ряда ЧСКС,

имеющих неравномерности в полосе пропускания АЧХ, в среднем в 1,2... 1,9 раза.

2. Создание теории разрешающего времени для класса фазовых РСПИ ППИ. Её отличительными особенностями являются: новые математические модели, которые адекватны реальным среднеширотным декаметровым составным каналам связи; новый подход к оценке пропускной способности, использующий новый системный параметр – «разрешающее время»; новый нестатистический метод оценки эффективной памяти канала; новые методы оценки пропускной способности для указанных каналов, имеющие низкую вычислительную сложность, не зависящие от числа дискретных состояний или имеющие постоянную вычислительную сложность; алгоритмы, которые их реализуют, а также их программные реализации, обеспечивающие получение требуемых оценок длительности канального символа и пропускной способности в реальном масштабе времени.

Отдельно нужно отметить ряд новых важных результатов, полученных в рамках созданной теории разрешающего времени: а) получено правило выбора значения начальной фазы сигнального созвездия для обеспечения наибольшей помехоустойчивости приема канальных символов и отсутствие несократимой ошибки на символ, вызванной МСИ; б) получена в замкнутой форме оценка пропускной способности для ЧСКС с КЧХ резонансного фильтра при использовании ФМн-п-сигнала; в) показана возможность достижения значений потенциальной удельной пропускной способности в 9 бит/(Гц×с) при использовании ФМн-4-сигнала в ЧСКС с КЧХ резонансного фильтра.

3. Получено принципиально новое техническое решение, которое использует результаты разработанной теории разрешающего времени и обеспечивает адаптивное управление режимами работы фазовой РСПИ ППИ. Результат разработки представлен в форме обобщенной структурной и функциональной схемы фазовой РСПИ ППИ с адаптивным управлением режимами работы, которая реализует принципы ТРВ для парциального 3кГц ДКМВ ЧСКС на базе отечественных ЦПУ «Эльбрус» в рамках ее применения для среднеширотных декаметровых ионосферных каналов с периодом квазистационарности не менее 300 мс.

4. Для РСПИ ППИ ДКМВ-диапазона при условиях, соответствующих среднеширотным трассам (сигнал – QPSK, ЧСКС: мощность лучей имеет одинаковую мощность, задержки между лучами 185 мкс и доплеровское расширение 0,5 Гц) показан выигрыш предлагаемого соискателем технического решения по отношению к результатам, достигаемым при использовании модемов стандарта STANAG 4539, по пропускной способности более чем на 25%, а по помехоустойчивости – не менее чем на 5,93 дБ при $BER = 10^{-3}$.

5. Получены новые технические решения по аналогового-цифровой обработке сигналов.

6. Разработаны новые инженерные методы анализа эффективности фазовых РСПИ ППИ, обеспечивающие: а) анализ основных свойств, связанных с влиянием формы АЧХ на свойства «окон прозрачности», условий их появления; б) влияние ошибок измерений на стабильность «окон прозрачности» и изменении их свойств; в) определение достижимых значений по удельной пропускной способности с использованием «окон прозрачности» и возможность их применения для повышения пропускной способности с учетом конфигураций сигнальных созвездий ФМн-п- и АФМн-N-сигнала.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в том, что на базе новой разработанной теории получена инженерно-техническая методика решения практических задач, необходимая для создания нового класса фазовых РСПИ ППИ для среднеширотных ДКМВ-каналов и проведения НИОКР по соответствующей тематике, что подтверждено соответствующими актами и свидетельствами на программное обеспечение и патентами на способы и устройства.

Автореферат диссертации даёт достаточно полное представление о структуре и содержании работы, но по нему можно сделать следующие замечания.

1. Из автореферата неясно, почему для сравнения со стандартом STANAG-4539 выбраны следующие параметры канала: парциальный канал 3 кГц с задержкой в 185 мкс между лучами одинаковой мощности и доплеровским расширением 0,5 Гц.

2. В автореферате не обосновано, на основании чего выбрана нестабильность восстановления несущей в 0,018 Гц.

3. Имеется опечатка на стр. 35 в выражении $\Delta_0 = \Delta_{\text{доп}} / \Delta_{\text{ш}}$, скорее всего должно быть $\Delta_0 = \Delta_{\text{доп}} / \Delta M_{\text{ш}}$.

Приведенные выше замечания имеют частный характер и не снижают в целом положительную оценку диссертационной работы.

Вывод. Судя по автореферату, диссертационная работа на тему «Модели и методы повышения пропускной способности радиотехнических систем передачи информации в частотно-селективных каналах связи с межсимвольными искажениями» является законченной научно-квалификационной работой, удовлетворяет требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней» от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к докторским диссертациям, 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.

Отзыв подготовил:

Начальник комплексного отдела АО
«Радиотехнический институт имени академика
А.Л. Минца»

доктор технических наук, профессор
специальность 6.2.1 – Вооружение и военная техника
Тимошенко Александр Васильевич

тел. (495) 612-99-99, доб. 1750, e-mail:
atimoshenko@rti-mints.ru, г. Москва, ул. 8 Марта,
д.10, стр. 1.

« 7 » февраля 2024 г.

Подпись Тимошенко Александра Васильевича **заверяю:**

Ученый секретарь АО «Радиотехнический институт
имени академика А.Л. Минца»
доктор технических наук

« 7 » февраля 2024 г.



Д.И.Буханец