

ОТЗЫВ

официального оппонента к.т.н. Пальгуева Дмитрия Анатольевича на диссертацию Холкиной Натальи Евгеньевны, выполненную на тему «**Алгоритмы обработки речевых сигналов телекоммуникационных систем в условиях помех**», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций

Актуальность темы. Диссертационная работа посвящена исследованию, обработке и методам моделирования акустических сигналов в оперативно-командных телекоммуникационных системах аудиообмена. Обмен речевой информацией является важным средством обеспечения оперативного управления сложными объектами и обеспечивает их надежное функционирование, что предъявляет повышенные требования к достоверности передачи информации и к характеристикам эффективности телекоммуникационных систем. Системы оперативно-командной громкоговорящей связи отличаются от традиционной телефонии значительно более высокими требованиями по вероятности отказов, качеству связи, а также более высокими значениями мощности и длительности эха, что заметно усложняет задачу компенсации. Необходимость исследования и решения ряда проблем указанных систем связи обусловлена явлениями эха, реверберации, шумами и помехами природного и техногенного происхождения.

В настоящее время оперативно-командные телекоммуникационные системы обмена информацией и аудиообмена продолжают активно развиваться в теоретическом и в прикладном аспектах, происходит совершенствование алгоритмов обработки речевой информации. Исследуются такие важные для технологической связи характеристики, как разборчивость, устойчивость и надежность связи; вопросы борьбы с акустическим эхом, шумами и помехами; вопросы анализа вероятностных характеристик формантной разборчивости и вопросы анализа процессов в системах с адаптивными коммутируемыми фильтрами.

Представленная на отзыв диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 127 наименований и приложений. Приложение А включает 2 акта внедрения результатов выполненного исследования. Работа включает 157 страниц машинописного текста, содержит 48 рисунков и 9 таблиц.

В первой главе диссертации проанализировано современное состояние вопроса исследования акустических сигналов с целью повышения помехоустойчивости информационно-коммуникационных систем, функционирующих в помеховой обстановке.

Рассмотрено формирование акустической обратной связи в телекоммуникационных системах с распределенным запаздыванием, приведены общие характеристики сигналов информационно-коммуникационных систем, рассмотрены параметры акустических сигналов, а также вопросы анализа случайных информационных сигналов.

Показано, что основные проблемы обработки сигналов информационно-коммуникационных систем связи заключаются в задачах выделения информационных сигналов из разного рода шумов, помех и эха, в обеспечении устойчивости систем с акустической обратной связью и создании адекватных моделей каналов распространения.

Во второй главе проводились исследования по восприятию составляющих формант речевых сигналов, которые были определены для каждой из заданных частотных полос.

Проведена аппроксимация плотности вероятностей сигналов и помех на основе обобщенных многочленов по системам базисных функциональных зависимостей.

Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод о том, что слоговая разборчивость с уровнем не менее 93% по требованиям стандарта, обеспечивающая достоверное и полное восприятие полученных речевых сообщений, требует минимально возможного значения параметра уровня ОСШ не менее 20 дБ.

В третьей главе рассмотрены вопросы исследования характеристик акустических речевых сигналов. Приведены распределения плотностей вероятностей речевых сигналов и помеховых составляющих, а также методы моментов и подстановки при анализе данных.

Проведено исследование и разработка алгоритма формирования гистограмм распределений на фиксированном временном промежутке.

Решение задач аппроксимации обеспечивается путем вычисления коэффициентов полинома. Показано решение задачи минимизации невязки при использовании систем гауссовых и экспоненциальных функций, попадающее в класс нелинейных регрессионных задач.

Исследования гистограмм для оценки функций распределения акустических шумовых помех показали, что достижение погрешности аппроксимации ниже 5% обеспечивается применением полинома 3-го порядка в классе гауссовых функций.

Разработан метод восстановления распределения плотности вероятности аудиосигналов с погрешностью не более 5%, в соответствии с которым создана модель плотности вероятности речевых сигналов в виде многочлена 3-го порядка, который был сформирован с применением экспоненциальных функций

Для построения алгоритмов выделения полезных сигналов и подавления акустических помех были получены и проанализированы АКФ и спектральные характеристики акустических сигналов и помеховых составляющих. Полученные результаты показывают зависимость времени корреляции речевого сигнала от размера окна данных в частотном диапазоне от 1-2 кГц и выше. Оно находится в пределах 0,4-0,9 миллисекунды для 20-36 периодов дискретизации

Разработанный алгоритм вычисления функции спектральной плотности реализации акустических сигналов на конечных интервалах был использован для спектрального анализа речевых сигналов, акустических шумов и помех.

Исследованы спектральные характеристики различных реализаций акустических речевых сигналов и шумовых помех. Получено, что максимальное значение плотности мощности речевых сигналов сосредоточено на интервале 250-900 Гц. Шумовые помеховые составляющие сосредоточены в низкочастотной части спектра на частотах 100-500 Гц.

В четвертой главе исследуются и разрабатываются алгоритмы повышения помехозащищенности аудиообмена в телекоммуникационных системах.

Отношение мощности сигнала к мощности акустической помехи, шума машинного отделения, ветра и моря ограничено пределами от 10,4 до 17,8 дБ. Это понижает слоговую разборчивость русской речи до 64%, что мешает воспринимать речевую информацию в указанных условиях.

Для упрощения алгоритма нахождения долговременных параметров эхосигналов в разработанном алгоритме адаптивной компенсации применяется метод корреляционно-экстремального оценивания. Данный подход в свою очередь обеспечивает уменьшение числа отводов фильтра и повышение скорости его настройки.

Представлена структурная схема абонентского устройства обмена информацией с компенсационным каналом эха. Была использована многоканальная гребенка фильтров с адаптивным управлением в канале передачи речи. Анализ речевого сигнала и акустических помех позволил ограничиться диапазоном 300...3500 Гц, что дало возможность создать гребенку из 16 фильтров с полосой пропускания 200 Гц с управляемым затуханием.

Результаты проведенного исследования зависимости эффективности передачи речевых сообщений от наличия сосредоточенных помех показывают, что при отсутствии в канале средств подавления помех в нем происходит снижение ОСШ и понижение слоговой разборчивости. Это обуславливает необходимость проведения процедур шумоподавления и разработки соответствующих алгоритмов и структур программного обеспечения.

Проведенные исследования позволили разработать алгоритмы и реализующее их программное обеспечение, которые обеспечивают подавление помеховых составляющих сигналов на 3÷15 дБ больше по отношению к существующим системам и аналогичным алгоритмам, формируя результирующее отношение сигнал/помеха на уровне более 20 дБ, что обеспечивает необходимую для полного восприятия речевой информации слоговую разборчивость не менее 93%.

Научная новизна. В диссертации Холкиной Н.Е. предложены, теоретически обоснованы, экспериментально и методами математического моделирования подтверждены новые научные результаты:

1. Разработана методика оценивания слоговой разборчивости в системах телекоммуникаций с применением сеточной функции, обеспечивающая практическое оценивание слоговой разборчивости по отношению сигнал/помеха.
2. Разработана модель гистограммной оценки плотности вероятностей, отличающаяся аппроксимацией речевых сигналов по системе экспоненциальных функ-

ций и аппроксимацией акустических шумов по системе гауссовых функций, позволяющая получить погрешность оценивания не более 5%.

3. Разработан алгоритм формирования сигнала управления автоматическим выключением пораженных сосредоточенными помехами каналов, отличающийся применением адаптивной пороговой обработки, что позволяет получить отношение сигнал/помеха более 20 дБ и обеспечить слоговую разборчивость более 93%.

4. Разработан алгоритм подавления эхосигналов и сосредоточенных акустических помех, позволяющий подавить аддитивные и сосредоточенные акустические помехи на 30 дБ для обеспечения помехоустойчивости систем речевого обмена.

Публикации по работе. По теме диссертации опубликовано 20 работ, в том числе 3 статьи в ведущих рецензируемых изданиях из перечня ВАК, 2 статьи проиндексированы в наукометрической базе SCOPUS, 8 статей в центральных изданиях, 6 докладов на научных конференциях; получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость работы заключается в создании новых моделей и алгоритмов для комплексного решения задач обеспечения эффективности и помехоустойчивости речевого обмена в объектовых телекоммуникационных системах, для последующего исследования параметров и спектральных характеристик акустических сигналов, а также для оценки эффективности алгоритмов подавления аддитивных и сосредоточенных акустических помех

Практическая значимость результатов работы заключается в создании новых алгоритмов подавления аддитивных и сосредоточенных акустических помех и эхокомпенсации в рамках установленных требований по слоговой разборчивости речи не менее 93%.

Внедрение. Результаты работы подтверждены актами внедрения и используются:

– в программном обеспечении комплекса оперативно-командной, громкоговорящей и телефонной связи «КТС-01ЦС», разработанного АО «Муромский радиозавод». Комплекс «КТС-01ЦС» имеет несколько модификаций и принят на вооружение Министерством обороны РФ;

– в учебном процессе в Муромском институте (филиале) Владимирского государственного университета им. А.Г. и Н.Г. Столетовых при подготовке бакалавров и магистров по направлению 09.03.01, 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника».

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Замечания по диссертационной работе:

1. При анализе методов сравнения распределений плотности вероятности рассматриваются различные методы – Смирнова, Колмогорова, Кульбака и др., но не дается обобщенный вывод о критерии применимости различных методов к задачам исследования.

2. При формировании моделей внешних акустических помех упоминается, но подробно не рассматривается модель «конференции». Эта модель сходна по параметрам с шумом ветра, но является важной для оценки шумовой помехи в закрытых помещениях.


3. В работе имеется качественная, но не проведена количественная сравнительная оценка вычислительной сложности существующих и разработанных алгоритмов, что в конечном итоге оказывает влияние на время адаптации управляемых фильтров и алгоритмов при функционировании телекоммуникационной системы.

4. Имеется ряд грамматических ошибок, неточностей в тексте и рисунках (с. 9, 15, 20, 24, 46, 69, 106, 112, 117) диссертации и в автореферате (с.10).

Заключение

Указанные замечания не влияют на научную и практическую ценность результатов работы Холкиной Н.Е. Новые научные знания, представленные в работе, имеют применимость с практической точки зрения, изложены достаточно полно и хорошим научным языком. Диссертационная работа «Алгоритмы обработки речевых сигналов телекоммуникационных систем в условиях помех» соответствует требованиям ВАК, предъявленным к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук, а её автор, Холкина Наталья Евгеньевна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Официальный оппонент
кандидат технических наук,
доцент кафедры радиотехники
радиофизического факультета
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
Нижегородский государственный университет
имени Николая Ивановича Лобачевского»

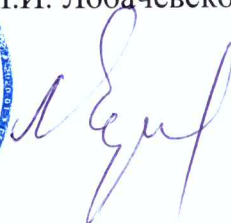

Д.А. Пальгуйев
8.11.2022 г.

Адрес: 603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23,
ННГУ им. Н.И. Лобачевского
Тел.: 8 (831) 462-32-72, 8-920-053-5550
E-mail: palguev@rf.unn.ru

Подпись к.т.н. Д.А. Пальгуйева заверяю
Ученый секретарь ученого совета ННГУ им. Н.И. Лобачевского,

к.с.н.





Л.Ю. Черноморская