

УТВЕРЖДАЮ

Начальник Академии ФСО России

П. Л. Малышев

«04» июля 2018 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации» по диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук Афанасьева Андрея Алексеевича

Диссертация на тему «Модели и методы анализа и обработки речевого сигнала в системах связи» выполнена в Федеральном государственном казенном военном образовательном учреждении высшего образования «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации» (далее – ФГКВОУ ВО Академия ФСО России).

В 1998 году Афанасьев Андрей Алексеевич окончил «Военный институт правительственной связи» по специальности «Многоканальные телекоммуникационные системы», присвоена квалификация "инженер".

Ученая степень кандидата технических наук присуждена решением диссертационного совета при Академии Службы специальной связи и информации при Федеральной службе охраны Российской Федерации 15 июля 2004 года №6. Решение ВАК Минобрнауки России о выдаче диплома от 25 февраля 2005 г. (специальность 20.01.09 – Военные системы управления, связи и навигации). Диплом КТ №143745.

Ученое звание доцента по специальности "Военные системы управления, связи и навигации" присвоено приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 26 сентября 2014 года №532/нк-2. Аттестат ЗДЦ №000382.

В период подготовки диссертации Афанасьев Андрей Алексеевич являлся докторантом Академии ФСО России, в настоящее время занимает должность доцента кафедры «Электроники и теории связи» ФГКВООУ ВО Академия ФСО России.

Научный консультант – Левин Евгений Калманович, профессор кафедры «Радиотехники и радиосистем» Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (г. Владимир), доктор технических наук, доцент.

По итогам обсуждения принято следующее заключение.

В диссертации решена актуальная научная проблема. Снижение скорости потоков данных РС при обеспечении требуемого его качества в условиях действия акустических помех обуславливает необходимость разработки моделей и методов анализа и обработки РС, учитывающих в большей степени особенности формирования РС и технологии его представления в системах телекоммуникаций.

Научными положениями, выносимыми на защиту, являются:

1. Структурно-параметрическая адаптация, используемая в модели кодирования РС в виде свертки параметров, описывающих передаточную функцию ограниченного порядка голосового тракта и сигнала возбуждения, отличающаяся от известных учетом особенностей формирования РС и технологий его кодирования, позволяет разработать методологию снижения средней скорости передачи данных в КС.

2. Учет зависимости элементов декомпозиции РС при построении модели его обработки при низкоскоростном кодировании на основе метода ЛП, позволяет осуществить снижение мощности пространства представления сигналов возбуждения.

3. Применение полиспектрального анализа при моделировании системы фильтрации РС в задаче шумоподавления позволяет разработать методы шумоподавления в РС для диапазона значений ОСШ от 15 до -5 дБ.

4. Метод выделения сегментов анализа РС различной длительности на однородных участках РС, позволяющий осуществлять его синтез при фиксированных значениях параметров передаточной функции голосового тракта.

5. Метод обработки РС, основанный на учете зависимости элементов его декомпозиции при ЛП, позволяющий уменьшать среднюю скорость передачи данных в КС при сохранении качественных показателей синтезированного РС.

6. Метод адаптивной цифровой фильтрации РС в условиях акустического зашумления, отличающийся применением технологий полиспектрального анализа и позволяющий осуществлять качественное шумоподавление при отношениях сигнал-шум до $0\div-5$ дБ.

7. Алгоритмы анализа и обработки РС, позволяющие повысить характеристики функционирования телекоммуникационных устройств в системах инфокоммуникаций в условиях наличия акустических шумов, отличающиеся от известных учетом особенностей формирования и обработки РС, применением результатов полиспектрального анализа с целью шумоподавления, а также учетом взаимозависимости элементов декомпозиции РС при линейном предсказании, устраняющие противоречия между особенностями формирования РС и существующими в современных системах связи технологиями обработки РС.

Полученные автором научные результаты обладают новизной, а также имеют теоретическую ценность и практическую значимость.

Теоретическая ценность диссертационного исследования определяется развитием методов анализа РС, разработкой моделей и методов его обработки в системах связи в различных условиях функционирования с учетом ограничений на скорость передачи в КС.

Практическая значимость диссертационного исследования заключается в использовании разработанных и запатентованных методов и

алгоритмов обработки РС, которые экспериментально проверены с использованием имитационного моделирования и обеспечивают:

- понижение средней скорости передачи в канале связи при сохранении качества РС;

- функционирование систем обработки РС в условиях шумовых акустических воздействий, при этом осуществлять фильтрацию в задаче шумоподавления со средним снижением показателя *Modified Bark Spectral Distortion* (MBSD) от 4,20 до 2,88 (среднее повышение субъективной оценки от 0,87 до 1,22 балла) в диапазоне входных значений отношения сигнал-шум (ОСШ) от 15 до -5 дБ.

Научная новизна исследования обусловлена тем, что в нем:

1) впервые предложены:

- комплексное техническое решение по формированию методологии понижения скорости кодирования РС при его передаче с сохранением качественных показателей синтезированной речи в условиях воздействия акустических помех;

- метод обработки речевого сигнала, основанный на учете зависимости элементов декомпозиции РС при линейном предсказании (ЛП), позволяющий уменьшать среднюю скорость передачи в канале связи при сохранении качественных показателей синтезированной речи;

- технологии адаптивной цифровой фильтрации речевого сигнала в условиях акустического зашумления, отличающиеся применением полиспектрального анализа и позволяющие осуществлять качественное шумоподавление при низких отношениях сигнал-шум;

2) развиты теоретические принципы применения моделей обработки РС со структурно-параметрической адаптацией, на основе которых разработаны технические решения по выделению сегментов анализа различной длительности на однородных участках речевого сигнала;

3) разработан новый подход к выделению пауз в РС при наличии акустического зашумления, основанный на применении технологий полиспектрального анализа;

4) проведено обоснование новых моделей, методов и алгоритмов анализа и обработки РС с учетом принятых технологий его кодирования, учитывающих основы речеобразования, которые могут быть использованы для совершенствования устройств обработки РС, функционирующих в системах связи.

Использование результатов работы подтверждено актами о внедрении результатов диссертационного исследования полученными от в/ч №56707, НТЦ "Фобос НТ", ООО "Славсервис-Связь; использованы в учебном процессе Академии ФСО России г. Орел, Рязанского государственного радиотехнического университета, г. Рязань.

Обоснованность и достоверность научных положений, основных выводов и результатов диссертации обеспечивается за счет комплексного анализа состояния предметной области исследования, непротиворечивости теоретических выводов с результатами экспериментальной проверки предложенных моделей на основе имитационного моделирования, а также апробацией основных теоретических положений диссертации в печатных трудах и докладах на научных и научно-практических конференциях различных уровней.

Диссертация Афанасьева А.А. является законченным научным трудом.

Основные результаты исследований апробировались и обсуждались на 37 научно-технических конференциях международного и всероссийского уровней.

Материалы диссертации достаточно полно изложены в 56 печатных работах, включая 12 публикаций в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, в которых должны быть

опубликованы результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук, 15 патентах на изобретение и 1 патенте на полезную модель.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии во всех этапах диссертационного исследования, в планировании научной работы, углубленном анализе отечественной и зарубежной научной литературы, формировании экспериментального материала, анализе и интерпретации экспериментальных данных, их систематизации и статистической обработке с описанием полученных результатов, написании и оформлении рукописи диссертации, основных публикаций по выполненной работе.

Основные результаты диссертации, отражающие существо положений, выносимых на защиту, представлены в следующих публикациях:

1. Афанасьев, А.А. Выделение сегментов квазистационарности при анализе речевого сигнала в вокодерах с линейным предсказанием / А.А. Афанасьев, В.Г. Трубицын // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии.* – 2010. – № 2(280). – С. 97–103.

2. Афанасьев, А.А. Синтез сигналов возбуждения в низкоскоростных вокодерах с линейным предсказанием / А.А. Афанасьев // *Телекоммуникации.* – 2010. – №11. – С.8–13.

3. Афанасьев, А.А. Психоакустический классификатор кадров при низкоскоростном кодировании широкополосного речевого сигнала / А.А. Афанасьев, О.О. Басов, М.В. Илюшин // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии.* – 2010. – № 3(281). – С. 73–78.

4. Афанасьев, А.А. Использование психоакустической модели слуха при разработке вокодеров с линейным предсказанием / А.А. Афанасьев, М.В. Илюшин // *Цифровая обработка сигналов.* – 2011. – № 1. – С. 49–52.

5. Афанасьев, А.А. Уменьшение объема данных при широкополосном кодировании речевого сигнала / А.А. Афанасьев, В.Г. Трубицын // *Цифровая обработка сигналов.* – 2011. – № 1. – С. 53–56.

6. Афанасьев, А.А. Метод снижения скорости передачи в вокодерах

с линейным предсказанием на основе применения нейронных сетей при переменной длине сегмента анализа / А.А. Афанасьев, А.П. Рыжков // Информационные системы и технологии. – 2012. – № 6(74). – С. 20–28.

7. Афанасьев, А.А. Использование взаимозависимостей параметров линейного предсказания при реализации процедур обработки речевых данных / А.А. Афанасьев, А.П. Рыжков // Телекоммуникации. – 2012.– № 13. – С. 32–36.

8. Афанасьев, А.А. Модель системы предобработки речевого сигнала на основе полиспектрального анализа / А.А. Афанасьев, О.Н. Титов // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2014.– Вып.50. – С. 9–16.

9. Афанасьев, А.А. Непрерывная аутентификация диктора при ведении телефонных переговоров по низкоскоростным цифровым каналам / А.А. Афанасьев // Вопросы кибербезопасности. – 2015. – № 3(16). – С. 60–68.

10. Афанасьев, А.А. Перспективы развития систем низкоскоростного кодирования речи при учете взаимозависимостей элементов декомпозиции речевого сигнала / А.А. Афанасьев // Информационные системы и технологии. – 2016. – № 2(94). – С. 14–21.

11. Афанасьев, А.А. Система обработки речевого сигнала на основе модернизации метода прямого предсказания / Афанасьев, А.А. // Проектирование и технология электронных средств. – 2017.– № 3.– С. 3-10.

12. Афанасьев, А.А. Модель системы предобработки речевого сигнала на основе накопления базы биспектров сигналов речи / А.А. Афанасьев, Д.Д. Сергеев, О.Н. Титов // Информационные системы и технологии. – 2018.– № 2. – С.56–67.

Соискателем получены:

патент Российской Федерации на полезную модель:

1. Патент на полезную модель № 78977 РФ, МПК G10L 11/00. Анализатор основного тона и сигнала тон-шум / А.А. Афанасьев, О.О. Басов

и др.; патентообладатель гос. казенное образовательное учреждение высш. проф. образования Академия ФСО России. – № 2008126595/22; заявл. 30.06.2008, опубл. 10.12.2008. Бюл. № 34.

патенты Российской Федерации на изобретение:

1. Патент № 2343564 РФ, МПК G10L 19/06. Способ адаптивного кодирования речевых сигналов на основе системы с переменной структурой / А.А. Афанасьев, Г.В. Богачев и др.; патентообладатель гос. казенное образовательное учреждение высш. проф. образования Академия ФСО России. – № 2006143249/09; заявл. 06.12.2006, опубл. 10.01.2009. Бюл. № 1.

2. Патент № 2374653 РФ, МПК G01R23/16. Способ цифрового спектрального анализа сигналов / А.А. Афанасьев, М.Ю. Конышев и др.; патентообладатель гос. казенное образовательное учреждение высш. проф. образования Академия ФСО России. – № 2008127698/28; заявл. 07.07.2008, опубл. 27.11.2009. Бюл. № 33.

3. Патент № 2400832 РФ, МПК G10L 19/08. Способ формирования сигнала возбуждения в низкоскоростных вокодерах с линейным предсказанием / А.А. Афанасьев, М.Ю. Конышев и др.; патентообладатель гос. казенное образовательное учреждение высш. проф. образования Академия ФСО России. – № 2008146294/09; заявл. 24.11.2008, опубл. 27.05.2010. Бюл. № 15.

4. Патент № 2394284 РФ, МПК G10L 19/08. Способ сжатия и восстановления речевых сигналов для систем кодирования с переменной скоростью передачи / А.А. Афанасьев, С.Р. Габдулгазиев и др.; патентообладатель гос. казенное образовательное учреждение высш. проф. образования Академия ФСО России. – № 2009110842/09; заявл. 24.03.2009, опубл. 10.07.2010. Бюл. № 19.

5. Патент № 2400831 РФ, МПК G10L 19/00. Способ выделения сегментов квазистационарности при анализе речевого сигнала в вокодерах с линейным предсказанием / А.А. Афанасьев, С.Р. Габдулгазиев и др.; патентообладатель гос. казенное образовательное учреждение высш. проф.

образования Академия ФСО России. – № 2009121174/09; заявл. 03.06.2009, опубл. 27.09.2010. Бюл. № 27.

6. Патент № 2432624 РФ, МПК G10L 19/00. Способ уменьшения объема данных при широкополосном кодировании речевого сигнала / А.А. Афанасьев, В.Г. Трубицын и др.; патентообладатель гос. казенное образовательное учреждение высш. проф. образования Академия ФСО России. – № 2010115915/09, заявл. 21.04.2010, опубл. 27.10.2011. Бюл. № 30.

7. Патент № 2435214 РФ, МПК G06F 17/30, H03M 7/00. Способ быстрого поиска в кодовой книге при векторном квантовании / А.А. Афанасьев, С.Р. Габдулгазиев; патентообладатель гос. казенное образовательное учреждение высш. проф. образования Академия ФСО России. – № 2010103261/08, заявл. 01.02.2010, опубл. 27.11.2011. Бюл. № 33.

8. Патент № 2445719 РФ, МПК G10L 19/08. Способ улучшения восприятия синтезированной речи при реализации процедуры анализа через синтез в вокодерах с линейным предсказанием / А.А. Афанасьев, М.В. Илюшин и др.; патентообладатель гос. казенное образовательное учреждение высш. проф. образования Академия ФСО России. – № 2010115914/08, заявл. 21.04.2010, опубл. 20.03.2012. Бюл. № 8.

9. Патент № 2445718 РФ, МПК G10L 19/00. Способ выделения сегментов обработки речи на основе анализа корреляционных зависимостей в речевом сигнале / А.А. Афанасьев, В.Г. Трубицын и др.; патентообладатель гос. казенное образовательное учреждение высш. проф. образования Академия ФСО России. – № 2010136618/08, заявл. 31.08.2010, опубл. 20.03.2012. Бюл. № 8.

10. Патент № 2459373, МПК H04L 29/06, H04L 12/56. Способ определения длины кадра передачи кодеков речевых сигналов на основе линейного предсказания в сетях с пакетной коммутацией на основе IP-протокола / А.А. Афанасьев, О.Н. Титов; патентообладатель гос. казенное образовательное учреждение высш. проф. образования Академия

ФСО России. – № 2010151566/08, заявл.15.12.2010, опубл. 20.08.2012. Бюл. № 23.

11. Патент № 2495504, МПК G10L 19/08. Способ снижения скорости передачи низкоскоростных вокодеров с линейным предсказанием / А.А. Афанасьев, А.П. Рыжков; патентообладатель гос. казенное образовательное учреждение высш. проф. образования Академия ФСО России. – № 2012126522/08, заявл. 25.06.2012, опубл. 10.10.2013. Бюл. № 28.

12. Патент № 2504027, МПК G10L 19/09, G10L 19/038. Способ создания кодовой книги и поиска в ней при векторном квантовании данных / А.А. Афанасьев, А.П. Рыжков и др.; патентообладатель гос. казенное образовательное учреждение высш. проф. образования Академия ФСО России. – №2012128241/08, заявл. 03.07.2012, опубл. 10.01.2014. Бюл. № 1.

13. Патент № 2580796, МПК G10L 19/00, G06F 17/14, H04B 15/00. Способ (варианты) фильтрации зашумленного речевого сигнала в условиях сложной помеховой обстановки / А.А. Афанасьев, О.Н. Титов и др.; патентообладатель гос. казенное образовательное учреждение высш. проф. образования Академия ФСО России. – № 2015107227/08, заявл. 02.03.2015, опубл. 10.04.2016. Бюл. № 10.

14. Патент № 2606566, МПК G10L 15/08, G10L 15/00. Способ и устройство классификации сегментов зашумленной речи с использованием полиспектрального анализа / А.А. Афанасьев, О.Н. Титов и др.; патентообладатель гос. казенное образовательное учреждение высш. проф. образования Академия ФСО России. – № 2014154081, заявл. 29.12.2014, опубл. 10.01.2017. Бюл. №1.

15. Патент № 2631968, МПК G10L 19/08. Способ низкоскоростного кодирования и декодирования речевого сигнала / А.А. Афанасьев, Е.С. Коробовский; патентообладатель гос. казенное образовательное учреждение высш. проф. образования Академия ФСО России. – № 2015127496, заявл.08.07.2015, опубл. 29.09.2017. Бюл. № 28.

Автор при работе над диссертацией показал научную зрелость, инженерный кругозор, умение самостоятельно ставить и решать сложные научно-технические задачи, обоснованно применяя математический аппарат и средства вычислительной техники, анализировать и корректировать полученные результаты, делать достоверные и обоснованные выводы.

Тема диссертационной работы соответствует паспорту специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций». Содержание представленной диссертации и автореферата соответствует следующим пунктам паспорта специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»: исследование процессов генерации, представления, передачи, хранения и отображения аналоговой, цифровой, видео-, аудио- и мультимедиа информации; разработка рекомендаций по совершенствованию и созданию новых соответствующих алгоритмов и процедур (пункт 2); исследование и разработка новых сигналов, модемов, кодеков, мультиплексоров и селекторов, обеспечивающих высокую надежность обмена информацией в условиях воздействия внешних и внутренних помех (пункт 8); разработка научно-технических основ технологии создания сетей, систем и устройств телекоммуникаций и обеспечения их эффективного функционирования (пункт 11); разработка методов эффективного использования сетей, систем и устройств телекоммуникаций в различных отраслях народного хозяйства (пункт 12).

Диссертационная работа и автореферат написаны грамотно и логически последовательно.

Автореферат соответствует основным положениям диссертации, правильно и достаточно полно передает ее содержание, оформлен в соответствии с требованиями. Стиль представления материала в автореферате позволяет ясно представить сформулированные в диссертации задачи исследования, основное содержание и идеи работы, а также выводы и рекомендации.

Диссертация Афанасьева А.А. является единолично написанной соискателем законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему.

Диссертация Афанасьева Андрея Алексеевича «Модели и методы анализа и обработки речевого сигнала в системах связи» рекомендуется к защите в диссертационном совете Д 212.025.04 на базе ФГБОУВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (г. Владимир).

Заключение принято на заседании научного семинара ФГКВООУ ВО Академия ФСО России.


Присутствовало на заседании 21 человек.

Результаты голосования:

«за» - 21 чел., «против» - нет, «воздержалось» - нет.

Протокол №9 от 3 мая 2018 г.

Председатель научного семинара
доктор социологических наук, профессор



Козачок В.И.

Секретарь научного семинара
кандидат технических наук, доцент



Струев А.А.

Члены комиссии

Доктор технических наук, профессор



Баранов В.А.

Доктор технических наук, доцент



Лисичкин В.Г.