

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

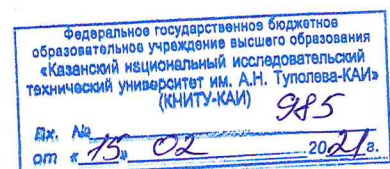
Овчинникова Владимира Викторовича

на тему «Адаптивное эквалайзирование сигналов с быстрой ППРЧ
для преодоления дисперсионных искажений и повышения скрытности
широкополосной КВ связи»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.12.13 «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»

1. Актуальность темы

Представленная диссертационная работа посвящена актуальной и важной научно-технической проблеме совершенствования качества КВ связи, которая становится все более существенной для обеспечения экономической и информационной безопасности нашего государства. Ограничением развития и расширения области применения КВ связи являются сравнительно низкая скорость, помехоустойчивость и скрытность передачи информации. Для улучшения указанных показателей систем КВ связи необходима разработка и применение подходов, не приводящих к существенному расширению спектра сигналов. При этом необходимо учитывать множество факторов, влияющих на состояние канала связи, чтобы настройка параметров сигнала была оптимальной. Данная задача может быть решена только с использованием последних достижений науки и техники в области построения математических моделей сложных телекоммуникационных процессов и систем, цифровой обработки сигналов, теории связи и т.д. Поэтому тема представленной диссертационной работы, которая направлена на разработку и внедрение программно-аппаратного комплекса эквалайзирования сигналов в системе КВ связи, представляется актуальной и значимой как с теоретической, так и с практической точек зрения.



2. Содержание работы

Структура диссертационной работы состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, исследована степень разработанности выбранной темы, сформулированы цель и научные задачи исследования, охарактеризованы объект и предмет исследования, представлены научная новизна и практическая ценность результатов работы, описаны методы исследования, приведено обоснование достоверности полученных выводов и рекомендаций. Также приведены сведения по апробации результатов на конференциях и в научных изданиях.

Первая глава посвящена анализу базовых принципов построения радиотехнических систем с различными подходами к использованию спектрального ресурса, с точки зрения особенностей функционирования, помехоустойчивости и скрытности передачи информации. Обоснована эффективность применения режима программной перестройки рабочей частоты (ППРЧ). Для компенсации дисперсии при приеме сигналов предложено использование метода обратной фильтрации. Обоснована необходимость адаптивной коррекции дисперсии широкополосного ионосферного радиоканала, что обеспечивается включением в предлагаемый метод и его аппаратную реализацию дополнительных режимов (диагностика канала, обучение адаптивного корректора дисперсии и собственно коррекцию принимаемого широкополосного связного сигнала). Показано, что задача коррекции частотной дисперсии является новой и актуальной научно-технической проблемой. Сформулированы существующее противоречие, гипотеза, цель и задачи диссертационного исследования.

Во второй главе приведены результаты разработки и исследования методов адаптивной работы эквалайзера. Для этого выполнено научное обоснование метода эквалайзирования частотной дисперсии на основе метода обратной фильтрации. Предложен оригинальный метод обучения эквалайзера для его адаптации при коррекции частотной дисперсии в широкополосных

ионосферных каналах КВ связи. С целью получения достаточного объема информации для настройки параметров устройства адаптации предложен метод тестирования широкополосного канала с использованием широкополосного сигнала, являющегося физической моделью связного сигнала с ППРЧ. Представлены результаты разработки комплексного метода фильтрации шумов в парциальных каналах при приёме широкополосных сигналов. В результате создано научное обоснование методик и алгоритмов адаптивного эквалайзирования сигналов в системе КВ связи.

В третьей главе выполнены разработка и исследование алгоритма адаптивной коррекции амплитудно-фазовой частотной дисперсии в широкополосном КВ канале. Для этого представлена структура и основные режимы функционирования разработанного программно-аппаратного комплекса тестовой установки SDR-эквалайзера для адаптивной коррекции амплитудно-фазовой частотной дисперсии. Разработан и описан комплексный адаптивный алгоритм автоматического обнаружения сигнала при тестировании многомерного канала КВ связи. Созданы оригинальные алгоритмы обучения адаптивного SDR-эквалайзера к изменениям во времени характеристик широкополосного ионосферного канала, а также адаптивного SDR-эквалайзирования частотной дисперсии в широкополосном канале.

Четвертая глава содержит результаты экспериментальных исследований адаптивной коррекции амплитудно-фазовой дисперсии в широкополосном канале КВ связи. Приведены конкретные данные о результатах внедрения указанной системы в разных условиях эксплуатации, что подтверждает корректность полученных научных и практических результатов.

В заключении приведены основные научно-технические результаты выполненной диссертационной работы.

В приложении приведены копии актов внедрения научных и практических результатов диссертационной работы при выполнении государственного задания, гранта, а также использования в учебном процессе университета.

3. Научная новизна результатов и практическая значимость результатов

Научная новизна результатов заключается в следующем:

- разработан и доведен до алгоритмической реализации метод адаптивного SDR-эквалайзирования, в котором для компенсации амплитудно-фазовой частотной дисперсии в канале связи предусматривается одновременный учет изменений ФЧХ и АЧХ сигналов;
- создан метод и на его основе реализован алгоритм режима обучения SDR-эквалайзера, в которых применяются оригинальные модели и методы получения отсчетов частотной характеристики канала связи;
- предложен и научно обоснован метод и реализующий его алгоритм фильтрации помех и шумов в парциальных каналах при приеме широкополосных сигналов, для реализации которых используется оригинальная последовательность операций обработки данных, среди которых впервые для решения подобных задач применен метод CFAR (Constant false alarm rate);
- разработана модель широкополосного связного КВ сигнала с быстрой ППРЧ, отличием которой от аналогичных является применение парциального анализа примыкающих элементов непрерывного модельного сигнала;
- приведены доказательства эффективности разработанных методов и алгоритмов при эквалайзирования сигнала с широкополосной быстрой ППРЧ на основании результатов серии экспериментов на реальной трассе;
- получены новые данные о характеристиках широкополосных каналов с дисперсией из диапазона одномодового распространения (ДОР), что позволило определить оптимальные настройки для SDR-эквалайзера;
- впервые по результатам собранных экспериментальных данных определены диапазоны увеличения скрытности ионосферной широкополосной КВ связи с быстрой ППРЧ при коррекции дисперсии.

Практическая значимость результатов работы заключается в их реализации в аппаратно-программном комплексе тестирования широкополосного ионосферного канала и коррекции дисперсионных искажений в нем на основе современной технологии SDR (программно-конфигурируемое радио) и

платформы платформа типа USRP компании Ettus Research. Это позволило получить выигрыш в показателях эффективности, помехоустойчивости и скрытности передачи в системе связи (данные приведены в работе).

4. Достоверность и обоснованность полученных результатов

Научные положения и выводы, полученные в диссертационной работе, представляются достоверными и обоснованными. Это подтверждается результатами теоретических исследований, имитационного моделирования и экспериментальных исследований; сравнительным анализом полученных результатов с известными из публикаций; представлением основных результатов диссертации на 15 международных и всероссийских конференциях и семинарах, в четырех ведущих рецензируемых научных изданиях и в тринадцати изданиях, индексируемых в международных базах цитирования.

5. Замечания по диссертационной работе

По представленной диссертационной работе имеются замечания:

1. При постановке задачи, обосновании актуальности исследований, анализе степени проработанности темы, представлении полученных результатов речь идет о двух аспектах: техническом (качество передачи) и информационном (скрытность передачи), но неясно, связаны ли они друг с другом и не приведет ли улучшение одного показателя к ухудшению другого.

2. Для соотношения (1.3) на стр. 20 у параметра SNR отбрасывается полученный расчетный коэффициент 1.44, но необходимость округления не обосновывается. Ведь при этом вводится существенная погрешность, а наличие этого коэффициента на дальнейших аналитических построениях принципиально не скажется.

3. На стр. 21 дается определение BER как «битовая ошибка» – все-таки это «коэффициент битовых ошибок». Далее символом p обозначается функциональная зависимость, но им в теории связи обозначают вероятность битовой ошибки, а для обозначения функционала общепринято использовать

символ f . Это затрудняет дальнейший анализ. Также требует пояснения тезис о том, что BER является убывающей функцией (стр. 21). Очевидно, что это имеет место при определенных условиях (например, при улучшении качественных параметров канала связи, сужении спектра сигнала и т.д.). Возможно, что речь идет о зависимости пропускной способности от вероятности битовой ошибки, но она убывает только на интервале от 0 до 0.5, а дальше монотонно возрастает.

4. Формула (1.1) на стр. 28 описывает системы с конечной импульсной характеристикой (например, соответствующий цифровой фильтр). Но в работе не доказано или не показано ссылками на литературу, имеет ли рассматриваемая система такие свойства. Аналогично для свойства линейности, на которое опираются дальнейшие расчеты.

5. На рис. 2.7 на стр. 63 указаны защитные интервалы (раз форма АЧХ субканалов приведена в виде трапеции), но выражений для их определения не представлено. Также для наглядности представления не хватает графического описания тестового сигнала (приведена его математическая модель).

6. По результатам проведенных экспериментов на реальной трассе было бы логично привести выводы и рекомендации по возможности применения предложенного подхода для других условий (длин трассы, расположения объектов, географических характеристик, параметров каналов и т.п.).

Необходимо отметить, что представленные замечания не снижают научную новизну, теоретическую и практическую значимость представленных результатов диссертационной работы.

6. Заключение

Диссертационная работа Овчинникова В.В. на тему «Адаптивное эквалайзирование сигналов с быстрой ППРЧ для преодоления дисперсионных искажений и повышения скрытности широкополосной КВ связи» является законченной научно-квалификационной работой, в которой представлены новые научно обоснованные технические и технологические решения и раз-

работки в области совершенствования КВ связи, имеющие существенное значение для развития отечественной отрасли телекоммуникаций. Автореферат и публикации достаточно полно отражают содержание диссертационной работы.

На основании вышеизложенного считаю, что представленная диссертационная работа соответствует п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г., а ее автор, Овчинников Владимир Викторович, достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Официальный оппонент
доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры «Автоматика и телемеханика»
Пермского национального
исследовательского политехнического университета

В.И. Фрейман

« 01 » февраля 2021 г.

Фрейман Владимир Исаакович
ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

614990, Россия, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29

Рабочий тел.: +7 (342) 239-18-16

E-mail: vfrey@mail.ru

Докторская диссертация защищена по специальности 05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления»

Подпись Фреймана В.И.

Ученый секретарь Учен

Макаревич В.И.